



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

Aplicación de ondas sonoras en un sistema Hidropónico  
doméstico para el desarrollo de cultivos de lechugas

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Mauricio Benavente, Axl Anthony ([orcid.org/0000-0002-5315-2628](https://orcid.org/0000-0002-5315-2628))

Frida Mercedes, Pardo Salazar ([orcid.org/0000-0003-4037-1394](https://orcid.org/0000-0003-4037-1394))

**ASESOR:**

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto ([orcid.org/0000-0002-8200-4640](https://orcid.org/0000-0002-8200-4640))

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

A mis queridos Padres José y Tita  
a mi recordado **SOLO RUIDO** que  
es mi ángel y guía a kike y José son  
ustedes que contribuyen la fuerza y  
razón que me impulsa a salir adelante  
para hacer realidad mi meta trazada.

## FRIDA

A mis amados padres María y Noe  
que han aportado en mi formación  
personal y académica día a día  
han motivado a salir adelante  
siendo ustedes un motivo en mi  
vida y en la culminación de esta  
etapa grandiosa.

**AXL**

## **AGRADECIMIENTO**

Dedicamos este trabajo principalmente a nuestros padres por ser nuestros pilares y la base de todo ello con sus muestras de su cariños y el apoyo incondicional día a día que siempre han sido un empuje en nuestro desarrollo sin importar las adversidades vividas, por formarnos y permitir el haber llegado hasta este momento tan significativo en nuestra vida profesional, a nosotros mismos por haber hecho una dupla completa para la culminación de nuestra meta trazada y haber compartido todo el desarrollo juntos, a nuestros familiares que con sus muestras de afecto nos han motivado y a nuestro querido asesor Lorgio quien siempre supo enseñarnos.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de ondas sonoras en un sistema Hidropónico doméstico para el desarrollo de cultivos de lechugas", cuyos autores son PARDO SALAZAR FRIDA MERCEDES, MAURICIO BENAVENTE AXL ANTHONY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO <b>DNI:</b> 40323063 <b>ORCID:</b> 0000-0002-8200-4640	Firmado electrónicamente por: LVALDIVIEZOG el 23-12-2023 11:51:25

Código documento Trilce: TRI - 0704973



# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESO



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MAURICIO BENAVENTE AXL ANTHONY, PARDO SALAZAR FRIDA MERCEDES estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de ondas sonoras en un sistema Hidropónico doméstico para el desarrollo de cultivos de lechugas", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PARDO SALAZAR FRIDA MERCEDES <b>DNI:</b> 71225574 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4037-1394	Firmado electrónicamente por: FPARDOS el 10-07- 2024 14:45:09
MAURICIO BENAVENTE AXL ANTHONY <b>DNI:</b> 70489275 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5315-2628	Firmado electrónicamente por: AMAURICIOB el 11-07- 2024 08:05:42

Código documento Trilce: INV - 1625557

## Índice

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iviii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo .....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimientos.....	16
3.6 Método de análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos .....	19
IV. RESULTADOS .....	20
4.1. Efecto de las ondas sonoras en el tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga.....	20
4.1.2. Influencia de ondas sonoras en el crecimiento de los cultivos de lechuga...	22
V. DISCUSIONES.....	26
VI. CONCLUSIONES .....	30
VII. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01. Tabla de comparación entre las diversas técnicas hidropónicas.....	7
Tabla N°02. Variables y definición conceptual .....	14
TablaN°03. Tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga.....	20
Tabla N°04. Prueba T-Student de tiempo de desarrollo de cultivos de lechuga... ..	22
Tabla N°05. Crecimiento de cultivos de lechuga .....	22
Tabla N°06. Prueba T-Student de crecimiento de cultivos de lechuga .....	24
Tabla N°07. Pesos de los cultivos de lechuga .....	24
Tabla N°08. Prueba T-Student de masas de cultivos de lechuga .....	26

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Sistema hidropónico recirculante.....	5
<b>Figura 02.</b> Diagrama de flujo del procedimiento .....	16
<b>Figura 03.</b> Ubicación del estudio.....	16
<b>Figura 04.</b> Diseño del sistema hidropónico.....	17
<b>Figura 05.</b> Gráfica lineal de tiempo de desarrollo de las lechugas.....	21
<b>Figura 06.</b> Crecimiento de cultivos de lechuga .....	23
<b>Figura 07.</b> Gráfico lineal de crecimiento de lechuga .....	25



## RESUMEN

Actualmente uno de los grandes desafíos es satisfacer la demanda de alimentos, Por lo cual, este trabajo de investigación propone evaluar el impacto de la aplicación de las ondas sonoras musicales, en el desarrollo de cultivos de lechugas mediante Hidroponía doméstica. Para la metodología se realizó 36 cultivos, mitad expuestos con música clásica a 70 dB y la otra mitad expuestos a ruido ambiental, para posteriormente evaluar el tamaño, masa y tiempo que tardó el desarrollo. Donde se identifica que las lechugas con exposición a música clásica logran su desarrollo (crecimiento de 31.90 cm) a los 30 días a diferencia de las lechugas con exposición a ruido ambiental quienes logran su desarrollo (crecimiento de 29.90 cm) a los 38 días. Asimismo, la masa de los cultivos expuestos a música clásica supera en 98.34 g a los cultivos expuestos a ruido ambiental. Las ondas sonoras generan un efecto positivo en el desarrollo de los cultivos de lechuga. En ese sentido, se recomienda realizar la aplicación de ondas sonoras en otros tipos de cultivos como tomate, espinaca, fresa y pimiento para determinar la frecuencia más adecuada para el máximo desarrollo de cada cultivo.

Palabras clave: Hidroponía, ondas sonoras, ruido ambiental, decibeles, vibraciones.

## **ABSTRACT**

Currently one of the great challenges is to satisfy the demand for food. Therefore, this research work proposes to evaluate the impact of the application of musical sound waves on the development of lettuce crops through domestic Hydroponics. For the methodology, 36 cultures were carried out, half exposed to classical music at 70 dB and the other half exposed to environmental noise, to subsequently evaluate the size, mass and time it took for development. Where it is identified that lettuces with exposure to classical music achieve their development (growth of 31.90 cm) at 30 days, unlike lettuces with exposure to environmental noise who achieve their development (growth of 29.90 cm) at 38 days. Likewise, the mass of the cultures exposed to classical music exceeds those of the cultures exposed to environmental noise by 98.34 g. Sound waves generate a positive effect on the development of lettuce crops. In this sense, it is recommended to apply sound waves to other types of crops such as tomatoes, spinach, strawberries and peppers to determine the most appropriate frequency for the maximum development of each crop.

Keywords: Hydroponics, sound waves, environmental noise, decibels, vibrations.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, afrontamos una serie de daños medioambientales y socioeconómicos, que han sido gradualmente contrarrestados por el avance, la informática y la tecnología. Sin embargo, una de los grandes desafíos, es satisfacer la demanda de alimentos, debido a la creciente población mundial que se prevé que para el año 2050, se alcance los 9 millones de habitantes (FAO, 2018). En ese sentido, la agricultura se ha visto obligada a producir más alimentos en menos espacios de tierra, gracias a la pérdida de suelos agrícolas, disminución del recurso hídrico, cambio climático, y otros factores. Por lo tanto, la necesidad de elegir prácticas agrícolas apropiadas y destinadas a buscar la sustentabilidad, incluida la agricultura tradicional

Según Rizo et al; (2017), en su investigación, nos indican que las desventajas del uso de suelos agrícolas son problemas ecológicos negativos que repercuten económicamente y socialmente, tales como el debilitamiento de suelos y el aumento del riesgo de contaminación de fuentes en los cuerpos de agua con fertilizantes, la producción agrícola trae consigo impactos negativos en el ambiente, siendo afectada por otros sectores de producción con relación al impacto del calentamiento global sobre la agricultura. Por otro lado, Rodríguez et al; (2018), señalan que hablar de conocimiento tradicional indica que las innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas en el cual esta tiene su cuota de responsabilidad, se considera que su efecto es diferencial en el tiempo y en el espacio, en dependencia de los sistemas agroecológicos, los métodos y condiciones de producción y las especies cultivadas.

Por otro lado, la hidroponía se está introduciendo en todo el mundo como un método sostenible y eficiente para la conservación de los recursos y la agricultura innovadora. El sistema logra el cumplimiento ambiental con ahorros significativos en agua corporal y fertilizante, descarga mínima de solución de fertilizante restante al medio ambiente y ninguna descarga de aguas residuales contaminadas al medio ambiente, lo más eficiente desde un punto de vista económico y ambiental (Pertierra et al; 2019).

Asimismo, otro método como aporte para los cultivos agrícolas, es la musicoterapia que nace con el uso apropiado de la música por parte de un terapeuta para lograr o mejorar la salud de un paciente. Ahora, se utiliza en el sector agrícola con excelentes resultados, porque contribuyen con el crecimiento de las plantas cuando se exponen a música relajante, pero crecen mucho más lento o más lento cuando se exponen a ruido o ruido fuerte (Henríquez et al; 2010). Por su parte, Robertson (2009), hace énfasis que la música clásica es considerada música positiva y la música de rock música negativa; ambas brindan aportes de crecimiento a las plantas.

Un estudio realizado por Khait et al; (2019), indican que el crecimiento, el desarrollo y las características genéticas de las plantas están fuertemente influenciados por diversos factores ambientales. Sin embargo, los mecanismos por los cuales la estimulación de ondas sonoras afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas, aún no están claros. Por lo tanto, si las plantas poseyeran incluso la capacidad más rudimentaria para recepcionar las ondas sonoras y aplicarlo en un sistema hidropónico, podría tener una mejora en diferentes puntos como: mejor calidad en las plantas y acortar el tiempo que suele demorar en crecer las plantas.

En base a toda la información y situaciones mencionadas, **el problema general** viene a ser ¿Cuál es el impacto de la aplicación de las ondas sonoras musicales en el desarrollo de cultivos de lechugas mediante un sistema hidropónico doméstico?, también se tiene como **problemas específicos**: ¿Cómo influye la aplicación de las ondas sonoras en el tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga?, ¿Cómo influye la aplicación de las ondas sonoras en el crecimiento del desarrollo de los cultivos de lechuga?, ¿Cómo influye la aplicación de las ondas sonoras en la masa del desarrollo de los cultivos de lechuga?

Esta investigación se justifica en los siguientes aspectos básicos, en lo **social**, el estudio pretende beneficiar a los hogares mediante la obtención de sus propios vegetales, con la capacidad de obtener un método hidropónico, en lo **ambiental**, reducir el uso de tierras de cultivos para evitar la contaminación por parte de los pesticidas aplicados en suelos agrícolas, además es una ayuda

ambiental porque atrapa el dióxido de carbono y lo convierte en hidrato de carbono, lo que ayuda a reducir la presencia de carbono en el ambiente que produce gases de efecto invernadero; y el lado **práctico** se quiere dar a mostrar el cómo al utilizar ondas sonoras musicales mediante el método Hidropónico soluciona diversos problemas en diversos lugares para así poder implementarlo en la comodidad de sus hogares.

Por consiguiente, esta investigación tiene como **objetivo general**: evaluar el impacto de la aplicación de las ondas sonoras musicales, en el desarrollo de cultivos de lechugas mediante Hidroponía doméstica, y como **objetivos específicos**: Determinar el efecto de la aplicación de las ondas sonoras en el tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga; como también, determinar cómo influye la aplicación de las ondas sonoras en el crecimiento de los cultivos de lechuga; por último, determinar cómo influye la aplicación de las ondas sonoras en el peso del crecimiento de los cultivos de lechuga.

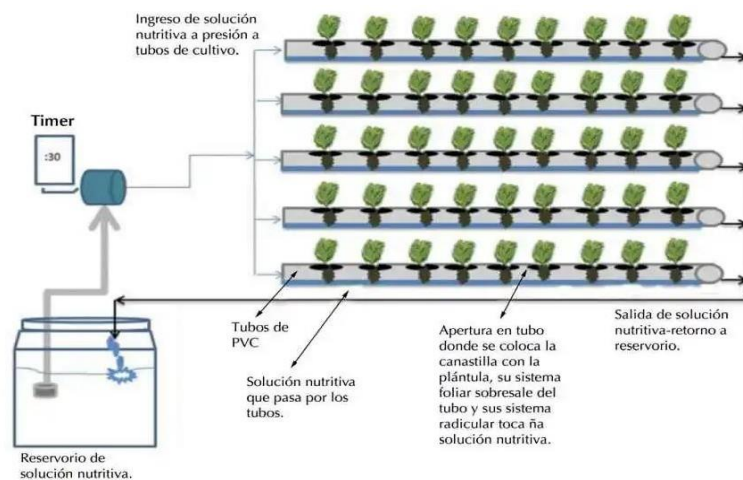
Asimismo, se plantea como **hipótesis general**: la aplicación de las ondas sonoras tiene un impacto positivo en el desarrollo de los cultivos de lechugas en el sistema hidropónico doméstico, y como **hipótesis específicas**: H1: La aplicación de las ondas sonoras acelera el tiempo del desarrollo de los cultivos de lechuga. H2: La aplicación de las ondas sonoras aumenta el crecimiento de los cultivos de lechuga. H3: La aplicación de las ondas sonoras provoca un incremento en la masa de los cultivos de lechuga.

