



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y NUTRICIONALES DE LAS  
LECHUGAS: *Lactuca sativa* L. variedades *longifolia* y *capitata*, DEBIDO A LA  
INFLUENCIA DE LA LUZ LED, EN UN HUERTO URBANO HIDROPÓNICO EN  
CONDICIONES CONTROLADAS”

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: GÉNESIS ANDREINA CRIOLLO ALMACHE

TUTOR: TONY JESÚS VILORIA ÁVILA, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Génesis Andreina Criollo Almache con documento de identificación N° 0104826169, manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 01 de agosto del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'G. Criollo', written over a faint yellow rectangular stamp.

---

Génesis Andreina Criollo Almache

0104826169

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Génesis Andreina Criollo Almache con documento de identificación N° 0104826169, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Análisis de los cambios morfológicos y nutricionales de las lechugas: *Lactuca sativa* L. variedades *longifolia* y *capitata*, debido a la influencia de la luz led, en un huerto urbano hidropónico en condiciones controladas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de agosto del 2023

Atentamente,



---

Génesis Andreina Criollo Almache

0104826169

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Tony Jesús Viloría Ávila con documento de identificación N° 0151688264, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y NUTRICIONALES DE LAS LECHUGAS: *Lactuca sativa* L. variedades *longifolia* y *capitata*, DEBIDO A LA INFLUENCIA DE LA LUZ LED, EN UN HUERTO URBANO HIDROPÓNICO EN CONDICIONES CONTROLADAS, realizado por Génesis Andreina Criollo Almache con documento de identificación N° 0104826169, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de agosto del 2023

Atentamente,



---

Tony Jesús Viloría Ávila, Ph.D.

0151688264

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y la Virgen por darme la oportunidad de obtener mi título y haberme guiado en cada paso por este camino de la vida universitaria.

Agradezco a mis padres Dianita Aide Almache Tello y Miguel Ruperto Criollo Sánchez, que estuvieron cada día apoyándome a pesar de las circunstancias suscitadas en el trayecto y a mi hermano Josué Andrés Criollo Almache por estar presentes siempre en cada uno de mis logros.

A mi tutor de tesis Fis. Tony Jesús Vilorio Ávila Ph. D. por orientarme en la elaboración del tema de titulación.

## **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis abuelitos Mercedes Tello y Julio Almache, quienes estuvieron junto conmigo en cada una de mis etapas apoyándome siempre y ahora desde el cielo están muy orgullosos de lo que he logrado.

A mis padres que nunca dejaron de creer en mí y siempre me ayudaron para que saliera adelante.

Se la dedico a mi hijo que es mi pilar fundamental y mi motor para buscar cada día mi superación personal. Para quien va todo mi esfuerzo y sacrificio.

## **Resumen**

Presenta el desarrollo de la lechuga dentro de un cultivo bajo condiciones controladas, mediante luz LED y soluciones nutritivas para el proceso NFT. Con la implementación de un prototipo se determina las características necesarias para una producción apta para el consumo.

**Palabras clave:** Lechuga *Lactuca sativa*, cultivo, Luz LED, plántulas.

## **Abstract**

It presents the development of lettuce within a crop under controlled conditions, using LED light and nutrient solutions for the NFT process. With the implementation of a prototype, the necessary characteristics for a production suitable for consumption are determined.

**Key words:** Lettuce *Lactuca sativa*, cultivation, LED light, seedlings.



## Contenido

Agradecimiento .....	IV
Dedicatoria.....	V
Resumen .....	VI
Abstract.....	VII
Índice de figuras .....	XI
Índice de ilustraciones .....	XIII
Índice de tablas .....	XIV
Índice de ecuaciones.....	XVI
Capítulo I: Introducción.....	1
1.1. <i>Antecedentes</i> .....	1
1.2. <i>Planteamiento del problema</i> .....	2
1.3. <i>Formulación de problemas</i> .....	3
1.3.1.    Problema general.....	3
1.3.2.    Problemas específicos.....	3
1.4. <i>Hipótesis</i> .....	3
1.5. <i>Justificación</i> .....	4
1.6. <i>Delimitación del estudio</i> .....	5
1.6.1.    Delimitación geográfica (espacial).....	5
1.6.2.    Delimitación Temporal.....	6
1.6.3.    Delimitación Institucional.....	6
1.7. <i>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</i> .....	7
1.8. <i>Objetivos</i> .....	7
1.8.1.    General.....	7
1.8.2.    Específicos.....	7
Capítulo II: Fundamentos teóricos .....	8
2.    Sistemas artificiales de luces Led y huertos urbanos hidropónicos, aspectos generales. 8	
2.1. <i>Light Emitting Diode (LED)</i> .....	8
2.1.1.    LED y Resistencia.....	10
2.1.2.    Iluminancia (E) [Lm / <b>m<sup>2</sup></b> ].....	11
2.1.3.    Intensidad Luminosa (I) [cd].....	11

2.1.4.	Luminancia o Brillo (L) [ $\text{cd} / \text{m}^2$ ]	11
2.2.	<i>Iluminación artificial en sistemas de producción agrícola</i>	12
2.2.1.	Sistemas de iluminación artificial comunes en uso agrícola	12
2.3.	<i>Aplicaciones de LEDs en iluminación de invernaderos</i>	13
2.3.1.	Experiencias en iluminación de invernaderos para la investigación	13
2.3.2.	Las experiencias de la Nasa con LEDs	13
2.4.	<i>Producción de hortalizas en invernaderos</i>	14
2.4.1.	Invernadero o cultivo bajo cubierta	14
2.4.2.	Hortalizas cultivadas en invernadero	14
2.5.	<i>Lechuga</i>	15
2.5.1.	Descripción botánica	15
2.5.2.	Requerimientos Edafológicos	16
2.5.3.	Importancia del Cultivo	16
2.5.4.	Variedades de lechuga	17
2.5.5.	Valor nutritivo	17
2.5.6.	Lactuca sativa L. Longifolia	18
2.5.7.	Lactuca Sativa L. Capitata	18
2.6.	<i>Hidroponía</i>	19
2.6.1.	Generalidades de los cultivos hidropónicos	20
2.6.2.	Ventajas de los cultivos hidropónicos	21
2.6.3.	Técnicas hidropónicas	21
2.7.	<i>N.F.T (Nutrient Film Technique)</i>	22
2.7.1.	Ventajas del NFT	22
2.7.2.	Desventajas del NFT	23
2.7.3.	Factores para la producción con un sistema NFT	23
2.8.	<i>Solución nutritiva</i>	23
2.9.	<i>Condiciones ambientales para cultivos hidropónicos</i>	24
Capítulo III: Metodología y Materiales		25
3.	Ubicación	25
3.1.	<i>Características climáticas</i>	25
3.2.	<i>Materiales</i>	25
3.3.	<i>Metodología</i>	27
3.3.1.	Diseño de luces LED	28
3.3.2.	Diseño de la estructura	63

3.3.3.	Montaje de las luces LED .....	64
3.3.4.	Dosificación de solución nutritiva .....	66
3.3.5.	Trasplante de plántulas de lechuga .....	68
3.3.6.	Toma de muestras.....	69
3.3.7.	Cosecha y análisis de muestra final .....	69
Capítulo IV: Resultados y discusiones .....		69
4.	Resultados.....	69
4.1.	<i>Tamaño de la hoja</i> .....	73
4.2.	<i>Ancho de la hoja</i> .....	76
4.3.	<i>Tamaño de la planta</i> .....	78
4.4.	<i>Peso total</i> .....	80
4.5.	<i>Análisis nutricional de los tratamientos</i> .....	82
4.6.	<i>Rendimiento de la producción de lechugas</i> .....	83
4.7.	<i>Discusión</i> .....	84
Conclusión.....		87
Recomendaciones .....		88
Referencias .....		89
Anexos.....		99

## Índice de figuras

Figura 1: Diodo LED.....	8
Figura 2: Diodos LED de colores.....	8
Figura 3: Ing Oleg Vladimirovich Losev .....	9
Figura 4: Compuestos empleados en la construcción de LED .....	9
Figura 5:Circuito de polarización directa a un LED.....	10
Figura 6: Iluminancia.....	11
Figura 7:Intensidad Luminosa.....	11
Figura 8: Luminancia.....	11
Figura 9: Lactuca Sativa var L. longifolia.....	18
Figura 10:Lactuca sativa var L. capitata.....	19
Figura 11: Ensayo 2 de LED rojo.....	29
Figura 12: Mediciones de LED rojo protoboard .....	33
Figura 13: Medición Led Verde. ....	39
Figura 14: Estructura .....	63
Figura 15: Diseño de placa .....	64
Figura 16: Soldadura de placas.....	65
Figura 17: Montaje de placas.....	65
Figura 18: Nitratos y fosfatos .....	66
Figura 19: Sulfatos y quelatos .....	67
Figura 20: Nitrato de calcio.....	67
Figura 21: Trasplante de plántulas.....	68
Figura 22: Trasplante de plántulas en el sustrato .....	69
Figura 23: Plántula tratamiento verde .....	71
Figura 24: Plántula tratamiento blanco.....	72
Figura 25: Plántula tratamiento infrarrojo.....	72
Figura 26: Lechuga romana de dos semanas.....	115
Figura 27: Lechuga seda de dos semanas.....	115
Figura 28: Trasplante de lechugas romanas de dos semanas.....	115
Figura 29: Lechuga romana con tratamiento de luz blanca de 1 semana.....	116
Figura 30: Trasplante de lechuga romana de una semana.....	116
Figura 31: Tratamiento con luz roja lechuga romana.....	116
Figura 32: Tratamiento de luz azul lechuga romana de 1 semana.....	117
Figura 33: Tratamiento con luz roja lechuga seda de 1 semana.....	117

Figura 34: Tratamiento con luz blanca lechuga seda .....	117
Figura 35: Tratamiento con luz roja seda de 1 semana .....	118
Figura 36: Trasplante de lechuga romana.....	118
Figura 37: Tratamiento con luz azul lechuga seda .....	118
Figura 38: Lechuga romana de 3 semanas.....	119
Figura 39: Lechuga seda de 3 semanas .....	119
Figura 40: Lechuga romana de 4 semanas.....	119
Figura 41: Lechuga romana de 4 semanas.....	120
Figura 42: Lechuga seda de 4 semanas .....	120
Figura 43: Lechuga seda de 4 semanas .....	120
Figura 44: Análisis físico - químico de la lechuga romana testigo .....	121
Figura 45: Análisis físico - químico de la lechuga seda luz azul .....	122
Figura 46: Análisis físico - químico de la lechuga romana luz azul.....	123
Figura 47: Análisis físico - químico de la lechuga romana luz roja.....	124
Figura 48: Análisis físico - químico de la lechuga seda luz roja.....	125
Figura 49: Ilustración 27: Análisis físico - químico de la lechuga seda testigo	126

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa UPS.....	6
Ilustración 2: Valores Nutricionales.....	17
Ilustración 3: Sistema hidropónico.....	20
Ilustración 4: Sistema NFT.....	22
Ilustración 5: Grafica Desviación Estándar Vtyp LED Rojo.....	30
Ilustración 6: Datos del fabricante.....	31
Ilustración 7: Matriz 3x3 LEDs Rojos.....	34
Ilustración 8: Matriz 3x3 LEDs rojos.....	35
Ilustración 9: Grafica Desviación Estándar Vtyp LED Verde.....	40
Ilustración 10: Datos del fabricante LEDs verdes.....	41
Ilustración 11: Matriz 3x3 LEDs Verdes.....	45
Ilustración 12: Matriz LEDs verdes.....	45
Ilustración 13: Datos del fabricante.....	49
Ilustración 14: Matriz 3x3 Leds Azules.....	52
Ilustración 15: Datos del fabricante.....	54
Ilustración 16: Matriz 3x3 LEDs blancos.....	57
Ilustración 17: Datos del fabricante.....	60
Ilustración 18: Matriz 3x3 LEDs Infrarrojos.....	62
Ilustración 19: Variación del tamaño de las hojas de la lechuga romana.....	73
Ilustración 20: Variación del tamaño de las hojas de la lechuga seda.....	74
Ilustración 21: Crecimiento promedio de las lechugas romana y seda.....	75
Ilustración 22: Variación del ancho de la hoja de la lechuga romana.....	76
Ilustración 23: Variación del ancho de la hoja de la lechuga seda.....	77
Ilustración 24: Promedio del ancho de la hoja de las lechugas romana y seda.....	78
Ilustración 25: Variación del tamaño de planta de la lechuga romana.....	79
Ilustración 26: Variación del tamaño de planta de la lechuga seda.....	79
Ilustración 27: Tamaño promedio de planta (lechuga seda y romana).....	80
Ilustración 28: Peso fresco de la lechuga romana en la semana 7.....	81
Ilustración 29 : Peso fresco de la lechuga seda en la semana 7.....	81

## Índice de tablas

Tabla 1: Coordenadas Institucionales.....	5
Tabla 2: Rango de luminiscencia.....	13
Tabla 3: Variedades de lechuga.....	17
Tabla 4: Temperatura de Cuenca.....	25
Tabla 5: Mediciones Voltaje.....	28
Tabla 6: Mediciones de 10 Leds Rojos Conexión Directa .....	29
Tabla 7: Promedio y desviación estándar LED rojo.....	30
Tabla 8: Configuraciones de matrices LED Rojo.....	32
Tabla 9: Datos reales LED rojo prueba 1 .....	33
Tabla 10: Matriz 3x3 LEDs rojos .....	35
Tabla 11: Mediciones Voltaje.....	38
Tabla 12: Mediciones de 10 Leds Verdes Conexión Directa .....	39
Tabla 13: Promedio y Desviación Estándar Led Verde .....	40
Tabla 14: Configuraciones de matrices Led Verde .....	42
Tabla 15: Datos reales matriz Led Verde Prueba 1 .....	43
Tabla 16: Datos reales matriz Led Verde Prueba 2.....	44
Tabla 17: Matriz 3x3 LED verde.....	46
Tabla 18: Mediciones Voltaje.....	47
Tabla 19: Mediciones de 10 Leds Azules Conexión Directa. ....	48
Tabla 20: Promedio y Desviación Estándar LED azul .....	48
Tabla 21: Configuraciones de matrices Led Verde .....	50
Tabla 22: Datos reales matriz LED azul prueba 1.....	51
Tabla 23: Matriz 3x3 LED azul .....	52
Tabla 24: 1 Mediciones LEDs blancos Conexión Directa .....	53
Tabla 25: Promedio y Desviación Estándar LED blanco .....	54
Tabla 26: Configuraciones de matrices LED blanco.....	55
Tabla 27: Datos reales matriz LED blanco Prueba 1.....	56
Tabla 28: Mediciones Voltaje.....	58
Tabla 29: Mediciones de 10 LEDs infrarrojos Conexión Directa.....	59
Tabla 30: Promedio y Desviación Estándar Led Rojo .....	59
Tabla 31: Configuraciones de matrices LED infrarrojo .....	61
Tabla 32: Matriz 3x3 LED infrarrojo .....	62
Tabla 33: Datos necesarios para pH y conductividad eléctrica en el cultivo. ....	70

Tabla 34: Tabla de nomenclaturas.....	73
Tabla 35: Valores nutricionales lechuga romana .....	82
Tabla 36: Valores nutricionales lechuga seda .....	83
Tabla 37: Comparativa de los valores nutricionales en el tratamiento de LEDs azules.....	85
Tabla 38: Comparativa de los valores nutricionales en el tratamiento de LEDs rojos.....	86
Tabla 39: Datos tamaño de hoja lechuga seda.....	99
Tabla 40: Datos tamaño de planta lechuga seda.....	101
Tabla 41: Ancho de la hoja lechuga seda .....	103
Tabla 42: Peso total lechuga seda.....	105
Tabla 43: Tamaño de hoja lechuga romana.....	107
Tabla 44: Tamaño de planta lechuga romana.....	109
Tabla 45: Ancho de la hoja lechuga romana .....	111
Tabla 46: Peso total lechuga romana.....	113



## Índice de ecuaciones

Ecuación 1 .....	36
Ecuación 2 .....	37
Ecuación 3 .....	37
Ecuación 4 .....	37
Ecuación 5 .....	37
Ecuación 6 .....	37
Ecuación 7 .....	38
Ecuación 8 .....	38
Ecuación 9 .....	38
Ecuación 10 .....	38

## **Capítulo I: Introducción**

### **1.1. Antecedentes**

La producción agrícola en la actualidad ha aumentado su demanda, exigiendo obtener productos en menor tiempo para abastecer las necesidades de la población debido al crecimiento de esta; esto hace que se busquen alternativas para la obtención de un cultivo a corto plazo, para lo que se utilizan productos químicos, la mayoría de ellos nocivos tanto para el cultivo como para los consumidores, esto hace que la producción obtenida no pueda ser considerada de buena calidad. (Jaramillo, 2020),.

(José. & Daniel., 2015), mencionan que los huertos hidropónicos utilizados como alternativas de mejora de producción haciendo uso de disoluciones minerales en vez de suelos agrícolas, reducen el deterioro del suelo obteniendo una mayor producción y estableciendo el mejor uso del espacio tomando en cuenta las ventajas de: ahorro de agua, no uso de herbicidas, obtención de cultivos de alta calidad, ahorro de abonos y fertilizantes.

Un LED (Lighting Emitting Diode) es un diodo semiconductor capaz de emitir luz. En la actualidad se buscan alternativas en las cuales se estudia la implementación de nuevas tecnologías en la agricultura con ambientes controlados, esto se da para la obtención de hortalizas, variando la naturaleza y la intensidad de las ondas electromagnéticas con las que se irradian las mismas, ya que estas actúan de forma diferente en la fotosíntesis, crecimiento, transpiración y respiración de las plantas. (Jaramillo, 2020)

Durante los últimos años se ha puesto mayor énfasis en estudiar y desarrollar nuevas tecnologías a partir de un sistema de iluminación artificial en los invernaderos, así de esta manera mejorar la calidad de las plantas y de su producción, debido a que en los últimos 3 años se dio una pandemia a nivel global, dando a una paralización de producción que afectó tanto al sector agrícola como al urbano. Esta investigación propone brindar una nueva alternativa de producción de hortalizas al sector urbano, dándole a conocer un sistema de siembra y producción con el uso de luces LED, en un huerto hidropónico urbano para obtener un manejo ideal y una buena producción. (Cruz, 2017)

Zhou, (2022) en su artículo científico “*Yield, resource use efficiency or flavour: trade-offs of varying blue-to-red lighting ratio in urban plant factories*” realizó un estudio con tomates y albahaca, el cual le ayudo a determinar que con el uso de la luz azul al 100% , mejoró el rendimiento de la albahaca y en otro tratamiento su sabor aumento al 33% de luz azul + 66% de luz rojo; y para los tomates el rendimiento mejoró con un 33% de luz azul y en el otro tratamiento su sabor fue excelente al 100% de luz roja. (Zhou., et al., 2022)

Ren, (2022) en su artículo científico “*High quantum efficiency and luminescence properties of far-red Sr<sub>3</sub>NaTaO<sub>6</sub>: Mn<sup>4+</sup>, Ba<sup>2+</sup> phosphor for application in plant growth lighting LEDs*” nos indica que la longitud promedio del tallo, su peso fresco y seco, así como el contenido de clorofila aumenta significativamente a la exposición de luz LED, lo que indica que los fósforos SNTO tienen un gran potencial en la aplicación de cultivos para el crecimiento de las plantas; ya que la intensidad de emisión de SNTO: 0,3% Mn, 0,45% Ba fósforo a 423 K fue de un 14% esto ayudó a la mejor absorción de pigmentos vegetales y el uso de LEDs cromáticos entre SNTO: 0,3% Mn, 0,45% Ba de fosforo ayudó al aumento en la elongación del tallo y mejora de este. (Xuefei, et al., 2022)

## **1.2. Planteamiento del problema**

Las consecuencias generadas debido al calentamiento global y sus efectos adversos en bien de toda la sociedad humana, están siendo influenciadas por el crecimiento poblacional. La existencia de innumerables centros industriales y la actividad del ser humano, deterioran el planeta debido a la expansión provocada por las ciudades y la destrucción de los recursos naturales existentes a su alrededor (Shorabeh *et al.*, (2022)). La expansión física de las ciudades ha sido denominada como amenaza importante para los recursos naturales y ecológicos con un gran número de consecuencias, como el cambio climático, aumento de la contaminación y el uso indiscriminado del suelo para zonas urbanas y no urbanas (Wang *et al.*, (2020); Das *et al.*, (2021)).

Estos cambios antropogénicos traen consigo ramificaciones involuntarias y desagradables, como son la degradación ambiental en varias escalas locales, regionales y globales, lo que redundo en una calidad de vida degradada (Nadizadeh *et al.*, (2020)). Los cambios en la cobertura vegetal y natural del suelo en las áreas urbanizadas, determinan un cambio en las propiedades biofísicas de la superficie (Firozjaei *et al.*, (2020)), otro de los factores humanos que lo altera es la actividad industrial y el transporte. La emisión de

gases como el metano y el consumo de energía, aumenta el grado en las propiedades biofísicas de la superficie terrestre, durante periodos de tiempo, esto provoca su deterioro continuo. (Khamchiangta & Dhakal, 2021).

Una de las consecuencias por las cuales se realiza el estudio es debido a que en las últimas décadas el cambio climático, la expansión urbana y por ende la disminución de la frontera agrícola, ha llevado que se realice el uso excesivo de compuestos químicos para la producción de alimentos a gran escala, dando como resultado infertilidad en los suelos, mal manejo y contaminación del recurso hídrico. (Gómez, 2020)

La producción agrícola en la actualidad ha aumentado su demanda, exigiendo obtener productos en menor tiempo, para abastecer las necesidades de la población debido al crecimiento de esta, por lo tanto se buscan alternativas para la producción en menor tiempo, para lo mismo que se utilizan productos químicos, la mayoría de ellos nocivos, tanto para el cultivo, como para los consumidores, lo que hace que, la producción obtenida no pueda ser considerada de buena calidad. (Pereira & Mandal, 2021)

### **1.3. Formulación de problemas**

#### ***1.3.1. Problema general***

¿Cómo determinar si la producción de hortalizas, se puede dar mediante sistemas artificiales de luces LED en huertos hidropónicos a condiciones controladas, obteniendo productos de buena calidad que servirán para el consumo de la población?

#### ***1.3.2. Problemas específicos***

¿Qué análisis se debe realizar para determinar las características de las hortalizas a producir mediante los sistemas artificiales de luces LED en huertos urbanos hidropónicos?

¿Qué metodología se debe utilizar para determinar las condiciones necesarias para la obtención de hortalizas?

¿Cómo diseñar el prototipo en base a las necesidades de la investigación, utilizando lechugas?

### **1.4. Hipótesis**

Ho: La luz LED en plántulas de lechuga en huertos hidropónicos, no estimula los procesos morfológicos y fisiológicos; proporcionándoles de esta manera un cambio de características; a condiciones controladas, ni incide en la mayor producción del cultivo con respecto al testigo que se encontrara a condiciones ambientes normales.

H1: La luz LED en plántulas de lechuga en huertos hidropónicos, estimula los procesos morfológicos y fisiológicos; proporcionándoles de esta manera un cambio de características; a condiciones controladas e incide en la mayor producción del cultivo, con respecto al testigo que se encontrará en condiciones normales

### **1.5. Justificación**

En los últimos 40 años, se determinó que el uso de productos químicos, como plaguicidas y pesticidas han ido en aumento para evitar que las distintas plagas acaben con la producción y de esta manera poder suplir las necesidades alimenticias de la población; sin embargo, se ha demostrado que las mismas generan daños a la salud humana como alteraciones fisiológicas o cáncer. Ante la necesidad de producir alimentos 100% orgánicos de buena calidad, reduciendo el tiempo de producción, se buscan métodos alternativos como los cultivos hidropónicos y nuevas tecnologías amigables con la salud humana y el ambiente; para de esta manera obtener un sustento alimenticio basado en materia orgánica en su totalidad, evitando el uso de bioquímicos y con ellos la presencia de contaminantes residuales. (Navarro, 2021)

Los elementos tóxicos que poseen en su estructura clorados poco solubles, se pueden añadir al agua y posteriormente se trasladaran a la atmósfera por la evaporación, provocando diferentes fenómenos que afectan al medio ambiente y a la salud humana. Estos elementos que se transfieren quedarán en el suelo por un periodo de 10 años interfiriendo en los procesos de la cadena trófica. (Shorabeh., *et al.*, 2022) n

En torno a todas las complicaciones que se dan, debido a la producción de alimentos, se han buscado alternativas nuevas y amigables con el medio ambiente y la salud; debido a esto se han estudiado diferentes tipos de producción para la obtención de material orgánico y satisfacer la demanda alimenticia. (Pozo, 2020)

En razón a ello el presente trabajo tiene la finalidad de cultivar lechugas (*Lactuca sativa* L. variedades *longifolia* y *capitata*) empleando un sistema de cultivo hidropónico

en condiciones controladas, mediante el uso de luces LED, utilizando soluciones nutritivas de:

- a) Nitratos y Fosfatos
- b) Sulfatos y Quelatos
- c) Nitrato de calcio

Determinando el comportamiento y desarrollo de sus características. Aplicando esta técnica se obtendrá productos libres de contaminantes agroquímicos sin causar perjuicio para el ambiente, en menor tiempo y de mejor calidad, también el uso de esta técnica es atractivo para las urbanizaciones en las ciudades debido a la falta de áreas para cultivo y se puede acoplar a otros modelos de producción.

## **1.6.Delimitación del estudio**

### **1.6.1. Delimitación geográfica (espacial)**

El proyecto se desarrolló en la Provincia del Azuay, internamente en el cantón Cuenca dentro del Barrio el Vecino, las coordenadas específicas son las siguientes.

Tabla 1: Coordenadas Institucionales

Coordenadas WSDS84	Valores	
Decimales (Latitud y longitud)	-2.88915	-78.98988
DMS	2°53'20.9"S	78°59'23.6"W
UTM	723439,5	9680461,8

**Fuente:** Autor (2023)



Ilustración 1: Mapa UPS

Fuente: Autor (2023)

### 1.6.2. Delimitación Temporal

El presente proyecto fue realizado en los periodos comprendidos entre el mes de marzo y el mes de mayo de 2023, considerando los factores necesarios de cultivo para las hortalizas, en este caso específico las lechugas; se diseñó un prototipo ubicado en la terraza del edificio Guillermo Menzi, de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, en el cual se hizo el respectivo muestreo de las hortalizas, determinando las características físicas del cultivo.

Los datos que se tomaron fueron conductividad y pH del agua con la solución; en el interior del módulo se tomó datos de temperatura y humedad, para así de esta manera poder controlar las condiciones necesarias del cultivo; también se tomó medidas de las variables del cultivo, en cada uno de los compartimentos en los que se destacaban los diferentes tratamientos del proyecto.

Los parámetros nutricionales se determinaron en el laboratorio, en la cual se comprobó si las lechugas contaban con las características necesarias y dentro de los rangos de normalidad para la producción y el consumo.

### 1.6.3. Delimitación Institucional

El presente proyecto se desarrolló gracias al apoyo de la academia universitaria, representada por la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, gracias a la prestación de las instalaciones y la formación continua para el desarrollo e investigación del proyecto.

## **1.7. Variables de investigación**

En el presente estudio se consideraron las siguientes variables de comparación morfológica, que son: número de hojas, tamaño de hojas, espesor, tamaño de planta, peso total, ancho de la hoja, así como parámetros nutricionales.

El presente proyecto está conformado por 4 capítulos: en el primer capítulo se describieron cada uno de los elementos metodológicos que fueron necesarios para la planificación de la investigación y de esta manera se justificó el estudio. En el segundo se darán a conocer los elementos teóricos que darán validez a la investigación. Luego, en el tercero, se desarrolla el capítulo que hará referencia a materiales y métodos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación. En el cuarto capítulo y final, se exponen los resultados obtenidos de la investigación y se interpretará los mismo. Finalmente, las conclusiones, bibliografía consultada y citada, así como el conjunto de anexos que complementaran la investigación.

## **1.8. Objetivos**

### ***1.8.1. General***

Analizar los cambios morfológicos y nutricionales de las lechugas (*Lactuca Sativa* L. var. *longifolia* – *Lactuca Sativa* var. *capitata*) debido a la influencia de la luz led, en un huerto urbano hidropónico en condiciones controladas.

### ***1.8.2. Específicos***

- ✓ Analizar los cambios morfológicos, producidos por la luz LED, en el desarrollo de las hortalizas.
- ✓ Determinar el rendimiento en la producción de las lechugas.
- ✓ Examinar las características nutricionales de las lechugas para comprobar su calidad.