## II. MARCO TEÓRICO

Albuja et al. (2021), mencionan que la hidroponía es un método de cuidado de las plantas que te permite cultivarlas sin tierra. De esta manera, es posible plantar muchas plantas de tipo herbáceo, pero también utilizar lugares inusuales o lugares similares a las ciudades, que funcionan en las grandes ciudades; el mantenimiento de estas plantas se logra con recursos limitados y en un ambiente controlado. Una cultura de inversión requiere lo siguiente: luz, calor, agua y nutrientes. Todos estos factores necesarios para el crecimiento adecuado de las plantas se pueden proporcionar y controlar mediante un sistema hidropónico. La producción de plantas hidropónicas se puede duplicar respecto a las plantas de suelo tradicionales. Por consiguiente, López et al; (2018), señalan que, para poder disminuir el tiempo de cosecha de los alimentos conocidos por ser orgánicos, debido a que no contiene productos químicos y no son procesados con aditivos.

Gumisiriza et al. (2022), indican que existen diferentes tipos de agricultura hidropónica que incluyen: Cultivo de aguas profundas (DWC), Técnica de película de nutrientes (NFT), Ebb y flujo (Inundación y drenaje), Sistema de mecha (Wick) y Sistema de goteo. El sistema de mecha es el método hidropónico más simple que usa una mecha para extraer nutrientes de un depósito sin el uso de una bomba o un temporizador. DWC es un modelo hidropónico el cual sus raíces de las plantas se suspenden directamente en una solución de agua rica en nutrientes, mientras que el sistema de goteo utiliza microemisores para obtener los nutrientes y el agua directamente a la planta Roots con ayuda de una bomba. Ebb and Flow implica inundar al cultivador con una solución nutritiva usando una bomba conectada al tanque de solución a intervalos establecidos usando un temporizador. Luego, la solución se drena al depósito de nutrientes. Mientras que la hidroponía NFT, siendo la técnica más utilizada, es un método que usa canales poco profundos para entregar una solución nutritiva a las raíces de las plantas a través de un proceso de recirculación. Además, Hosseinzadeh et al. (2019), señalan que los sistemas

hidropónicos son un ahorro significativo de agua y para los casos de energía y la reducción del exceso de pesticidas que a un plazo prolongado pueden originar problemas severos a la salud, se considera que cuentan con la mayor relación de lo que es el costo beneficio, sin ser dependientes al recurso suelo.



**Figura 1:** Sistema hidropónico recirculante (N.F.T.). Adaptado de Khait et al. (2019).

Podemos observar que el sistema hidropónico fue construido con tubos de PVC y unido en cada esquina para que se pueda ver la recirculación de la solución nutritiva al momento de ser activada. Esto ayuda a que la solución fluya en todo el sistema alimentando las raíces de las hortalizas que se quieran cultivar.

Flores et al. (2021), mencionan que las técnicas de cultivo como la hidroponía y las plantas de interior en general tienen importantes ventajas en el uso eficiente de los recursos, especialmente el agua. Sin embargo, el mayor logro, que va más allá del uso eficiente del agua, es su reutilización, que reduce hasta en un 80% el drenaje, del cual, además del agua, concentra el resto de nutrientes, que al final contaminan las salidas de los sistemas productivos, los cauces de los ríos donde se depositan, aumentando con cada aporte la salinización y la degradación

ambiental. Por otro lado, Mazhar et al. (2018), nos señalan que en adición las técnicas hidropónicas cuentan con varias ventajas entre las cuales está su sencillez y nivel de crecimiento es mucho mayor al que se consigue en suelos agrícolas.

Por otro lado, el confort térmico es la sensación de satisfacción que tienen las personas en un determinado lugar, y puede ser alterado por la sensación de aumento de temperatura en el ambiente (Castillo et al., 2019). Por ejemplo, Mamatha et al. (2023), determinaron que las técnicas hidropónicas sirven de varias maneras, así como cultivar verduras para el consumo de las personas, como también para cultivar plantas que puedan generar sombra en los hogares de los cuales reducen la radiación solar y otros; por consiguiente, mejora la calidad de vida de las personas y del ambiente.

Lazo et al. (2020), mencionan que la emisión de ondas permite un crecimiento eficiente de las plantas; para la industria, esto ayudaría en gran medida a la producción en masa de cultivos que producen más oxígeno, reduciendo así el calentamiento global y la contaminación. Por un lado, contribuirá a la producción agrícola, generando mejoras económicas en el sector agrícola y haciéndolo ambientalmente sostenible (Henríquez, et al; 2010). Asimismo, Ordoñez (2022), nos señala que las partículas del medio vibran en el mismo sentido de la dirección de propagación de la onda la función y puede hacer referencia a la variación de la presión.

Henríquez et al. (2010), determinaron que cuando las plantas de maíz son sometidas a música clásica se desarrollan más rápido a diferencia de las que son sometidas al rock, lo que significa que ambos géneros musicales influyen directamente al desarrollo. Por otro lado, se debe considerar la empleabilidad de energías alternativas eólica y solar siendo ellas fuentes primarias para la emisión de música a las plantas, como manera de disminución de impacto ambiental por consumo de energía eléctrica (García et al, 2007).

En la **tabla 01** se presenta las ventajas, desventajas y el impacto ambiental que pueden generar las diferentes técnicas hidropónicas al momento de querer implementarse.



**Tabla 01:** Tabla de comparación entre las diversas técnicas hidropónicas.

Técnicas hidropónicas	Ventajas	Desventajas	Impacto ambiental
<b>Técnica estacionaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La acumulación de sales insolubles en el sustrato es mínima</li> <li>-Tiene un bajo costo e independiente del uso de energía extra.</li> <li>-Permite cultivar en lugares donde hay condiciones ambientales limitantes.</li> <li>-Elimina la necesidad de utilizar herbicidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La absorción de nutrientes por parte de la planta es más lenta.</li> <li>-Nunca consigue recuperarse al 100% de la solución nutritiva.</li> <li>-No está disponible para todas las especies de plantas.</li> <li>-Requiere muchos detalles y atenciones particulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El consumo de agua es considerablemente menor, dependiendo claro del clima.</li> <li>-El impacto ambiental de la hidroponía es considerablemente mucho menor, porque evita el uso de herbicidas.</li> </ul>
<b>Técnica Recirculante (NFT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Facilita el tiempo de cosecha.</li> <li>-Aprovechamiento del espacio.</li> <li>-Ahorro de fertilizantes.</li> <li>-La instalación es más sencilla.</li> <li>-El crecimiento es mucho más rápido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere de un cuidado adecuado.</li> <li>-Necesita luz propia para el crecimiento de las plantas.</li> <li>-Gastos de instalación altos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menor gasto de agua</li> <li>-Ahorra del 50% al 35% del uso de fertilizantes.</li> <li>-Evita el uso de pesticidas y fertilizantes.</li> </ul>
<b>Técnica Aeropónica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mayor tipos de cultivos.</li> <li>-Menor agua y más rendimiento.</li> <li>-Conveniente en lugares urbanos.</li> <li>-Posible desarrollo en sótanos o almacenes.</li> <li>-Fácil de armar.</li> <li>-Absorbe gran cantidad de vitaminas y minerales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menor cantidad de cultivos.</li> <li>-Depende de una solución nutritiva, sin errores.</li> <li>-Para automatización requiere de mucho conocimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Posibilidad de usar aguas grises.</li> <li>-Agua que puede recircular.</li> <li>-90% menos agua que en otro sistema hidropónico.</li> <li>-95% menos agua en cultivos de suelo.</li> </ul>
<b>Técnica de Sustratos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Facilita el manejo del cultivo.</li> <li>-Ofrece un buen drenaje y ahorra fertilizantes.</li> <li>-Cultivo fácil de esterilizar.</li> <li>-El sistema de riego es de fácil automatización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gasto de instalación alto.</li> <li>-Infraestructura más elaborada.</li> <li>-El sustrato es susceptible a cambios bruscos de temperatura.</li> <li>-Las plantas son sensibles al nivel de PH y a la temperatura de la solución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ahorro de fertilizantes y evita el uso de pesticidas por la facilidad de desinfección y control.</li> <li>-Reciclaje del sistema de riego.</li> </ul>

**Adaptado** de Albuja et al. (2021).

Los resultados del estudio de Herrera et al. (2023), que mediante el uso de la técnica de hidroponía se puede producir lechuga, una de las hortalizas mayormente cultivadas en el mundo, con una eficiencia superior al 50 % en solución nutritiva (SN) con respecto a un sistema convencional en suelo (Gruda, 2019). Los sistemas hidropónicos cerrados tienen ventajas importantes porque reutilizan la SN (agua y nutrientes) y disminuye la cantidad de SN utilizada durante el proceso de producción (Son et al., 2020).

Los resultados del estudio de Iswanto et al. (2020), sobre el sistema hidropónico aplicado con Arduino, nos indican que el sistema puede ser controlado con éxito de forma automática por Arduino, por lo que es más fácil de cultivar agilizando el crecimiento de los mismos. Además, Lauderall et al; (2019), nos señalan que el uso de una válvula de solenoide no es adecuado para baja presión de agua que necesitan las plantas de acuerdo en función de la edad de crecimiento

de las plantas es cada vez mayor se debe al mayor tamaño de las plantas por lo que la necesidad de más fuentes de alimento. En general, pueden aplicarse automáticamente a los sistemas hidropónicos NFT.

Las plantas pueden absorber cantidades significativas de energía acústica, especialmente cuando hay sustrato de suelo, que desempeña un papel importante en la absorción del sonido. De hecho, los sustratos pueden absorber hasta el 80% de la energía acústica incidente en frecuencias superiores a 1000 Hz. La presencia de las plantas probadas aumenta la absorción en todo el rango de frecuencia probado (Francesco et al; 2015). en cambio; (Ordoñez;2022), muestra que las partículas del medio oscilan en la misma dirección de propagación de la onda, y la función puede relacionarse con el cambio en la presión del medio. (provocada por el desplazamiento longitudinal de las ondas).

Chivukula et al. (2014), menciona que en condiciones óptimas de estimulación (100 dB y 800 Hz), el campo sonoro promueve el crecimiento de las plantas y la estimulación moderada mejora la asimilación de tejidos y células, mejora la actividad fisiológica y promueve el crecimiento de las plantas.

Un estudio realizado por Cuadra (2017), indica que para que las plantas sientan las vibraciones de la música, es necesario que haya al menos entre 90 y 130 decibeles de sonido a su alrededor para que tengan efecto sobre ellas. Pero si pones música suave, como melodías o música clásica, con solo llegar a los 70 decibeles, puede tener un efecto positivo en las plantas y, combinada con buena luz, las plantas crecerán cada vez mejor.

Los resultados del estudio de Santos et al. (2018), menciona que evaluaron variables como altura de planta, longitud de raíz, peso; encontrando que todas las variedades tuvieron diferencias significativas en las actividades productivas, en las que la variedad Curly Green (lechuga crespita) tiene el mejor comportamiento con un peso fresco medio de 203,36 g. Además, Pertierra et al. (2020), indica que a diferencia del sistema NFT, basado en los resultados que presentaron por medio del sistema Raíz flotante con base en cuatro siembras realizadas de enero a mayo de 2018, el peso de cosecha (variable paramétrica) obtenido fue de 115,8 a 150,1 g de plantas. Todo esto indica que hay mejor efecto y gran diferencia con el sistema

NFT a diferencia del sistema por Raíz flotante, además que suele variar también por el clima o estación del año que fueron puesto en práctica.

Segun Arlius et al. (2021), define Sonic Bloom como un proceso de sistema de audio que permite el crecimiento de las plantas siendo de mucha ayuda para los agricultores, particularmente en épocas secas donde hay una escasez de agua y baja calidad del suelo. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la frecuencia de las ondas sonoras y el tiempo de exposición sobre la calidad y productividad de las plantas de mostaza. Esta investigación se realizó con un método experimental, y se utilizó ANOVA factorial con dos tratamientos, a saber: 1) Frecuencia (frecuencia 4000 Hz y frecuencia 5000 Hz); 2) Duración de la exposición (1 hora/día, 2 horas/día y 3 horas/día). Según la investigación que se ha realizado, la frecuencia de las ondas sonoras tiene un efecto sobre el crecimiento en altura de la planta, el número de hojas, la longitud y el ancho de las hojas y el peso de cosecha de la planta. Los efectos del crecimiento de las plantas tratadas con una frecuencia máxima de 5000 Hz y para el mejor tiempo de exposición con ondas sonoras siendo de una hora.

Cai et al. (2014), en este trabajo se estudió en condiciones de laboratorio el efecto del sonido audible sobre la germinación y el crecimiento del frijol mungo (radiación de *Vigna*). Los frijoles mungo se estimularon durante 72 h utilizando tonos audibles a 1000-1500 Hz, 1500-2000 Hz y 2000-2500 Hz e intensidades [80 dB(A), 90 dB(A), 100 dB(A)]. El crecimiento del frijol mungo se evaluó con base en la germinación promedio, el peso fresco total y la longitud total. Los resultados experimentales muestran que las ondas sonoras pueden acortar el tiempo de germinación de los frijoles mungo y los frijoles mungo sonicados. La intensidad del sonido es de aproximadamente 90 dB y la frecuencia es de aproximadamente 2000 Hz, y el crecimiento aumenta considerablemente. El tratamiento sonoro puede promover el crecimiento del frijol mungo de manera diferente según la frecuencia y la intensidad. Esta investigación nos brinda una nueva forma de comprender el efecto y la regularidad de los campos sonoros en el crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento del frijol mungo.

Wang & Xiao (2023), estudiaron los efectos de la tecnología de control del

sonido (ondas sonoras de frecuencias específicas y varios tipos de música) sobre el crecimiento de la lechuga y demostraron que el procesamiento de ondas sonoras de frecuencias específicas producidas por un generador de tecnología de sonido vegetal aumentaba el crecimiento de la lechuga. Básicamente, comparación del crecimiento de la lechuga y las condiciones de procesamiento en un ambiente tranquilo. La actitud hacia los diferentes tipos de música (música electrónica, música rock y música clásica) contribuyó al crecimiento de la lechuga, especialmente el rendimiento de partes comestibles aumentó significativamente bajo la influencia de la música electrónica. Los resultados del estudio también muestran que el tratamiento con ondas sonoras de frecuencia específica producidas por el generador de tecnología de frecuencia sonora vegetal puede aumentar el contenido de clorofila en las hojas de lechuga ( $1,98 \pm 0,15$  mg/g), promoviendo así la fotosíntesis. Asimismo, el tratamiento con música electrónica aumentó el contenido de clorofila de la lechuga ( $1,48 \pm 0,07$  mg/g), con el mayor efecto.

Hassanien et al. (2014) demostraron que las ondas sonoras de diferentes frecuencias, el nivel de presión sonora (SPL), el tiempo de exposición y la distancia desde la fuente de sonido afectan el crecimiento de las plantas. Se han realizado experimentos al aire libre y en condiciones de invernadero con diferentes niveles de ruido sonoro. Frecuencia del sonido y nivel de presión sonora. Las ondas sonoras de 1 kHz y 100 dB a una distancia de 0,20 m durante 1 hora promovieron significativamente la división y fluidez de las paredes celulares de los callos y también mejoraron significativamente la actividad protectora de las enzimas y hormonas endógenas. La estimulación de ondas acústicas puede aumentar la actividad H-ATPasa de la membrana plasmática de la planta, el contenido de azúcar soluble, la proteína soluble y la actividad de amilasa del callo. Además, las ondas sonoras pueden aumentar el contenido y la transcripción de ARN. Los genes inducidos por el estrés pueden activarse en respuesta a una estimulación sonora. Se transmiten ondas sonoras de 0,1 a 1 kHz y un nivel de presión sonora ( $70 \pm 5$ ) dB cada dos días desde un generador de tecnología de sonido vegetal (PAFT) durante 3 horas a una distancia de 30 a 60 m, lo que mejoró significativamente el crecimiento del pimiento, el pepino y el tomate representaron el 30,05%, 37,1% y

13,2% respectivamente. Entre ellos, la producción de lechuga, espinacas, algodón, arroz y trigo aumentó un 19,6%, 22,7%, 11,4%, 5,7% y 17,0% respectivamente. Las ondas sonoras también pueden mejorar el sistema inmunológico de las plantas. Los resultados mostraron que los ácaros rojos en tomates de invernadero, pulgones, moho gris, tizón tardío y enfermedades virales se redujeron en un 6,0%, 8,0%, 9,0%, 11,0% y 8,0%, respectivamente, y los ácaros de la cáscara del arroz disminuyeron en un 50%.

Segun Hendrawan et al. (2020), menciona que la tecnología (PSWT) utiliza ondas sonoras para optimizar la apertura de las estomas y mejorar la productividad y la calidad de los cultivos, lo que permite a las plantas absorber nutrientes y agua de manera óptima. El objetivo de este estudio fue probar si PSWT (Tecnología Plant Sonic Wave) puede promover el crecimiento vegetativo de las hojas de mostaza (*Brassica juncea* L.). El tipo de música utilizada por PSWT es un gamelán javanés llamado Puspawarna. Los tiempos de exposición al PSWT fueron por la mañana y por la tarde. La frecuencia es de 3-5 kHz, 7-9 kHz y 11-13 kHz. El método de plantación orgánica mixta, es decir, la relación entre frutas, coco y musgo; suelo, plantación orgánica y fertilizante orgánico. Los resultados mostraron que la frecuencia de aplicación de los medios vegetales orgánicos y el método de mezcla tuvieron un efecto significativo sobre el peso húmedo, la longitud de la planta, la apertura de las estomas, la altura de la planta, la clorofila foliar, el área foliar y el número de hojas. El mejor método PSWT para el cultivo de mostaza es utilizar una frecuencia entre 3 y 5 kHz utilizando musgo como medio de cultivo orgánico. El máximo rendimiento de crecimiento vegetativo proporcionó apertura estomática óptima 70,84-159,46  $\mu\text{m}$ , altura de planta 19,47 cm, longitud de planta 29,47 cm, área foliar 31,99  $\text{cm}^2$ , número de hojas 5,33 filamentos, contenido de clorofila 31,60 cc y 0,01 g de peso húmedo.

Hendrawan et al. (2020), indica que Plant Audio Technology (PAFT) es una tecnología que utiliza ondas sonoras en forma de frecuencias umbral de ondas sonoras. El objetivo de este estudio fue probar la productividad del crecimiento vegetativo de plantas PAFT kelana (*Brassica alboglabra*) utilizando un gamelan javanés llamado puspawarna. Se indican los tiempos de exposición a PAFT. Ve a las plantas por la mañana y por la tarde. El rango de frecuencia es de 3 a 5 kHz, de

7 a 9 kHz. y 11-13 kHz. Además, el tiempo de exposición al sonido es de 1 hora, 2 horas y 3 horas. Los resultados del análisis estadístico mostraron que la frecuencia y el tiempo de exposición al sonido tuvieron un efecto significativo sobre el peso húmedo, la longitud y la apertura estomática de las plantas. La frecuencia óptima para el crecimiento de la planta Kailan es de 3 a 5 kHz, y el tiempo de exposición óptimo es de 3 horas. Una combinación de frecuencia y duración de la exposición al sonido produjo los mejores resultados. Apertura de las estomas (diámetro de las estomas en la parte superior de la hoja: 89,19 ~ 93,45  $\mu\text{m}$ , diámetro de las estomas en la base de la hoja: 136,69 ~ 140,74  $\mu\text{m}$ ), índice de contenido de clorofila (cci) 80,86, longitud de la planta 47,33 cm, peso húmedo de la planta 7 gramos 020 gramos 820. cm, número de hojas 11 hilos.

Wang et al. (2022), realizaron experimento usando espinacas de agua (*Ipomoea Aquatica*, que acumula Cd): Un experimento hidropónico con tratamientos generadores de Plant Harmless Technology (PAFT) en un cobertizo de prueba Tres tratamientos musicales (música electrónica (EM), música rock (RM) y música clásica (RM, CM hidropónica) experimentos) y pruebas de suelos en macetas con tratamiento PAFT y EM en condiciones de no inmersión. y condiciones de inundación. Los resultados mostraron que, en comparación con el grupo control, los tratamientos hidropónicos PAFT y EM redujeron significativamente la concentración de Cd en las raíces y partes aéreas (partes comestibles) de la espinaca de agua con un rango de reducción de 22,01% a 36,50%. Número de puntos por onda sonora desde la raíz hasta la unidad de área. Aumento del diámetro medio de la raíz, de la superficie de la raíz y de la longitud total de la raíz. En un experimento hidropónico, la sonicación aumentó significativamente la biomasa de espinacas en agua del 28,27% al 38,32%. En la prueba del suelo, en comparación con el tratamiento sin estrés hídrico, el tratamiento con estrés hídrico redujo la concentración de Cd en el suelo en las raíces y por encima entre un 43,75% y un 63,75%. Bajo inundaciones, los aumentos de POFT conducen a una reducción en los CD y al aumento de la biomasa. Esto puede cambiar con la velocidad de los poros podridos, pérdida radial de oxígeno.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Este estudio es de tipo aplicado. Asimismo, Tam et al; (2008), indican que el estudio aplicado se construye sobre conocimientos adquiridos en el curso de una investigación, utilizados con o sin mayor interés para sus propios fines. Asimismo, se indagó en diferentes fuentes de investigación como punto de partida para ser tomado como línea base.

El **diseño** de investigación es experimental: pre - experimental; debido a la variable independiente: Ondas sonoras; la investigación experimental y variable de forma independiente: las lechugas. De la misma manera que normalmente vería los efectos realizados: la variable dependiente (Guevara et al; 2020).

El enfoque de investigación es cuantitativo, ya que se utilizaron los procedimientos para la recolección de los datos, por lo que se justifica la aceptación o rechazo de la hipótesis (Hernández et al; 2014).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

En la Tabla 2, se muestra como variable independiente a las ondas sonoras y su definición conceptual, por otro lado, se presenta la variable independiente: crecimiento de lechuga. En el Anexo 1 se encuentra la matriz de operacionalización donde se detallan las variables, definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores y unidad de medida.

**Tabla 02:** Variables y definición conceptual

<b>Tipo</b>	<b>Variables de investigación</b>
Variable Independiente  <b>Ondas sonoras</b>	Propagación gradual de perturbaciones caracterizadas por un movimiento oscilatorio sobre el punto de equilibrio (o reposo) de una molécula. De hecho, se trata en principio de una perturbación provocada por fuentes mecánicas. Las moléculas responden a pequeños cambios de presión (López ;2022).
Variable Dependiente  <b>Desarrollo de la lechuga</b>	La lechuga cultivada ( <i>Lactuca sativa</i> L.) es una hierba anual de la familia Asteraceae. El desarrollo del cultivo toma un promedio de 50 a 60 días para las variedades de maduración temprana y de 70 a 80 días para las variedades de maduración tardía desde la siembra hasta la cosecha (Vásquez ;2015).

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

La **población** estuvo comprendida por 36 plantas de lechugas. Viene a ser un grupo que contiene características que necesitan ser estudiadas (Ventura, 2017). Como tal, esta área de investigación presenta las propiedades, las características físicas y el entorno social a estudiar. (totalidad de lechugas bajo la aplicación de muestras)



La **muestra**, fue el total de la población, en este estudio 36 plantas de lechugas; de las cuales son divididas en dos sistemas, una será sometida tanto para ser realizadas en sistema de hidroponía convencional y la otra parte del sistema hidropónico con ondas sonoras.

El tipo de **muestreo** es probabilístico, Aleatorio simple ya que de las 36 muestras en la comparación tanto de las lechugas trabajadas bajo un sistema hidropónico convencional con 18 lechugas y la otra parte con el sistema con la aplicación de ondas sonoras.

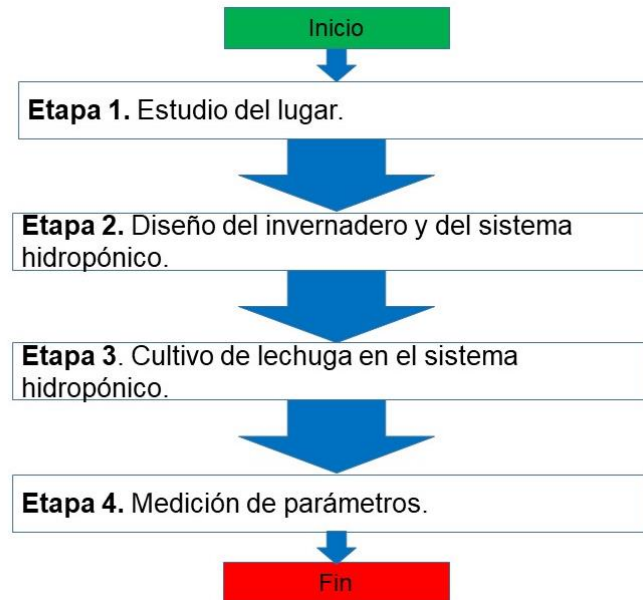
### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las **técnicas** de recopilación de datos son observacionales porque los datos se generan midiendo parámetros. Además, las encuestas también son utilizadas por los investigadores para controlar las variables y los datos que obtienen, por lo que las técnicas de encuesta utilizadas para encontrar datos serán según sus objetivos e hipótesis.

**Los instrumentos de recolección de datos** son los equipos que se emplearon para realizar la validación de la toma de muestras de las mismas que cuentan con certificado de un laboratorio acreditado por inacal. En el cual se utilizaron balanza analítica (unidad de medida, g), sonómetro (unidad de medida, decibeles) y cinta métrica (unidad de medida, centímetros).