## Capítulo II: Fundamentos teóricos

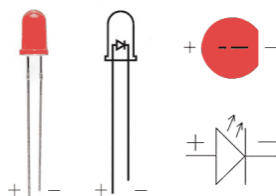
### 2. Sistemas artificiales de luces Led y huertos urbanos hidropónicos, aspectos generales.

Se podría decir que el mundo actual se ha vuelto más complejo, debido a los grandes cambios producidos por la globalización. Se busca satisfacer las necesidades alimentarias de la población, buscando nuevas alternativas que puedan ser buenas para la salud, el medio ambiente y son ecológicamente rentables. (Elena, Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción de lechuga (*Lactuca Sativa*), 2016)

#### 2.1. Light Emitting Diode (LED)

El LED por sus siglas en inglés, (Light Emitting Diode). Diodo Emisor de Luz, como su nombre indica, es un diodo que emite luz al pasar a través de él una corriente eléctrica. Este fenómeno es una forma de electroluminiscencia cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo. (Latam, 2021)

Figura 1: Diodo LED



**Fuente:** (Bayona, 2015)

El color, depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo. El dispositivo semiconductor suele estar alojado en una carcasa de plástico que es más dura que el vidrio y se usa comúnmente en las lámparas incandescentes. Aunque el plástico se puede teñir, esto es puramente por razones estéticas ya que no afecta el color de la luz emitida. (areatecnologia, 2020)

Figura 2: Diodos LED de colores



**Fuente:** (B-LED, 2023)

Los primeros LED fueron desarrollados en 1927 por Oleg Vladimirovich Losev, pero no se utilizaron en la industria hasta la década de 1960. Solo podían fabricarse en rojo, verde y amarillo con intensidad de luz baja y su uso se limita a controles remotos y dispositivos eléctricos para encender y apagar las señales. A fines del siglo XX, se inventaron los LED UV y los LED azules, lo que dio como resultado los LED blancos. (Inmesol, 2014)

Figura 3: Ing Oleg Vladimirovich Losev



**Fuente:** (Elena, Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción de lechuga (*Lactuca Sativa*), 2016)

Los diodos ordinarios de silicio o germanio emiten radiación infrarroja mucho más allá del rango visible. Sin embargo, con la ayuda de materiales especiales, es posible obtener longitudes de onda visibles. Los LED e IRED también tienen una geometría especial que evita que el material que rodea al propio diodo reabsorba la radiación emitida, como ocurre con los diodos convencionales. (Segura, 2023)

Figura 4: Compuestos empleados en la construcción de LED

Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940 nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890 nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, anaranjado y amarillo	630 nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555 nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525 nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450 nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480 nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

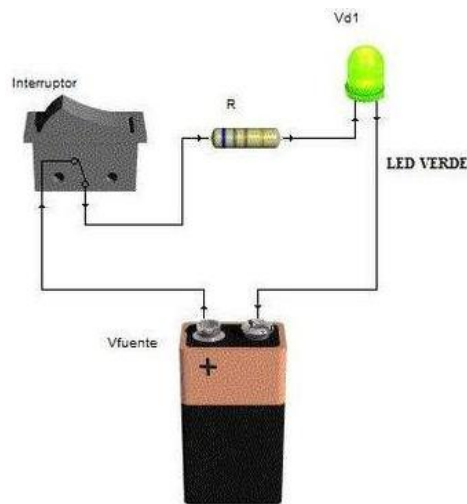
**Fuente:** (Bayona, 2015)

Una característica importante del LED es que solo transmite corriente en una dirección. Así que tenemos que conectar correctamente el voltaje al dispositivo. Donde el pin largo debe estar conectado a voltaje positivo (ánodo) y el pin corto a voltaje negativo (cátodo). (B-LED, 2023)

### 2.1.1. LED y Resistencia.

Los LED necesitan una determinada tensión para poder encenderse. Esta tensión es conocida como tensión de polarización. Cuando excede el voltaje de polarización la resistencia del diodo disminuye y se genera una gran corriente que destruye el diodo. Por esta razón, necesitamos una resistencia que limite la cantidad de corriente que fluye a través del diodo. (Torre, 2014)

Figura 5: Circuito de polarización directa a un LED



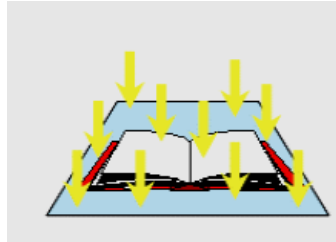
**Fuente:** (Bayona, 2015)

Por lo tanto, si al momento de alimentar al diodo LED, lo hacemos a un valor de tensión inferior a  $V_d$ , el LED no enciende, por el contrario, si la tensión es un valor superior al  $V_d$ , el LED se rompe o se quema. La diferencia de potencial  $V_d$  varía de acuerdo con las especificaciones relacionadas con el color y la potencia soportada según su fabricación. (PTY, 2017)

### 2.1.2. Iluminancia ( $E$ ) [ $\text{Lm} / \text{m}^2$ ]

Iluminancia o iluminación se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie, su unidad es el Lux.

Figura 6: Iluminancia



**Fuente:** (Latam, 2021)

### 2.1.3. Intensidad Luminosa ( $I$ ) [ $\text{cd}$ ]

El flujo luminoso nos da la cantidad de luz que emite una fuente en todas las direcciones del espacio. (Fernandez, 2017)

Figura 7: Intensidad Luminosa

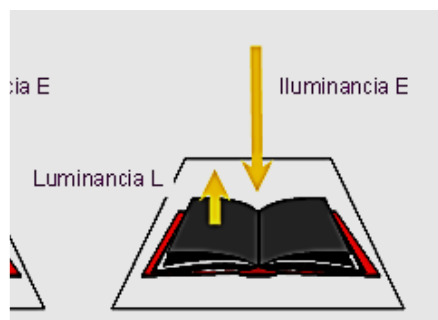


**Fuente:** (Fernandez, 2017)

### 2.1.4. Luminancia o Brillo ( $L$ ) [ $\text{cd} / \text{m}^2$ ]

Intensidad luminosa reflejada por una superficie, su valor se obtiene dividiendo la intensidad luminosa por la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada, su unidad es la candela/ $\text{m}^2$ . (Nicolalde, 2015)

Figura 8: Luminancia



**Fuente:** (B-LED, 2023)

Se le conoce también como el efecto de brillo que una superficie produce en el ojo.

$$L = \frac{I}{S} \left[ \frac{cd}{m^2} \right]$$

*I*: Intensidad luminosa reflejada.

*S*: Superficie o área que refleja.

Otra forma de calcular la Luminancia es mediante grados de reflexión y la Iluminancia.

$$L = \frac{\rho * E}{\pi} \left[ \frac{cd}{m^2} \right]$$

$\rho$ : Grado de reflexión de una superficie.

*E*: Iluminación en Lux.

## **2.2. Iluminación artificial en sistemas de producción agrícola**

### ***2.2.1. Sistemas de iluminación artificial comunes en uso agrícola***

Las lámparas son una gran fuente de radiación electromagnética y su luz forma parte del espectro total, no todas las lámparas tienen interés agronómico, la luz artificial en los cultivos cumple tres objetivos principales:

- 1- Proveer cantidad de energía suficiente necesaria para la fotosíntesis.
- 2- Proveer las cantidades necesarias de espectro energético.
- 3- Proveer energía durante el fotoperíodo.

Los ambientes urbanos buscan tener mayor auge a los espacios interiores que no poseen luz natural, lo cual conlleva una búsqueda sobre las necesidades lumínicas en las plantas. Las lámparas deben transformar energía eléctrica en PAR, ya que la radiación eficaz debe estar en los rangos 300-400 y 700-800 nm, esto puede ser un factor decisivo en el crecimiento de la planta, este fenómeno es más conocido como foto morfogénesis.

Tabla 2: Rango de luminiscencia

Color	Rango de longitud de onda (nm)	Longitud de onda representativa	Frecuencia (ciclos)	Energía (kJ/mol)
Ultravioleta	380	254	$11.8 \times 10^{14}$	471
Violeta	380-436	410	$7.31 \times 10^{14}$	292
Azul	436-495	460	$6.52 \times 10^{14}$	260
Verde	495-566	520	$5.77 \times 10^{14}$	230
Amarillo	566-589	570	$5.26 \times 10^{14}$	210
Anaranjado	589-627	620	$4.84 \times 10^{14}$	193
Rojo	627-730	680	$4.41 \times 10^{14}$	176
Infrarrojo	730	1400	$2.14 \times 10^{14}$	85

**Fuente:** Autor (2023)

### 2.3. Aplicaciones de LEDs en iluminación de invernaderos

#### 2.3.1. *Experiencias en iluminación de invernaderos para la investigación*

La compañía japonesa que se dedica a la fabricación de LEDs Nippon Keike Kagishima Works, en enero de 2007 publicó el resultado del estudio realizado con el uso de LEDs rojos de 75 W tenía el mismo efecto que 50 lámparas incandescentes de 75 W, se lo realizó en un pequeño invernadero, lo cual dio como resultado la reducción del coste de energía eléctrica que se consume 25 veces menor con respecto a las lámparas incandescentes. (Aguilar, s. f.)

En septiembre de 2008 se realizó la conferencia Copenmind's Cleantech, en la cual colaboradores de la University of Southern Denmark y J.E. Ostergaard, dieron a conocer los resultados obtenidos con el uso de luces LEDs azules y rojos, en la que se obtuvo una mayor eficiencia, ante la iluminación fluorescente en los invernaderos industriales, concluyendo que los gastos de instalación serán compensados por la disminución de costo de funcionamiento. (Hernández, s. f.)

#### 2.3.2. *Las experiencias de la Nasa con LEDs*

Investigadores de la Nasa o Centro Espacial Kennedy, vienen trabajando desde hace tres años en el uso e implementación de lámparas LEDs en hortalizas mediante un sistema provisional que deberá ser capaz de cultivar y cosechar vegetales en el espacio. Para las primeras pruebas usaron LEDs inorgánicos en los cuales cada uno emitía un espectro diferente, cuyo color dependería del material semiconductor que se utilizó. Se precisó el uso de componentes ópticos para convertir las fuentes de luz en lámparas en

estado sólido, así de esta manera obtener una salida de luz uniforme y homogénea; debido a esto los componentes mostraron un aumento de peso lo que fue una desventaja y se buscó una mejor solución, lo que fue emplear diodos orgánicos emisores de luz:

“Estos diodos son dispositivos que tienen una capa electroluminiscente que está formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan a una determinada estimulación eléctrica, así genera y emite la luz por sí solo. Se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por si solos. (Bustamante Martínez, 2016)

## **2.4. Producción de hortalizas en invernaderos**

### **2.4.1. Invernadero o cultivo bajo cubierta**

Los primeros registros documentados de cultivos protegidos datan de la época del imperio romano, en el periodo del emperador Tiberio César, en el cual aplicaban estructuras móviles para cultivar pepino, las cuales eran guardadas o se dejaban en el exterior, esto dependía de las condiciones climáticas. Estas prácticas disminuyeron debido a la decadencia del imperio y fue hasta la época del renacimiento que volvieron aparecer las mismas que eran echas con bambú o madera, tenían cubierta de vidrio o papel aceitado, en distintos países como Inglaterra, Holanda, Francia Japón y china. (Ramos Gonzalías & Ramírez Lasso, 2016)

Los invernaderos se propagaron desde Europa hasta América y Asia, y se situaban cerca de las grandes ciudades; el desarrollo del siglo XX, después de la segunda guerra mundial, impulso la construcción de estos a partir de materia de cristal para la producción de tomate.(Pérez et al., 2012)

### **2.4.2. Hortalizas cultivadas en invernadero**

La FAO ( 2002), dice que la cantidad de cultivos que se puede realizar dentro de un invernadero es muy reducido. El primero en importancia, es el tomate que es una de las hortalizas de mayor importancia económica a nivel mundial. Posteriormente se pondrá a una gran distancia en orden decreciente el pimiento, el melón, calabacín luego la

berenjena, pepino, sandía y finalmente se considera las de la región mediterránea, que son la lechuga y la fresa. (Calani J. A., 2021)

A un invernadero le favorecen unas condiciones climáticas adecuadas, para cualquier tipo de producción sea de flores, frutas o verduras. Estos son fundamentales debido a que son la base de la alimentación de la población; el objetivo primordial del invernadero para la producción agrícola es que pueda abastecer de productos que estén fuera de temporada. (Nadizadeh., *et al.*, 2020)

## 2.5. Lechuga

La lechuga es una de las hortalizas más conocida en las culturas, muy popular para el cultivo debido a sus grandes hojas, que en algunos casos forman repollos más o menos compactados o tallos largos. Existe una variedad muy extensa de esta verdura, y el número aumenta cada año. Sus propiedades nutritivas son escasas, es un alimento bajo en calorías y aporta algunas vitaminas y minerales. (Navarro, 2021) se le atribuye desde siglos pasados propiedades calmantes y sedantes. Además puede combatir el estreñimiento y el agotamiento, es diurético. (Ramos Gonzalías & Ramírez Lasso, 2016)

Algunos autores afirman que su origen es procedente de la India, sin embargo, botánicos refutan estas ideas, debido a que existe una ascendiente de la lechuga que se la conoce como *Lactuca scariola* L., que se puede ubicar en Asia y norte de África en estado silvestre. (Teng., *et al.*, Identification of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Cultivars with reduced browning discoloration for fresh-cut processing, 2019)

### 2.5.1. Descripción botánica

Salinas (2020) dice que la lechuga es una planta con un rápido crecimiento anual.

- ✓ Raíz: estas pueden alcanzar una longitud máxima de 25 cm de profundidad, siendo la misma fibrosa, superficial, pivotante y con varias ramificaciones.
- ✓ Hojas: estas están ordenadas a manera de roseta, que estarán desplegadas al principio; en algunos casos seguirán así durante todo su desarrollo como la variedad romana y en otras variedades se acogollan después, también dependiendo a la variedad pueden tener las hojas con bordes lisos, ondulados o cerrados.



- ✓ Tallo: son cortos cubiertos de follaje, cilíndricos, blandos en algunas variedades y en otras son cilíndricos y robustos.
- ✓ Semillas: es plana y picuda, color negro, amarillos, gris o blanco según su variedad.

### 2.5.2. *Requerimientos Edafológicos*

Los requerimientos necesarios para la implementación de cultivos de lechuga y obtención de productos orgánicos de buena calidad son (Torre, 2014):

- **Clima:** es una planta con una gran adaptabilidad a los distintos climas, puede vivir a temperaturas de 0°C, pero cuando esta baja suele sentirse sus efectos, que si estos son continuos puede ocasionar lesiones a las hojas o a la misma planta. Por debajo de los 5°C la lechuga no va tener raíces nuevas, crecerán cuando la temperatura esta o sea mayor que 10°C.
- **Temperatura:** Se puede decir que soporta mucho mejor las temperaturas altas que las bajas, estas temperaturas ayudan a un mayor crecimiento de tallos y hojas, la temperatura óptima para su crecimiento va desde los 23°C hasta los 25°C y lo máximo que pueden aguantar serían los 30°C, si la temperatura llegara a subir sobre este rango la planta empezaría a quemarse y moriría.
- **Agua:** es muy sensible a los excesos de humedad, debido a su poco desarrollado sistema radicular, esto no le ayuda a soportar muy bien las sequias, disminuyendo su desarrollo.
- **Suelo:** es una planta que se puede adaptar muy bien a todo tipo de suelos, no obstante, no permite en aquellos que tengan problemas de encharcamiento, los mejores suelos para su cultivo son aquellos ricos en material orgánico y de elevada fertilidad que sean ligeros y con un buen drenaje.
- **Conductividad:** un rango ideal para las lechugas en hidroponía es de 1.4 a 1.8 mS/cm.
- **pH:** un pH optimo en hidroponía para las lechugas es de 6.0 – 7.0

### 2.5.3. *Importancia del Cultivo*

Es una de las hortalizas con mayor popularidad, es un producto natural de bajo contenido calórico y con un sabor agradable; es muy conocida y se cultiva en la mayoría de países. Su producción es muy fácil, lo cual permite mejorar la calidad del producto y

disminuir el tiempo de cultivo y cosecha obteniendo productos de calidad. (Zhan., *et al.*, 2012)

#### 2.5.4. Variedades de lechuga

Tabla 3: Variedades de lechuga

TIPO	DESCRIPCION	VARIEDAD REPRESENTATIVA
DE CABEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabeza dura</li> <li>• Cabeza suave</li> <li>• Cabeza suave semiabierta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Great Lakes</li> <li>• White Boston</li> <li>• Salad Bowl, Bibb</li> </ul>
DE HOJA SUELTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas ásperas o rústicas</li> <li>• Hojas suaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grand Rapids</li> <li>• Simpson</li> </ul>
COS O ROMA	Manojo de hojas semicerrado	White Paris

Fuente: Autor (2023)

#### 2.5.5. Valor nutritivo

El producto comercial de la lechuga son sus hojas, debido a que estas se consumen de forma natural enteras o picadas. Su valor nutricional entre sus grupos varía, el tipo romana y las que no forman cogollo, se caracterizan por tener un valor nutricional mayor a las otras variedades; esto se debe a que tiene una mayor porción de tejido verde. (Gómez, 2020)

Valores energéticos y nutricionales medios:	100 g	% CDO*
Energía	64 kJ 15 kcal	<1%
Proteínas	0,7 g	1%
Hidratos de carbono	2,3 g	<1%
de los cuales a azúcares	1,3 g	1%
Grasas	trazas	<1%
de las cuales saturadas	0,1 g	<1%
Fibra alimentaria	0,7 g	3%
Sodio	trazas	<1%
sal	0,0 g	<1%

Ilustración 2: Valores Nutricionales

Fuente: (Torre, 2014)

### **2.5.6. *Lactuca sativa* L. *Longifolia***

También conocida como lechuga romana, romanita, cos, italiana, orejona o escarola, es una variedad de lechuga con una larga cabeza, posee hojas robustas, alargadas y con un gran nervio central, a diferencia de otras es mucho más tolerante al calor. (José. & Daniel., 2015)

Figura 9: *Lactuca Sativa* var *L. longifolia*



Fuente: (Intagri, 2017)

#### **2.5.6.1. Orígenes**

Procede de una especie silvestre conocida como Scariola, de origen euroasiático, esto se deriva de una multitud de variedades dependiendo a la región donde fue cultivada. Hace 2.500 años antes, los egipcios la cultivaban por su valor medicinal, sus semillas y se extraía un aceite comestible. Los antiguos griegos la domesticaron; Cristóbal Colon, en su segundo viaje introdujo semillas a Centroamérica. (Intagri, 2017)

#### **2.5.6.2. Características**

Es una variedad con un corazón firme y una cabeza larga con hojas robustas; puede tolerar altas temperaturas a comparación de otras variedades. Sus hojas son más alargadas y estrechas no siempre formaran una cabeza compacta, generalmente se diferencia una nervadura central y es crujiente. (Intagri, 2017)

### **2.5.7. *Lactuca Sativa* L. *Capitata***

Más conocida como lechuga seda, es una variedad destinada al cultivo en el campo todo el año, su crecimiento es de cabezas grandes, compactas y redondas con hojas de colores verdes, suaves y jugosas. Es resistente a las variedades de moho, se adapta

fácilmente al consumo en ensaladas, se recomienda en todo tipo de dietas, debido a que son bajas en calorías, ayudan en la digestión y son fuente de numerosas vitaminas. (Nadizadeh., *et al.*, 2020)

Figura 10:Lactuca sativa var L. capitata



Fuente: (areatecnologia, 2020)

#### **2.5.7.1. Características del suelo para el cultivo**

Es buena tomando la luz del sol, pero no soporta el calor de los veranos, en el cual se debería dar sombra a la misma; su siembra debe ser en un suelo fresco, bien drenado, con humus rico en nutrientes; al que se debe agregar una gran cantidad de compost bien descompuesto. (Jaramillo, 2020)

### **2.6. Hidroponía**

El crecimiento poblacional se está dando a pasos agigantados y sus necesidades biológicas también, es por ello que la seguridad alimentaria es una prioridad para los gobiernos, sin embargo, la producción normal de alimento ya no abastece todas las nuevas necesidades debido a que se está deteriorando el medio ambiente, dando lugar a problemas climáticos, uso indiscriminado de tierras, los largos periodos de cultivo, plagas con mayor resistencia a los diferentes controles, etc. (Khamchiangta & Dhakal, 2021)

En busca de suplir las nuevas necesidades nacen nuevas alternativas como lo es la hidroponía (*Hydro* = agua, *ponos*= trabajo) que es una técnica para el cultivo de plantas en un medio libre de suelos, en la cual se arman estructuras simples o complejas para la producción, sus procesos permiten el mejor aprovechamiento del espacio disponible y del recurso agua; dando, así como resultado en un aumento de la producción de hasta 10 veces más que en el cultivo convencional. (Nadizadeh., *et al.*, 2020)

Este proceso promueve el uso de soluciones nutritivas, es decir agua con una mezcla de nutrientes esenciales necesarios para cada tipo de cultivo, a la vez se pueden aprovechar otro mecanismo, en los cuales también se considera las necesidades vegetales como temperatura, humedad, pH. (Gómez, 2020)

Los cultivos hidropónicos son sistemas aislados de la tierra, en el cual las plantas crecen gracias a un suministro de agua conjuntamente con los nutrientes necesarios para la especie, se considera circunstancias adversas como son costos de infraestructura y diseño. (Pardo, 2014)

### **2.6.1. Generalidades de los cultivos hidropónicos**

Las plantas obtienen oxígeno, agua y los nutrientes a partir de su sistema radicular, estos son indispensables para su desarrollo fisiológico, los macronutrientes necesarios se encuentran la sustancia nutritiva en forma de iones, estos son los más relevantes en los cultivos hidropónicos para su eficiente metabolismo vegetal. (Zambrana. & Vega, 2016)

Los controles de los órganos de las plantas se fijarán en parámetros como la temperatura debido a la sensibilidad en su raíz, provocando en algunos casos la muerte del vegetal, el oxígeno disuelto también es parte fundamental para el desarrollo siendo efectivo en agua con bajas temperaturas.

En el caso del pH dictaminara la absorción iónica, si un pH es  $>7.5$  reduce la absorción de  $NO^{-3}$ , igual en los iones fosfato, si se reduce bruscamente los iones generara desbalances en la polaridad de las membranas celulares produciendo la muerte del vegetal. Si el pH es muy alto los iones precipitan y no serán bien absorbidos. (Zambrana. & Vega, 2016)



Ilustración 3: Sistema hidropónico

Fuente: (Segura, 2023)

### **2.6.2. Ventajas de los cultivos hidropónicos**

Beltrano (2017) dice que a los cultivos hidropónicos en la actualidad les dan mayor importancia, debido a que tiene grandes ventajas como:

- ✓ Se puede cultivar en lugares donde la agricultura es difícil.
- ✓ Ahorro de agua, plaguicidas, fertilizantes, etc.
- ✓ Reducción de costos de producción.
- ✓ Cultivos más sanos libres de enfermedades.
- ✓ No usa maquinaria agrícola.
- ✓ Un gran porcentaje de automatización.
- ✓ Se recupera rápido la inversión.
- ✓ Mayor higiene y limpieza en el manejo del cultivo.
- ✓ No contamina recursos naturales.
- ✓ Produce cosechas fuera de época.

### **2.6.3. Técnicas hidropónicas**

(Juan, 2022) da a conocer las técnicas de producción hidropónicas, que se clasifican según el medio de crecimiento en el cual se desarrolla el sistema radical de las plantas que pueden ser:

- ✓ **Raíz flotante:** sistema en el cual las raíces de las plantas flotan sobre una mezcla de agua con una solución de nutrientes, que se encuentra sostenida por espuma Flex, Se puede maximizar el espacio y se acelera el tiempo de desarrollo y se debe mantener monitoreado el pH y la conductividad en la solución nutritiva.
- ✓ **Sistema NFT:** las plantas crecen sobre una capa de agua con un flujo continuo, enriquecida de solución nutritiva. Para la recirculación se puede utilizar una bomba que permitirá distribuir el agua con la solución adecuadamente a lo largo de tubos PVC, el flujo debe ser constante, más que nada se debe mantener en periodos de calor extremo, evitando así que las plantas y raíces se des sequen.
- ✓ **Cultivo sustrato:** nos permite cultivar cualquier tipo de hortaliza a partir de sustratos inertes como: roca fosfórica, aserrín, grava, arena, perlita, vermiculita, peat moss, etc; esto le da a la planta condiciones necesarias de oxígeno y humedad para su desarrollo.

- ✓ **Sistema NGS:** tecnología de origen europeo que trata con la oxigenación de las raíces de manera continua y recirculación de solución nutritiva; se puede cultivar desde hortalizas hasta ornamentales.

### 2.7. N.F.T (Nutrient Film Technique)

Este sistema fue desarrollado por el Dr. Allan Cooper, en la década de los sesenta en Inglaterra, consiste en una capa de agua recirculante mezclada con nutrientes, es muy famosa a nivel mundial y se utiliza mayormente para la producción de hortalizas de alta calidad, se puede dar en invernaderos como en exteriores. (Jaramillo, 2020)

## Nutrient Film Technique

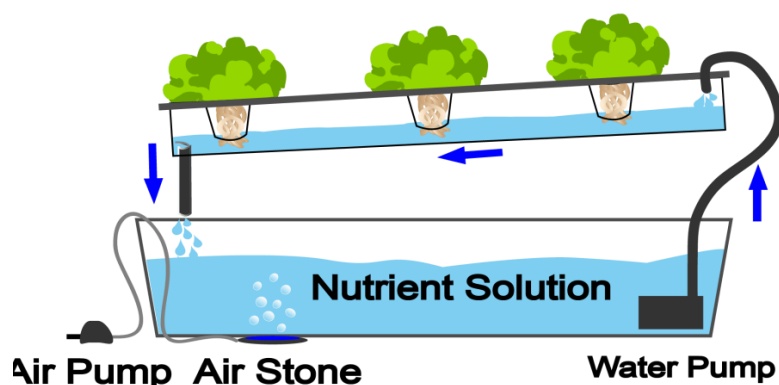


Ilustración 4: Sistema NFT

**Fuente:** (Fernandez, 2017)

El principio del sistema consiste en la recirculación de la solución nutritiva, por medio de varios canales estructurados con tubos PVC, estos se dirigen a un contenedor y con la ayuda de una bomba será succionado y llevado de vuelta al sistema para recircular. Este proceso tiene como fin suministrar nutrientes necesarios a las plantas por medio de su raíz, esto provocara que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente. (Jaramillo, 2020)

#### 2.7.1. Ventajas del NFT

(Khamchiangta & Dhakal, 2021)

- ✓ Se puede corregir deficiencias nutricionales.
- ✓ Ahorros significativos en solución nutritiva.
- ✓ Manejo adecuado del recurso agua.
- ✓ Fácil limpieza del sistema.
- ✓ Control preciso de la nutrición de la planta.

- ✓ Se puede cultivar hortalizas de buena calidad y frescas.
- ✓ Simplifica los sistemas de riego.
- ✓ Un mayor aprovechamiento del espacio.

### 2.7.2. *Desventajas del NFT*

- ✓ Requiere un cuidado adecuado de la solución nutritiva para un buen rendimiento.
- ✓ Los costos son elevados al principio a diferencia de otros sistemas.