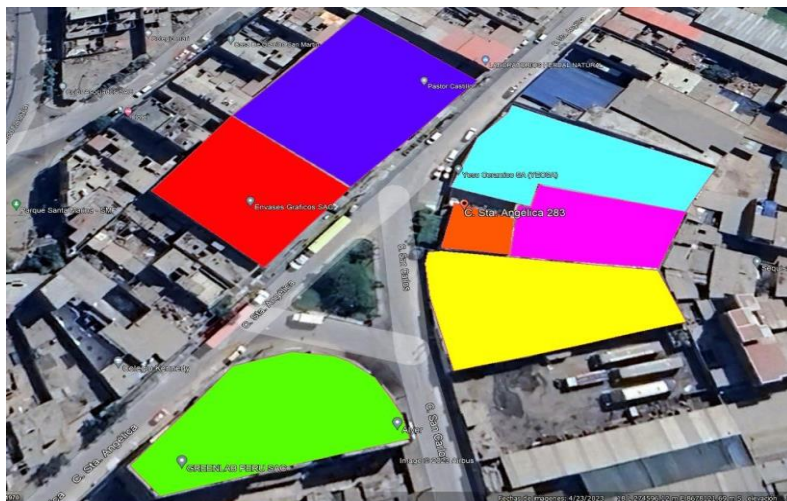
### 3.5 Procedimientos

En la siguiente figura 2, se muestra el diagrama de flujo del procedimiento que se realizó en la ejecución de la tesis.



**Figura 2:** Diagrama de flujo del procedimiento. Fuente: elaboración propia

#### Etapa 1. Estudio del lugar



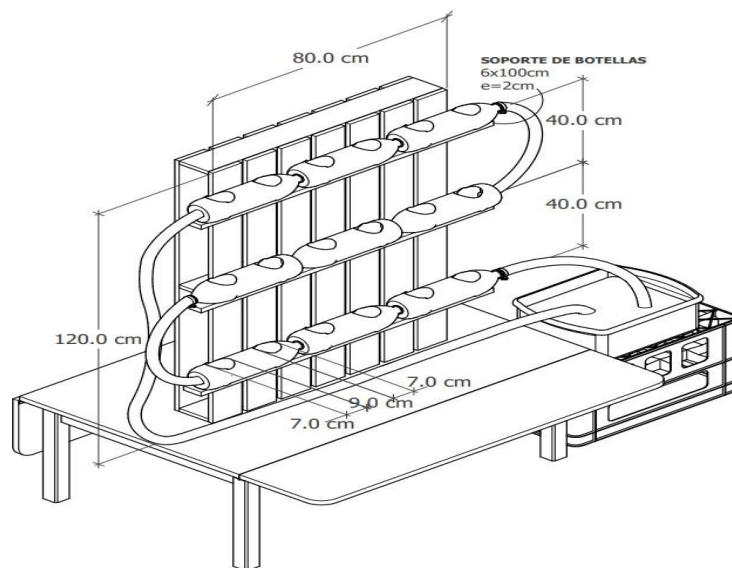
**Figura 3:** Ubicación del estudio.

El lugar de estudio es en casa de uno de los integrantes de este proyecto como se muestra en la imagen de color naranja. Ubicado en la calle Sta. Angelica 283, los Olivos, con coordenadas UTM WGS84 ZONA 18S 274687.10

m E y 8678133.50 m S, donde se observó que es una zona industrial (los demás colores, menos el naranja), por ende en las mañanas y tardes genera ruido por las fábricas, debido a esto se construyó un invernadero (6 m<sup>2</sup>) improvisado donde en su interior no hay ruido, ya que es uno de los principales requisitos para la realización de los sistemas hidropónicos e incorporar ondas sonoras musicales sin la intervención de algún ruido externo.

## Etapa 2. Diseño del invernadero y del sistema hidropónico

En esta etapa se utilizó el programa AutoCAD para elaborar el diseño del invernadero y del sistema hidropónico, del cual se tomará el sistema por NFT debido a tener un mejor resultado a diferencias de los demás sistemas hidropónicos. Se tomó en cuenta lo siguiente:



**Figura 4:** Diseño del sistema hidropónico. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el sustrato que emplea es: Turba (75%) y Perlita (25%). Asimismo, la Solución que se usó es la Solución Nutritiva completa el cual su composición conforma: Azufre, Hierro, Molibdeno, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre y Níquel.

La música empleada para el crecimiento de las lechugas es la música clásica variada durante las 24 horas. Según Cuadra; (2017), indica que para que las plantas sientan las vibraciones de la música, es necesario que haya al

menos entre 90 y 130 decibeles de sonido a su alrededor para que tengan efecto sobre ellas. Pero si pones música suave, como melodías o música clásica, con solo llegar a los 70 decibeles, puede tener un efecto positivo en las plantas y, combinada con buena luz, las plantas crecerán cada vez mejor. Es por ello que se mantuvo alrededor de los 70 decibeles para obtener buenos resultados.

Por último, los equipos que se utilizaron en el proceso de crecimiento al inicio y final son: Sonómetro, balanza electrónica y un celular para medir el tiempo.

### **Etapa 3. Cultivo de lechuga en el sistema hidropónico**

En primer lugar, se ocupa un semillero para poder hacer germinar a las lechugas para luego ser trasplantada en el sistema NFT, se colocó el sustrato y dentro las semillas (3 a 4 semillas), ya que no todas suelen germinar. Estas se colocaron en jabs de huevo donde no tenga contacto con la luz solar por 7 días y regando diariamente, pasando estos días se colocaron en un espacio donde pueda darle la luz del sol. Pasando los 7 días se debe regar con la Solución Nutritiva completa, para que les aporte los nutrientes necesarios para las lechugas, esto se hace por 2 semanas. Cuando empiezan a germinar se colocan individualmente en un semillero para que puedan desarrollar sus raíces sin preocupaciones (Pertierra et al; 2019).

Pertierra et al. (2019), mencionan que luego de haber germinado las lechugas se realizó el traspaso hacia el sistema NFT, antes de eso se colocaran las lechugas germinadas en unos recipientes que van conectados a los tubos de PVC. Luego se prepara la solución nutritiva en el envase donde irá fluyendo la solución por todas las lechugas y de esa forma se irá nutriendo los vegetales durante todos los días hasta que llegue a su tamaño ideal.

Por otro lado, el uso de plaguicidas para el control de plagas con plantas repelentes en el cultivo de lechugas en el sistema hidropónico empleado es de manera natural siendo ello una alternativa más amigable para el control de insectos. Se utilizaron diversas plantas aromáticas (romero, albahaca y

ajenjo), como ingredientes y a mayor concentración de ellos llega a reducir las acciones fitófagas de larvas de Lepidoptera en el cultivo, pudiendo ser usada como una alternativa como control convencional (Garcés; 2021).

#### **Etapa 4. Medición de parámetros**

Los parámetros a considerar son: tiempo (días), masa (g) y tamaño (cm). Asimismo, como prioridad se tomó en cuenta el nivel del ruido (db) para evaluar y tener un dato de inicio para la aplicación del sistema hidropónico por medio de ondas sonoras musicales en las lechugas, del cual se fue calculando en las 2 primeras semanas el nivel del ruido entre los 90 y 130 db para que puedan tener efecto en ellas. Luego de haber transcurrido un mes del crecimiento de las lechugas, se tomaron las mediciones con respecto al tiempo que tardó en crecer, el tamaño y el peso de las lechugas.

#### **3.6 Método de análisis de datos**

Se aplicó la estadística descriptiva, creando una base de datos para el análisis a través de una hoja de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel, que permitió la creación de figuras y tablas como prueba de los resultados que se generaron para cada meta mencionada en la encuesta.

#### **3.7 Aspectos éticos**

Todas las respuestas recibidas fueron tratadas de forma confidencial y se consideraron enviadas al proyecto de investigación. Asimismo, los datos obtenidos no han sido manipulados, por lo que los datos pueden ser utilizados sabiamente para futuras investigaciones, en lugar de una cuestión de plagio de otro proyecto.

Confidencialidad: De esta forma, se asegura la protección de la identidad del participante como institución de investigación e informante de la investigación.

Objetividad: El análisis de la situación observada se basa en criterios técnicos y objetivos.

Originalidad: Se revisan las fuentes bibliográficas de la información presentada

para comprobar que no existe plagio intelectual.

Veracidad: La información presentada será veraz, cuidando la confidencialidad de estas personas u organizaciones.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados son presentados conforme a los objetivos específicos planteados en el estudio. Además, es relevante indicar que las ondas sonoras de música clásica y ruido ambiental alcanzaron intensidades promedio de 59.43 y 50.22 Db respectivamente. Por otro lado, las lechugas evaluadas fueron trasplantadas en sistemas hidropónicos teniendo 15 días de desarrollo.

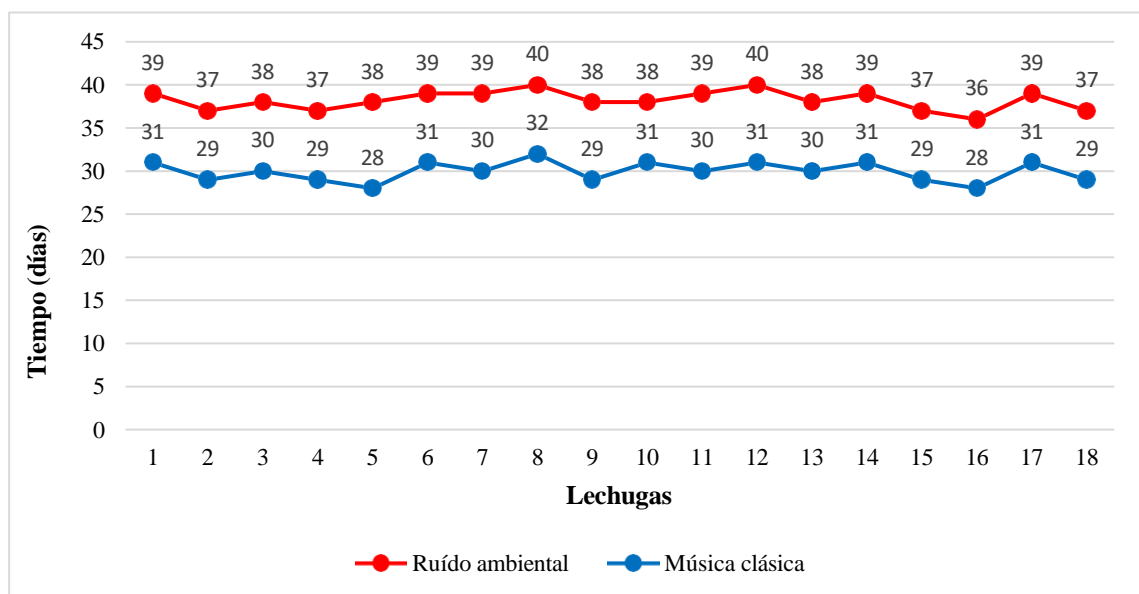
##### 4.1. Efecto de las ondas sonoras en el tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga

**Tabla 3.** *Tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga*

Exposición a ruido ambiental entre 45.15 dB a 55.29 dB		Exposición a música clásica entre 52.18 dB a 66.68 dB		Reducción del tiempo	
Muestra	Tiempo de desarrollo (días)	Muestra	Tiempo de desarrollo (días)	días	(%)
Lechuga 1	39	Lechuga 19	31	8	20.51
Lechuga 2	37	Lechuga 20	29	8	21.62
Lechuga 3	38	Lechuga 21	30	8	21.05
Lechuga 4	37	Lechuga 22	29	8	21.62
Lechuga 5	38	Lechuga 23	28	10	26.32
Lechuga 6	39	Lechuga 24	31	8	20.51
Lechuga 7	39	Lechuga 25	30	9	23.08
Lechuga 8	40	Lechuga 26	32	8	20
Lechuga 9	38	Lechuga 27	29	9	23.68
Lechuga 10	38	Lechuga 28	31	7	18.42
Lechuga 11	39	Lechuga 29	30	9	23.08
Lechuga 12	40	Lechuga 30	31	9	22.5
Lechuga 13	38	Lechuga 31	30	8	21.05
Lechuga 14	39	Lechuga 32	31	8	20.51
Lechuga 15	37	Lechuga 33	29	8	21.62
Lechuga 16	36	Lechuga 34	28	8	22.22

Lechuga 17	39	Lechuga 35	31	8	20.51
Lechuga 18	37	Lechuga 36	29	8	21.62
<b>Promedio</b>		<b>Promedio</b>			
<b>±Desviación Estándar</b>	38.22	<b>±Desviación Estándar</b>	29.94	8.28 ±0.67	21.66
	±1.11		±1.16		±1.72

La Tabla 3, presenta los resultados del tiempo que tardan los cultivos de lechuga para alcanzar su máximo desarrollo. En su evaluación se consideró 18 lechugas con exposición a ruido ambiental y 18 lechugas con exposición a música clásica, de los cuales se obtuvo valores promedio de 38 y 30 días respectivamente.



**Figura 5.** Gráfico lineal del tiempo de desarrollo de las lechugas

La Figura 5, muestra un gráfico lineal donde se identifica que las lechugas con exposición a música tardan menos tiempo para alcanzar su máximo desarrollo en comparación con los expuestos a ruido ambiental, logrando su máximo desarrollo entre los 28 a 32 días.

En esta prueba (ANEXO 7) se utilizó el estadígrafo de Shapiro Wilk, porque se evaluó menos de 50 muestras (18 lechugas con exposición a música clásica y 18 lechugas con exposición a ruido ambiental). Los p-valores (sig.) obtenidos fueron 0.088 con música clásica y 0.153 con ruido ambiental, que al ser mayores a 0.05, se comprueba que los datos presentan un comportamiento normal. Por lo tanto, se

procede con una prueba de contraste paramétrica, que en este caso fue la prueba T-Student.

**Tabla 4.** Prueba de T-Student de tiempo de desarrollo de cultivos de lechuga.

Parámetro	Media	Desviación	Diferencias emparejadas			t	g l	Sig. (bilateral)
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo (MC -RA)	-827,778	,66911	,15771	-861,052	-794,504	-52,487	17	0,000

La Tabla 4, presenta el nivel de significancia (p-valor), el cual fue un valor cercano a 0.000; es decir, menor a 0.05. Por lo tanto, identificamos que existe una diferencia significativa entre los tiempos de desarrollo de cultivos de lechuga relacionados a la exposición a las ondas sonoras. Esto nos permite aceptar la hipótesis específica 1, que indica que la aplicación de las ondas sonoras acelera el tiempo del desarrollo de los cultivos de lechuga.

#### 4.1.2. Influencia de las ondas sonoras en el crecimiento de los cultivos de lechuga

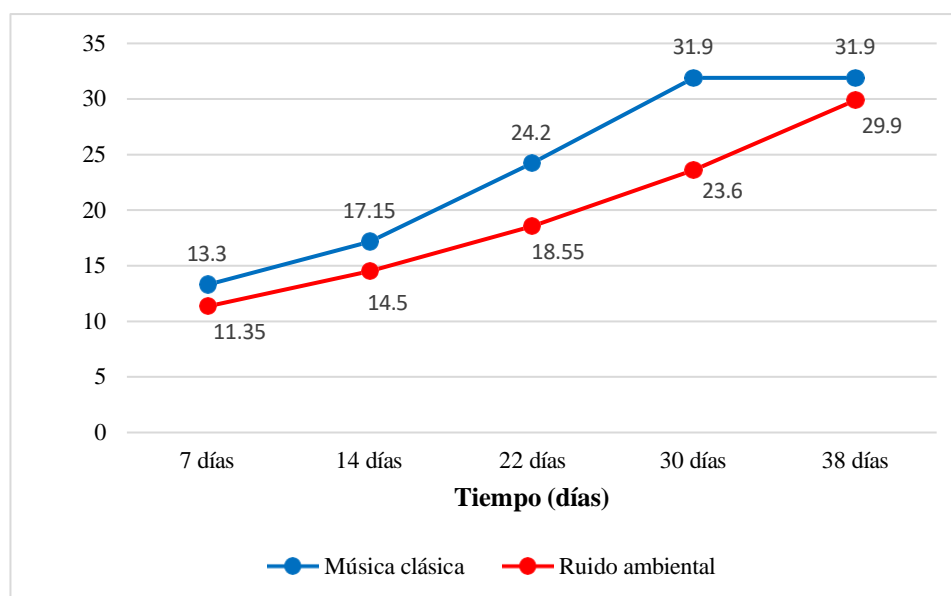
**Tabla 05.** Crecimiento de cultivos de lechuga

Tiempo de crecimiento (días)	Crecimiento con Ruido Ambiental (RA) entre 45.15 dB a 55.29 dB			Crecimiento con Música Clásica (MC) entre 52.18 dB a 66.68 dB			Aumento de crecimiento (RA-MC) cm %	
	Mín (cm)	Máx (cm)	Promedio (cm)	Mín (cm)	Máx (cm)	Promedio (cm)	cm	%
	7	11.1	11.6	11.35	13.1	14.2		
14	13.1	15.9	14.5	16.1	18.2	17.15	2.35	13.7
22	17.1	20	18.55	23.1	25.3	24.2	4.05	16.73
30	22.6	24.6	23.6	30.2	33.6	31.9	8.3	26.02
38	29.2	30.6	29.9	30.2	33.6	31.9	2	6.27

La Tabla 05, presenta los resultados de los valores mínimos, máximos y promedios del crecimiento progresivo (7, 14, 22, 30 y 38 días) obtenido de las lechugas con exposición a ruido ambiental y lechugas con exposición a música



clásica (la tabla completa se puede observar en el Anexo 6). Donde se identifica que las lechugas con exposición a música clásica logran su desarrollo (crecimiento de 31.90 cm) a los 30 días a diferencia de las lechugas con exposición a ruido ambiental quienes logran su desarrollo (crecimiento de 29.90 cm) a los 38 días.



**Figura 6.** Crecimiento de los cultivos de lechuga

La Figura 6, muestra un gráfico lineal donde se identifica que las lechugas con exposición a música logran un mayor crecimiento (31.9 cm) en comparación a las lechugas con exposición a ruido ambiental que logran 29.9 cm de crecimiento.

En esta prueba (ANEXO 8) se utilizó el estadígrafo de Shapiro Wilk, porque se evaluó menos de 50 muestras (El registro de crecimiento promedio de la Tabla 4). Los p-valores (sig.) obtenidos fueron 0.784 y 0.917, que al ser mayores a 0.05, se comprueba que los datos presentan un comportamiento normal. Por lo tanto, se procede con una prueba de contraste paramétrica, que en este caso fue la prueba T-Student.

La Tabla 06, presenta el nivel de significancia alcanzado (p-valor), el cual fue 0.044; es decir, menor a 0.05. Por lo tanto, se identifica que existe una diferencia significativa entre los niveles de crecimiento de cultivos de lechuga relacionados a la exposición a las ondas sonoras. Esto nos permite aceptar la hipótesis específica 2, que indica que la aplicación de las ondas sonoras aumenta el crecimiento de los

cultivos de lechuga.

**Tabla 06.** Prueba de T- Student de crecimiento de cultivos de lechuga.

Parámetro	Media	Desviación	Diferencias emparejadas		t	g l	Sig. (bilateral)	
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Crecimiento (MC –RA)	4.7250	2.81795	1.40897	0.24102	9.20898	3.354	3	0.044

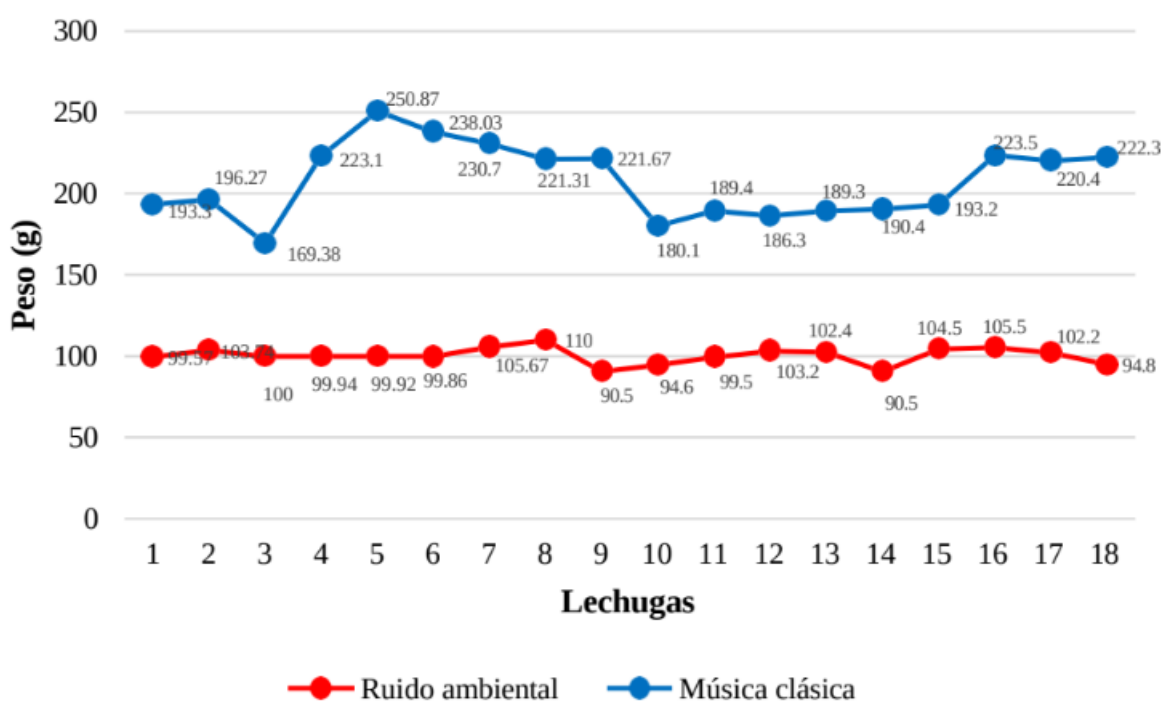
#### 4.1.3. Influencia de las ondas sonoras en el peso de los cultivos de lechuga

**Tabla 07.** Pesos de los cultivos de lechuga

Exposición a ruido ambiental (RA) entre 45.15 a 55.29 dB		Exposición a música clásica (MC) entre 52.18 a 66.68 dB		Ganancia de pesos (MC–RA)	
Muestra	Peso final (g)	Muestra	Peso final (g)	g	%
Lechuga 1	99.57	Lechuga 19	193.3	93.73	48.48
Lechuga 2	103.74	Lechuga 20	196.27	92.53	47.14
Lechuga 3	100	Lechuga 21	169.38	69.38	40.96
Lechuga 4	99.94	Lechuga 22	223.1	123.16	55.2
Lechuga 5	99.92	Lechuga 23	250.87	150.95	60.17
Lechuga 6	99.86	Lechuga 24	238.03	138.17	58.05
Lechuga 7	105.67	Lechuga 25	230.7	125.03	54.2
Lechuga 8	110	Lechuga 26	221.31	81.31	36.74
Lechuga 9	90.5	Lechuga 27	221.67	131.17	59.17
Lechuga 10	94.6	Lechuga 28	180.1	85.5	47.47
Lechuga 11	99.5	Lechuga 29	189.4	89.9	47.47
Lechuga 12	103.2	Lechuga 30	186.3	83.1	44.61
Lechuga 13	102.4	Lechuga 31	189.3	86.9	45.91
Lechuga 14	90.5	Lechuga 32	190.4	99.9	52.47
Lechuga 15	104.5	Lechuga 33	193.2	88.7	45.91
Lechuga 16	105.5	Lechuga 34	223.5	118	52.8
Lechuga 17	102.2	Lechuga 35	220.4	118.2	53.63
Lechuga 18	94.8	Lechuga 36	222.3	127.5	57.35
<b>Promedio</b>		<b>Promedio</b>			
<b>±Desviación Estándar</b>	100.36 ±5.16	<b>±Desviación Estándar</b>	207.75 ±22.7	105.73 ±23.37	50.43 ±6.50

La Tabla 7, presenta los resultados de los pesos que alcanzan en su

desarrollo 18 lechugas con exposición a ruido ambiental y 18 lechugas con exposición a música clásica, de los cuales se obtuvo valores promedio de 102.91 g y 201.25 g respectivamente. A partir de estos resultados se evidencia que los cultivos de lechuga con exposición a música clásica supera los pesos de los cultivos con exposición a ruido ambiental en 98.34 g (48.86%).



**Figura 07.** Gráfico lineal del crecimiento de las lechugas.

La Figura 07, muestra un gráfico lineal donde se identifica que las lechugas con exposición a música logran mayor adquisición de peso en comparación con los expuestos a ruido ambiental.

En esta prueba (ANEXO 9), se utilizó el estadígrafo de Shapiro Wilk, porque se evaluó menos de 50 muestras (18 lechugas con exposición a música clásica y 18 lechugas con exposición a ruido ambiental). Los p-valores (sig.) obtenidos fueron 0.192 con música clásica y 0.315 con ruido ambiental, que al ser mayores a 0.05, se comprueba que los datos presentan un comportamiento normal. Por lo tanto, se procede con una prueba de contraste paramétrica, que en este caso fue la prueba T-Student.

**Tabla 8.** Prueba de T-Student de masas de cultivos de lechuga

Parámetro	Media	Desviación	Diferencias emparejadas		t	g l	Sig. (bilateral)	
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Masa (MC -RA)	107.3961	22.58571	5.32350	96.16450	118.62772	20.174	17	0.000

La Tabla 8, presenta el nivel de significancia (p-valor), el cual fue un valor cercano a 0.000; es decir, menor a 0.05. Por lo tanto, identificamos que existe una diferencia significativa entre las masas de los cultivos de lechuga relacionados a la exposición a las ondas sonoras. Esto nos permite aceptar la hipótesis específica 3, que indica que la aplicación de las ondas sonoras provoca un incremento en la masa de los cultivos de lechuga.

## V. DISCUSIONES

Los cultivos de lechuga en sistema hidropónico alcanzaron su máximo desarrollo a los 30 días bajo exposición a música clásica y 38 días bajo exposición a ruido ambiental (**Tabla 3**). Al comparar ambos resultados se determinó que aplicando estimulación sonora (con música clásica) de manera constante se logra reducir 17.14% (8 días) el tiempo de desarrollo de las lechugas. Estos resultados son mejores con lo reportado por Ayala et al. (2019), quienes lograron el desarrollo de los cultivos de lechuga a los 35 días en sistema hidropónico expuesto al ruido ambiental y a niveles de cloruro de potasio. Por lo tanto, se respalda el aporte de Arlius et al. (2020), quienes sustentan que la estimulación sónica afecta el

metabolismo de las plantas a nivel celular y aumenta el tamaño y la cantidad de estomas en cada hoja, lo que permite la absorción de agua y nutrientes del suelo, favoreciendo al rápido crecimiento de las raíces y el crecimiento de las plantas. Asimismo, Enríquez et al. (2010) cita que las plantas crecen aún más rápidos cuando son expuestos a música agradable y su crecimiento es lento cuando son expuestos a ruido ambiental.