### 2.7.3. *Factores para la producción con un sistema NFT*

Para el manejo de un sistema NFT en la producción de cultivos se debe considerar varios factores como:

- ✓ **Temperatura:** se debe mantener la solución entre 13 y 15°C para que la absorción de nutrientes sea la adecuada.
- ✓ **pH:** es factible entre 5.5 y 6.5 en la mayoría de cultivos.
- ✓ **Conductividad eléctrica:** un rango adecuado va 1.5 a 3 mS/ o 750 a 1500 ppm, para que de esta manera la absorción de nutrientes sea la adecuada y no tengan un exceso de sales.
- ✓ **Pendiente del canal:** debe estar entre 1.5 y 2 % de inclinación.
- ✓ **Anchura del canal:** con una distancia entre plantas de 15 a 30cm
- ✓ **Longitud del canal:** máximo 20m de longitud

## 2.8. Solución nutritiva

Es una mezcla con soluciones acuosas con oxígeno disuelto y minerales disociados, el mismo que debe cumplir con parámetros como la relación de iones, conductividad eléctrica y pH. El Agua a utilizar debe ser previamente cualificada, por ejemplo, turbidez cationes, dureza, turbidez, etc. (Interempresas Media, 2023)

Esta sustancia será un medio que proveerá a la planta de agua y nutrientes necesarios para su crecimiento y buen desarrollo, en el cual los macro y micronutrientes deben estar presentes siempre, el control del pH permitirá que los nutrientes se mantengan disueltos, no se cristalicen y precipiten, estas sustancias contienen los alimentos de las plantas, se pueden modificar o potenciar gracias al uso de biofertilizantes. (Interempresas Media, 2023)



## 2.9. Condiciones ambientales para cultivos hidropónicos

El ambiente es el principal eje de tratamiento para la producción de cultivos, debido a que este confiere las propiedades principales que permitirán al organismo realizar las debidas funciones biológicas exactas como lo es la fotosíntesis y con ello su desarrollo metabólico, además se diversifica aspectos como la presencia de plagas pues se determina condiciones óptimas para que la misma estén presentes en ciertos lugares, así mismo se comprueban virus y bacterias. (Teng., et al., Identification of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Cultivars with reduced browning discoloration for fresh-cut processing, 2019)

Las modificaciones climáticas dentro de un invernadero nos permiten manipular el manejo del cultivo, como por ejemplo obtener productos fuera de época en cualquier momento del año, producir cultivos donde las zonas no son viables, mejorar el ciclo de cultivo, aumentar la cantidad de producción, mejorar la calidad del producto y disminuir las afecciones ambientales. (Cisneros, 2016)

Los aspectos más comunes de control ambiental que se debe considerar son (Calani J. A., 2021):

- ✓ **La luz solar:** es la base fundamental para la fotosíntesis sin embargo con esta se puede modificar la temperatura del sector donde se encuentra el cultivo.
- ✓ **Temperatura del aire:** Esto hace referencia al aporte de energía del medio, esto puede estar en constante cambio en función del aire que se encuentra a nivel del suelo. Para controlar esto se pueden utilizar coberturas en forma de invernadero en el lugar donde se realizan los cultivos.
- ✓ **Humedad relativa:** Esta nos da a conocer la concentración agua aire que alimenta a la planta, esto le permite actuar como termo regulador, esto incide en el vegetal debido a que interviene en su transpiración y permite la perdida de agua, su control se puede hacer con el uso de invernaderos o fuentes de agua estática cercanas a los cultivos.
- ✓ **El CO<sub>2</sub>:** este gas se concentra en la atmosfera 350 ppm aproximadamente, dentro de un invernadero puede tener consecuencias malas para la planta debido a que no permite su oxigenación, por lo que se debe tener un control continuo de la ventilación.

## Capítulo III: Metodología y Materiales

### 3. Ubicación

El presente estudio tuvo lugar en la provincia del Azuay, cantón Cuenca sector el vecino, en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, en la terraza del edificio Guillermo Menzi, el mismo que tuvo un tiempo de desarrollo desde marzo del 2023 hasta mayo del 2023.

#### 3.1. Características climáticas

Las características humedad y temperatura del Cantón Cuenca en las fechas que se realizó el presente proyecto fue de:

Tabla 4: Temperatura de Cuenca

Mes	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Humedad
Marzo	17°C	10°C	40%
Abril	17°C	10°C	40%
Mayo	16°C	8°C	30%

**Fuente:** Autor (2023)

#### 3.2. Materiales

En el presente apartado se detallarán todos los equipos y elementos utilizados para la construcción del sistema hidropónico, también se especificarán los materiales ocupados para el diseño de las luces LED y cada una de los tratamientos.

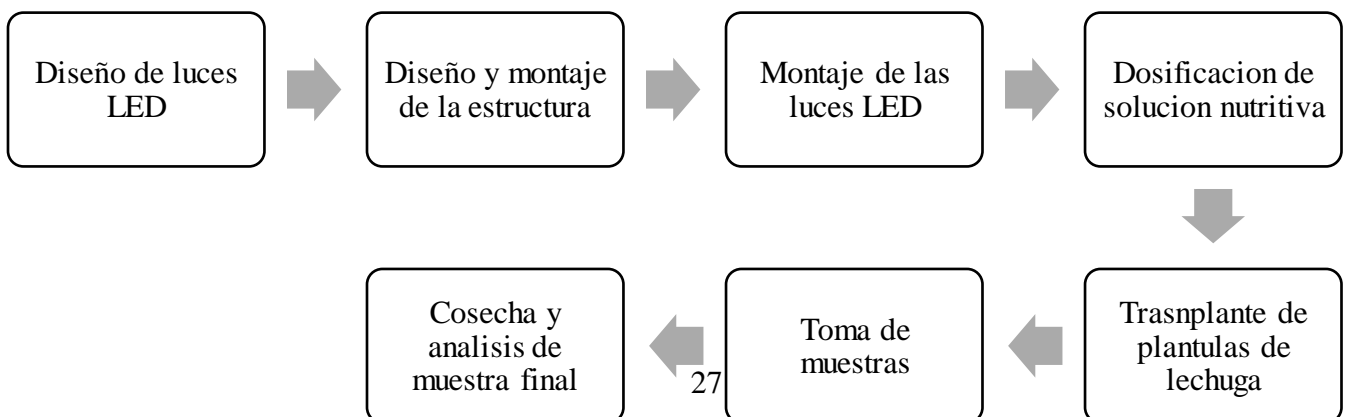
Equipamiento	Materiales
Estructura Hidropónica	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Tubería PVC 12 U.</li><li>✓ Mangueras ¼ pulg, 5 m.</li><li>✓ Mangueras de 1/16 pulg, 1 m.</li><li>✓ 1 barril grande 60 L.</li><li>✓ Conectores de tubería de ¼, 24 U.</li><li>✓ Madera 4 tiras de 2,50 m.</li><li>✓ Madera 12 tiras de 1,50 m.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Madera 4 tiras de 2,10 m.</li> <li>✓ Tornillos 100 U.</li> <li>✓ Soporte para tubería 24 U.</li> <li>✓ Bomba de agua</li> <li>✓ Temporizador</li> <li>✓ Lechugas 120 U, dos variedades romana y seda.</li> <li>✓ Espuma de poliuretano negro 4 U.</li> </ul>
Luces LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baquelitas</li> <li>✓ Placas para Pcb</li> <li>✓ LEDs Rojos 180</li> <li>✓ LEDs verdes 180</li> <li>✓ LEDs Azules 180</li> <li>✓ LEDs Blancos 180</li> <li>✓ LEDs Infrarrojos 180</li> <li>✓ Resistencia 100 Ohms 80</li> <li>✓ Resistencia de 330 Ohms 180</li> <li>✓ Resistencia de 220 Ohms 120</li> <li>✓ Resistencia de 15 Ohms 20</li> <li>✓ Conector JST XH 2,5 – 2 pines 100</li> <li>✓ Conector JST XH 2,5 2 pines macho 100</li> <li>✓ Tubos de estaño 2</li> <li>✓ 2 planchas de madera</li> <li>✓ Cable</li> <li>✓ 4 fuentes</li> </ul>
Solución Nutritiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nitratos y fosfatos</li> <li>✓ Sulfatos y quelatos</li> <li>✓ Nitrato de calcio</li> </ul>
Invernadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plástico para invernadero 3 m.</li> <li>✓ Plástico negro 11 m.</li> <li>✓ Alambre</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espuma Flex 4 planchas</li> <li>✓ Malla para invernadero al 50%</li> <li>✓ Ventilador</li> <li>✓ Extractores de humo</li> <li>✓ Calefactores</li> <li>✓ Termómetro</li> <li>✓ Sensores de Temperatura</li> <li>✓ Cartulina negra 10 planchas</li> </ul>
Adicionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cinta</li> <li>✓ Silicona</li> <li>✓ Velcro</li> <li>✓ Bridas</li> <li>✓ Extensiones</li> <li>✓ Cable</li> <li>✓ Escalera</li> <li>✓ Regleta</li> </ul>

### 3.3. Metodología

El procedimiento que se realizó para la ejecución del proyecto se dividió en fases, debido a que se realizó un diseño completo de luces, para cada uno de los tratamientos a desarrollar, también se realizó un diseño de la estructura base en la cual se montaría todo el proceso.



### 3.3.1. *Diseño de luces LED*

Para el diseño de las luces LED se realizó un estudio previo de cada color, debido a que se iban a realizar 5 repeticiones diferentes, se analizaron por separado cada una de estas. Teniendo en cuenta el número de repeticiones que se iba a realizar en cada tratamiento y determinando el rango de apertura que debe tener por planta.

En el proyecto se tomó en cuenta el uso únicamente de LEDs de bajo brillo o difusos, de un tamaño estándar de 5mm en relación con su diámetro, ya que, a partir de estos elementos, se realizó varias observaciones y evaluaciones sobre su efecto en las plantas bajo su iluminación.

Estos LEDs que se utilizaron en el proyecto fueron adquiridos en locales de Electrónica, donde no se obtuvo alguna información u hoja de datos sobre su fabricación y características de funcionamiento ya que, en la mayoría de las tiendas de elementos electrónicos, no podían darnos algún dato en específico sobre estos, al contrario, solo los denominaban LEDs genéricos, lo cual para nuestro objetivo no es suficiente información válida para empezar una investigación en base a suposiciones. Por lo tanto, se decidió hacer un estudio previo a estos leds para recaudar información y así tener como base, datos sólidos y seguros con los que trabajar.

#### ➤ **Lampara de LED Rojo - Difuso**

##### ✓ **Curva característica Led Rojo (ensayo 1)**

Se hizo una prueba para observar el comportamiento de la corriente tras el aumento de voltaje en el led rojo.

Tabla 5: Mediciones Voltaje.

LED ROJO	
T [V]	I [A]
0	0
1.6	0.005
1.91	0.01
2	0.02
2.02	0.03
2.06	0.04
2.1	0.05
2.11	0.06
2.14	0.08
2.15	0.1

**Fuente:** Autor (2023)

Este análisis se hizo de un LED tomado al azar, de un grupo de 10 LEDs recién adquiridos. Se puede ver que el LED a un voltaje de 2V circula un valor aproximado de corriente de 20mA, así logrando la longitud de onda óptima. Además el comportamiento del mismo, indica que cuando se aumenta el voltaje con el que se alimenta, también aumenta el consumo de la corriente, esto obedece a una curva característica propia de un diodo, pero hay un punto donde si se le sigue aumentando el voltaje en valores pequeños, la corriente se dispara, logrando así un daño permanente en el diodo hasta quemarlo, ya que por su fabricación solo puede soportar hasta cierto límite de voltaje, determinado así que la seguridad propia del LED depende de los valores de voltaje que se le proporciona, teniendo un rango de trabajo de voltaje para evitar su destrucción.

✓ **Voltaje Led a 20mA (ensayo 2)**

Se mide un grupo al azar de leds rojos conectados directamente a la fuente y se caracteriza los diferentes parámetros. Este ensayo se realiza, para comprobar si en todos los Leds a una corriente de 20[mA] nos da un voltaje de 2[V].

Tabla 6: Mediciones de 10 Leds Rojos Conexión Directa

# Led	Vmin [V]	Vtyp [V]-20mA
1	1,6	2,22
2	1,6	2,2
3	1,6	2,21
4	1,6	2,18
5	1,6	2,16
6	1,6	2,15
7	1,6	2,14
8	1,6	2,21
9	1,6	2,16
10	1,6	2,17

**Fuente:** Autor (2023)

Figura 11: Ensayo 2 de LED rojo



**Fuente:** Autor (2023)

Con los datos recogidos del ensayo 2, se obtiene tanto el promedio como la desviación estándar, junto a sus límites Max y Min. Además de la gráfica que nos permite ver mejor la desviación con respecto al promedio de los voltajes de cada LED.

Tabla 7: Promedio y desviación estándar LED rojo

Promedio	2.18 [V]
Desviación estándar	2.83%
Límite Máximo	2.2083 [V]
Límite Mínimo	2.1517 [V]

**Fuente:** Autor (2023)



Ilustración 5: Grafica Desviación Estándar Vtyp LED Rojo

**Fuente:** Autor (2023)

La ilustración .5, se muestra los diferentes niveles de voltaje que se pudieron medir en los 10 LEDs. Donde la franja oscura indica los valores que están dentro del rango de desviación en relación con el promedio. En este segundo ensayo se observa que ningún valor coincidió con el valor del primer ensayo.

Se puede concluir diciendo que los LEDs que se hicieron el experimento no son del mismo tipo que el del primer ensayo. La diferencia en los valores se puede deber a varios factores como: LEDs viejos, defectuosos, variación en el material de elaboración y diferente serie de fabricación. Si estos datos del ensayo 2, los comparamos, con las Tablas de Parámetros de LEDs de fabricantes en el DataSheet, hay cierta similitud en el voltaje que maneja a una corriente que brinde la máxima longitud de onda. Por eso se genera un rango de voltaje que puede trabajar el LED Rojo. Donde se tiene:

- ✓ Voltaje mínimo y máximo tablas: 1,8[V] – 2,4[V]
- ✓ Valor de voltaje promedio ensayo 2: 2,18 [V]
- ✓ Voltaje mínimo y máximo ensayo 2: 2,15[V] – 2,20[V]

Para el proyecto se requiere la mejor optimización posible, por eso se elige el valor del primer LED del ensayo 1, como nuestra referencia base, en donde si se consigue una relación de 2[V]-20[mA]. Además, debido a que los valores del ensayo 2, está dentro del rango establecido en la tabla de datos del fabricante de LEDs, se toma como valor de voltaje de trabajo o voltaje típico, el valor de 2[V].

También se escoge ese valor de voltaje porque se necesita de una garantía de que el brillo del LED sea el más adecuado para la iluminación de la planta, y para generar un voltaje con un pico de longitud de onda adecuada.

Una vez seleccionado el voltaje típico con el que va a trabajar, se obtiene más datos importantes de las tablas para el análisis del LED rojo. Estos son los datos recogidos según el fabricante:

5mm LED	
LED P/N	OSR65134A
Light Color	Red
Lens Color	Red Diffused
Wavelength*1	620-640nm
Luminous Intensity(typ.)*2	420mcd
Forward Voltage*3	1.8-2.4V
Forward Current	20mA
Viewing Angle(typ.)	30°

Ilustración 6: Datos del fabricante

Fuente: (PTY, 2017)

Donde para algunos datos existe una tolerancia, esto quiere decir que puede variar cierto valor con respecto a lo dispuesto:

1. La tolerancia de las mediciones de la longitud de onda dominante es de  $\pm 1 [nm]$
2. La tolerancia de las medidas de intensidad luminosa es de  $\pm 15\%$
3. La tolerancia de las mediciones de tensión directa es  $\pm 0.1[V]$

Para continuar en el desarrollo de las lámparas, se toma estos datos anteriores para la generación de la matriz de LEDs como para la placa donde irán soldadas.

#### ✓ Configuración de la Matriz de LEDs Rojos

Lo primero que se debe tener en consideración es que al generar una placa electrónica que no consuma mucha corriente y demande mucha potencia tanto en las resistencias como a nivel general de la placa. Lo siguiente es el número de leds que va a



tener en la matriz, debido a que la fuente nos generará 12V, entonces la sumatoria de voltajes de cada diodo LED no debe sobrepasar a la de la fuente. La matriz de LEDs, con su respectivo cálculo, nos permitirá obtener el valor de la resistencia que tendrá el circuito, por lo cual se espera tener valores eficientes y cumplir con lo antes mencionado. Considerando al valor de voltaje 2V como ideal para un LED rojo.

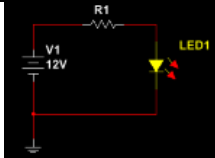
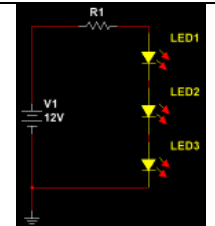
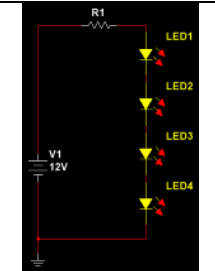
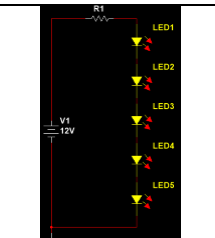
Valores ideales para el cálculo:

$$V_{\text{typ}} = 2[\text{V}].$$

$$I_{\text{led}} = 20[\text{mA}].$$

$$V_{\text{fuente}} = 12 [\text{V}].$$

Tabla 8: Configuraciones de matrices LED Rojo

1 LED	
Circuito	Valores
	#LEDs= 1 Vleds= 2 [V] Iled= 20 [mA] -VR1= 10 [V] R1= 500 [ $\Omega$ ] PR1= 0.2 [W]
3 LEDs	
Circuito	Valores
	#LEDs= 3 Vleds= 6 [V] Iled= 20 [mA] -VR1= 6 [V] R1= 300 [ $\Omega$ ] PR1= 0.12 [W]
4 LEDs	
Circuito	Valores
	#LEDs= 4 Vleds= 8 [V] Iled= 20 [mA] -VR1= 4 [V] R1= 200 [ $\Omega$ ] PR1= 0.08 [W]
5 LEDs	
Circuito	Valores
	#LEDs= 5 Vleds= 10 [V] Iled= 20 [mA] -VR1= 2 [V] R1= 100 [ $\Omega$ ] PR1= 0.04 [W]

Fuente: Autor (2023)

Con estos resultados se puede decir que, para el LED rojo, la mejor opción es manejar una matriz 1x5, por su bajo consumo y demanda de potencia en la resistencia, y por su efectividad de brillo con la cantidad de 5 LEDs en serie. Ahora se probará en un circuito real, se medirá todos los valores y se realiza una comparación entre lo ideal y lo práctico, con los respectivos valores comerciales en los componentes.

Figura 12: Mediciones de LED rojo protoboard



Fuente: Autor (2023)

Tabla 9: Datos reales LED rojo prueba 1

5 LEDS		
Fuente No medida	Circuito	
VF= 12,11 [V] IF= 0,02 [A] PF=0,24 [W]	R= 100 [ $\Omega$ ] VR=1,95 [V] IR=0,0186 [A] PR= 0,0362 [W]	Vled= 1,96 - 2 [V] Vledprom=1,98 Iled= 0,0186 [A] Pledprom=0,0368 [W]
Fuente medida	(multímetro)	(multímetro)
VF= 12,00 [V] IF= 0,0198 [A] PF= 0,2376 [W]		
Rendimiento n= PReal/PF n= 0,221/0,2376 n= 0,930= 93,01%		VTled= 9,94 [V] ITled= 0,0186 [A] PTled=0,1848 [W] (multímetro)
		PReal= PR+PTled PReal= 0,221 [W]

Fuente: Autor (2023)

Según se muestra la prueba, es ideal que cada uno de los LEDs tenga un valor fijo de voltaje, como nos indicó la prueba 1, esto quiere decir que, al momento de adquirir este componente, hay q asegurarse que sean del mismo grupo que fue fabricada, para evitar cualquier variación tanto en medición como en cálculo.

En la prueba 1, al ser LEDs del mismo tipo como el del ensayo 1, los datos ideales se acercan a los teóricos, por lo cual, no habría ningún problema con la matriz. Se opta por la utilización del modelo de la prueba 1, donde la corriente que circulará por las resistencias en paralelo será de 0,0186 [A]. Además, se pueden utilizar resistencias de 1/4 [W], o también resistencias de 1/8 [W], debido a su bajo valor de disipación y para una mejor optimización de espacio en la placa.

Ya una vez seleccionada la matriz de 5 LEDs para la fuente de 12 V, se dispone a diseñar la organización o posición de estos. Dando como resultado esta disposición en el Protoboard.

Al ponerlo a prueba sobre una superficie, a una altura de análisis de 20 cm del suelo, detectamos que no es lo suficiente intenso para una planta colocada por debajo así que se asumió con la integración de más LEDs. En ese caso se optó por una matriz 3x3 donde se mantiene el objetivo de poco consumo de corriente y poca disipación de potencia por parte de las resistencias.

La disposición o conexión en el protoboard de los LEDs para formar la matriz es la siguiente:

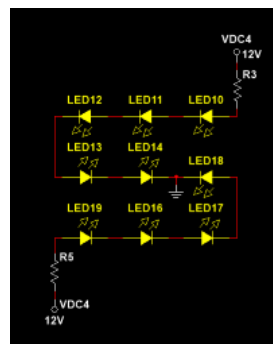


Ilustración 7: Matriz 3x3 LEDs Rojos

**Fuente:** Autor (2023)

Para analizar el circuito completo se reordena el esquema, donde se observa que la primera columna se compone por los 5 LEDs antes analizados, y en la segunda columna los 4 LEDs restantes para formar los 9 LEDs totales que conforman la matriz 3x3.

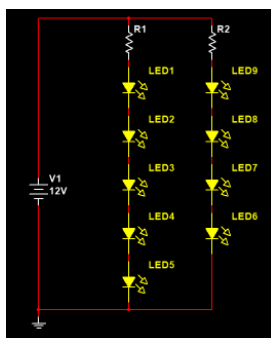


Ilustración 8: Matriz 3x3 LEDs rojos

**Fuente:** Autor (2023)

Ahora con esta nueva columna de 4 LEDs, se determinan los valores que da al realizar las mediciones. Eso significa realizar nuevamente mediciones en el lado de la columna de 5 LEDs para verificar si no hay cambios importantes en los voltajes y las corrientes. Ahora al conectar estas dos columnas de LEDs diferentes en cantidad y resistencia, las corrientes se sumarán, por lo tanto, el consumo de corriente será mayor y por regla, también aumentará la potencia general del circuito.

Tabla 10: Matriz 3x3 LEDs rojos

MATRIZ 3X3 LED ROJO		
Fuente No medida	Circuito Columna 1 (5 Leds)	
VF = 12,28 [V] IF = 0,04 [A] PF = 0,49 [W]	R= 100 [Ω] VR=1,88 [V] IR=0,0189 [A] PR= 0,0355 [W] (multímetro)	Vled=1,95 - 1,99 [V] Vledprom=1,97 Iled= 0,0189 [A] Pledprom= 0,0372 [W] (multímetro) VTled= 9,94 [V] ITled= 0,0189 [A] PTled=0,1878 [W] (multímetro)
Fuente medida real		PReal1=
VFReal= 12 [V] IFReal= 0,0381 [A] PFReal=0,4644 [W] (multímetro)		PR1+PTled1 PReal1= 0,2233 [W]
Corriente y Potencia Final	Circuito Columna 2 (4 Leds)	
IT = IR1+IR2 IT = 0,0377 [A]  PTReal=PReal1+PReal2 PTReal = 0,4475 [W]	R= 200 [Ω] VR=3,68 [V] IR=0,0188 [A] PR= 0,0691 [W] (multímetro)	Vled= 1,98- 2 [V] Vledprom=1,99 Iled= 0,0188 [A] Pledprom= 0,0374 [W] (multímetro) VTled= 8,25 [V] ITled= 0,0188 [A] PTled=0,1551 [W] (multímetro)
Rendimiento		PReal2=
n= PTReal/PFReal n= 0,4475 /0,4644 n= 0,9636= 96,36%		PR2+PTled2 PReal2= 0,2242 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Con toda esta información, la matriz 3x3 de leds, queda como muestra la configuración. Lo cual esta distribución se la puede aplicar a los otros LEDs que se están poniendo a prueba en el proyecto. En cuanto a las resistencias se deben utilizar de un valor de potencia comercial de 1/4 [W].

#### ✓ **Características Eléctricas-Ópticas.**

Al conocer la longitud de onda del LED, se puede determinar el color de la luz emitida. La longitud de onda depende del material semiconductor, no del color del empaque individual del LED o de la caja de plástico. El LED rojo tiene un material de tinte hecho de fosfito galio arsénico o arsenito de galio aluminio.

Tomando en cuenta los datos investigados recogidos de la hoja de información sobre el LED rojo, sabemos la corriente que circulará (20[mA]), a un voltaje de trabajo fijo (2[V]). Pero además de esto también tenemos varios valores importantes a analizar como:

- ✓ Longitud de onda: 620-640 [nm]
- ✓ Longitud onda promedio: 630 [nm]

Se obtiene la frecuencia con la que trabaja esta longitud de onda, para después calcular la velocidad de propagación de la onda. Sabiendo que la velocidad de la luz es de  $3 \times 10^8$  [m/s]:

Ecuación 1

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{630 \times 10^{-9}} \approx 476,190 \text{ THz}$$

$$v = f * \lambda = 476,190 \times 10^{12} * 630 \times 10^{-9} \approx 299943 \frac{\text{Km}}{\text{s}}$$

#### ✓ **Obtención de Parámetros de Iluminación Led Rojo.**

- Intensidad Luminosa Led Rojo: 420 [mcd] = 0,42 [cd]
- Diámetro de Iluminación: 21 [cm] = 0,21 [m]
- Altura: 20 [cm] = 0,2 [m]

Planteando el problema, el área a iluminar se basa en una circunferencia de 21 cm de diámetro, que va a estar iluminada por este led a una altura de 20 cm desde el suelo,

sabiendo también su intensidad luminosa. Se quiere determinar todos los parámetros de iluminación que podamos obtener sabiendo solo estos tres datos. Los valores se trabajarán en metros:

$$\text{Radio circunferencia } (r) = 0,105 \text{ [m]}$$

$$\text{Area Circulo } (S) = \pi * r^2 = 0,0346 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Altura del led } (h) = 0,20 \text{ [m]}$$

$$\text{Intensidad – Candela } (cd) = 0,42 \text{ [cd]}$$

Ecuación 2

$$\omega = \frac{S}{h^2} = \frac{0,0346}{0,20^2} = 0,865 \text{ [sr]}$$

Ecuación 3

$$I = \frac{\phi}{\omega} \text{ [cd]}$$

Ecuación 4

$$\phi = I * \omega = 0,42 * 0,865 = 0,3633 \text{ [Lm]}$$

El Flujo Luminoso que se obtuvo es en función al área y altura aplicadas, si se desea saber el Flujo Luminoso Total se debe hacer el siguiente calculo, donde el factor  $4\pi$  nos indica que el análisis se efectúa alrededor de una esfera completa que encierra al led:

Ecuación 5

$$\phi_T = 4\pi I = 4\pi(0,42) = 5,227 \text{ [Lm]}$$

Para determinar la cantidad de luxes o la Iluminancia, se la puede obtener de dos formas. La primera forma se relaciona el flujo luminoso y el Área Iluminar, así se puede determinar los luxes dependiendo del Área de Iluminación.

Ecuación 6

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{0,3633 \text{ [Lum]}}{0,0346 \text{ [m}^2\text{]}} = 10,5 \text{ [Lux]}$$

Otra forma de determinar la Iluminancia es a través de la Intensidad Luminosa y la altura con respecto al suelo, así podemos determinar los luxes dependiendo de la

Altura de la lampara. Un dato importante es que el ángulo [sr] es a adimensional, así que [cd] es igual a [Lm/sr], por lo tanto, cd=Lm.

Ecuación 7

$$E = \frac{I}{h^2} = \frac{0.42 [cd]}{0.20^2 [m]} = 10,5 [Lux]$$

Otro parámetro por determinar es

Ecuación 8

$$\eta = \frac{\phi}{P} = \frac{0,391}{0,053} = 7,377 \left[ \frac{Lm}{W} \right]$$

Ecuación 9

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{0,391}{0,04} = 9,775 \left[ \frac{Lm}{m^2} \right] \text{ o } [Lux]$$

Ecuación 10

$$L = \frac{I}{S} = \frac{0,22}{0,04} = 5,5 \left[ \frac{cd}{m^2} \right]$$

➤ **Lampara de LED Verde - Difuso**

✓ **Curva característica LED Verde (ensayo 1)**

Ahora, primero haremos una prueba para observar el comportamiento de la corriente tras el aumento de voltaje en el led verde.

Tabla 11: Mediciones Voltaje.

LED VERDE	
T [V]	I [A]
0	0
1.8	0.00015
1.9	0.0008
2	0.0038
2.05	0.007
2.1	0.0121
2.15	0.0189
2.2	0.022
2.25	0.0296
2.3	0.038
2.35	0.049
2.4	0.056
2.45	0.083
2.5	0.0932

**Fuente:** Autor (2023)

Este análisis se hizo de un LED tomado al azar, de grupo de 10 recién adquiridos. Vemos que, a un voltaje de 2,2V circula un valor aproximado de corriente de 20mA, así logrando la longitud de onda optima.

✓ **Voltaje Led a 20mA (ensayo 2)**

Se mide a un grupo al azar de LEDs verdes conectados directamente a la fuente y medimos los diferentes parámetros. Realizamos este ensayo, para comprobar si en todos los LEDs a una corriente de 20[mA] nos da un voltaje de 2,2[V].