En estudios de Frasetya et al. (2021) en donde no fueron sometidos a ningún efecto de sonido muestra un valor promedio de altura de lechuga de 16.97 cm a los 30 días de realizado el trasplante mediante instalación hidropónica NFT, siendo este valor cercano a la longitud promedio de la lechuga con exposición de ruido ambiental (23.6 cm) y muy por debajo de altura de lechuga expuesto a música clásica (31.9 cm) en comparación para el día 30 de la **tabla 4**.

El crecimiento de los cultivos de lechuga fue de 31.90 cm (**Tabla 5**) exponiendo el sistema hidropónico a música clásica a una presión sonora promedio de 59.43 dB. En cambio, exponiendo el sistema hidropónico al ruido ambiental y manteniendo una presión sonora de 50.22 dB se obtuvo menores niveles de crecimiento alcanzando 29.90cm (**Tabla 5**). Al comparar ambos resultados obtenemos que los tratamientos con música clásica mejoraron el crecimiento de los cultivos en 2cm (6.27%). Estos resultados son inferiores a lo reportado por Wang *et al.* (2022), quienes a través de los tratamientos con ondas sonoras mejoraron la altura de los cultivos de espinaca (*Ipomoea*), entre 13 a 18.5 %, pero bajo un nivel de presión sonora de 80 dB. Esto lo explican Wang y Xiao (2023) indicando que la música son las vibraciones de ondas sonoras de una determinada frecuencia que resuenan en las células. Las moléculas que inicialmente estaban estáticas y en reposo se moverán armoniosamente, lo que resulta beneficioso para la activación de las células vegetales. Los experimentos han demostrado que la musicoterapia puede promover el crecimiento de las plantas y aumentar la clorofila y los sistemas de raíces.

Asimismo, en el estudio de You-Ning y How-Chiun (2020) respecto a las plántulas de lechuga, fueron capaces de tener crecimiento significativamente más largo en radículas e hipocótilos cuando fueron sometidos a música (canto gregoriano, música

nueva era y vals), por lo cual sugieren que éstas músicas pueden ser un método alternativo para que se mejore el crecimiento de la lechuga. Del mismo modo, nuestro estudio también mejora el crecimiento de la lechuga cuando es sometido a música clásica. Sin embargo, otros estudios con diferentes plantas también sustentan el beneficio de la música en el crecimiento de las plantas, tal como menciona Anindita y Anshu (2015) que diversos estudios a ciertas frecuencias de audio facilitan la germinación y crecimiento de las plantas, por ejemplo, Nurul et al. (2019) investigaron el crecimiento del frijol mungo (*Vania radiata*) sometidos a 5 patrones acústicos (soprano, clásico, naturaleza, rock y recitación crónica) a nivel de presión sonora  $60 \text{ dB} \pm 10 \text{ dB}$ , en el cual mostraron que estos patrones acústicos promovieron el crecimiento en diferentes partes del frijol mungo. Asimismo, Jun-ru et al. (2011) encontraron que la frecuencia acústica de la música aumento significativamente el contenido de ácido indolacético (IAI) en 6 especies vegetales. Por lo tanto, la frecuencia acústica podría estimular la secreción de IAI de las plantas. Siendo que este IAI estimula el crecimiento vegetal (Vico, 2017) o lo que menciona Rojas (2009) que se conoce que se incrementó el crecimiento de la planta al escuchar Mozart.

Por otro lado, el ruido que no es para nada armonioso, tiene efectos negativos sobre las plantas (Anindita & Anshu, 2015) y esto va congruente con nuestro estudio en el que se puede evidenciar que afecta en el crecimiento de la lechuga (**Tabla 5**). Por lo tanto, el ruido ambiental ha tenido un efecto negativo en comparación con cultivos de lechuga con exposición a música clásica.

Respecto a los pesos alcanzados por los cultivos de lechuga con exposición a música clásica y exposición a ruido ambiental, fueron 201.25g y 102.91g respectivamente (**Tabla 7**). A partir de estos resultados se evidencia que los cultivos de lechuga con exposición a música clásica supera los pesos de los cultivos con exposición a ruido ambiental en 98.34 g (48.86%). Estos resultados fueron superiores a lo reportado por Pertierra y Quispe (2020), quienes lograron que las lechugas bajo un sistema hidropónico sin música obtengan una masa máxima de 150,1g. Del mismo modo, Leiva et al. (2018), obtuvieron un peso de 115.45 g en lechugas bajo el mismo sistema de hidroponía sin música. En cuanto a la ganancia de pesos, el presente estudio fue superior a lo reportado por Hou *et al.* (1999), quienes lograron 44.1% mayor peso que los cultivos en sistemas hidropónicos sin

música, a partir del uso de tecnologías sonoras como estimulantes del desarrollo de cultivos de tres especies de lechugas. Por lo tanto, Li et. al (2002), se explicó que después de una estimulación sonora en las plantas aumenta el contenido de ácido indolacético (AIA) y compuestos de poliaminas (PAS), lo que conduce a la división de las células vegetales y a la formación de la morfología de las plantas, lo que favorece la formación de hojas y, por tanto, el aumento de peso.

Además. en estudios de Frasetya et al. (2021) en donde no fueron sometidos a ningún efecto de sonido muestra un valor promedio de masa de lechuga de 70.74 g a los 30 días de realizado el trasplante mediante instalación hidropónica NFT, siendo este valor poco distante a la masa promedio de la lechuga con exposición de ruido ambiental (102.91 g) y muy por debajo de masa de lechuga expuesto a música clásica (201.25 g) en comparación para el día 38 de la **tabla 7**.

Asimismo, la masa fresca de la lechuga no sometido a factores de música o ruido como es el estudio de Rodríguez-Delfín et al. (2022) muestran que el peso de la lechuga mediante instalación hidropónica NFT va entre 79.87 g a 112.63 g (los valores dependen del número de canales del sistema NFT) a 30 días después del transplante. Estos valores del rango están dentro del valor 102.91 g de la masa promedio de la lechuga con exposición de ruido ambiental y estos valores son menores que 201.25 g masa de lechuga expuesto a música clásica.

## VI. CONCLUSIONES

El efecto de la aplicación de las ondas sonoras en el tiempo de desarrollo de los cultivos de lechuga fueron acelerados, alcanzando su tamaño final a los 30 días después de haber sido trasplantados al sistema NFT, a diferencia del sistema expuesto a ruido ambiental, alcanzando su tamaño final a los 38 días, esto se debe a que la estimulación sonora afecta el metabolismo de las plantas a nivel celular, aumentando su altura y la cantidad de estomas en cada hoja, permitiendo la absorción de agua y nutrientes del suelo, promoviendo así el rápido crecimiento de las raíces y el crecimiento de las plantas.

El efecto de la aplicación de las ondas sonoras aplicada a cultivos hidropónicos fue efectivo y promovió el crecimiento de la lechuga, alcanzando los 30.20 cm - 33.60 cm, a diferencia de un cultivo agrícola expuesto a ruido ambiental, que llegó a alcanzar una altura de 29.20 cm - 30.60 cm. Esto se debe a que la música es la vibración de ondas sonoras de una determinada frecuencia que pueden resonar en las células, es por eso que las moléculas de las lechugas se moverán armoniosamente, lo que resulta beneficioso para la activación de las células vegetales.

La aplicación de las ondas sonoras con un nivel de 59.43 y 50.22 dB, aplicado al sistema de cultivo, incrementó la masa de la lechuga hasta alcanzar los 250.87 g, en cambio, la lechuga expuesta al ruido ambiental, solo alcanzó un peso máximo de 110 g. Esto se debe a que luego de una estimulación sonora, el contenido de ácido indolacético y compuestos de poliamina aumenta en las plantas, lo que provoca la división de las células vegetales y el establecimiento de la morfología de las plantas, lo cual promueve la formación de hojas y provoca un aumento de masa.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar la aplicación de ondas sonoras en otro tipo de cultivos para determinar el crecimiento y rendimiento, por ejemplo, en los tomates, espinaca, fresa, pimiento, ya que otros estudios han demostrado que diferentes sonidos tienen un efecto distinto en cada cultivo.

Medir las ondas sonoras en frecuencia de ruidos, para poder tener mejor precisión en las ondas de frecuencia que emite la música.

Estudiar a profundidad el aumento de compuestos a la exposición de las ondas sonoras como el contenido de ácido indolacético (AIA) y compuestos de poliaminas (PAS), ya que estos interfieren en el desarrollo de las plantas.

## REFERENCIAS

ABDULLAH, N.A.H., RANI, K.A., RAHIMAN, M.H.F. y NOOR, A.M., 2019. The effect of acoustic exposure on the growth of mung beans (*vigna radiata*). *Pertanika Journal of Science and Technology*, vol. 27, no. 3, ISSN 22318526.

ALBUJA, V., ANDRADE, J., LUCANO, C. y RODRIGUEZ, M., 2021. Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Minerva*, vol. 2, no. 4, DOI 10.47460/minerva.v2i4.26.

ALIPIO, M.I., DELA CRUZ, A.E.M., DORIA, J.D.A. y FRUTO, R.M.S., 2019. On the design of Nutrient Film Technique hydroponics farm for smart agriculture. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* [en línea], vol. 12, no. 3, ISSN 18818366. DOI 10.1016/j.eaef.2019.02.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2019.02.008>.

ARLIUS, F., PUTRI, R.E., PUTRI, N.S. y PUTRI, I., 2021. Effect of acoustic waves on the growth and productivity of sawi plants (*Brassica Juncea L.*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 757, no. 1, ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/757/1/012021.

AYALA, B., HUANCA, C. y FERNÁNDEZ, C., 2019. Evaluación del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) en sistema hidropónico bajo dos niveles de cloruro de potasio. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, vol. 6, no. 2, ISSN 2518-6868.

CAI, W., HE, H., ZHU, S. y WANG, N., 2014. Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*) sprout. *BioMed Research International*, vol. 2014, ISSN 23146141. DOI 10.1155/2014/931740.

CAI, W.M., ZHU, S.M., WANG, N., HE, H.N. y YING, B.H., 2015. Design of an experimental platform to investigate the effects of audible sounds on plant growth. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 8, no. 5, ISSN 19346352. DOI 10.3965/j.ijabe.20150805.1556.

CANALES GUTIÉRREZ, Á., BELIZARIO QUISPE, G., CALATAYUD MENDOZA, A.P., CHUI BETANCUR, H.N. y HUAQUISTO RAMOS, E., 2021. Thermal comfort and the risk of respiratory infections in older adults in the Peruvian

highlands. *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia* [en línea], vol. 56, no. 1, ISSN 15781747. DOI 10.1016/j.regg.2020.07.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.regg.2020.07.007>.

CORNU, J.Y., BUSSIÈRE, S., CORIOU, C., ROBERT, T., MAUCOURT, M., DEBORDE, C., MOING, A. y NGUYEN, C., 2020. Changes in plant growth, Cd partitioning and xylem sap composition in two sunflower cultivars exposed to low Cd concentrations in hydroponics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 205, no. July, ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2020.111145.

D'ALESSANDRO, F., ASDRUBALI, F. y MENCARELLI, N., 2015. Experimental evaluation and modelling of the sound absorption properties of plants for indoor acoustic applications. *Building and Environment* [en línea], vol. 94, ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2015.06.004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.004>.

DEL ZULIA VENEZUELA HENRÍQUEZ, U.G., ALEJANDRA, M. y SILVA, D., 2010. Música Plantas. , vol. 10, ISSN 1317-2255.

FRASETYA, B., HARISMAN, K. y RAMDANIAH, N.A.H., 2021. The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1098, no. 4, ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899x/1098/4/042115.

GUMISIRIZA, M.S., KABIRIZI, J.M.L., MUGERWA, M., NDAKIDEMI, P.A. y MBEGA, E.R., 2022. Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania. *Environmental Challenges* [en línea], vol. 6, no. August 2021, ISSN 26670100. DOI 10.1016/j.envc.2021.100413. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100413>.

GUPTA, A., 2023. Effect of Music on Plants. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 12, no. 10, DOI 10.21275/sr23924093613.

HASSANIEN, R.H.E., HOU, T.Z., LI, Y.F. y LI, B.M., 2014. Advances in Effects of Sound Waves on Plants. *Journal of Integrative Agriculture* [en línea], vol. 13, no. 2, ISSN 20953119. DOI 10.1016/S2095-3119(13)60492-X. Disponible en:

[http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60492-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60492-X).

HENDRAWAN, Y., ANNIZA, K.N., PRASETYO, J., DAMAYANTI, R. y DOJOWASITO, G., 2020. Effect of plant sound wave technology to increase productivity of mustard greens (*Brassica juncea* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 524, no. 1, ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/524/1/012012.

HENDRAWAN, Yusuf, RIZKY, A., SUSILO, B., PRASETYO, J. y DAMAYANTI, R., 2020. The effect of javanese gamelan music on the growth of Chinese broccoli. *Pertanika Journal of Science and Technology*, vol. 28, no. 1, ISSN 22318526.

HERNÁNDEZ, C.E. y CARPIO, N., 2019. Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, vol. 2, no. 1, DOI 10.5377/alerta.v2i1.7535.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. Selección de la muestra. *Metodología de la investigación* [en línea], vol. 6, Disponible en: [http://euaem1.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2776/506\\_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://euaem1.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ISWANTO, MEGANTORO, P. y MA'ARIF, A., 2020. Nutrient Film Technique for Automatic Hydroponic System Based on Arduino. *Proceeding - 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics, ICIEE 2020*, DOI 10.1109/ICIEE49813.2020.9276920.

LAI, Y.N. y WU, H.C., 2020. Effects of different types of music on the germination and seedling growth of alfalfa and lettuce plants. *Agrivita*, vol. 42, no. 2, ISSN 24778516. DOI 10.17503/agrivita.v0i0.2613.

LAZO, R.P. y GONZABAY, J.Q., 2020. Economic analysis of hydroponic lettuce under floating root system in semi-arid climate. *Granja*, vol. 31, no. 1, ISSN 13908596. DOI 10.17163/lgr.n31.2020.09.

LEIVA ESPINOZA, S.T., ROMÁN PEÑA, A., VILCA VALQUI, N.C. y NERI CHÁVEZ, J.C., 2019. Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas –

Amazonas). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, vol. 2, no. 1, DOI 10.25127/aps.20181.384.

MAMATHA, V. y KAVITHA, J.C., 2023. Machine learning based crop growth management in greenhouse environment using hydroponics farming techniques. *Measurement: Sensors* [en línea], vol. 25, no. September 2022, ISSN 26659174. DOI 10.1016/j.measen.2023.100665. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100665>.

PARK, J.H., 2020. Contrasting effects of Cr(III) and Cr(VI) on lettuce grown in hydroponics and soil: Chromium and manganese speciation. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 266, ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2020.115073. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115073>.

RODRÍGUEZ-DELFIN, A., LÓPEZ-HERRERA, A.D.J. y ROJAS-ROJAS, V., 2022. Current Topics in Agronomic Science cultivadas con sistemas NFT modificados en tiempos de pandemia. , vol. 2, no. Apa 7,

ROJAS, I., 2009. Estimulación temprana. , vol. 32, no. 65,

RUFÍ-SALÍS, M., CALVO, M.J., PETIT-BOIX, A., VILLALBA, G. y GABARRELL, X., 2020. Exploring nutrient recovery from hydroponics in urban agriculture: An environmental assessment. *Resources, Conservation and Recycling* [en línea], vol. 155, no. January, ISSN 18790658. DOI 10.1016/j.resconrec.2020.104683. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104683>.

SAAVEDRA, G., CORRADINI, F., ANTÚNEZ, A., FELMER, S., ESTAY, P. y SEPÚLVEDA, P., 2017. Manual de producción de Lechuga. *Manual de producción de Lechuga Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Boletín*,

STUDENT, M.T., KUMAR, R.R., OMMENTS, R.E.C. y FELLOWSHIP, W., 2021. No Title. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 14, no. 1, ISSN 1662453X.

TAM MALAGA, J., VERA, G. y OLIVEROS RAMOS, R., 2016. *Adj\_Modela\_Pa-5-145-Tam-2008-Investig.Pdf* [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj\\_modela\\_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf).

TREVIZAN RISPOLI, J.F. y CHALLAPA MOSCOSO, G.A., 2020. Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile. *Idesia (Arica)*, vol. 38, no. 3, DOI 10.4067/s0718-34292020000300113.

VALDEZ LÓPEZ, Y.C., MARENTES PATRÓN, R.A., CORREA VALENZUELA, S.E., HERNÁNDEZ PEDROZA, R.I., ENRÍQUEZ QUINTERO, I.D. y QUINTANA ZAVALA, M.O., 2022. Nivel de estrés y estrategias de afrontamiento utilizadas por estudiantes de la licenciatura en Enfermería. *Enfermería Global*, vol. 21, no. 1, DOI 10.6018/eglobal.441711.

VELAZQUEZ, J.F., MORALES, D.F., ROBLERO, R. y AGUILAR, A., 2021. REQUERIMIENTOS PRÁCTICOS PARA IMPLANTAR UNA FÁBRICA DE PLANTAS CASERA ( HPFAL ). ,

VENTURA LEÓN, J.L., 2017. Población o muestra? una diferencia. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea], vol. 43, no. 3, Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/214/21453378014.pdf>.

VICO, S., 2017. Factores abióticos que afectan la biosíntesis de ácido indolacético en bacterias endófitas de maíz. [en línea], Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19131/1/uy24-18768.pdf>.

WANG, S., SHAO, Y., DUAN, J., HE, H. y XIAO, Q., 2022. Effects of Sound Wave and Water Management on Growth and Cd Accumulation by Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.). *Agronomy*, vol. 12, no. 10, ISSN 20734395. DOI 10.3390/agronomy12102257.

WANG, S. y XIAO, Q., 2023. Effect of Audio Control Technology on Lettuce Growth. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, ISSN 20711050. DOI 10.3390/su15032776.

## II. ANEXOS

### III. ANEXOS

VARIABLES	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable independiente	ONDAS SONORAS	Propagación gradual de perturbaciones caracterizadas por un movimiento oscilatorio sobre el punto de equilibrio (o reposo) de una molécula. De hecho, se trata en principio de una perturbación provocada por fuentes mecánicas. Las moléculas responden a pequeños cambios de presión (López ;2022).	Medición de las ondas sonoras por intervalos de tiempo por día de la toma de muestra de la realización del análisis diario.	Nivel del ruido	Decibeles	intervalo
				Tiempo	Días	nominal
Variable dependiente	DESARROLLO DE LA LECHUGA	La lechuga cultivada (Lactuca sativa L.) es una hierba anual	Medición de resultante de los factores del tiempo,	Tiempo	Días	nominal
				Masa	g	intervalo

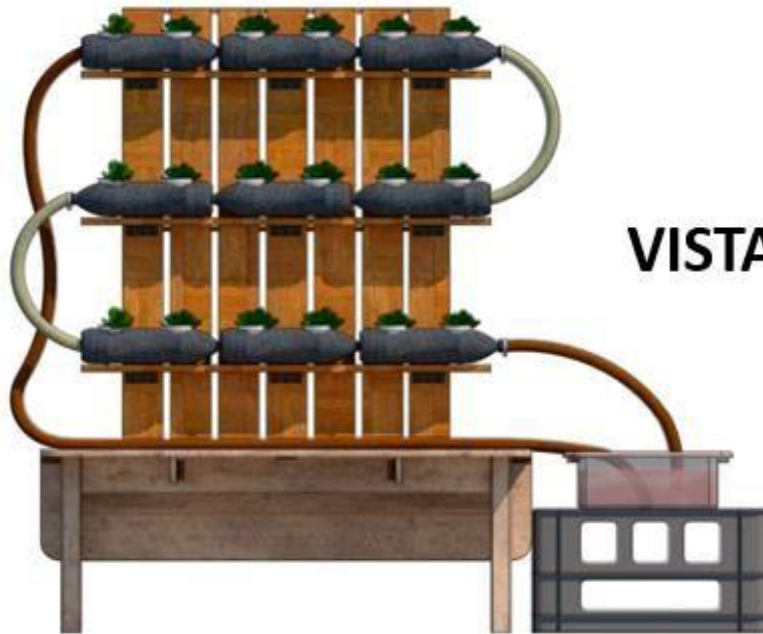


	<p>de la familia Asteraceae. El desarrollo del cultivo toma un promedio de 50 a 60 días para las variedades de maduración temprana y de 70 a 80 días para las variedades de maduración tardía desde</p>	<p>peso y tamaño.</p>	<p>Tamaño</p>	<p>cm distancia raíz a corona</p>	<p>intervalo</p>
--	---	-----------------------	---------------	-----------------------------------	------------------

		la siembra hasta la cosecha (Vásquez ;2015).				
--	--	---	--	--	--	--

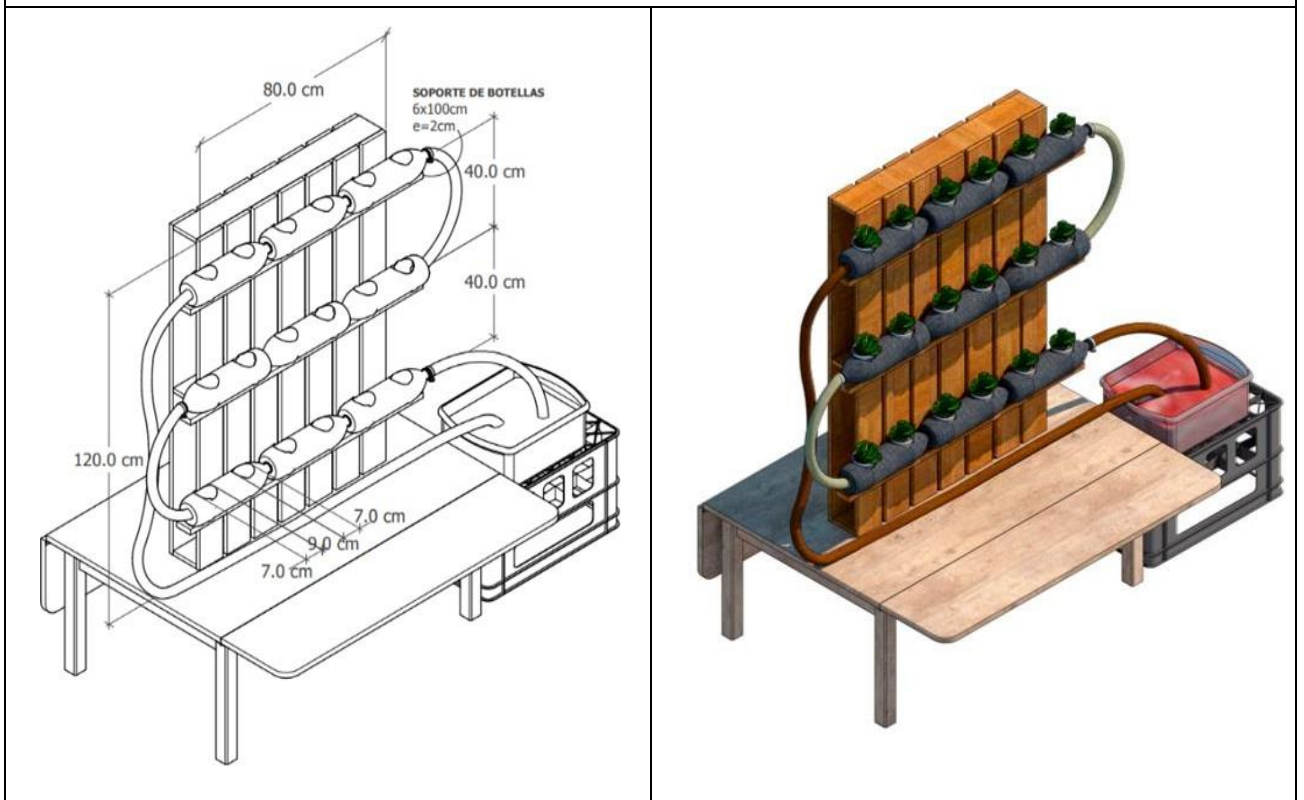
**TABLA N° 07:** Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