Tabla 12: Mediciones de 10 Leds Verdes Conexión Directa

# Led	Vmin [V]	Vtyp [V]-20mA
1	1,8	2,2
2	1,8	2,15
3	1,8	2,17
4	1,8	2,14
5	1,8	2.12
6	1,8	2.17
7	1,8	2.23
8	1,8	2.16
9	1,8	2.17
10	1,8	2.16

**Fuente:** Autor (2023)

Figura 13: Medición Led Verde.



**Fuente:** Autor (2023)



Con los datos recogidos del ensayo 2, obtenemos tanto el promedio como la desviación estándar, junto a sus límites máx. y min. Además de la gráfica que nos permite ver mejor la desviación con respecto al promedio de los voltajes de cada LED.

Tabla 13: Promedio y Desviación Estándar Led Verde

Promedio	2.167 [V]
Desviación estándar	3.06%
Límite Máximo	2.1976 [V]
Límite Mínimo	2.1364 [V]

Fuente: Autor (2023)



Ilustración 9: Grafica Desviación Estándar Vtyp LED Verde.

Fuente: Autor (2023)

La ilustración .9, se muestra los diferentes niveles de voltaje que se pudieron medir en los 10 LEDs. Donde la franja oscura nos indica los valores que están dentro del rango de desviación en relación con el promedio. En este segundo ensayo se observa que ningún valor coincidió con el valor del primer ensayo.

Se puede concluir diciendo que los LEDs que se hicieron el experimento no son del mismo tipo que el del primer ensayo. La diferencia en los valores se puede deber a varios factores Si estos datos del ensayo 2, se comparan con las tablas de parámetros de LEDs de fabricantes en el DataSheet, hay cierta similitud en el voltaje que maneja a una corriente que brinde la máxima longitud de onda. Por eso se genera un rango de voltaje que puede trabajar el LED verde. Donde tenemos:

- Voltaje mínimo y máximo tablas: 1,8[V]-2,4[V]
- Valor de voltaje promedio ensayo 2: 2,167 [V]
- Voltaje mínimo y máximo ensayo 2: 2,136[V]-2,197[V]

Para el proyecto se requiere la mejor optimización posible, por eso se elige el valor del primer led del ensayo 1, como nuestra referencia base, en donde si se consigue una

relación de 2,2 [V]-20[mA]. Además, debido a que los valores del ensayo 2, está dentro del rango establecido en la tabla de datos del fabricante de LEDs, se toma como valor de voltaje de Trabajo o Voltaje Típico, el valor de 2,2 [V].

También se escoge ese valor de voltaje porque se necesita de una garantía de que el brillo del LED sea el más adecuado para la iluminación de la planta, y para generar un voltaje para dar un pico de longitud de onda adecuada.

Una vez seleccionado el Voltaje típico con el que va a trabajar, se obtiene más datos importantes de las tablas para el análisis del Led verde. Estos son los datos recogidos según el fabricante:

<b>5mm LED</b>	
<b>LED P/N</b>	OSG85134A
Light Color	Yellow Green
Lens Color	Green Diffused
Wavelength*1	565-575nm
Luminous Intensity(typ.)*2	90mcd
Forward Voltage*3	1.8-2.4V
Forward Current	20mA
Viewing Angle(typ.)	30°

Ilustración 10: Datos del fabricante LEDs verdes.

Fuente: (areatecnologia, 2020)

Donde para algunos datos existe una tolerancia, esto quiere decir que puede variar cierto valor con respecto a lo dispuesto:

1. La tolerancia de las mediciones de la longitud de onda dominante es de  $\pm 1$  [nm].
2. La tolerancia de las medidas de intensidad luminosa es de  $\pm 15\%$ .
3. La tolerancia de las mediciones de tensión directa es  $\pm 0.1$ [V].

Para continuar en el desarrollo de las lámparas, tomamos estos datos anteriores para la generación tanto de la matriz de LEDs como la placa donde irán soldadas.

#### ✓ **Configuración de la Matriz de Leds Verdes**

Lo primero que se consideró es que el objetivo es generar una placa electrónica que no consuma mucha corriente y demande mucha potencia tanto en las resistencias como a nivel general de la placa. Lo siguiente es el número de LEDs que va a tener en la matriz, debido a que la fuente nos generará 12V, entonces la sumatoria de voltajes de cada diodo Led no debe sobrepasar a la de la fuente. La matriz de LEDs, con su respectivo

cálculo, nos permitirá obtener el valor de la resistencia que tendrá el circuito, por lo cual se espera tener valores eficientes y cumplir con lo antes mencionado. Considerando al valor de voltaje 2,2V como ideal para un led verde.

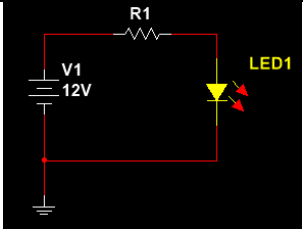
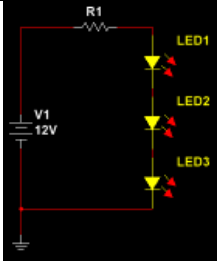
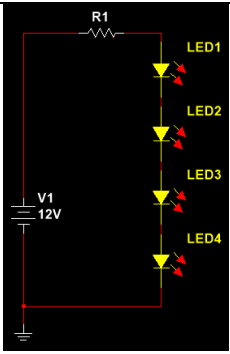
Valores ideales para el cálculo:

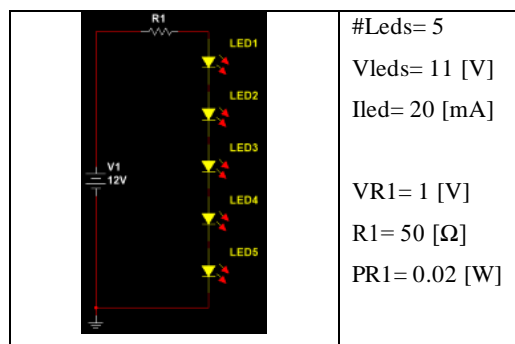
$$V_{\text{typ}} = 2,2[\text{V}].$$

$$I_{\text{led}} = 20[\text{mA}].$$

$$V_{\text{fuente}} = 12 [\text{V}].$$

Tabla 14: Configuraciones de matrices Led Verde

1 LED	
Circuito	Valores
	#Leds= 1 $V_{\text{leds}} = 2,2 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 9,8 [\text{V}]$ $R1 = 490 [\Omega]$ $PR1 = 0.196 [\text{W}]$
3 LEDS	
Circuito	Valores
	#Leds= 3 $V_{\text{leds}} = 6,6 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 5,4 [\text{V}]$ $R1 = 270 [\Omega]$ $PR1 = 0.108 [\text{W}]$
4 LEDS	
Circuito	Valores
	#Leds= 4 $V_{\text{leds}} = 8,8 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 3.2 [\text{V}]$ $R1 = 160 [\Omega]$ $PR1 = 0.064 [\text{W}]$
5 LEDS	
Circuito	Valores



**Fuente:** Autor (2023)

Con estos resultados se puede decir que, para el LED verde, la mejor opción es manejar una matriz 1x5, por su bajo consumo y demanda de potencia en la resistencia, y por su efectividad de brillo con la cantidad de 5 LEDs en serie. Se probó en un circuito real y mediremos todos los valores y haremos una comparación entre lo ideal y lo práctico, con valores comerciales en los componentes.

Tabla 15: Datos reales matriz Led Verde Prueba 1.

5 LEDS		
Fuente No medida	Circuito	
VF= 12,15 [V] IF= 0,035 [A] PF=0,42 [W]	R= 50 [ $\Omega$ ] VR=1,71 [V] IR=0,034 [A] PR= 0,0568[W] (multímetro)	Vled= 1,99- 2,03 [V] Vledprom=2,01 [V] Iled= 0,034 [A] Pledprom=0,0683 [W] (multímetro)
Fuente medida		
VF= 12,00 [V] IF= 0,0346 [A] PF= 0,415 [W]		
Rendimiento n= PReal/PF n= 0,3595/0,36 n= 0,9986= 99,861%		VTled= 10,11[V] ITled= 0,034 [A] PTled=0,343 [W] (multímetro)
		PReal= PR+PTled PReal= 0,3998 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Según se muestra en la prueba, es ideal que cada uno de los LEDs tenga un valor fijo de voltaje, como nos indicó la prueba 1, esto quiere decir que, al momento de adquirir este componente, hay que asegurarse que sean del mismo grupo que fue fabricada, para evitar cualquier variación tanto en medición como en cálculo.

En la prueba 1, al ser leds como el del ensayo 1, vemos que los datos medidos no coinciden con los calculados, más importante la corriente que circula es de 30[mA], lo cual no es lo requerido para nuestra matriz. Así que se aumentó la resistencia para que circule por los LEDs una corriente de 20[mA]. La resistencia que se probó es una en paralelo entre 100 Ohms y 330 Ohms.

Tabla 16: Datos reales matriz Led Verde Prueba 2

5 LEDS		
Fuente No medida	Circuito	
VF= 12,15 [V]	R= 76,74[Ω]	Vled= 1,97- 2,03 [V]
IF= 0,021[A]	VR=1,55[V]	Vledprom=2 [V]
PF=0,25 [W]	IR=0,02 [A]	Iled= 0,02 [A]
Fuente medida	PR= 0,031 [W]	Pledprom=0,04 [W]
VF= 12,00 [V]	(multímetro)	(multímetro)
IF= 0,023 [A]		
PF= 0,276 [W]		
Rendimiento		VTled= 10,04[V]
n= PReal/PF		ITled= 0,02[A]
n= 0,2318/0,276		PTled=0,2008 [W]
n= 0,83= 83,98%		(multímetro)
		PReal= PR+PTled
		PReal= 0,2318 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Al cambiar la resistencia se pudo obtener una corriente similar a la esperada en el cálculo teórico, esto puede deberse a la fabricación o algún desperfecto del LED. Además, se pueden utilizar resistencias de 1/4 [W], debido a su bajo valor de disipación y para una mejor optimización de espacio en la placa. Ya una vez seleccionada la matriz de 5 LEDs para la fuente de 12 V, se dispone a diseñar la organización o posición de estos. Dando como resultado esta disposición en el protoboard.

Se puso a prueba sobre una superficie, a una altura de análisis de 20 cm del suelo, detectamos que no es lo suficiente intenso para una planta colocada por debajo así que se asumió con la integración de más LEDs. También se optó por una matriz 3x3 donde se mantiene el objetivo de poco consumo de corriente y poca disipación de potencia por parte de las resistencias.

La disposición o conexión en el Protoboard de los LEDs para formar la matriz es la siguiente:

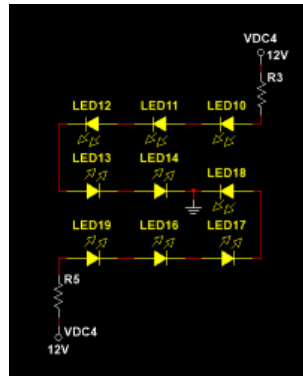


Ilustración 11: Matriz 3x3 LEDs Verdes

**Fuente:** Autor (2023)

Para analizar el circuito completo se reordenó el esquema, donde se observó que la primera columna se compone por los 5 LEDs antes analizados y en la segunda columna los 4 LEDs restantes para formar los 9 LEDs totales que conforman la matriz 3x3.

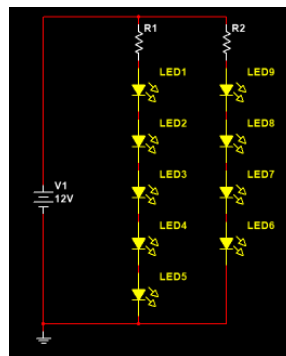


Ilustración 12: Matriz LEDs verdes

**Fuente:** Autor (2023)

Ahora con esta nueva columna de 4 LEDs, se determinó los valores que nos da al realizar las mediciones. Eso significó que al tomar nuevamente las medidas en el lado de la columna de 5 LEDs para verificar si no hay cambios importantes en voltajes y corrientes. Al conectar las dos columnas de diferente cantidad y resistencia, las corrientes de estas se sumaron, por lo tanto, el consumo de corriente será mayor y por regla, también aumentará la potencia general del circuito.

Tabla 17: Matriz 3x3 LED verde

MATRIZ 3X3 LED VERDE		
Fuente No medida	Circuito Columna 1 (5 Leds)	
VF = 12,15 [V] IF = 0,045 [A] PF =0,54 [W]	R= 76,74 [ $\Omega$ ] VR=1,61 [V] IR=0,019 [A] PR= 0,0305 [W] (multímetro)	Vled=1,97 - 2 [V] Vledprom=1,985 Iled= 0,019 [A] Pledprom= 0,0377 [W] (multímetro) VTled= 10,04[V] ITled= 0,019 [A] PTled=0,1907 [W] (multímetro)
Fuente medida real		PReal1= PR1+PTled1 PReal1= 0,2212 [W]
VFReal= 12 [V] IFReal= 0,0447 [A] PFReal=0,5364[W] (multímetro)		
Corriente y Potencia Final	Circuito Columna 2 (4 Leds)	
IT = IR1+IR2 IT = 0,0401 [A]  PTReal=PReal1+Preal2 PTReal = 0,4667[W]	R= 165 [ $\Omega$ ] VR=3,52 [V] IR=0,0211 [A] PR= 0,0742 [W] (multímetro)	Vled= 1,99- 2,06 [V] Vledprom=2,025 [V] Iled= 0,0211 [A] Pledprom= 0,0427 [W] (multímetro) VTled= 8,12 [V] ITled= 0,0211 [A] PTled=0,1713 [W] (multímetro)
Rendimiento		PReal2= PR2+PTled2 PReal2= 0,2455 [W]
n= PTReal/PFReal n= 0,4667 /0,5364 n= 0,87= 87%		

**Fuente:** Autor (2023)

Con toda esta información, la matriz 3x3 de LEDs, queda como nuestra la configuración que dará la mejor iluminación. Por lo cual, esta distribución se la puede aplicar a los otros leds que se están poniendo a prueba en el proyecto. En cuanto a las resistencias se deben utilizar con un valor de potencia comercial de 1/4 [W].

➤ **Lampara de LED Azul - Difuso**

✓ **Curva característica LED Azul (Ensayo 1)**

Ahora, primero se hará una prueba para observar el comportamiento de la corriente tras el aumento de voltaje en el LED azul.

Tabla 18: Mediciones Voltaje.

LED AZUL	
T [V]	I [A]
0	0
2.4	0.000007
2.5	0.000104
2.6	0.000437
2.7	0.00103
2.8	0.001718
2.9	0.00835
3	0.01145
3.1	0.01528
3.2	0.02
3.3	0.0447
3.4	0.0563
3.5	0.07
3.6	0.0834
3.7	0.0967

**Fuente:** Autor (2023)

Este análisis se hizo de un LED tomado al azar, de grupo de 10 recién adquiridos. Vemos que su voltaje de 3,2V circula un valor aproximado de corriente de 20mA, así logrando la longitud de onda optima. Además, el comportamiento nos indica que al aumentar el voltaje con el que se alimenta, también aumenta el consumo de la corriente, esto obedece a una curva característica propia de un diodo, pero hay un punto donde si se le sigue aumentando el voltaje en valores pequeños, la corriente se dispara, logran así el daño permanente en el diodo hasta quemarlo, ya que por su fabricación solo puede soportar hasta cierto límite de voltaje.

✓ **Voltaje LED a 20mA (ensayo 2)**

Se mide a un grupo al azar de LEDs azules conectados directamente a la fuente y determina los diferentes parámetros. Este ensayo se realiza, para comprobar si en todos los LEDs a una corriente de 20[mA] nos da un voltaje de 3,2[V].



Tabla 19: Mediciones de 10 Leds Azules Conexión Directa.

# Led	Vmin [V]	Vtyp [V]-20mA
1	2.4	3.04
2	2.4	3.10
3	2.4	3.04
4	2.4	3.08
5	2.4	3.06
6	2.4	3.15
7	2.4	3.15
8	2.4	3.17
9	2.4	3.14
10	2.4	3.17

**Fuente:** Autora (2023)

Se obtiene tanto el promedio como la desviación estándar, junto a sus límites máx. y min. Además de la gráfica que nos permite ver mejor la desviación con respecto al promedio de los voltajes de cada LED.

Tabla 20: Promedio y Desviación Estándar LED azul

Promedio	3.11 [V]
Desviación estándar	5.23%
Límite Máximo	3.1623 [V]
Límite Mínimo	3.0577 [V]

**Fuente:** Autor (2023)

Se puede concluir diciendo que los LEDs que se hicieron en el ensayo 2 no son del mismo tipo que el del primer ensayo. La diferencia en los valores se puede deber a varios factores. Si estos datos del ensayo 2, los comparamos, con las Tablas de Parámetros de LEDs de fabricantes en el DataSheet, hay cierta similitud en el voltaje que maneja a una corriente que brinde la máxima longitud de onda. Por eso se genera un rango de voltaje que puede trabajar el LED Azul. Donde tenemos:

- Voltaje Mínimo y Máximo Tablas: 2,7[V]-3,4[V]
- Valor de Voltaje Promedio Ensayo 2: 3,11[V]
- Voltaje Mínimo y Máximo Ensayo 2: 3,05[V]-3,16[V]

Para el proyecto se requiere la mejor optimización posible, por eso se elige el valor del primer led del ensayo 1, como nuestra referencia base, en donde si se consigue una relación de 3,2[V]-20[mA]. Además, debido a que los valores del ensayo 2, está dentro del rango establecido en la tabla de datos del fabricante, se toma como importe de voltaje y de trabajo el valor de 3,2[V].

Una vez seleccionado el Voltaje típico con el que va a trabajar, se obtiene más datos importantes de las tablas para el análisis del LED azul. Estos son los datos recogidos según el fabricante:

<b>5mm LED</b>	
<b>LED P/N</b>	OSB55134A
Light Color	Blue
Lens Color	Blue Diffused
Wavelength*1	462.5-472.5nm
Luminous Intensity(typ.)*2	2180mcd
Forward Voltage*3	2.7-3.4V
Forward Current	20mA
Viewing Angle(typ.)	30°

Ilustración 13: Datos del fabricante

**Fuente:** Autor (2023)

Donde para algunos datos existe una tolerancia, esto quiere decir que puede variar cierto valor con respecto a lo dispuesto en la Tabla:

1. La tolerancia de las mediciones de la longitud de onda dominante es de  $\pm 1$  [nm]
2. La tolerancia de las medidas de intensidad luminosa es de  $\pm 15\%$
3. La tolerancia de las mediciones de tensión directa es  $\pm 0.1$ [V]

Para continuar en el desarrollo de las lámparas, se toma los datos anteriores para la generación de la matriz y la placa donde irán soldadas.

#### ✓ **Configuración de la Matriz de Leds Azules**

Lo primero que se debe tener en consideración es que al generar una placa electrónica que no consuma mucha corriente y demande mucha potencia tanto en las resistencias como a nivel general de la placa. Lo siguiente es el número de LEDs que va a tener en la matriz, debido a que la fuente nos generará 12[V], entonces la sumatoria de voltajes de cada diodo no debe sobrepasar a la de la fuente. La matriz con su respectivo cálculo, permite obtener el valor de la resistencia que tendrá el circuito, por lo cual se

espera tener valores eficientes y cumplir con lo antes mencionado. Considerando al valor de voltaje 3,2[V] como ideal para un led azul.

Valores ideales para el cálculo:

$$V_{\text{typ}} = 3,2[\text{V}].$$

$$I_{\text{led}} = 20[\text{mA}].$$

$$V_{\text{fuente}} = 12 [\text{V}].$$

Tabla 21: Configuraciones de matrices Led Verde

1 LED	
Circuito	Valores
	#Leds= 1 $V_{\text{leds}} = 3,2 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 8.8 [\text{V}]$ $R1 = 440 [\Omega]$ $PR1 = 0.176 [\text{W}]$
3 LEDS	
Circuito	Valores
	#Leds= 3 $V_{\text{leds}} = 9.6 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 2,4 [\text{V}]$ $R1 = 120 [\Omega]$ $PR1 = 0.048 [\text{W}]$

Fuente: Autor (2023)

Con estos resultados se puede decir que, para el LED Azul, la mejor opción es manejar una matriz 1x3, por su bajo consumo y demanda de potencia en la resistencia, y por su efectividad de brillo con la cantidad de 3 LEDs en serie. Ahora se probará en un circuito real y se medirá todos los valores haciendo una comparación entre lo ideal y lo práctico, con valores comerciales en los componentes.

Al no tener una resistencia comercial de un valor de 120 Ohms, se tiene que realizar un paralelo de resistencias de 220 y 330, donde se obtiene el valor de 132 Ohms. Con esta resistencia, obtenemos las siguientes mediciones:

Tabla 22: Datos reales matriz LED azul prueba 1.

5 LEDS		
Fuente No medida	Circuito	
VF= 12,11 [V]	R= 132 [ $\Omega$ ]	Vled= 2,91- 2,98 [V]
IF= 0,021 [A]	VR=2,77 [V]	Vledprom=2,945 [V]
PF=0,25 [W]	IR=0,0211 [A]	Iled= 0,0211 [A]
Fuente medida	PR= 0,0584[W]	Pledprom=0,0621 [W]
VF= 12,00 [V]	(multímetro)	(multímetro)
IF= 0,0215 [A]		
PF= 0,258 [W]		
Rendimiento		VTled= 8.83[V]
n= PReal/PF		ITled= 0,0211 [A]
n= 0,2447/0,258		PTled=0,1863 [W]
n= 0,948= 94,84%		(multímetro)
		PReal= PR+PTled
		PReal= 0,2447 [W]

Fuente: Autor (2023)

Según muestra la prueba, es ideal que cada uno de los LEDs tenga un valor fijo de voltaje, como nos indicó la prueba 1, esto quiere decir que, al momento de adquirir este componente, hay q asegurarse que sean de la misma serie de fabricación, para evitar cualquier variación tanto en medición como en cálculo.

Al cambiar la resistencia se pudo obtener una corriente similar a la esperada en el cálculo Teórico, esto puede deberse ya sea a la propia fabricación del LED.

Ya una vez seleccionada la matriz de 3 LEDs para la fuente de 12 V, se dispone a diseñar la organización o posición de estos. Dando como resultado esta disposición en el protoboard. Se puso a prueba sobre una superficie, a una altura de análisis de 20 cm del suelo, detectamos que no es lo suficientemente intenso para una planta colocada por debajo así que se asumió con la integración de más LEDs. En ese caso se optó por una matriz 3x3 donde se mantiene el objetivo de poco consumo de corriente y poca disipación de potencia por parte de las resistencias.

La disposición o conexión en el Protoboard de los LEDs para formar la matriz es la siguiente:

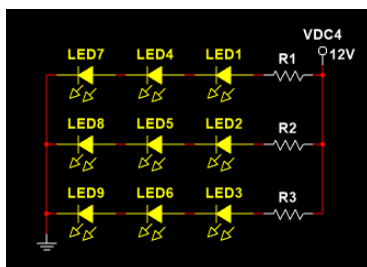


Ilustración 14: Matriz 3x3 Leds Azules.

Fuente: Autor (2023)

Se determinan los valores que nos da al realizar las mediciones. Ahora al conectar estas tres columnas de LEDs, las corrientes de estas se sumaron, por lo tanto, el consumo de corriente será mayor y por regla, también aumentará la potencia general del circuito.

Tabla 23: Matriz 3x3 LED azul

MATRIZ 3X3 LED AZUL		
Fuente No medida	Circuito Columna 1 (3 Leds)	
$V_F = 12,14$ [V] $I_F = 0,066$ [A] $P_F = 0,80$ [W]	$R = 132$ [ $\Omega$ ] $V_R = 2,95$ [V] $I_R = 0,0225$ [A] $P_R = 0,0663$ [W] (multímetro)	$V_{led} = 2,91 - 2,96$ [V] $V_{ledprom} = 2,935$ [V] $I_{led} = 0,0225$ [A] $P_{ledprom} = 0,0660$ [W] (multímetro)
		$V_{Tled} = 8,85$ [V] $I_{Tled} = 0,0225$ [A] $P_{Tled} = 0,1991$ [W] (multímetro)
Fuente medida real		$P_{Real1} = P_R + P_{Tled1}$ $P_{Real1} = 0,2654$ [W]
$V_{FReal} = 12$ [V] $I_{FReal} = 0,0628$ [A] $P_{FReal} = 0,7536$ [W] (multímetro)		
Corriente y Potencia Final	Circuito Columna 2 (3 Leds)	
$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$ $I_T = 0,0666$ [A] $P_{TReal} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$ $P_{TReal} = 0,7847$ [W]	$R = 132$ [ $\Omega$ ] $V_R = 2,92$ [V] $I_R = 0,0226$ [A] $P_R = 0,0659$ [W] (multímetro)	$V_{led} = 2,93 - 2,97$ [V] $V_{ledprom} = 2,95$ [V] $I_{led} = 0,0226$ [A] $P_{ledprom} = 0,0666$ [W] (multímetro)
		$V_{Tled} = 8,87$ [V] $I_{Tled} = 0,0226$ [A] $P_{Tled} = 0,2$ [W] (multímetro)
		$P_{Real2} = P_{R2} + P_{Tled2}$

		PReal2= 0,2659 [W]
	Circuito Columna 3 (3 Leds)	
	R= 132 [ $\Omega$ ] VR=2,76 [V] IR=0,0215 [A] PR= 0,0593 [W] (multímetro)	Vled= 2,97- 3,04 [V] Vledprom=3 [V] Iled= 0,0215 [A] Pledprom= 0,0645 [W] (multímetro)
		VTled= 9,03 [V] ITled= 0,0215 [A] PTled=0,1941 [W] (multímetro)
Rendimiento		PReal3= PR2+PTled2
n= PReal/PFReal n= 0,7847 /0,80 n= 0,9808= 98,08%		PReal3= 0,2534 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Con toda esta información, la matriz 3x3 queda como la más óptima para la iluminación del cultivo. Lo cual esta distribución se la puede aplicar a los otros LEDs que se están poniendo a prueba en el proyecto. En cuanto a las resistencias se deben utilizar de un valor de potencia comercial de 1/4 [W].

### ➤ **Lampara de Led Blanco**

#### ✓ **Voltaje Led a 20mA**

Se mide a un grupo al azar de LEDs blancos conectados directamente a la fuente y se determina los diferentes parámetros. Este ensayo se realiza, para comprobar si en todos los LEDs a una corriente de 20[mA] nos da un voltaje de 3,2[V].

Tabla 24: 1 Mediciones LEDs blancos Conexión Directa

# Led	Vmin [V]	Vtyp [V]- 20mA
1	2.4	2.82
2	2.4	2.80
3	2.4	2.78
4	2.4	2.79
5	2.4	2.82
6	2.4	2.81
7	2.4	2.81
8	2.4	2.82
9	2.4	2.83
10	2.4	2.82

Fuente: Autor (2023)

Se obtiene tanto el promedio como la desviación estándar, junto a sus límites máx. y min. Además de la gráfica que nos permite ver mejor la desviación con respecto al promedio de los voltajes de cada LED.

Tabla 25: Promedio y Desviación Estándar LED blanco

Promedio	2.81 [V]
Desviación estándar	1.56%
Límite Máximo	2.8256 [V]
Límite Mínimo	2.7944[V]

**Fuente:** Autor (2023)

Se puede concluir diciendo que la diferencia en los valores puede deber a varios factores. Si estos datos, los comparamos con las tablas de parámetros de LEDs de fabricantes en el DataSheet, hay cierta similitud en el voltaje que maneja a una corriente que brinde la máxima longitud de onda. Por eso se genera un rango de voltaje que puede trabajar el Led Azul. Donde tenemos:

- Voltaje Mínimo y Máximo Tablas: 2,7[V]-3,4[V]
- Valor de Voltaje Promedio Ensayo 2: 3,2[V]
- Voltaje Mínimo y Máximo Ensayo 2: 3,05[V]-3,16[V]

Para el proyecto se requiere la mejor optimización posible así que se toma los valores que están dentro del rango establecido en la tabla de datos del fabricante de LEDs, se toma como valor de trabajo o voltaje Típico, el dato de 3,2[V].

También se escoge ese valor de voltaje porque se necesita de una garantía de que el brillo del LED sea el más adecuado para la iluminación de la planta.

Una vez seleccionado el Voltaje típico con el que va a trabajar, se obtiene más datos importantes de las tablas para el análisis del Led Blanco. Estos son los datos recogidos según el fabricante:

<b>5mm LED</b>	
<b>LED P/N</b>	OSW45131A
Light Color	Pure White
Lens Color	Water Clear
Color Temperature*1	5500-8500K
Luminous Intensity(typ.)*2	19000mcd
Forward Voltage*3	2.7-3.4V
Forward Current	20mA
Viewing Angle(typ.)	30°

Ilustración 15: Datos del fabricante

**Fuente:** Autor (2023)

Hablando del LED Blanco, este al ser la combinación de todos los colores, tiene todas las longitudes de onda, por lo tanto, otra medida para determinar el color blanco es por el color de temperatura. Donde para algunos datos existe una tolerancia, esto quiere decir que puede variar cierto valor con respecto a lo dispuesto en la Tabla:

1. La tolerancia de las mediciones del color de temperatura es de  $\pm 10\%$
2. La tolerancia de las medidas de intensidad luminosa es de  $\pm 15\%$
3. La tolerancia de las mediciones de tensión directa es  $\pm 0.1[V]$

Para continuar en el desarrollo de las lámparas, tomas estos datos anteriores para la generación tanto como de la matriz de LEDs como la placa donde irán soldadas.

### ✓ Configuración de la Matriz de LEDs Blancos

Lo primero que se debe tener en consideración es que al generar una placa electrónica que no consuma mucha corriente y demande mucha potencia tanto en las resistencias como a nivel general de la placa. Lo siguiente es el número de LEDs que va a tener en la matriz, debido a que la fuente nos generará  $12[V]$ , entonces la sumatoria de voltajes de cada diodo LED no debe sobrepasar a la de la fuente. La matriz con su respectivo cálculo, nos permitirá obtener el valor de la resistencia que tendrá el circuito, por lo cual se espera tener valores eficientes y cumplir con lo antes mencionado. Considerando al valor de voltaje  $3,2[V]$  como ideal para un led azul.

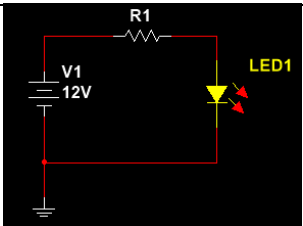
Valores ideales para el cálculo:

$$V_{\text{typ}} = 3,2[V].$$

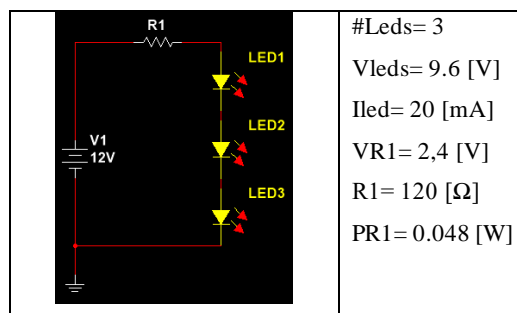
$$I_{\text{led}} = 20[\text{mA}].$$

$$V_{\text{fuente}} = 12 [V].$$

Tabla 26: Configuraciones de matrices LED blanco

1 LED	
Circuito	Valores
	#Leds= 1 $V_{\text{leds}} = 3,2 [V]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$ $V_{R1} = 8.8[V]$ $R1 = 440 [\Omega]$ $P_{R1} = 0.176 [W]$
3 LEDS	
Circuito	Valores





**Fuente:** Autor (2023)

Con estos resultados se puede decir que, para el LED Blanco la mejor opción es manejar una matriz 1x3, por su bajo consumo y demanda de potencia en la resistencia, y por su efectividad de brillo con la cantidad de 3 LEDs en serie. Ahora se probará en un circuito real y midiendo todos los valores se hará una comparación entre lo ideal y lo práctico, con valores comerciales en los componentes.

Al no tener una resistencia comercial de un valor de 120 Ohms, se tiene que realizar un paralelo de dos resistencias de 330, donde se obtiene el valor de 165 Ohms. Con esta resistencia, obtenemos las siguientes mediciones:

Tabla 27: Datos reales matriz LED blanco Prueba 1

3 LEDS		
Fuente No medida	Circuito	
VF= 12,3 [V] IF= 0,021 [A] PF=0,25 [W]	R= 165 [Ω] VR=3,52 [V] IR=0,0211 [A] PR= 0,0742[W] (multímetro)	Vled= 2,77- 2,82 [V] Vledprom=2,8 [V] Iled= 0,0211 [A] Pledprom=0,0590 [W] (multímetro)
Fuente medida		
VF= 12,00 [V] IF= 0,021 [A] PF= 0,252 [W]		
Rendimiento n= PReal/PF n= 0,2529/0,252 n= 1= 100%		VTled= 8.47[V] ITled= 0,0211 [A] PTled=0,1787 [W] (multímetro)
		PReal= PR+PTled PReal= 0,2529 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Según se muestra en la prueba, es ideal que cada uno de los LEDs tenga un valor fijo de voltaje, como nos indicó la prueba 1 de LEDs, esto quiere decir que, al momento de adquirir este componente, hay q asegurarse que sean del mismo lote de fabricación.

Al cambiar la resistencia se pudo obtener una corriente similar a la esperada en el cálculo Teórico, esto puede deberse ya sea a la fabricación o algún desperfecto. Además, se pueden utilizar resistencias de 1/4 [W], debido a su bajo valor de disipación y para una mejor optimización de espacio en la placa.

Ya una vez seleccionada la matriz de 3 Leds para la fuente de 12 V, se dispone a diseñar la organización o posición de estos. Dando como resultado esta disposición en el protoboard. Se pondrá a prueba sobre una superficie, a una altura de análisis de 20 cm del suelo, detectamos que no es lo suficiente intenso para una planta colocada por debajo así que se asumió con la integración de más LEDs. En ese caso se optó por una matriz 3x3 donde se mantiene el objetivo de poco consumo de corriente y poca disipación de potencia por parte de las resistencias.

La disposición o conexión en el Protoboard de los leds para formar la matriz es la siguiente:

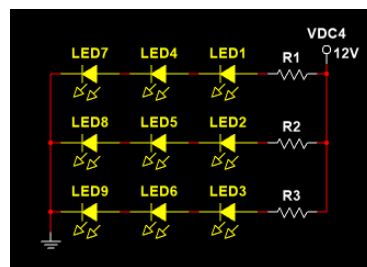


Ilustración 16: Matriz 3x3 LEDs blancos

**Fuente:** Autor (2023)

Ahora con estas nuevas columnas de 3 LEDs, se determina los valores que nos da al realizar las mediciones. Al conectar estas tres columnas de LEDs, las corrientes de estas se sumaron, por lo tanto, el consumo de corriente será mayor y por regla, también aumentará la potencia general del circuito. Como son LEDs Blancos, estos no varían en sus características en cada columna de la matriz.

Con toda esta información, la matriz 3x3 de leds, queda como nuestra configuración de leds que da mejor forma de Iluminación para nuestro objetivo. Lo cual esta distribución se la puede aplicar a los otros leds que se están poniendo a prueba en el proyecto. En cuanto a las resistencias se deben utilizar de un valor de potencia comercial de 1/4 [W].

➤ **Lampara de LED Infrarrojo**

✓ **Curva característica LED Infrarrojo (Ensayo 1)**

Ahora, primero haremos una prueba para observar el comportamiento de la corriente tras el aumento de voltaje en el LED infrarrojo

Tabla 28: Mediciones Voltaje.

LED Infrarrojo	
T [V]	I [A]
0	0
0.2	0
0.4	0
0.6	0
0.8	0
1	0.001
1.15	0.002
1.23	0.01
1.31	0.022
1.36	0.032
1.41	0.042
1.48	0.063
1.5	0.1

**Fuente:** Autor (2023)

Este análisis se hizo de un LED tomado al azar, de grupo de 10 recién adquiridos. Vemos que, a un voltaje de 1,3V circula un valor aproximado de corriente de 20mA, así logrando la longitud de onda optima. Además, el comportamiento nos indica que el LED al aumentar el voltaje con el que se alimenta, también aumenta el consumo de la corriente, esto obedece a una curva característica propia de un diodo, pero hay un punto donde si se le sigue aumentando el voltaje en valores pequeños, la corriente se dispara, logrando así el daño permanente en el diodo hasta quemarlo.

✓ **Voltaje Led a 20mA (Ensayo 2)**

Se mide a un grupo al azar de LEDs infrarrojos conectados directamente a la fuente y se determina los diferentes parámetros. Este ensayo se realiza, para comprobar si en todos los LEDs a una corriente de 20[mA] nos da un voltaje de 1,35 [V].

Tabla 29: Mediciones de 10 LEDs infrarrojos Conexión Directa.

# Led	Vmin [V]	Vtyp [V]- 20mA
1	1	1.35
2	1	1.34
3	1	1.33
4	1	1.35
5	1	1.36
6	1	1.37
7	1	1.4
8	1	1.33
9	1	1.33
10	1	1.32

**Fuente:** Autor (2023)

Se obtiene tanto el promedio como la desviación estándar, junto a sus límites máx. y min. Además de la gráfica que nos permite ver mejor la desviación con respecto al promedio de los voltajes de cada LED.

Tabla 30: Promedio y Desviación Estándar Led Rojo

Promedio	1.348 [V]
Desviación estándar	2.39%
Límite Máximo	1.3719 [V]
Límite Mínimo	1.3241 [V]

**Fuente:** Autor (2023)

Si estos datos del ensayo 2, se compara con las tablas de Parámetros LEDs de los fabricantes en el DataSheet, hay cierta similitud en el voltaje que maneja a una corriente que brinde la máxima longitud de onda. Por eso se genera un rango de voltaje que puede trabajar el LED infrarrojo, donde tenemos:

- Voltaje mínimo y máximo tablas: 1,2[V]-1,5[V]
- Valor de voltaje promedio ensayo 2: 1,34[V]
- Voltaje mínimo y máximo ensayo 2: 1,37[V]-1,32[V]

Para el proyecto se requiere la mejor optimización posible, por eso se elige el valor del primer ensayo, como nuestra referencia base, en donde si se consigue una relación de 1,35[V]-20[mA]. Además, debido a que los valores del ensayo 2, está dentro del rango

establecido en las tablas de datos del fabricante, se toma como valor de voltaje de Trabajo o Voltaje Típico, el dato de 1,35[V].

También se escoge ese valor de voltaje porque se necesita de una garantía de que el brillo del LED sea el más adecuado para la iluminación de la planta.

Una vez seleccionado el Voltaje típico con el que va a trabajar, se obtiene más datos importantes de las tablas para el análisis del LED infrarrojo. Estos son los datos recogidos según el fabricante:

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Radiant Intensity	E <sub>e</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	7.8	10	--	mW/sr
		I <sub>F</sub> =100mA Pulse Width ≤ 100 μs, Duty ≤ 1%	--	45	--	
		I <sub>F</sub> =1A Pulse Width ≤ 100 μs, Duty ≤ 1%	--	450	--	
Peak Wavelength	λ <sub>p</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	--	940	--	nm
Spectral Bandwidth	Δλ	I <sub>F</sub> =20mA	--	45	--	nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	--	1.2	1.5	V
		I <sub>F</sub> =100mA Pulse Width ≤ 100 μs, Duty ≤ 1%	--	1.4	1.8	
		I <sub>F</sub> =1A Pulse Width ≤ 100 μs, Duty ≤ 1%	--	2.6	4.0	
Reverse Current	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub> =5V	--	--	10	μA
View Angle	2θ 1/2	I <sub>F</sub> =20mA	--	40	--	deg

Ilustración 17: Datos del fabricante

**Fuente:** Autor (2023)

Este led no está dentro del rango de visibilidad del ojo humano o de la longitud de onda que se pueda observar, una manera de poder observar su intensidad es a través de una cámara de video o de celular, porque estas si pueden detectar la baja longitud de onda q maneja los LEDs infrarrojos.

### ✓ *Configuración de la Matriz de Leds Infrarrojos*

Lo primero que se debe tener en consideración es que al generar una placa electrónica que no consuma mucha corriente y demande mucha potencia tanto en las resistencias como a nivel general de la placa. Lo siguiente es el número de LEDs que va a tener en la matriz, debido a que la fuente nos generará 12[V], entonces la sumatoria de voltajes de cada diodo no debe sobrepasar a la de la fuente. La matriz con su respectivo cálculo, nos permitirá obtener el valor de la resistencia que tendrá el circuito, por lo cual se espera tener valores eficientes y cumplir con lo antes mencionado. Considerando al valor de voltaje 1,35[V] como ideal para un led Infrarrojo.

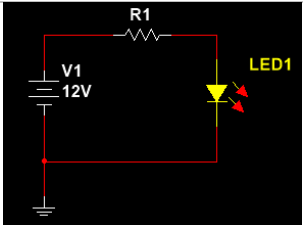
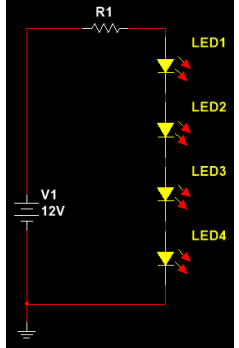
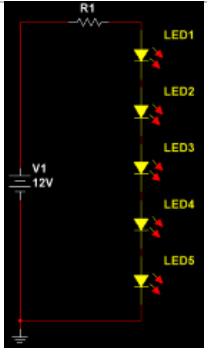
Valores ideales para el cálculo:

$$V_{\text{typ}} = 1,35[\text{V}].$$

$$I_{\text{led}} = 20[\text{mA}].$$

$$V_{\text{fuente}} = 12 [\text{V}].$$

Tabla 31: Configuraciones de matrices LED infrarrojo

1 LED	
Circuito	Valores
	#Leds= 1 $V_{\text{leds}} = 1,35 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$  $V_{R1} = 10.65[\text{V}]$ $R1 = 532.5 [\Omega]$ $PR1 = 0.213[\text{W}]$
4 LEDS	
Circuito	Valores
	#Leds= 4 $V_{\text{leds}} = 5.4 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$  $V_{R1} = 6.6[\text{V}]$ $R1 = 330 [\Omega]$ $PR1 = 0.132 [\text{W}]$
5 LEDS	
Circuito	Valores
	#Leds= 5 $V_{\text{leds}} = 6.75 [\text{V}]$ $I_{\text{led}} = 20 [\text{mA}]$  $V_{R1} = 5.25[\text{V}]$ $R1 = 262.5 [\Omega]$ $PR1 = 0.105 [\text{W}]$

**Fuente:** Autor (2023)

Con estos resultados se puede decir que, para el led Infrarrojo la mejor opción es manejar una matriz 3x3, por su bajo consumo de potencia en la resistencia y por su efectividad de brillo con la cantidad de 3 LEDs en serie. Ahora se probará en un circuito

real midiendo todos los valores y haciendo una comparación entre lo ideal y lo práctico, con valores comerciales en los componentes.

Para la columna de 4 LEDs se tomará la resistencia de valor comercial más cercana, donde su valor es de 270  $\Omega$ . En la Columna de 5 LEDs se usará resistencias de 330  $\Omega$ . Con estas resistencias, se obtiene las siguientes mediciones:

La disposición o conexión en el Protoboard de los LEDs para formar la matriz es la siguiente:

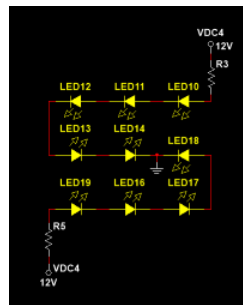


Ilustración 18: Matriz 3x3 LEDs Infrarrojos

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 32: Matriz 3x3 LED infrarrojo

MATRIZ 3X3 LED INFRARROJO		
Fuente No medida	Circuito Columna 1 (5 Leds)	
VF = 12,15 [V] IF = 0,04 [A] PF = 0,42 [W]	R= 270 [ $\Omega$ ] VR=5,67 [V] IR=0,021 [A] PR=0,119 [W] (multímetro)	Vled=1,24 [V] Iled= 0,021 [A] Pledprom=0,026 [W] (multímetro)
Fuente medida real		VTled= 6,28[V] ITled= 0,021 [A] PTled=0,132 [W] (multímetro)
VFReal= 12 [V] IFReal= 0,0426 [A] PFReal=0,5112[W] (multímetro)		PReal1= PR1+PTled1 PReal1= 0,251 [W]
Corriente y Potencia Final	Circuito Columna 2 (4 Leds)	
IT = IR1+IR2 IT = 0,0426 [A]  PTReal=PReal1+PReal2 PTReal = 0,506[W]	R= 330 [ $\Omega$ ] VR=6,91 [V] IR=0,0216 [A] PR=0,149 [W] (multímetro)	Vled= 1,23-1,24 [V] Vledprom=1,235 [V] Iled= 0,0216 [A] Pledprom= 0,0266 [W] (multímetro)
Rendimiento		VTled= 4,94 [V] ITled= 0,0216 [A] PTled=0,106 [W] (multímetro)
n= PTReal/PFReal n= 0,506 /0,5112 n= 0,98= 98%		PReal2= PR2+PTled2 PReal2= 0,255 [W]

**Fuente:** Autor (2023)

Con toda esta información, la matriz 3x3 de LEDs, queda como nuestra configuración dando de esta manera la mejor iluminación para el cultivo. Por lo tanto, esta distribución se la puede aplicar a los otros LEDs que se están poniendo a prueba en el proyecto. En cuanto a las resistencias se deben utilizar de un valor de potencia comercial de 1/2 [W].

### 3.3.2. *Diseño de la estructura*

Para el diseño estructural primero se armó un armazón de madera, el cual sirvió como soporte para el sistema hidropónico y es la base del invernadero.

Figura 14: Estructura



**Fuente:** Autor (2023)

Se determinó el proceso por el cual se realizó la hidroponía, que consiste en un sistema NFT. Este sistema tiene un armazón echo de 12 tubos PVC con una medida de 2,20 m cada uno, en los que se hicieron 10 agujeros con una distancia de 20 cm, los cuales ayudan al distanciamiento entre cada una de las plantas y los agujeros tendrán como propósito ser soporte para las mismas, estas se colocaron en un sustrato de espuma de poliuretano negro. En los laterales de los tubos se colocó una manguera por la cual ingresa el flujo de agua con la solución nutritiva. Todo este sistema tuvo como base el armazón de madera, se lo dispuso con una inclinación del 2% para que el fluido recorra el sistema.

Las mangueras que se encuentran en los laterales de los tubos están conectadas en zigzag una con respecto a la otra, sin embargo, el primer y el último tubo se encuentran conectados a un tanque, en el cual se dispone agua mezclada con la solución nutritiva necesaria para la alimentación de las plantas; esta solución ingresa al sistema gracias a



una bomba de agua, así de esta manera se da una recirculación del líquido. Después de que todo el sistema esté conectado correctamente se coloca en la base de madera sosteniéndola con bridas plásticas para tubos y tornillos, así queden correctamente sostenidas al armazón y no se desplacen ni se cae.

Luego de que todo el sistema este montado correctamente, se arma el invernadero el cual estará cubierto por plástico negro y como aislante se colocará espuma Flex, este se encontrara en posición del sol naciente, así de esta manera aprovechar todas las horas luz necesarias para la investigación en este caso sería para el testigo; en la parte superior reutilizando tubos PVC sobrantes del sistema se alzarán 30 cm, esto servirá para colocar plástico de invernadero y malla de sombra, para las plantas testigo.

Luego de que el invernadero y el sistema hidropónico estén colocados correctamente, se procederá a la implementación de los equipos en la parte interna, los cuales están constituidos por tres ventiladores, 2 extractores de humo, dos calefactores, dos termómetros, dos sensores de temperatura y humedad. Los mismo que tienen como fin proveer las condiciones necesarias para el cultivo.

### **3.3.3. Montaje de las luces LED**

Una vez armada toda la estructura con el sistema hidropónico se ejecutó el montaje de las luces, las cuales fueron diseñadas específicamente para este estudio. Luego de obtener el diseño y comprar los materiales se realizó el armado de las placas con focos LED, después de imprimir las pistas en las placas se procedió a cortar, limpiar y taladrar cada una de las placas.

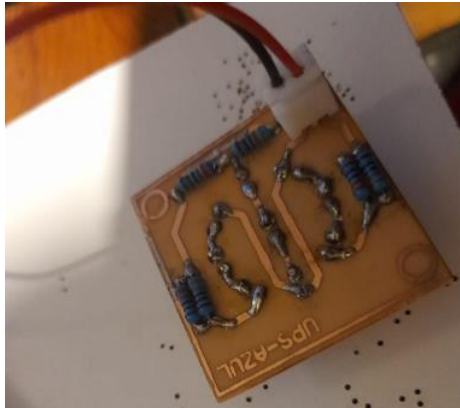
Figura 15: Diseño de placa



**Fuente:** Autor (2023)

Teniendo las placas listas, procedimos a soldar en cada una de las pistas los focos LED de cada color, colocando las resistencias y los conectores.

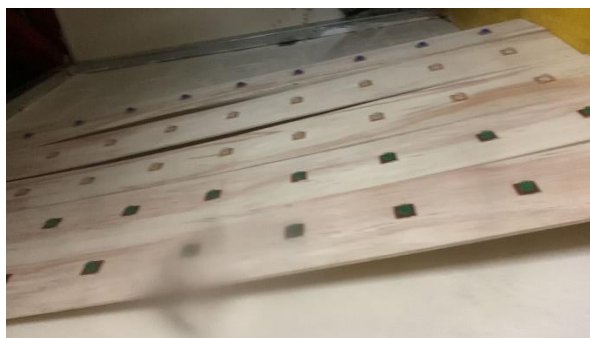
Figura 16: Soldadura de placas



**Fuente:** Autor (2023)

Con las placas listas procedimos a colocarlas en planchas de madera en las cuales se ubicaron para montarlas en la estructura, con la ayuda de un taladro se hizo agujeros de 1cm en el cual se colocó el conector de las luces, esto se hizo cada 20 cm y se colocó 10 luces por plancha, para que así de esta manera coincidan con cada planta.

Figura 17: Montaje de placas



**Fuente:** Autor (2023)

Luego de que todas las luces estén conectadas y colocadas correctamente en las planchas de madera se las montó en la estructura acomodándolas de manera que tengan una altura de 30 cm desde la parte superior del tubo hasta la luz, respetando el parámetro de crecimiento de la planta.

Por último, teniendo todo el sistema montado, se colocaron 4 fuentes las cuales regulaban la corriente de cada una de las luces LED y se realizaron las conexiones correspondientes, como los calefactores, ventiladores, extractores de humo y la bomba, la misma que se encontraba conectada a un temporizador.

Los tratamientos fueron puestos en marcha el día 1 de abril de 2023, en el cual se encendieron las luces por un lapso de 16 horas y descansaban 8 horas.

#### **3.3.4. Dosificación de solución nutritiva**

El principio del sistema hidropónico es la suplantación de sustrato normalizado de tierra por uno que sea capaz de alimentar la planta y darle los nutrientes necesarios, mediante otros componentes bioquímicos que serán absorbidos por su raíz.

El presente proyecto investigativo pretendió hacer uso de luces LED para la obtención de un cultivo de buena calidad y en menor tiempo, determinando la factibilidad del mismo y utilizando soluciones nutritivas para la administración de nutrientes a la planta.

Para esto se adquirió una solución nutritiva que contaba con las características necesarias de nutrientes para el cultivo en este caso las lechugas, la solución nutritiva constaba de los siguiente:

- ✓ Nitratos y fosfatos
- ✓ Sulfatos y quelatos
- ✓ Nitrato de calcio

Figura 18: Nitratos y fosfatos



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 19: Sulfatos y quelatos



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 20: Nitrato de calcio



**Fuente:** Autor (2023)

El tanque reservorio que se dispone era de 60 L por lo que se llenó con 45 L y un poco más sería con la solución nutritiva, la manguera de succión de la bomba se encontraba en la parte inferior del tanque, haciendo que el agua saliera hacia el tubo más alto y comience el proceso de recirculación, así de esta manera cuando llegara al último tubo que se encontraba en la parte inferior este tenga las mangueras de salida conectadas al tanque, las mismas que se encontraban unidas por la parte superior de este haciendo que cuando llegue el agua de la recirculación tenga una caída hacia el fondo produciendo así la oxigenación del agua, de esta manera se evitó la propagación de algas en el tanque de reserva y se hará un seguimiento diario tomando datos de la conductividad y el pH evitando de esta manera, que este alterado y pueda dañar el cultivo.

La primera dosis se colocó el sábado 1 de abril de 2023, de esta manera se fue dosificando el agua cada 7 días debido a que por la evaporación el agua del tanque disminuía y se colaba 15 L más la dosis de las soluciones cada viernes, así de esta manera se mantenía el tanque con el agua necesaria para la recirculación. El proceso de

recirculación de agua se daba mediante una bomba la cual se encontraba conectada a un temporizador el mismo que se activaba cada 45 minutos por un lapso de 15 minutos, se encendía a las 06:00 am y se apagaba a las 22:00 pm, solo por 15 minutos a la 01:15am volvía a encenderse, en las horas del día en los cuales el sol se tornaba más fuerte alrededor de las 11:00 am hasta las 15:00 pm, se encendía cada 30 minutos por un lapso de 15 minutos.

Se tomaba diariamente datos del pH y la conductividad eléctrica para así mantener estable la solución nutritiva y el agua, de esta manera evitar pérdidas o daños al cultivo.

### ***3.3.5. Trasplante de plántulas de lechuga***

Se trasplanto plántulas de lechuga de 3 semanas debido a que en esta etapa las mismas son adecuadas para el traspaso, se hizo un lavado y se las colocó en una espuma de poliuretano negro dentro de vasos plásticos que tenían una abertura en la parte inferior, los mismos que le hicieron soporte para que no se muevan dentro de los tubos PVC. Las plántulas fueron colocadas todas el 1 de abril del 2023, así de esta manera ir viendo progresivamente su crecimiento, en cada uno de los tratamientos.

Figura 21: Trasplante de plántulas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 22: Trasplante de plántulas en el sustrato



**Fuente:** Autor (2023)

### ***3.3.6. Toma de muestras***

El análisis morfológico comprende todas las características físicas externas presentadas por las especies. Se procedió a revisar sus propiedades físicas como altura de la planta, longitud de hojas, número de hojas, ancho de las hojas, espesor, peso y características nutricionales.

La herramienta que se utilizó para el análisis fue un calibrador digital y una balanza electrónica en cuanto a hojas y planta.

### ***3.3.7. Cosecha y análisis de muestra final***

Se procedió a la cosecha transcurrido 60 días posteriores al trasplante, por lo que se tomaron los últimos datos necesarios para la tabulación de variables. Los ámbitos de color y las características nutricionales se basaron en diferentes revisiones bibliográficas, se consultó con expertos en cuanto a tener un conocimiento sobre la salud de la planta

## **Capítulo IV: Resultados y discusiones**

### **4. Resultados**

Los datos tomados diariamente fueron del pH y la conductividad eléctrica, así de esta manera se podría mantener regulado las condiciones necesarias tanto para el cultivo como para la solución nutritiva.

Tabla 33: Datos necesarios para pH y conductividad eléctrica en el cultivo.

Lechugas	6 - 7	1.4 - 1.8 mS
Solución nutritiva	5.5 - 6.5	1.5 - 3 mS
FECHA	pH	Conductividad
1/4/2023	6	1.6
2/4/2023	6.1	1.
3/4/2023	6	6.1
4/4/2023	6.1	6.
5/4/2023	6.1	16.
6/4/2023	6.1	1.6
7/4/2023	6.1	1.6
8/4/2023	6	1.7
9/4/2023	6	1.6
10/4/2023	6	1.6
11/4/2023	6.1	2.6
12/4/2023	6.1	1.6
13/4/2023	6	1.6
14/4/2023	6	2.6
15/4/2023	6	2.7
16/4/2023	6.1	1.7
17/4/2023	6.1	1.6
18/4/2023	6	1.6
19/4/2023	6	1.6
20/4/2023	6	2.6
21/4/2023	6.1	1.6
22/4/2023	6.1	1.6
23/4/2023	6.1	1.6
24/4/2023	6.1	1.7
25/4/2023	6	1.6
26/4/2023	6.1	1.7
27/4/2023	6.1	1.6
28/4/2023	6.1	1.7
29/4/2023	6	1.6
30/4/2023	6	1.6
1/5/2023	6	1.6
2/5/2023	6	1.7
3/5/2023	6.1	1.6
4/5/2023	6.1	1.6
5/5/2023	6.1	1.6
6/5/2023	6.1	1.6
7/5/2023	6.1	1.6
8/5/2023	6.1	1.6
9/5/2023	6.1	1.6
10/5/2023	6	1.6
11/5/2023	6.1	1.6

12/5/2023	6.2	1.6
13/5/2023	6.2	1.6

**Fuente:** Autor (2023)

Los resultados que fueron evaluados estaban en función a los lineamientos citados anteriormente, se realizaron 6 tratamientos en los cuales se colocaron 5 tipos de luz artificial y un testigo con luz solar, se hizo la toma de datos en la semana 2, semana 4 y la semana 7 siendo esta la última; para la primera semana en todos los tratamientos se colocó plántulas de lechuga de 3 semanas de germinada.

En la revisión realizada la tercera semana se pudo constatar que los tratamientos de luz artificial, verde, blanca e infrarroja ya no disponía de plántulas vivas, debido a que en las revisiones se determinó que el crecimiento de estas era irregular teniendo una coloración muy pálida con respecto a los otros tratamientos y su tallo era muy delgado.

Figura 23: Plántula tratamiento verde



**Fuente:** Autor (2023)

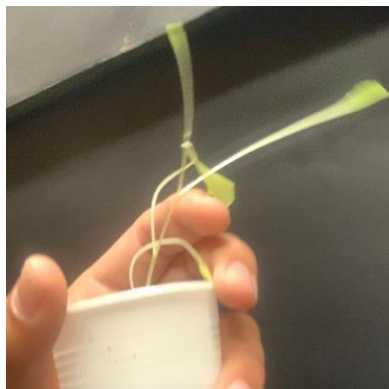


Figura 24: Plántula tratamiento blanco



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 25: Plántula tratamiento infrarrojo



**Fuente:** Autor (2023)

Los datos obtenidos se tomaron en 3 semanas diferentes, de esta manera se pudo determinar el crecimiento progresivo en los tratamientos de cada una de las especies de lechuga que se utilizó en la investigación.

El total de datos registrados para cada una de las variables de las dos variedades de lechugas estudiadas, en cada tratamiento fueron 10. Lo que nos permitió realizar un análisis cuantitativo de la variación de estos.

En la siguiente tabla se describe la nomenclatura utilizada en este trabajo.

Tabla 34: Tabla de nomenclaturas

Nomenclatura	Significado
R. R	Tratamiento con LED rojo en la lechuga romana
A. R	Tratamiento con LED azul en la lechuga romana
T. R	Testigo para la lechuga romana
R. S	Tratamiento con LED rojo en la lechuga seda
A. S	Tratamiento con LED azul en la lechuga seda
T. S	Testigo para la lechuga seda

Fuente: Autor (2023)

#### 4.1. Tamaño de la hoja

En este apartado se muestra la variación promedio del tamaño de las hojas de las lechugas romanas y seda, las cuales fueron expuestas a los LEDs de color rojo y azul por 7 semanas.

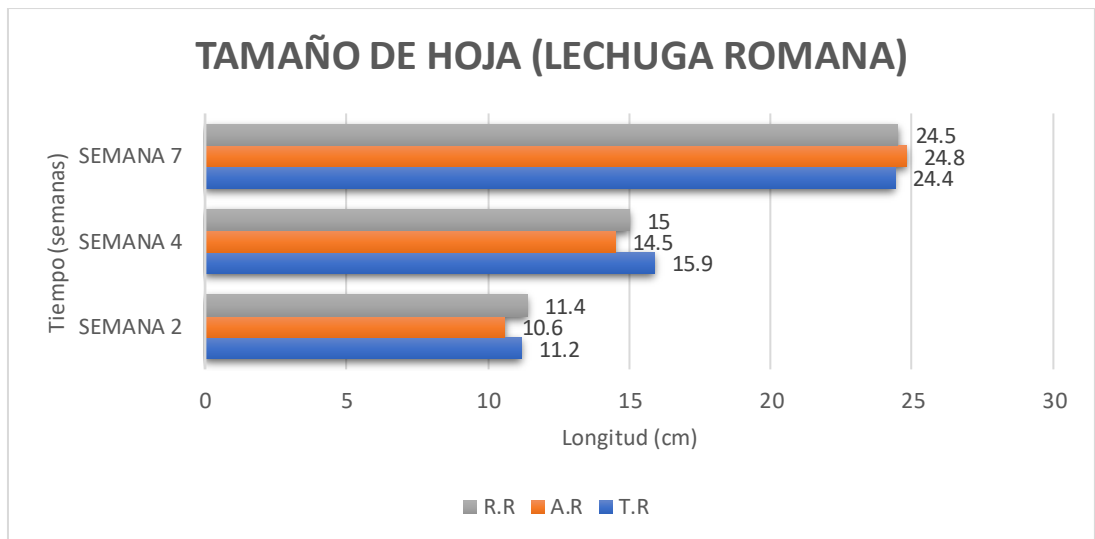


Ilustración 19: Variación del tamaño de las hojas de la lechuga romana.

Fuente: Autor (2023)

En la ilustración .19, se puede apreciar que en la segunda semana el mayor crecimiento se dio en el tratamiento el de la luz roja, con 11,4 cm y el de menor tamaño fue el de la luz azul con 10,6 cm; para la cuarta semana el mayor crecimiento se dio en la testigo con 15,9 cm y el de menor tamaño fue de la luz azul con 14,5 cm; para la séptima semana el mayor crecimiento se dio en la luz azul con 24,8 cm y el de menor tamaño fue en el testigo con 24,4cm.

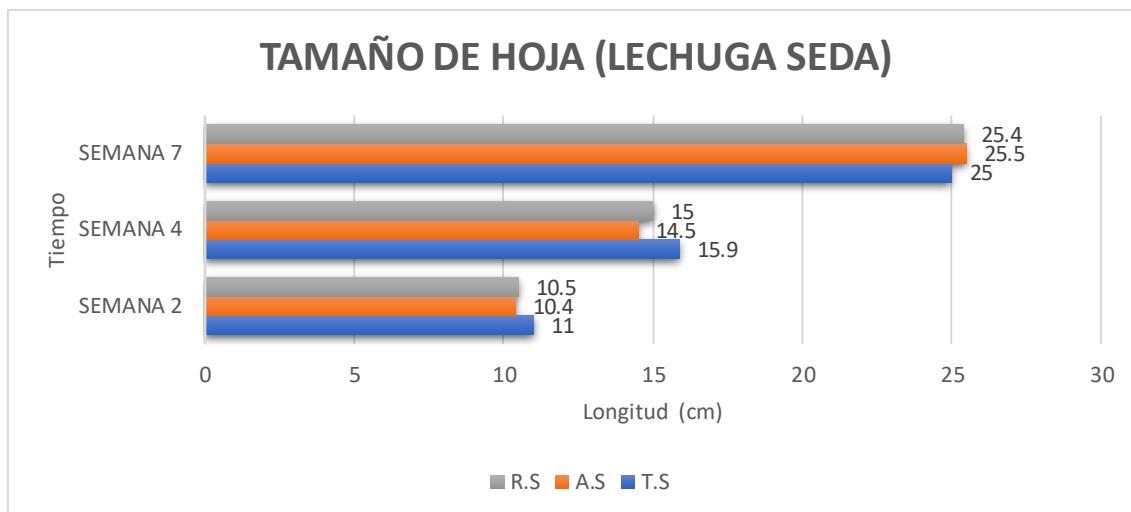


Ilustración 20: Variación del tamaño de las hojas de la lechuga seda.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .20, se puede determinar que en la segunda semana el tratamiento que dio mejores resultados en crecimiento de las hojas fue el testigo, con 11 cm, mientras que el de menor tamaño fue el tratamiento de luz azul, con 10,4 cm, para la cuarta semana el de mayor crecimiento fue el testigo, con 15,9 cm y el de menor tamaño fue el tratamiento de luz azul, con 14,5 cm, para la séptima semana el mejor crecimiento se dio en la luz azul, con 25,5 cm y el de menor tamaño fue el testigo con 25cm.

Realizando una comparación entre los tratamientos utilizados y las variedades de lechuga con las que se experimentó, se obtuvo lo siguiente:

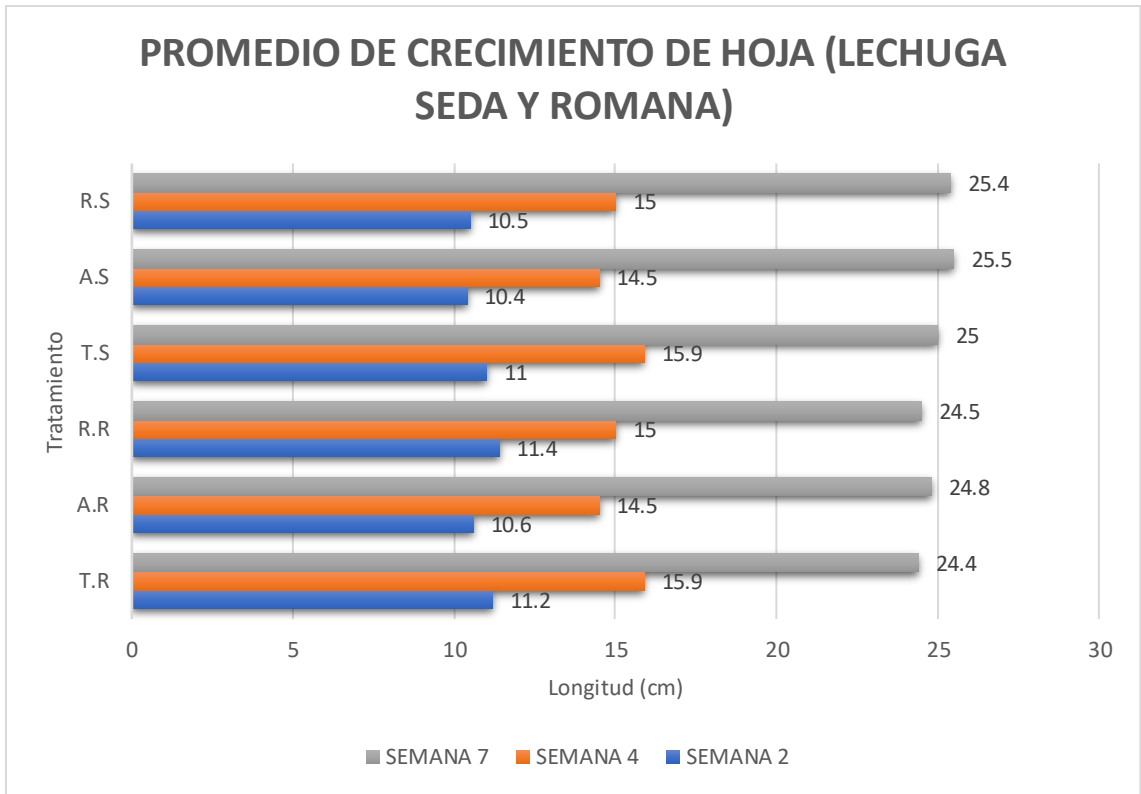


Ilustración 21: Crecimiento promedio de las lechugas romana y seda.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .21, se puede identificar que en ambas variedades de lechuga el tratamiento que dio mejor resultado fue el de la luz azul con: 25,5 cm de alto en la lechuga romana y 24,8 cm de alto en la lechuga seda, mientras que el testigo tuvo el menor crecimiento en las dos variedades con: 24,4 cm de alto en la lechuga seda y 25 cm de alto en la lechuga romana.

## 4.2. Ancho de la hoja

En este apartado se muestra la variación promedio del ancho de las hojas de las lechugas romanas y seda, las cuales fueron expuestas a los LEDs de color rojo y azul por 7 semanas.

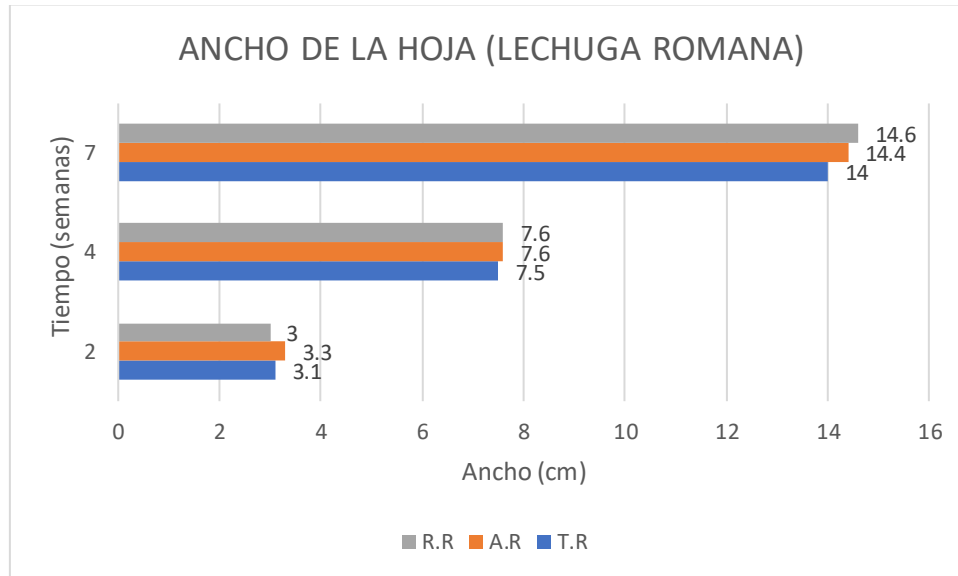


Ilustración 22: Variación del ancho de la hoja de la lechuga romana.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .22, se puede observar que en la segunda semana el tratamiento con las hojas más anchas fue el de la luz azul con 3,3 cm y el tratamiento de luz roja era el que tenía las hojas menos anchas con un promedio de 3 cm; para la cuarta semana el tratamiento de luz azul y roja obtuvieron las hojas más anchas con 7,6 cm cada una y el testigo obtuvo 7,5 cm de ancho de hojas; para la séptima semana el tratamiento de luz roja fue aquella que tuvo las hojas más anchas con 14,6 cm y el testigo obtuvo 14 cm de ancho de hoja.

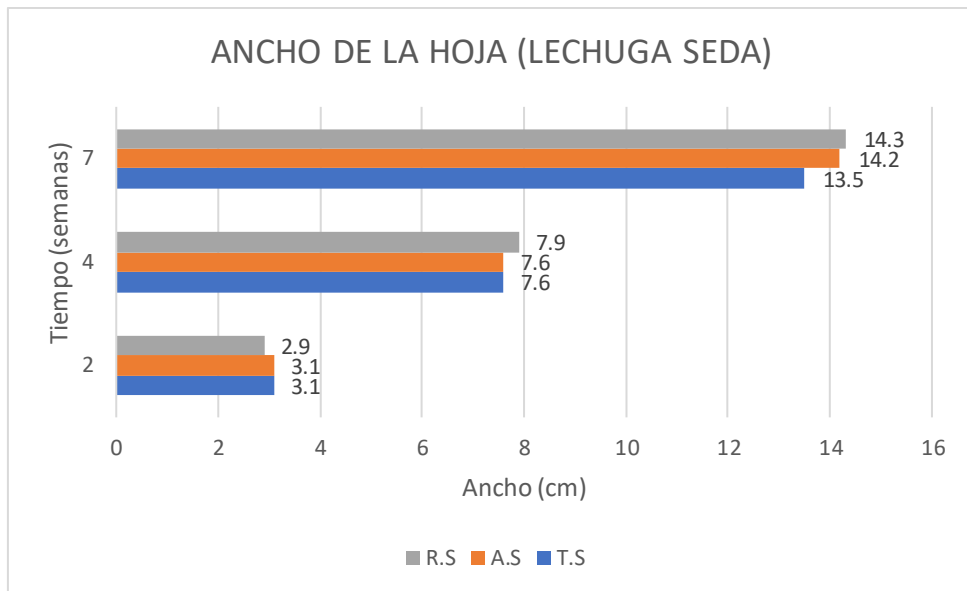


Ilustración 23: Variación del ancho de la hoja de la lechuga seda

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .23, se puede identificar que en la segunda semana la luz azul y el testigo son aquellos que poseen las hojas más anchas con 3,1 cm, y las menos anchas son la luz roja con 2,9cm; para la cuarta semana la luz roja tiene las hojas más anchas con 7,9 cm, mientras que la luz azul y el testigo tienen las hojas menos anchas con 7,6 cm; para la séptima semana la luz roja es aquella que posee las hojas más anchas con 14,3 cm, la luz azul tiene un promedio de hojas anchas de 14,2 cm, mientras que la testigo posee las hojas menos anchas con 13,5 cm.

Realizando una comparación entre los tratamientos utilizados y las variedades de lechuga con las que se experimentó se obtuvo lo siguiente:

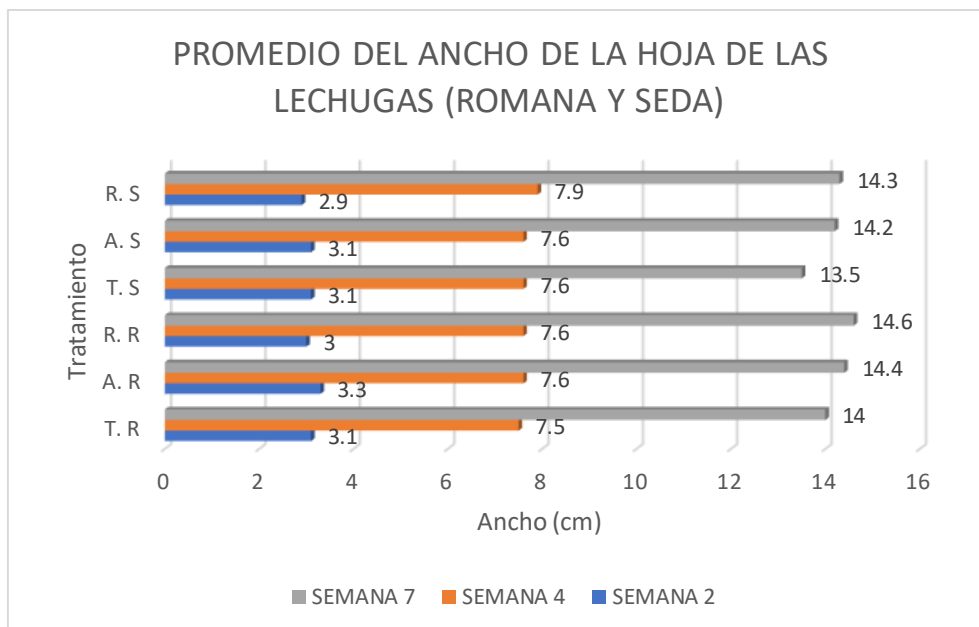


Ilustración 24: Promedio del ancho de la hoja de las lechugas romana y seda

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .24, se puede observar que en los promedios entre los tratamientos de cada una de las lechugas la luz roja fue aquella que obtuvo las hojas más anchas con 14,3 cm en la lechuga seda y 14,6 cm en la lechuga romana, podemos decir que para obtener las hojas más anchas el mejor tratamiento sería con la luz roja, mientras que los tratamientos con hojas menos anchas fueron el testigo en la lechuga romana con 14 cm y el testigo en la lechuga seda con 13,5 cm.

### 4.3. Tamaño de la planta

En este apartado se muestra la variación promedio del tamaño de la planta de las lechugas romanas y seda, las cuales fueron expuestas a los LEDs de color rojo y azul por 7 semanas.

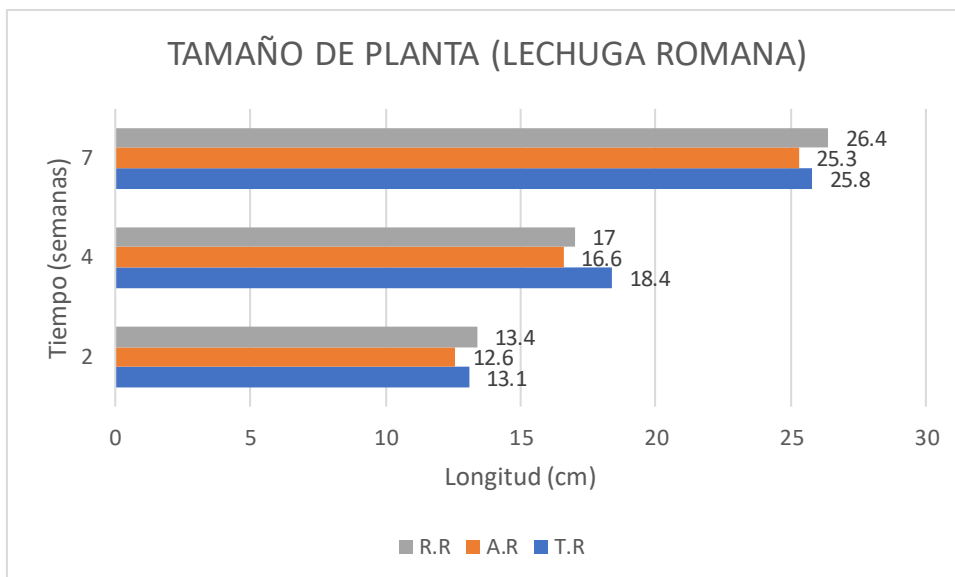


Ilustración 25: Variación del tamaño de planta de la lechuga romana.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .25, se puede determinar que en la segunda semana el tratamiento en el cual la planta creció más fue en el tratamiento de luz roja con 13,4 cm, mientras que el menor fue tratamiento de luz azul con 12,6 cm; para la cuarta semana el crecimiento fue más favorable en el testigo con 18,4 cm, y el que menos creció fue la luz azul con 16,6 cm; para la séptima semana el mejor crecimiento fue en el tratamiento de luz roja con 26,4 cm y el menor fue la luz azul con 25,3 cm.

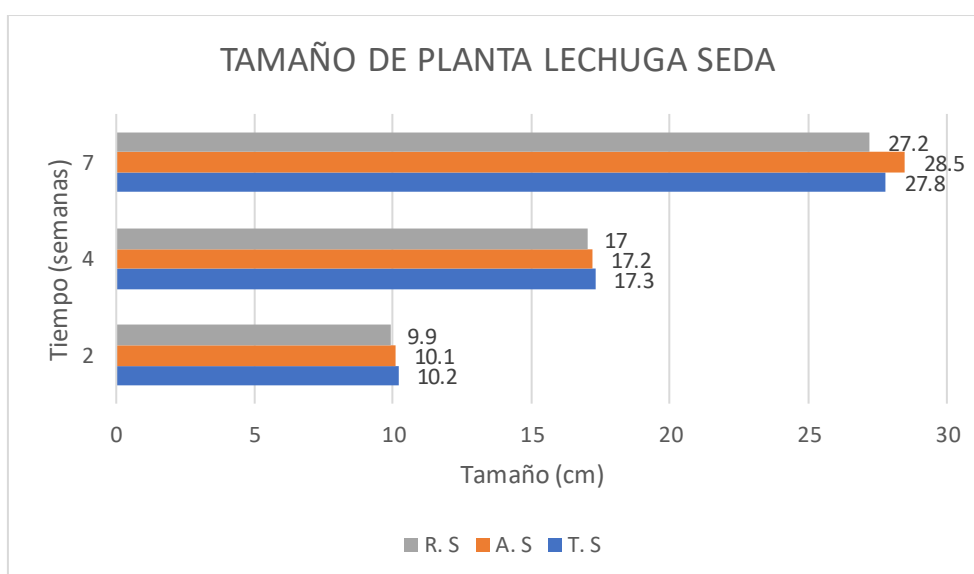


Ilustración 26: Variación del tamaño de planta de la lechuga seda.

**Fuente:** Autor (2023)



En la ilustración .26, se puede observar que en la primera semana el mayor crecimiento se dio en el testigo con 10,2 cm y el de menor fue la luz roja con 9,9 cm; en la cuarta semana el testigo seguía promoviendo el crecimiento con 17,3 cm y el de menor crecimiento fue la luz roja con 17 cm; en la séptima semana el de mayor crecimiento fue el de la luz azul con 28,5 cm y el de menor crecimiento fue en la luz roja con 27,2 cm.

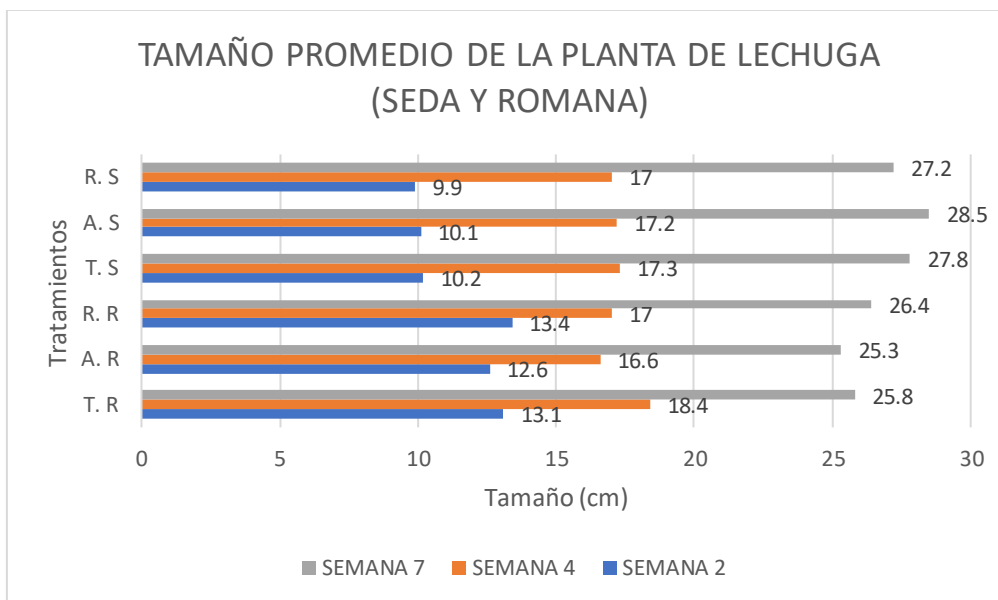


Ilustración 27: Tamaño promedio de planta (lechuga seda y romana).

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .27, se puede apreciar que el mejor tratamiento para la lechuga seda fue el de la luz azul con 28,5 cm y para la lechuga romana fue la luz roja con 26,4 cm.

#### 4.4. Peso total

En este apartado se muestra la variación promedio del peso fresco de las lechugas romanas y seda, las cuales fueron expuestas a los LEDs de color rojo y azul por 7 semanas.

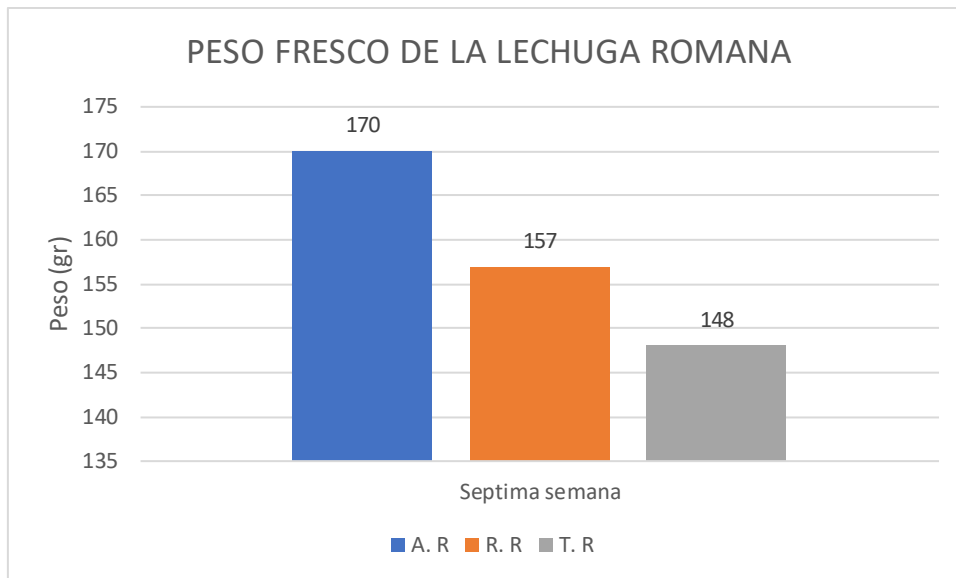


Ilustración 28: Peso fresco de la lechuga romana en la semana 7.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .28, se puede observar la luz azul obtuvo un mejor promedio de peso con 170 gr con respecto al tratamiento de luz roja que obtuvo 159 gr y el testigo con 139 gr.

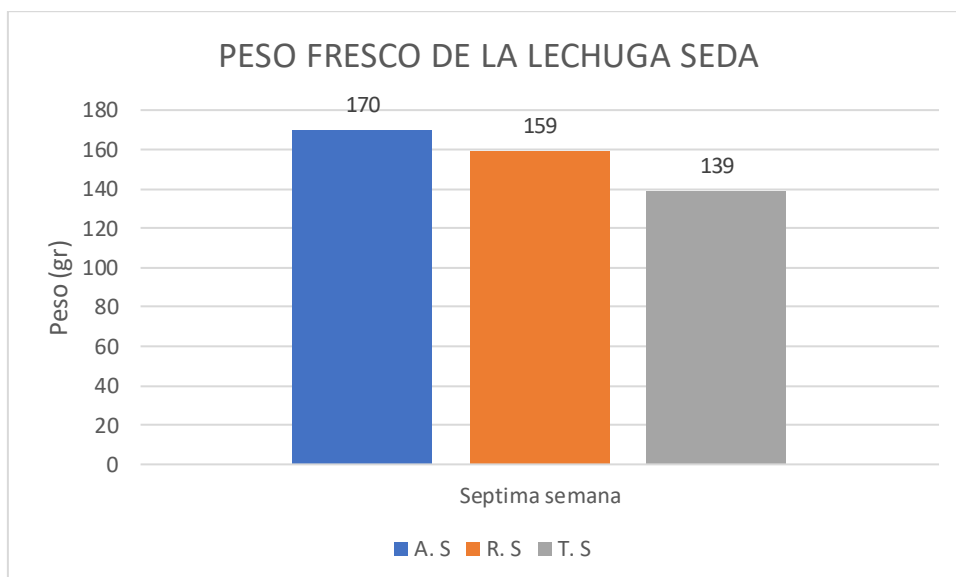


Ilustración 29 : Peso fresco de la lechuga seda en la semana 7.

**Fuente:** Autor (2023)

En la ilustración .29, se puede observar que el tratamiento que dio el mayor peso fresco es el que hizo uso LEDs azules con 170 gr, mientras los LEDs rojos obtuvieron un peso de 159 gr y el testigo tiene un peso de 139 gr.

Se puede decir que los LEDs rojos y azules utilizados en este proyecto nos dieron una mejor producción con respecto a los cultivos tradicionales, debido a que los datos

obtenidos fueron mucho mejores con respecto al testigo, pero la variabilidad de datos no fue muy significativa debido a que se daban entre 1 a 2 cm, máximo.

El tratamiento de LEDs rojos fue en el cual se obtuvo una lechuga de mayor tamaño de hoja, mayor peso fresco, mayor tamaño de planta, un mayor número de hojas y un mayor ancho de hojas, se puede decir que el uso de estos dos tratamientos es factible, mientras que por otro lado también podemos descartar el uso de LEDs verdes, blanco e infrarrojos debido a que no se obtuvo producción haciendo uso de estos, se pudo evidenciar que las plántulas usadas en estos tratamientos comenzaron a tener un desarrollo crítico hasta el punto de marchitarse y morir, tuvieron un lapso de vida que duro 3 semanas; entonces podemos decir que haciendo uso de estos LEDs no se obtendrá producción alguna.

#### 4.5. Análisis nutricional de los tratamientos

Se realizó un estudio nutricional a partir de laboratorio en el cual se analizaron las muestras de los 3 tratamientos en cada especie de lechuga y se obtuvo como resultado lo siguiente.

Tabla 35: Valores nutricionales lechuga romana

Valores nutricionales lechuga romana				
	Unidad	Luz azul	Luz roja	Testigo
Calcio	mg/100g	24.8	24.4	24.6
Cenizas	%	0.843	0.945	0.843
Fibra	%	2.004	2.054	2.027
Humedad	%	78.614	81.418	80.775
Proteína	%	1.584	1.51	1.456

**Fuente:** Autor (2023)

Las muestras tomadas fueron por cada 100 gr de producto, en este caso lechuga romana, se determinó que la cantidad de calcio 24,8 mg/100g y de proteína 1,584% se dio de mejor manera en el tratamiento con luz azul, mientras que con el tratamiento de luz roja tiene una mayor cantidad de fibra con 2,054 % y de humedad 81,418%.

Tabla 36: Valores nutricionales lechuga seda

Valores nutricionales lechuga seda				
	Unidad	Luz azul	Luz roja	Testigo
Calcio	mg/100g	22	22.2	21.8
Cenizas	%	0.558	0.963	0.583
Fibra	%	1.694	1.701	1.692
Humedad	%	88.727	78.686	83.952
Proteína	%	1.599	1.599	1.565

**Fuente:** Autor (2023)

Para el análisis nutricional de la lechuga seda, se puede decir que el tratamiento con luz roja proporciona una mayor cantidad de calcio con 22,2 mg/100g y fibra 1,701%, mientras que con el tratamiento de luz azul la cantidad de humedad es mucho mayor con 88,727%, para el caso de las proteínas se constató que los tratamientos óptimos fueron la luz azul y roja con 1,599%.

#### **4.6. Rendimiento de la producción de lechugas**

Analizando el rendimiento de las lechugas se pudo obtener un gran porcentaje de producción utilizando solo dos tratamientos que fueron óptimos para el desarrollo, estos fueron los LEDs rojos y los LEDs azules.

Se trasplantaron 10 plántulas por cada uno de los tratamientos y el testigo en cada una de las variedades dándonos un total de 60 lechugas, de las cuales se obtuvo un rendimiento del 100% en los dos tratamientos con respecto al testigo que también obtuvo una producción óptima del 100%, no se evidenciaron pérdidas y obtuvo un crecimiento normal, la diferencia de crecimiento no fue significativa debido a que en los 2 tratamientos y el testigo hubo una diferencia de datos de máximo 1 a 2 cm.

Se evaluó datos como el peso fresco de cada una de las variedades de lechuga utilizadas con diferentes tratamientos y se pudo identificar mediante los datos obtenidos que los LEDs azules nos proporcionó unas lechugas de mayor peso fresco con 170 gr, seguido por el tratamiento de LEDs rojos con lechugas de 159 gr y por último el testigo con lechugas de 159 gr. Esto nos indica que el uso de LEDs es factible para la producción.

Para la producción se evaluaron 5 tratamientos de los cuales los LEDs verdes, blancos e infrarrojos fueron descartados, debido a que en el proceso productivo estos comenzaron

a dar características de desarrollo que no fueron adecuadas para la planta, causando así la marchites y muerte de la misma dándoles un tiempo de vida de 3 semanas.

#### **4.7.Discusión**

Varios autores han reportado que el uso de los LEDs verdes promueven el crecimiento de las plantas (Martinez, 2016) y (Torre, 2014), resultados que no están acorde con los datos obtenidos en el presente proyecto, debido a que el tratamiento con los LEDs verdes no permitieron el crecimiento de las plántulas, provocando una coloración pálida y unas hojas débiles las cuales se marchitaron a la tercera semana no pudiendo cumplir con su ciclo de vida.

(Flores., et al., 2022) nos dan a conocer que realizaron un estudio de crecimiento de cultivo utilizando luz LED blanca, roja y azul, en los cuales su porcentaje de crecimiento del cultivo con la luz blanca fue de un 100% , dándole una altura de planta promedio transcurrido 45 días de 32 cm, mientras que las muestras obtenidas en este proyecto haciendo uso de la luz LED blanca no dio resultados favorables, ya que las plántulas que fueron trasplantadas no tuvieron el desarrollo adecuado y transcurrido 15 días estas se marchitaron y murieron.

Al final del ciclo de la lechuga el peso fresco promedio que se dio en los tratamientos de luz LED roja y azul, presento una diferencia con respecto al testigo, tanto en la lechuga seda en tratamiento de luz azul con 170gr, tratamiento de luz roja 159gr, el testigo con 139gr y en la lechuga romana en el tratamiento de luz azul con 170gr, tratamiento de luz roja con 157gr, el testigo con 148gr, mientras que (López, 2023) nos dice que el tratamiento utilizado de luz LED no rindió como el tratamiento de luz natural que le dio peso de 180gr, esto indica que el uso de luz LED no fue satisfactorio con respecto a nuestro estudio realizado.

(Yandri, 2021) nos da a conocer, que la tasa promedio de crecimiento de las hojas de lechuga expuestas a 12 horas de luz día, más 6 horas de luz LED, tienen un mejor tamaño de hojas con 27cm, con respecto a los otros tratamientos realizados, mientras que, en la presente investigación, se obtuvo una mejor eficacia haciendo uso de la luz LED azul en las dos variedades de lechuga con un crecimiento de 24,8 cm para la lechuga seda y 25,5 para la lechuga romana.

Según los resultados reportados por (Fernandez. & Murillo., 2006), se puede evidenciar que el porcentaje de humedad de su lechuga es mucho mayor en el tratamiento de LED azul con 90.88%, en comparación a nuestras muestras en el mismo tratamiento dándonos valores en la lechuga seda de 88.77% y la lechuga romana con 80.77% .

La cantidad de calcio obtenida con el tratamiento de LED azul según los resultados fue mayor en la investigación de (Perez, 2016) dándonos un valor de 68 mg/100, mientras que (Pardo, 2014), obtuvo valores de 33 mg/100, en comparación a nuestra investigación propuesta que obtuvimos valores de 22 mg/100 en la lechuga seda y 24.6 mg/100 en la lechuga romana, se puede decir que nuestro tratamiento de LED azul tuvo una deficiencia de calcio en el proceso (ver tabla 47).

Tabla 37: Comparativa de los valores nutricionales en el tratamiento de LEDs azules.

Tratamientos con luz LED azul	Autores				
	Fernández Katherine y Murillo Elizabeth	Jiménez Pérez Luz Elena	Genesis Criollo		Paniagua Pardo Guillermo
Variables	Lechuga iceberg	Lechuga Cos	lechuga seda	lechuga romana	Romana
Calcio (mg/100)		68	22	24.6	33
Cenizas %	1.984		0.558	0.843	
Fibra %	1.213		1.694	2.027	
Humedad %	90.88	94	88.727	80.775	94.61
Proteína %	1.315	1.30	1.599	1.456	1.23

**Fuente:** Autor (2023)

Para los tratamientos con LEDs rojos se obtuvieron los siguientes datos: porcentaje de humedad de 78,6% en la lechuga seda y 78,61% en la lechuga romana, mientras que (Elena, Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción de lechuga (Lactuca Sativa), 2016) en su investigación con tratamiento de LEDs rojos en la lechuga crepa obtuvo un mayor porcentaje de humedad con un 95%, siendo este tratamiento mucho más óptimo para la lechuga (ver tabla 48).

Tabla 38: Comparativa de los valores nutricionales en el tratamiento de LEDs rojos

Tratamientos con luz LED roja	Autores				
	Fernández Katherine y Murillo Elizabeth	Jiménez Pérez Luz Elena	Genesis Criollo		Paniagua Pardo Guillermo
Variables	Lechuga mantecosa	Lechuga crespa	lechuga seda	lechuga romana	buttherhead
Calcio (mg/100)		20	22.2	24.8	33
Cenizas %	18.14		0.963	0.843	
Fibra %	8.54		1.701	2.004	
Humedad %	91.55	95	78.686	78.614	95.63
Proteína %	2.185	8.90	1.599	1.584	1.35

**Fuente:** Autor (2023)

## Conclusión

- ✓ Esta nueva e innovadora metodología para la producción, puede llegar a ser una gran alternativa en la agricultura, puede ser una pequeña pero contundente respuesta a la seguridad alimentaria, podrá favorecer a la producción, generando alimentos en un área relativamente pequeña, aprovechando el espacio vertical de un ambiente.
- ✓ Se puede decir que cada uno de los tratamientos tienen una incidencia distinta en el desarrollo nutricional de la planta, de esta manera se podría realizar una mezcla de estos dos, así aprovechar de forma conjunta las diferentes características que proporcionan a la planta obteniendo un cultivo de mejor calidad.
- ✓ Se determinó que un factor de ayuda para mejorar la calidad del cultivo de lechuga puede ser el uso de la luz LED, evidenciando que las características morfológicas del cultivo cambiaron progresivamente haciendo uso de la luz LED roja y azul dándoles mejores peculiaridades frente al testigo, como son: mayor número de hojas, peso fresco mayor, hojas más altas, etc.
- ✓ El rendimiento de la producción con luz LED azul y roja fue de un 100%, debido a que se cultivaron 20 plántulas de lechuga seda, 10 con tratamiento de luz azul y 10 con tratamiento de luz roja, así mismo se cultivaron 20 plántulas de lechuga romana 10 con luz roja y 10 con luz azul y se pudo evidenciar que en las dos variedades con ambos tratamientos todas las lechugas crecieron de manera adecuada obteniendo productos de buena calidad y con mejores características.



## **Recomendaciones**

- ✓ Si bien podemos decir que el uso de luz LED para el cultivo dio resultados satisfactorios, es necesario tener en cuenta que se debe realizar un estudio previo, dependiendo del cultivo a cosechar. Resulta muy importante diferenciar el tiempo de exposición a la cual se encontrarán los diferentes cultivos.
- ✓ También se debe hacer un estudio previo del cultivo y cuáles son las características y condiciones necesarias, para que cuando se proceda al uso de un sistema hidropónico cualquiera, los parámetros sean los adecuados, así de esta manera evitar pérdidas económicas y del cultivo, aprovechando de mejor manera el sistema en función.
- ✓ El uso de invernaderos nos ayuda a mantener un mayor control sobre el entorno en el cual se va desarrollar los cultivos, por lo que nos permite obtener una producción fiscalizada, los sistemas hidropónicos de mayor eficiencia se desarrollan bajo estos ambientes ya que proporciona un mayor potencial de producción.

## Referencias

- areatecnologia. (10 de Diciembre de 2020). *Areatecnologia*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>
- Bayona, T. A. (2015). Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos. En I. n. (INSHT), *Iluminacion en el puesto de trabajo* (pág. 43). Madrid.
- Bayonas, J. C. (2022). *Mejora de la produccion de la calidad de lechuga mediante la optimizacion de las condiciones de cultivo en sistemas hidroponicos bajo invernadero*. Murcia .
- Beltrano, J. (2017). *Cultivo en Hidroponia*. La Plata, Buenos Aires, Argentina: De la Universidad de la Plata. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1#:~:text=Ventajas%20de%20los%20cultivos%20hidrop%C3%B3nicos,capital%20para%20una%20mayor%20producci%C3%B3n](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1#:~:text=Ventajas%20de%20los%20cultivos%20hidrop%C3%B3nicos,capital%20para%20una%20mayor%20producci%C3%B3n).
- B-LED. (24 de enero de 2023). *Características y Ventajas de los Diodos LED*.
- Calani, J. A. (2021). *Efecto de la iluminacion led en un sistema vertical de produccion con lechuga bajo ambiente controlado*. Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/26650/T-2930.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calani, J. A. (2021). *Efecto de la iluminacion led en un sistema vertical de produccion con lechuga bajo ambiente controlado*. Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/26650/T-2930.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calani, J. E., & Gutierrez, C. d. (2018). Uso de las luces led en la producción agrícola. *Revista estudiantil AGRO - VET*, 4.

- Cisneros, A. C. (2016). Family urban agriculture in an average city in Chiapas. *Revista de alimentacion contemporanea y desarrollo regional* , 27.
- Cisternas, C., Farias, C., Muñoz, L., Morales, G., & Valenzuela, R. (2022). Composición química, características nutricionales y beneficios asociados al consumo de chía ( *Salvia hispanica L.* ). *Revista Chilena de nutricion* , 8.
- Cruz, I. M. (2017). *Estudio del desempeño, calidad y costo de fuentes de iluminacion LED.* Mexico. Obtenido de <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/205/1/17098.pdf>
- Das, M., Das, A., Pereira, P., & Mandal, A. (2021). Exploring the spatio-temporal dynamics of ecosystem health: A study on a rapidly urbanizing metropolitan area of Lower Gangetic Plain, India. *Ecological Indicators*, 125(1), 107584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107584>
- Effendi, W. S., & Wardiatno, Y. (2017). The use of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater of the produccion of romanie lettuce ( *lactuca sativa L.* var. *longifolia*) in water recirculation system. *Applied water science*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0418-z>
- Elena, J. P. (2016). *Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción de lechuga (Lactuca Sativa).* Tesis, Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <file:///C:/Users/Zona%20Informatica/OneDrive/Escritorio/bibliografia%20tesis/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-68.pdf>
- Elena, J. P. (2016). *Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción de lechuga (Lactuca Sativa).* Tesis, Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de

file:///C:/Users/Zona%20Informatica/OneDrive/Escritorio/bibliografia%20tesis/  
T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-68.pdf

Espinal, J. A. (2021). *EFEECTO DE LA ILUINACION LED EN UN SISTEMA VERTICAL DE PRODUCCION CON LECHUGA (Lactuca sativa L.) BAJO AMBIENTE CONTROLADO*. LA PAZ. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/26650/T-2930.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fernandez, J. G. (2017). Magnitudes y unidades de medida . En *Medidas de lLuz* (pág. 54). Mexico.

Fernandez., K., & Murillo., E. (2 de Marzo de 2006). “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y DESARROLLO VEGETATIVO DE ZANAHORIA (Daucus carota L) Y LECHUGA (Lactuca sativa L) CULTIVADAS CON TÉCNICAS DE AGRICULTURA LIMPIA EN LA REGION DE CHAPETON-MUNICIPIO DE IBAGUÉ”. *Sistema de Informacion Cientifica*, 135-145. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740745012.pdf>

Firozjaei, M., Fathololoumi, S., Kiavarz, M., Arsanjani, J., & Alavipanah, S. (2020). Modelling surface heat island intensity according to differences of biophysical characteristics: A case study of Amol city, Iran. *Ecological Indicators*, 109(1), 105816. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105816>

Flores., S., Castillo., A. M., & Valdez., L. (2022). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de *Lilium spp*. *Revista Mexicana de Ciencias Agricolas*, 7.

Garcia, A. B., Michiko, T., & Davila, A. B. (2021). *Contribuciones tecnologicas para el futuro forestal y agropecuario*. Japon: Centro investigacion regional golfo centro

del inifap. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Tabare-Duche/publication/362080078\\_Calidad\\_de\\_fruto\\_de\\_manzano\\_Malus\\_domestica\\_Borkh\\_bajo\\_sistema\\_MIAF\\_en\\_Huejotzingo\\_Puebla\\_Mexico/links/62d5af6ec59ce7545942d9e4/Calidad-de-fruto-de-manzano-Malus-domestica-Borkh-bajo](https://www.researchgate.net/profile/Tabare-Duche/publication/362080078_Calidad_de_fruto_de_manzano_Malus_domestica_Borkh_bajo_sistema_MIAF_en_Huejotzingo_Puebla_Mexico/links/62d5af6ec59ce7545942d9e4/Calidad-de-fruto-de-manzano-Malus-domestica-Borkh-bajo)

Gómez, J. G. (2020). La luz y su incidencia en la producción de Nabo(*Brassica sp L*) hidroponico en el canton Ventanas, Provincia de los RIOS. *TESIS*.

Guerrero, E. M., Revelo, J. C., Benavides, O., Chaves, G., & Moncayo, C. A. (2014). EVALUATION OF SUBSTRATES IN A HYDROPONIC LETTUCE CULTURE SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF PASTO. *Revista de ciencias agrícolas*, 14.

Hao Zhou, Rhydian Baynon- Davies, Nicola Carslaw, Ian C. Dodd, Kirsti Ashworth. (2022). “Yield, resource use efficiency or flavour: trade-offs of varying blue-to-red lighting ratio in urban plant factories” . *ELSEVIER*, 10.

Inmesol. (20 de febrero de 2014). *Inmesol*. Obtenido de <https://www.inmesol.es/blog/quien-invento-el-led>

Intagri. (2017). a Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida. *Articulos tecnicos de INTAGRI*(29), 5. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

Interempresas Media, S. (6 de 6 de 2023). *Frutas Hortalizas* . Obtenido de <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Presentacion-Lechuga.html>

Jaramillo, A. J. (2020). *Stodocu*. Obtenido de <https://www.stodocu.com/ec/document/universidad-de-las-americas-ecuador/electronica-analogica/tarea-1-ensayo-articulo-ieeeecs-diodo-led/5259002>

- José Beltrano- Daniel O. Gimenez. (2015). Cultivo en Hidroponia. En *Cultivo en Hidroponia* (pág. 10). La Plata: de la Universidad de la Plata. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- José., B., & Daniel., G. (2015). Cultivo en Hidroponia. En *Cultivo en Hidroponia* (pág. 10). La Plata: de la Universidad de la Plata. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Juan, S. (21 de enero de 2022). *Puerto Rico Farm Credit*. Obtenido de <https://prfarmcredit.com/sistemas-de-cultivos-hidroponicos/>
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2021). Future urban expansion and local climate zone changes in relation to land surface temperature: Case of Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. *Urban Climate*, 37(1), 100835. doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100835>
- Latam, M. (23 de ABRIL de 2021). *Mecatrónica LATAM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/diodo/diodo-led/>
- Lopéz, G. J. (2023). *Produccion de lechuga con luz LED suplementaria en dos sistemas hidróponicos cerrados*. México.
- Martinez, M. G. (2016). Estudio de los efectos de la luz leds sobre la produccion en dos variedades de lechuga *Lactuca sativa* L. en un sistema hidroponico nft vertical. *Facultad de ciencias Agrarias*, 90. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13544>

- Moreno-Pérez, E. d., Castillo, F. S.-D., Gutiérrez-Tlaque, J., González-Molina, L., & Pineda-Pineda, J. (2015). Producción de lechuga en invernadero con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Chapingo*, 9.
- Nadizadeh, S., Hamzeh, S., Zanganeh, S., Firozjaei, M., & Jokar, J. (2020). Modelling the intensity of surface urban heat island and predicting the emerging patterns: Landsat multi-temporal images and Tehran as case study. *International Journal of Remote Sensing*, 41(19), 7400-7426. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1759841>
- Nadizadeh., S., Hamzeh., S., Zanganeh., S., Firozjaei., M., & Jokar. (2020). Modelling the intensity of surface urban heat island and predicting the emerging patterns: Landsat multi-temporal images and Tehran as case study. *International Journal of Remote Sensing*, 41(19), 74-89. doi:<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1759841>
- Nicolalde, F. O. (2015). *Estudio de factibilidad de un laboratorio contrastacion de luminarias* . Quito.
- Pardo, G. P. (2014). *Luz de alta intensidad en procesos fisiologicos de la lechuga: enfoque transdisciplinario y sistematico*. Instituto Politecnico Nacional, Mexico. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18062/Luz%20led%20de%20alta%20intensidad%20en%20procesos%20fisiologicos%20de%20lechuga%20%28Lactuca%20sativa%20L.%29%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pereira, P., & Mandal, A. (2021). Exploring the spatio-temporal dynamics of ecosystem health: A study on a rapidly urbanizing metropolitan area of Lower Gangetic Plain, India. *Ecological Indicators*, 125(1), 107584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107584>

- Perez, L. E. (2016). Efecto de la intensidad lumínica de lámparas LED en la producción . *FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO*, 83.
- philips. (2021). *philips*. Obtenido de <https://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/light-recipe>
- Pozo, J. I. (6 de 2020). AGRICULTURA URBANA EN LA CIUDAD DE MEXICO. *CASA ABIERTA EL TIEMO*, 183. Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/22733/1/cdt180521223518eklo.pdf>
- PTY, E. (24 de Octubre de 2017). *Electronica PTY*. Obtenido de <http://www.electronicapty.com/component/k2/item/38-la-resistencia/38-la-resistencia>
- Sakamoto, M., & Suzuki, T. (14 de septiembre de 2015). Effect of Root-Zone Temperature on Growth and Quality of Hydroponically Grown Red Leaf Lettuce (Lactuca sativa L. cv. Red Wave). *American Journal of Plant Science*, 7. Obtenido de <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=59655>
- Segura, N. B. (5 de enero de 2023). *Aprende INstitute*. Obtenido de <https://aprende.com/blog/oficios/reparacion-electronica/tipos-de-diodos/>
- Shorabeh, S., Kakroodi, A., Firozjaei, M., Minaei, F., & Homae, M. (2022). Impact assessment modeling of climatic conditions on spatial-temporal changes in surface biophysical properties driven by urban physical expansion using satellite images. *Sustainable Cities and Society*, 80(1), 103757. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103757>
- Shorabeh., S., Kakroodi., A., Firozjaei., M., Minaei., F., & Homae, M. (2022). Impact assessment modeling of climatic conditions on spatial-temporal changes in surface biophysical properties driven by urban physical expansion using satellite



images. *Sustainable Cities and Society*, 80(1), 103757. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103757>

Teng., Z., Luo., Y., Bornhorst., E. r., Zhou., B., Simko., I., & Truth., F. (2019, Junio 7). Identification of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Cultivars with reduced browning discoloration for fresh-cut processing. *Postharvest Biology and Technology*, 5-6. Retrieved from <https://pdf.sciencedirectassets.com/271287/1-s2.0-S0925521419X00071/1-s2.0-S0925521419302674/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQC6DW1O0CaKhBs8vWA15ACdBmApZfRhLWgbZgVLbyAfWAIhAO31It1MLyI%2F7Uww%2Fv8tG%2BnMbStl7sn9IVY8Dt>

Teng., Z., Luo., Y., Bornhorst., E. r., Zhou., B., Simko., I., & Truth., F. (7 de Junio de 2019). Identification of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Cultivars with reduced browning discoloration for fresh-cut processing. *Postharvest Biology and Technology*, 5-6. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/271287/1-s2.0-S0925521419X00071/1-s2.0-S0925521419302674/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQC6DW1O0CaKhBs8vWA15ACdBmApZfRhLWgbZgVLbyAfWAIhAO31It1MLyI%2F7Uww%2Fv8tG%2BnMbStl7sn9IVY8Dt>

Torre, J. L. (2014). *Iluminacion con LEDs*. Tesis, Escuela Universitaria de Ingenieria Tecnica Industrial, Zaragoza. Obtenido de [https://armadaled.org/pdf\\_books/iluminacion\\_con\\_diodes\\_led.pdf](https://armadaled.org/pdf_books/iluminacion_con_diodes_led.pdf)

- Velasco, J., Aguirre, G., & Ortuño, N. (septiembre de 2016). Liquid humus and microorganisms to promote the production of Lettuce (*Lactuca sativa* var. Crespa) in hydroponic crop. *Journal of the selva Andina Biosphere*, 7.
- Wang, Y., Li, X., Zhang, F., Wang, W., & Xiao, R. (2020). Effects of rapid urbanization on ecological functional vulnerability of the land system in Wuhan, China: A flow and stock perspective. *Journal of Cleaner Production*, 248(1), 119284. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119284>
- Xuefei Ren- Yi Zhang- Chang Su- Jingwen Zhan- Lianyan Fu- Yunlong Yang- Xiyuan Sun- Jian Wang, Xing Feng. (2022). “High quantum efficiency and luminescence properties of far-red Sr<sub>3</sub>NaTaO<sub>6</sub>: Mn<sup>4+</sup>, Ba<sup>2+</sup> phosphor for application in plant growth lighting LEDs” . *ELSEVIER*, 9.
- Xuefei, R., Yi, Z., Chang, S., Jingwen, Z., Lianyan, F., Yunlong, Y., . . . Xing, F. (2022). “High quantum efficiency and luminescence properties of far-red Sr<sub>3</sub>NaTaO<sub>6</sub>: Mn<sup>4+</sup>, Ba<sup>2+</sup> phosphor for application in plant growth lighting LEDs”. *ELSEVIER*, 9.
- Yandri, L. C. (2021). *Impementacion de luces LED en el cultivo de lechuga en sistema acuaponico con especies de tilapia* . Manabi.
- Yoshida, T., & Kumagai, K. S. (2014). Características nutricionales y de sabor de la lechuga baja en potasio desarrollada para pacientes con enfermedades renales crónicas. *Revista de nefrologia de Hong Kong*, 9.
- Zambrana, H. B., & Vega, G. A. (2016). EVALUATION OF THE EFFECT OF MACRONUTRIENTS FROM HUMAN URINE AS FERTILIZER IN THE GROW OF LACTUCA SATIVA. *Revista Boliviana de Quimica* , 7.

Zambrana., H. B., & Vega, G. A. (22 de Marzo de 2016). EVALUATION OF THE EFFECT OF MACRONUTRIENTS FROM HUMAN URINE AS FERTILIZER IN THE GROW OF LACTUCA SATIVA. *Revista Boliviana de Quimica*, 7.

Zhan, L., Li, Y., Hu, J., Pang, L., & Fan, H. (12 de Febrero de 2012). Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4-5. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/272137/1-s2.0-S1466856412X00031/1-s2.0-S1466856412000240/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIFK9aVTDdzsxxw0WcPORS7oGYm3p6xL1a%2F%2FYq%2BgZOfZ6CAiApUEzmNBjuh1afvCNjVCSkjwGVPx13ot8yFkt4v8>

Zhan., L., Li., Y., Hu., J., Pang., L., & Fan., H. (12 de Febrero de 2012). Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4-5. Obtenido de <https://pdf.sciencedirectassets.com/272137/1-s2.0-S1466856412X00031/1-s2.0-S1466856412000240/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEAEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIFK9aVTDdzsxxw0WcPORS7oGYm3p6xL1a%2F%2FYq%2BgZOfZ6CAiApUEzmNBjuh1afvCNjVCSkjwGVPx13ot8yFkt4v8>

Zhou., H., Rhydian., B., Nicola., C., Ian., D., & Kirsti., A. (2022). "Yield, resource use efficiency or flavour: trade-offs of varying blue-to-red lighting ratio in urban plant factories". *ELSEVIER*, 10.

## Anexos

Tabla 39: Datos tamaño de hoja lechuga seda

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.S 1	6	10	13	16	19	23	26
T.S 2	5	11	13	15	17	21	24
T.S 3	4	11	14	15	17	20	24
T.S 4	6	11	13	16	18	23	25
T.S 5	5	10	14	15	17	23	26
T.S 6	7	12	14	16	17	21	25
T.S 7	4	13	13	17	19	22	24
T.S 8	5	10	14	17	19	22	25
T.S 9	6	11	13	16	19	23	25
T.S 10	5	11	14	16	17	20	26
A.S 1	6	10	12	13	16	20	24
A.S 2	4	10	13	14	16	21	24
A.S 3	7	11	12	14	17	20	25
A.S 4	6	10	12	15	17	20	26
A.S 5	5	11	13	14	17	21	27
A.S 6	7	10	12	15	17	20	25
A.S 7	4	10	12	14	16	21	26
A.S 8	5	11	13	15	17	20	25
A.S 9	7	11	13	16	18	21	27
A.S 10	5	10	12	15	17	21	26
R.S 1	6	11	12	15	17	22	26
R.S 2	7	10	12	16	18	23	26
R.S 3	5	11	13	15	16	21	25
R.S 4	4	11	13	14	17	20	24
R.S 5	6	10	12	15	16	21	26
R.S 6	7	11	13	15	17	22	25
R.S 7	5	10	12	14	18	22	26
R.S 8	6	11	13	15	17	22	26
R.S 9	7	10	12	16	18	21	25
R.S 10	4	10	12	15	17	20	25
B.S 1	5	6	6	x	x	x	x
B.S 2	5	6	6	x	x	x	x
B.S 3	7	7	7	x	x	x	x
B.S 4	5	7	7	x	x	x	x
B.S 5	4	7	7	x	x	x	x
B.S 6	5	5	5	x	x	x	x
B.S 7	6	7	7	x	x	x	x
B.S 8	5	5	5	x	x	x	x
B.S 9	4	5	5	x	x	x	x
B.S 10	5	5	5	x	x	x	x
V.S 1	6	6	6	x	x	x	x
V.S 2	7	7	7	x	x	x	x

V.S 3	6	6	6	x	x	x	x
V.S 4	5	6	6	x	x	x	x
V.S 5	5	6	6	x	x	x	x
V.S 6	6	6	6	x	x	x	x
V.S 7	4	5	5	x	x	x	x
V.S 8	5	5	5	x	x	x	x
V.S 9	7	7	7	x	x	x	x
V.S 10	6	6	6	x	x	x	x
I.S 1	5	5	5	x	x	x	x
I.S 2	5	6	6	x	x	x	x
I.S 3	6	6	6	x	x	x	x
I.S 4	7	7	7	x	x	x	x
I.S 5	5	5	5	x	x	x	x
I.S 6	6	6	6	x	x	x	x
I.S 7	4	5	5	x	x	x	x
I.S 8	6	6	6	x	x	x	x
I.S 9	7	7	7	x	x	x	x
I.S 10	6	7	7	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 40: Datos tamaño de planta lechuga seda

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.S 1	7	11	15	17	21	24	27
T.S 2	7	10	15	17	20	24	27
T.S 3	7	9	15	17	20	23	27
T.S 4	8	10	14	17	21	26	28
T.S 5	6	11	14	17	20	26	29
T.S 6	7	10	15	18	20	24	28
T.S 7	8	10	14	18	22	25	27
T.S 8	6	10	15	18	22	25	28
T.S 9	7	11	15	17	22	26	28
T.S 10	8	10	15	17	20	23	29
A.S 1	6	10	15	16	19	23	27
A.S 2	6	11	14	17	19	24	27
A.S 3	7	9	15	17	20	23	28
A.S 4	8	10	14	18	20	23	29
A.S 5	8	11	15	17	20	24	30
A.S 6	7	10	15	18	20	23	28
A.S 7	8	9	15	17	19	24	29
A.S 8	7	10	14	17	20	23	28
A.S 9	6	10	14	18	21	24	30
A.S 10	7	11	14	17	20	24	29
R.S 1	6	10	15	17	20	25	29
R.S 2	7	9	14	18	21	26	29
R.S 3	8	11	14	17	19	24	28
R.S 4	7	11	15	16	20	23	27
R.S 5	6	9	15	17	19	24	27
R.S 6	7	9	14	17	20	25	27
R.S 7	6	10	15	16	21	25	27
R.S 8	7	9	14	17	20	25	27
R.S 9	8	10	15	18	21	24	26
R.S 10	8	11	15	17	20	23	25
B.S 1	6	7	7	x	x	x	x
B.S 2	6	7	7	x	x	x	x
B.S 3	8	8	8	x	x	x	x
B.S 4	6	8	8	x	x	x	x
B.S 5	5	8	8	x	x	x	x
B.S 6	6	6	6	x	x	x	x
B.S 7	7	8	8	x	x	x	x
B.S 8	6	6	6	x	x	x	x
B.S 9	5	6	6	x	x	x	x
B.S 10	6	6	6	x	x	x	x
V.S 1	7	7	7	x	x	x	x
V.S 2	8	8	8	x	x	x	x
V.S 3	7	7	7	x	x	x	x

V.S 4	6	7	7	x	x	x	x
V.S 5	6	7	7	x	x	x	x
V.S 6	7	7	7	x	x	x	x
V.S 7	5	6	6	x	x	x	x
V.S 8	6	6	6	x	x	x	x
V.S 9	8	8	8	x	x	x	x
V.S 10	7	7	7	x	x	x	x
I.S 1	6	6	6	x	x	x	x
I.S 2	6	7	7	x	x	x	x
I.S 3	7	7	7	x	x	x	x
I.S 4	8	8	8	x	x	x	x
I.S 5	6	6	6	x	x	x	x
I.S 6	7	7	7	x	x	x	x
I.S 7	5	6	6	x	x	x	x
I.S 8	7	7	7	x	x	x	x
I.S 9	8	8	8	x	x	x	x
I.S 10	7	8	8	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 41: Ancho de la hoja lechuga seda

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.S 1	1	2	5	7	9	11	13
T.S 2	2	3	5	8	8	12	14
T.S 3	1	3	6	7	9	12	14
T.S 4	2	4	5	8	10	12	13
T.S 5	1	3	6	7	9	13	13
T.S 6	2	4	5	8	10	11	14
T.S 7	1	3	6	7	10	11	13
T.S 8	2	3	5	9	9	12	14
T.S 9	1	2	6	7	10	12	14
T.S 10	3	4	5	8	10	13	13
A.S 1	1	3	6	7	9	12	13
A.S 2	2	3	5	7	10	13	14
A.S 3	1	4	6	8	10	12	14
A.S 4	2	2	5	7	9	13	14
A.S 5	1	3	7	8	10	12	14
A.S 6	2	4	5	7	9	13	15
A.S 7	1	3	6	8	9	12	14
A.S 8	2	2	5	9	9	12	15
A.S 9	1	3	7	8	9	13	14
A.S 10	2	4	5	7	10	12	15
R.S 1	1	3	5	8	10	13	15
R.S 2	1	3	6	7	10	12	14
R.S 3	1	4	7	8	10	13	15
R.S 4	2	2	5	9	9	13	14
R.S 5	2	3	6	8	9	12	14
R.S 6	2	4	7	7	10	12	15
R.S 7	1	3	6	8	9	11	14
R.S 8	2	2	6	7	9	11	14
R.S 9	1	3	7	8	10	12	14
R.S 10	2	2	7	9	10	12	14
B.S 1	1	4	4	x	x	x	x
B.S 2	2	3	3	x	x	x	x
B.S 3	1	4	4	x	x	x	x
B.S 4	2	2	2	x	x	x	x
B.S 5	2	3	3	x	x	x	x
B.S 6	2	4	4	x	x	x	x
B.S 7	1	3	3	x	x	x	x
B.S 8	2	2	2	x	x	x	x
B.S 9	1	3	3	x	x	x	x
B.S 10	1	3	3	x	x	x	x
V.S 1	2	3	3	x	x	x	x
V.S 2	1	2	2	x	x	x	x
V.S 3	2	3	3	x	x	x	x



V.S 4	2	4	3	x	x	x	x
V.S 5	2	3	2	x	x	x	x
V.S 6	2	3	3	x	x	x	x
V.S 7	1	3	4	x	x	x	x
V.S 8	1	3	4	x	x	x	x
V.S 9	1	3	3	x	x	x	x
V.S 10	2	4	4	x	x	x	x
I.S 1	1	3	3	x	x	x	x
I.S 2	1	2	2	x	x	x	x
I.S 3	2	3	3	x	x	x	x
I.S 4	1	4	4	x	x	x	x
I.S 5	2	3	3	x	x	x	x
I.S 6	1	4	4	x	x	x	x
I.S 7	2	3	3	x	x	x	x
I.S 8	1	2	2	x	x	x	x
I.S 9	2	3	3	x	x	x	x
I.S 10	1	2	2	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 42: Peso total lechuga seda

	TOMA DE DATOS (cm)
	SEMANA 7
T.S 1	190
T.S 2	190
T.S 3	170
T.S 4	180
T.S 5	120
T.S 6	190
T.S 7	180
T.S 8	160
T.S 9	140
T.S 10	180
A.S 1	150
A.S 2	160
A.S 3	170
A.S 4	170
A.S 5	160
A.S 6	180
A.S 7	170
A.S 8	160
A.S 9	140
A.S 10	130
R.S 1	120
R.S 2	120
R.S 3	160
R.S 4	150
R.S 5	140
R.S 6	160
R.S 7	140
R.S 8	130
R.S 9	120
R.S 10	150
B.S 1	x
B.S 2	x
B.S 3	x
B.S 4	x
B.S 5	x
B.S 6	x
B.S 7	x
B.S 8	x
B.S 9	x
B.S 10	x
V.S 1	x
V.S 2	x
V.S 3	x

V.S 4	x
V.S 5	x
V.S 6	x
V.S 7	x
V.S 8	x
V.S 9	x
V.S 10	x
I.S 1	x
I.S 2	x
I.S 3	x
I.S 4	x
I.S 5	x
I.S 6	x
I.S 7	x
I.S 8	x
I.S 9	x
I.S 10	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 43: Tamaño de hoja lechuga romana

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.R 1.1	5	11	13	15	18	23	26
T.R 1.2	6	11	13	16	18	21	24
T.R 1.3	5	10	14	16	19	22	25
T.R 1.4	6	11	13	15	16	20	23
T.R 1.5	6	11	14	17	18	23	26
T.R 1.6	5	11	14	16	17	21	25
T.R 1.7	5	10	13	17	19	22	24
T.R 1.8	6	13	14	16	18	21	24
T.R 1.9	7	11	13	16	18	21	24
T.R 1.10	6	13	14	15	17	20	23
A.R 1.1	5	10	12	13	16	19	22
A.R 1.2	5	10	13	14	16	21	25
A.R 1.3	6	11	12	14	17	20	23
A.R 1.4	5	13	14	15	18	21	26
A.R 1.5	5	10	13	14	17	21	25
A.R 1.6	6	10	12	15	18	20	24
A.R 1.7	6	11	12	14	16	21	26
A.R 1.8	6	10	13	15	17	20	25
A.R 1.9	7	11	13	16	18	21	26
A.R 1.10	6	10	12	15	18	21	26
R.R 1.1	7	13	14	15	17	20	24
R.R 1.2	6	10	12	16	18	22	26
R.R 1.3	6	13	14	15	16	19	23
R.R 1.4	5	12	13	14	17	20	24
R.R 1.5	6	11	12	15	18	21	26
R.R 1.6	7	12	13	15	17	22	25
R.R 1.7	5	10	12	14	18	20	23
R.R 1.8	6	11	13	15	17	21	25
R.R 1.9	6	12	12	16	18	21	25
R.R 1.10	4	10	12	15	18	20	24
B.R 1.1	6	7	x	x	x	x	x
B.R 1.2	5	7	7	x	x	x	x
B.R 1.3	6	6	7	x	x	x	x
B.R 1.4	6	6	7	x	x	x	x
B.R 1.5	5	6	7	x	x	x	x
B.R 1.6	4	5	x	x	x	x	x
B.R 1.7	6	7	7	x	x	x	x
B.R 1.8	5	6	6	x	x	x	x
B.R 1.9	4	6	x	x	x	x	x
B.R 1.10	5	6	6	x	x	x	x
V.R 1.1	6	7	7	x	x	x	x
V.R 1.2	4	7	7	x	x	x	x
V.R 1.3	7	7	x	x	x	x	x

V.R 1.4	7	7	7	x	x	x	x
V.R 1.5	7	7	7	x	x	x	x
V.R 1.6	5	6	6	x	x	x	x
V.R 1.7	5	5	6	x	x	x	x
V.R 1.8	6	6	7	x	x	x	x
V.R 1.9	6	7	7	x	x	x	x
V.R 1.10	5	6	6	x	x	x	x
V.R 1.11	6	6	x	x	x	x	x
V.R 1.12	6	6	6	x	x	x	x
V.R 1.13	5	6	x	x	x	x	x
V.R 1.14	5	6	7	x	x	x	x
V.R 1.15	5	5	6	x	x	x	x
V.R 1.16	6	6	7	x	x	x	x
V.R 1.17	5	5	6	x	x	x	x
V.R 1.18	7	7	x	x	x	x	x
V.R 1.19	6	6	7	x	x	x	x
V.R 1.20	7	7	x	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 44: Tamaño de planta lechuga romana

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.R 1.1	7	13	15	18	21	24	26
T.R 1.2	8	13	15	18	21	23	25
T.R 1.3	7	12	16	18	22	24	26
T.R 1.4	8	13	15	18	20	22	25
T.R 1.5	8	13	16	19	21	23	26
T.R 1.6	7	13	16	19	22	24	27
T.R 1.7	7	12	15	19	23	24	26
T.R 1.8	8	15	16	19	21	23	26
T.R 1.9	9	13	15	18	20	22	25
T.R 1.10	8	14	16	18	21	23	26
A.R 1.1	7	12	14	16	20	22	25
A.R 1.2	7	12	15	16	20	23	26
A.R 1.3	8	13	14	16	20	22	24
A.R 1.4	7	15	16	17	19	22	25
A.R 1.5	7	12	15	16	20	22	25
A.R 1.6	8	12	14	17	20	22	24
A.R 1.7	8	13	14	16	20	23	26
A.R 1.8	8	12	15	17	21	23	26
A.R 1.9	9	13	15	18	21	24	26
A.R 1.10	8	12	14	17	20	23	26
R.R 1.1	9	15	16	17	20	24	27
R.R 1.2	8	12	14	18	21	23	26
R.R 1.3	8	15	16	17	20	23	26
R.R 1.4	7	14	15	16	21	23	26
R.R 1.5	8	13	14	17	20	22	25
R.R 1.6	9	14	15	17	21	24	26
R.R 1.7	7	12	14	16	21	24	27
R.R 1.8	8	13	15	17	22	24	27
R.R 1.9	8	14	14	18	21	25	28
R.R 1.10	6	12	14	17	22	24	26
B.R 1.1	7	7	x	x	x	x	x
B.R 1.2	8	7	6	x	x	x	x
B.R 1.3	9	8	7	x	x	x	x
B.R 1.4	6	8	7	x	x	x	x
B.R 1.5	5	8	7	x	x	x	x
B.R 1.6	6	6	x	x	x	x	x
B.R 1.7	7	8	7	x	x	x	x
B.R 1.8	6	6	5	x	x	x	x
B.R 1.9	5	6	x	x	x	x	x
B.R 1.10	6	6	5	x	x	x	x
V.R 1.1	7	7	6	x	x	x	x
V.R 1.2	8	8	7	x	x	x	x
V.R 1.3	7	7	x	x	x	x	x

V.R 1.4	6	7	6	x	x	x	x
V.R 1.5	6	7	6	x	x	x	x
V.R 1.6	7	7	6	x	x	x	x
V.R 1.7	5	6	5	x	x	x	x
V.R 1.8	6	6	5	x	x	x	x
V.R 1.9	8	8	7	x	x	x	x
V.R 1.10	7	7	6	x	x	x	x
V.R 1.11	6	6	x	x	x	x	x
V.R 1.12	6	7	6	x	x	x	x
V.R 1.13	7	7	x	x	x	x	x
V.R 1.14	8	8	7	x	x	x	x
V.R 1.15	6	6	5	x	x	x	x
V.R 1.16	7	7	6	x	x	x	x
V.R 1.17	5	6	5	x	x	x	x
V.R 1.18	7	7	x	x	x	x	x
V.R 1.19	8	8	7	x	x	x	x
V.R 1.20	7	8	x	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 45: Ancho de la hoja lechuga romana

	TOMA DE DATOS (cm)						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
T.R 1.1	1	2	5	7	9	12	14
T.R 1.2	2	3	6	8	8	11	14
T.R 1.3	1	4	5	7	9	11	13
T.R 1.4	2	3	6	8	10	12	14
T.R 1.5	1	4	7	7	10	12	13
T.R 1.6	2	3	6	8	9	11	14
T.R 1.7	2	4	5	7	10	12	14
T.R 1.8	2	3	6	8	9	13	15
T.R 1.9	1	2	5	7	9	11	14
T.R 1.10	2	3	7	8	10	13	15
A.R 1.1	1	4	6	8	9	12	13
A.R 1.2	2	3	5	8	10	13	15
A.R 1.3	1	2	6	7	9	11	14
A.R 1.4	2	3	5	7	9	11	14
A.R 1.5	2	4	6	7	9	12	15
A.R 1.6	2	3	5	7	10	13	15
A.R 1.7	1	4	6	8	9	11	13
A.R 1.8	2	3	5	8	10	12	15
A.R 1.9	2	4	6	8	9	12	15
A.R 1.10	1	3	5	8	9	12	15
R.R 1.1	2	4	6	8	10	12	15
R.R 1.2	1	3	5	7	9	12	15
R.R 1.3	2	3	6	8	10	13	15
R.R 1.4	1	3	5	7	9	13	15
R.R 1.5	2	4	6	8	9	11	13
R.R 1.6	1	3	5	7	10	12	14
R.R 1.7	2	3	6	8	9	11	15
R.R 1.8	2	2	5	7	8	12	15
R.R 1.9	2	3	6	8	10	12	15
R.R 1.10	1	2	6	8	10	12	14
B.R 1.1	1	3	x	x	x	x	x
B.R 1.2	1	3	6	x	x	x	x
B.R 1.3	1	3	7	x	x	x	x
B.R 1.4	2	2	7	x	x	x	x
B.R 1.5	2	3	7	x	x	x	x
B.R 1.6	1	3	x	x	x	x	x
B.R 1.7	2	3	7	x	x	x	x
B.R 1.8	1	2	5	x	x	x	x
B.R 1.9	2	3	x	x	x	x	x
B.R 1.10	1	2	5	x	x	x	x
V.R 1.1	2	3	6	x	x	x	x
V.R 1.2	1	2	7	x	x	x	x
V.R 1.3	2	3	x	x	x	x	x



V.R 1.4	1	3	6	x	x	x	x
V.R 1.5	2	3	6	x	x	x	x
V.R 1.6	1	2	6	x	x	x	x
V.R 1.7	2	3	5	x	x	x	x
V.R 1.8	1	2	5	x	x	x	x
V.R 1.9	2	3	7	x	x	x	x
V.R 1.10	1	3	6	x	x	x	x
V.R 1.11	2	3	x	x	x	x	x
V.R 1.12	1	2	6	x	x	x	x
V.R 1.13	2	3	x	x	x	x	x
V.R 1.14	1	3	7	x	x	x	x
V.R 1.15	2	3	5	x	x	x	x
V.R 1.16	1	3	6	x	x	x	x
V.R 1.17	2	3	5	x	x	x	x
V.R 1.18	1	2	x	x	x	x	x
V.R 1.19	2	3	7	x	x	x	x
V.R 1.20	2	3	x	x	x	x	x

**Fuente:** Autor (2023)

Tabla 46: Peso total lechuga romana

	TOMA DE DATOS (cm)
ULTIMA SEMANA	
T.R 1.1	180
T.R 1.2	170
T.R 1.3	190
T.R 1.4	170
T.R 1.5	120
T.R 1.6	180
T.R 1.7	200
T.R 1.8	170
T.R 1.9	150
T.R 1.10	170
A.R 1.1	160
A.R 1.2	170
A.R 1.3	180
A.R 1.4	160
A.R 1.5	150
A.R 1.6	180
A.R 1.7	140
A.R 1.8	130
A.R 1.9	150
A.R 1.10	150
R.R 1.1	130
R.R 1.2	140
R.R 1.3	150
R.R 1.4	170
R.R 1.5	180
R.R 1.6	150
R.R 1.7	160
R.R 1.8	140
R.R 1.9	120
R.R 1.10	140
B.R 1.1	x
B.R 1.2	x
B.R 1.3	x
B.R 1.4	x
B.R 1.5	x
B.R 1.6	x
B.R 1.7	x
B.R 1.8	x
B.R 1.9	x
B.R 1.10	x
V.R 1.1	x
V.R 1.2	x
V.R 1.3	x

V.R 1.4	x
V.R 1.5	x
V.R 1.6	x
V.R 1.7	x
V.R 1.8	x
V.R 1.9	x
V.R 1.10	x
V.R 1.11	x
V.R 1.12	x
V.R 1.13	x
V.R 1.14	x
V.R 1.15	x
V.R 1.16	x
V.R 1.17	x
V.R 1.18	x
V.R 1.19	x
V.R 1.20	x

**Fuente:** Autor (2023)

Figura 26: Lechuga romana de dos semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 27: Lechuga seda de dos semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 28: Trasplante de lechugas romanas de dos semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 29: Lechuga romana con tratamiento de luz blanca de 1 semana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 30: Trasplante de lechuga romana de una semana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 31: Tratamiento con luz roja lechuga romana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 32: Tratamiento de luz azul lechuga romana de 1 semana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 33: Tratamiento con luz roja lechuga seda de 1 semana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 34: Tratamiento con luz blanca lechuga seda



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 35: Tratamiento con luz roja seda de 1 semana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 36: Trasplante de lechuga romana



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 37: Tratamiento con luz azul lechuga seda



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 38: Lechuga romana de 3 semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 39: Lechuga seda de 3 semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 40: Lechuga romana de 4 semanas



**Fuente:** Autor (2023)



Figura 41: Lechuga romana de 4 semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 42: Lechuga seda de 4 semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 43: Lechuga seda de 4 semanas



**Fuente:** Autor (2023)

Figura 44: Análisis físico - químico de la lechuga romana testigo



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1108-23  
Orden de ingreso: OI-521-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>*NOMBRE DE LA MUESTRA:</b> LECHUGA T.1 ROMANA			
<b>*MARCA COMERCIAL:</b> N/A		<b>*FABRICANTE:</b> N/A	
<b>PROCEDENCIA:</b> CUENCA	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> ALIMENTO	<b>*TIPO DE ENVASE:</b> FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
<b>*PRESENTACIONES:</b> 100 g		<b>*FORMA DE CONSERVACION:</b> REFRIGERACIÓN	
<b>CODIGO MUESTRA:</b> OI52123	<b>*LOTE:</b> N/A	<b>*FECHA ELAB:</b> 2023-06-19	<b>*FECHA CAD:</b>
<b>FECHA RECEPCION:</b> 2023-06-21	<b>FECHA ANALISIS:</b> 2023-06-21 - 2023-06-29	<b>FECHA ENTREGA:</b> 2023-06-29	
<b>ENSAYO EN:</b> LABORATORIO	<b>MUESTREO:</b> CLIENTE	<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b> UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	24.6
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMS VFQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.843
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	2.027
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	80.775
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.456

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guasaca  
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*\*Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: \*Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, \*No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

**Fuente:** Laboratorio MSV (2023)

Figura 45: Análisis físico - químico de la lechuga seda luz azul



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1109-23  
Orden de ingreso: OI-522-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: LECHUGA A.1 SEDA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDECIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 100 g		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: O152223	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2023-06-19	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2023-06-21	FECHA ANALISIS: 2023-06-21 - 2023-06-29	FECHA ENTREGA: 2023-06-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	22
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMSVMFQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.558
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	1.694
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	88.727
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.599

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Gueraca  
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; +No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Fuente: Laboratorio MSV (2023)

Figura 46: Análisis físico - químico de la lechuga romana luz azul



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1106-23  
Orden de ingreso: OI-619-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>*NOMBRE DE LA MUESTRA:</b> LECHUGA A.1 ROMANA			
<b>*MARCA COMERCIAL:</b> N/A		<b>*FABRICANTE:</b> N/A	
<b>PROCEDENCIA:</b> CUENCA	<b>TIPO DE MUESTRA:</b> ALIMENTO	<b>*TIPO DE ENVASE:</b> FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
<b>*PRESENTACIONES:</b> 100 g		<b>*FORMA DE CONSERVACION:</b> REFRIGERACIÓN	
<b>CÓDIGO MUESTRA:</b> OI51923	<b>*LOTE:</b> N/A	<b>*FECHA ELAB:</b> 2023-06-19	<b>*FECHA CAD:</b>
<b>FECHA RECEPCION:</b> 2023-06-21	<b>FECHA ANALISIS:</b> 2023-06-21 - 2023-06-29	<b>FECHA ENTREGA:</b> 2023-06-29	
<b>ENSAYO EN:</b> LABORATORIO	<b>MUESTREO:</b> CLIENTE	<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b> UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	24.8
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMS VFQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.843
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	2.004
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	78.614
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.584

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. -No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

**Fuente:** Laboratorio MSV (2023)

Figura 47: Análisis físico - químico de la lechuga romana luz roja



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1107-23  
Orden de ingreso: OI-520-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: LECHUGA R.1 ROMANA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 100 g		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI52023	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2023-06-19	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2023-06-21	FECHA ANALISIS: 2023-06-21 - 2023-06-29	FECHA ENTREGA: 2023-06-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA.3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	24.4
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMSVMFQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.945
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	2.054
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	81.418
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.51

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

  
Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO



Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*\*información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: \*Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. \*No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la Incertidumbre asociada al resultado. riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

**Fuente: Laboratorio MSV (2023)**

Figura 48: Análisis físico - químico de la lechuga seda luz roja



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1110-23  
Orden de Ingreso: OI-523-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566

**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: LECHUGA R.1 SEDA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 100 g		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI52323	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2023-06-19	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2023-06-21	FECHA ANALISIS: 2023-06-21 - 2023-06-29	FECHA ENTREGA: 2023-06-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	22.2
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMSVMFQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.963
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	1.701
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	78.686
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.599

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO



Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: \*Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, \*No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

**Fuente:** Laboratorio MSV (2023)



Figura 49: Ilustración 27: Análisis físico - químico de la lechuga seda

testigo



**INFORME DE RESULTADOS**

Informe: MSV-IE-1111-23  
Orden de ingreso: OI-524-23  
Cuenca, 29 de Junio del 2023

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: GENESIS CRIOLLO  
Dirección: AZOGUES  
Teléfono: 0969066566


**DATOS DE LA MUESTRA**

*NOMBRE DE LA MUESTRA: LECHUGA T.1 SEDA			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: 100 g		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI52423	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2023-06-19	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2023-06-21	FECHA ANALISIS: 2023-06-21 - 2023-06-29	FECHA ENTREGA: 2023-06-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

**ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COLORIMETRIA	mg/100g	21.8
*CENIZAS	AOAC 923.03 / PEMSVMQ07 - GRAVIMETRIA	%	0.583
*FIBRA	NTE INEN-ISO 6865 - GRAVIMETRIA	%	1.692
*HUMEDAD	AOAC 968.11 - GRAVIMETRIA	%	83.952
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	1.565

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los items de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. \*\*Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: \*Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, \*No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2104-05

Avenida de las Américas y Turuhuaico, Edificio Miraflores, 3er piso. Cuenca-Ecuador  
Teléfono: 074045127 Celular: 0995354172 msvlaboratorio@gmail.com

Página 1 de 1

**Fuente:** Laboratorio MSV (2023)