## Anexo 2: Sistema hidropónico NFT

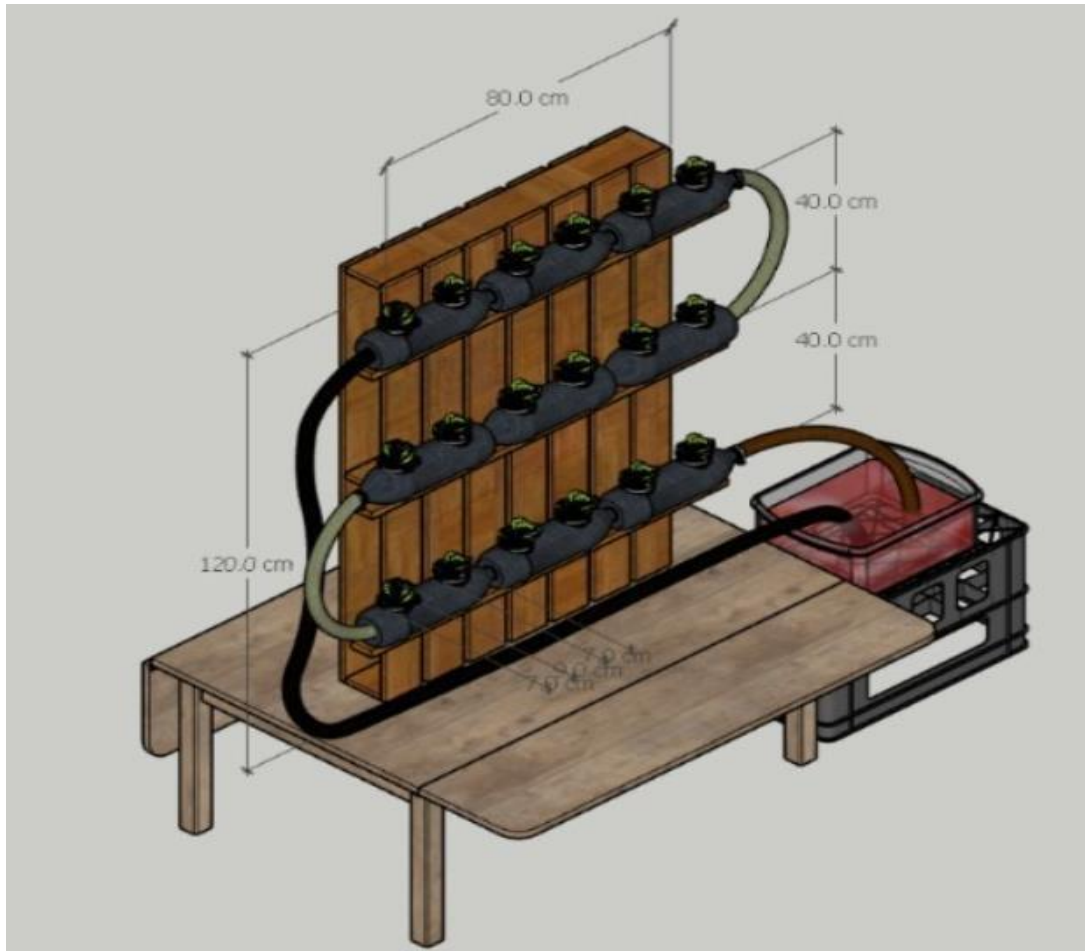


VISTA FRONTAL

## VISTA ISOMÉTRICA



**Fuente:** Elaboración propia - AutoCad



**Fuente:** Elaboración propia - AutoCad

### **Anexo 3: Proceso de preparación del macerado a base de plantas aromáticas usado como insecticida orgánico**

#### **MATERIALES:**

- 100 g ajenjo
- 100 g romero
- 100 g albahaca
- 1L de agua
- 1 colador
- 1 chisguetero

- 1 olla y hornilla

### **PREPARACIÓN:**

Se coloca 1L de agua en la olla y se agregan las plantas aromáticas (ajeno, romero y la albahaca); procede a colocarlo en la hornilla prendida por 5 min. Luego se deja enfriar por otros 5 min, para así poder colarlo de un recipiente a parte y llevarlo almacenarlo cerrado (puede ser en una botella). Por otro lado, cabe resaltar que es un insecticida preventivo por ende se recomienda usarse frecuentemente en el cultivo de las hortalizas para evitar las plagas.

Por último, para la aplicación del insecticida orgánico se utilizará el chisguetero, para ello es necesario saber que, si no hay presencia de plagas, se aplica el macerado diluido en agua en proporción de 1 a 2, por lo contrario, si en caso hay presencia de plaga, la proporción será de 1 a 1. Para este caso no había presencia de plagas, por ende, se aplicó la proporción de 1 L de agua y  $\frac{1}{2}$  L del macerado.

**Anexo 4: Nivel de ruido expresado en decibeles (Db) del sistema expuesto a música clásica ANEX**

<b>MUESTRAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>MAX.</b>	<b>MIN.</b>
TOMA 1	8:00 a.m.	74.8	43.7
29/09/2023	13:00 p.m.	60.3	59.3
	18:00 p.m.	63.3	55.2
	8:00 a.m.	74.8	70
TOMA 2	13:00 p.m.	60.3	61
01/10/2023	18:00 p.m.	63.3	55.2
	8:00 a.m.	74.8	43.7
	13:00 p.m.	76.4	30.3
TOMA 3	18:00 p.m.	63.3	55.2
03/10/2023	8:00 a.m.	74.8	43.7
	13:00 p.m.	76.4	30.3
	18:00 p.m.	63.3	55.2
TOMA 4	8:00 a.m.	74.8	43.7
25/10/2023	13:00 p.m.	76.4	30.3
	18:00 p.m.	63.3	55.2
	8:00 a.m.	76	69.1
TOMA 5	13:00 p.m.	73	69
07/10/2023	18:00 p.m.	52.3	30.2
	8:00 a.m.	49.9	51.3
	13:00 p.m.	69.8	57.6
TOMA 6	18:00 p.m.	53.5	59.3
09/10/2023			
Valor medio			
$\pm$ Desviación Estándar	-	66.68 $\pm$ 9.01	52.18 $\pm$ 12.81

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados del nivel de ruido, se observa que, los niveles evaluados varían en cada horario y esto se debe a que el sistema está encerrado y la música cambia de acuerdo a cada canción ya que difícilmente capta los ruidos externos.

**Anexo 05: Nivel de ruido expresado en decibeles (Db) del sistema expuesto a al Ruido Ambiental**

<b>MUESTRAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>MAX.</b>	<b>MIN.</b>
TOMA 1	8:00 a.m.	57.8	44.8
29/09/2023	13:00 p.m.	55.6	48.7
	18:00 p.m.	54.3	41.3
	8:00 a.m.	53	43.2
TOMA 2	13:00 p.m.	57	47.6
01/10/2023	18:00 p.m.	55.3	41.6
	8:00 a.m.	53.2	42.6
	13:00 p.m.	55.1	48.3
TOMA 3	18:00 p.m.	53.6	42.6
03/10/2023	8:00 a.m.	50.1	42.3
	13:00 p.m.	58.6	49.3
	18:00 p.m.	54.3	43.3
TOMA 4	8:00 a.m.	53.2	45.2
25/10/2023	13:00 p.m.	59.3	51.2
	18:00 p.m.	51.5	43.2
	8:00 a.m.	57.8	43.5
TOMA 5	13:00 p.m.	59.9	50.8
07/10/2023	18:00 p.m.	55.6	43.2
	8:00 a.m.	57.8	43.5
	13:00 p.m.	59.9	50.8
TOMA 6	18:00 p.m.	55.6	43.2
09/10/2023	8:00 a.m.	57.8	43.5
	13:00 p.m.	59.9	50.8
	18:00 p.m.	55.6	43.2
Valor medio			
±Desviación	-	55.29 ±2.63	45.15 ±3.17
Estándar			

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 2, se evidencia que, los niveles de ruido varían en cada horario y esto se debe como se encuentra en una zona industrial la mayor actividad se realiza durante el día por lo cual nuestro horario con mayor elevación es de la 13:00 pm por ende se concentra la mayor toma de decibeles.

**Anexo 06:** Crecimiento del desarrollo de los cultivos de lechuga expuesto a Música clásica y al Ruido Ambiental en centímetros (cm)

<b>Muestra Expuesta a la Música Clásica (en cm)</b>	<b>1era Semana del 29/09/2023 al 05/10/2023</b>	<b>2da Semana del 06/10/2023 al 12/10/2023</b>	<b>3ra Semana del 13/10/2023 al 20/10/2023</b>	<b>4ta Semana del 21/10/2023 al 28/10/2023</b>
Lechuga 1	13.1	16.4	23.4	32.1
Lechuga 2	13.3	16.4	23.4	30.2
Lechuga 3	13.3	16.5	23.2	31.6
Lechuga 4	13.5	16.3	23.1	33.2
Lechuga 5	13.4	16.1	25.2	31.5
Lechuga 6	14.1	16.1	23.4	30.5
Lechuga 7	14.1	16.2	23.4	33.6
Lechuga 8	14.2	17.4	23.2	31.4
Lechuga 9	13.2	17.4	23.3	30.8
Lechuga 10	14.2	16.3	23.3	30.4
Lechuga 11	13.5	18.1	24.3	32.6
Lechuga 12	13.5	16.5	24.1	30.9
Lechuga 13	13.5	16.2	23.3	31.1
Lechuga 14	13.5	18.1	23.3	32.8
Lechuga 15	13.3	18.2	23.1	33.2
Lechuga 16	13.3	16.4	25.1	30.7
Lechuga 17	13.4	18.2	25.3	31.5
Lechuga 18	14.2	18.2	23.4	31.1
Valor medio ±Desviación Estándar	13.31 ±0.15	16.96 ±0.88	23.71 ±0.75	31.62 ±1.05



Muestra Expuesta al Ruido Ambiental (en cm)	1era	2da	3ra	4ta	5ta
	Semana del 29/09/2023 al 05/10/2023	Semana del 06/10/2023 al 12/10/2023	Semana del 13/10/2023 al 20/10/2023	Semana del 21/10/2023 al 28/10/2023	Semana del 29/10/2023 al 05/11/2023
Lechuga 1	11.3	15.5	17.3	24.1	29.2
Lechuga 2	11.3	15.9	17.3	22.6	30.6
Lechuga 3	11.1	15.3	17.3	22.4	29.4
Lechuga 4	11.5	15.9	20	23.2	29.4
Lechuga 5	11.6	13.4	20	23.1	30.4
Lechuga 6	11.6	13.4	17.4	23.6	30.6
Lechuga 7	11.6	15.1	17.1	23.9	30.4
Lechuga 8	11.1	15.1	17.4	24.3	29.8
Lechuga 9	11.2	13.1	19.4	24.1	30.2
Lechuga 10	11.2	15.5	19.3	22.2	29.2
Lechuga 11	11.1	13.3	17.3	22.6	30.1
Lechuga 12	11.1	13.3	20	23.4	29.6
Lechuga 13	11.3	15.9	20	24.6	30.3
Lechuga 14	11.5	15.9	20	22.9	30.4
Lechuga 15	11.6	15.1	20	22.7	29.8
Lechuga 16	11.6	15.2	17.1	22.8	30.4
Lechuga 17	11.6	15.5	19.4	23.8	30.6
Lechuga 18	11.6	15.5	19.4	23.3	30.1
Valor medio ±Desviación Estándar	11.38 ±0.21	15.04 ±0.49	19.53 ±0.71	23.42 ±0.64	30.03 ±0.49

## Anexos 07

**Tabla 2.** Prueba de normalidad de tiempo de desarrollo de cultivos de lechuga

Parámetro	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo – Música Clásica	0,911	18	0,088
Tiempo – Ruido Ambiental	0,924	18	0,153

La Tabla 2, muestra la prueba de normalidad de los tiempos que tardaron los cultivos de lechuga para alcanzar su máximo desarrollo.

## Anexos 08

**Tabla 5.** Prueba de Normalidad de crecimiento de los cultivos de lechugas

Parámetro	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Crecimiento MC	0,961	4	0,784
Crecimiento RA	0,983	4	0,917

La Tabla 5, muestra la prueba de normalidad del crecimiento de los cultivos de lechuga.

## Anexos 09

**Tabla 8.** Prueba de Normalidad de la masa de cultivos de lechuga

Parámetro	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Peso MC	0,930	18	0,192
Peso RA	0,942	18	0,315

La Tabla 8, muestra la prueba de normalidad de los pesos de los cultivos de lechuga al alcanzar su máximo desarrollo

## Anexos 10

### EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

#### SEMANA DE GERMINACIÓN



## DIA 5 GERMINACIÓN



Figura 02: Terreno listo donde será instalado el sistema hidropónico NFT



Figura 03: Zona industrial donde será sometida a prueba el nivel de ruido en el sistema hidropónico NFT



Figura 04: Envases de huevo donde se pondrán a germinar las semillas de las lechugas crespas-orgánicas.



Figura 05: Preparación de los envases para colocar el sustrato orgánico.



Figura 06: Colocación del sustrato orgánico por medio de una cuchara metálica



Figura 07: Colocación de la perlita para la oxigenación de las semillas.



Figura 08: Plantación de las semillas de lechuga crespa-orgánica en cada espacio del envase ya preparado.



Figura 09: Proceso a humedecer el sustrato orgánico para la germinación de las semillas de lechuga crespa-orgánica.



Figura 10: Proceso armado de sistemas NFT con material reciclable



Figura 11: Armado final de sistemas NFT





Figura 12: Trasplante de lechugas germinadas a nuevos recipientes más amplios para la expansión de sus raíces.



Figura 13: Altura de lechugas hidropónicas expuestas a música clásica



Figura 13: Altura de lechugas hidropónicas expuestas a ruido ambiental



Figura 13: Lechugas hidropónicas embolsadas y empaquetadas para ser pesadas en el laboratorio de la UCV



Figura 13: Pesado de lechugas hidropónicas expuestas a música clásica



Figura 13: Pesado de lechugas hidropónicas expuestas a ruido ambiental

## Anexos 5

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

## Certificado de Calibración OHLAC-421-2023

### 1.- SOLICITANTE

**Nombre:** CALIDAD, SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE  
CONSULTORES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

**Dirección:** MZA. GL LOTE. 06 URB. LA ESTANCIA DE LURIN LIMA -  
LIMA - LURIN

### 2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN SONÓMETRO

**Marca :** SPER SCIENTIFIC  
**Modelo :** 850014  
**N° de Serie :** 120703914  
**Clase :** 2  
**Micrófono :** No indica  
**N° S. Micrófono :** No indica  
**Resolución :** 0,1 dB  
**Procedencia :** TAIWAN

### 3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

\* El instrumento fue calibrado el 2023-09-29

\* La calibración se realizó en el Área de electroacústica del Laboratorio OHLAB S.A.C.

### 4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	21,4 °C	± 0,2 °C
Humedad	48,7 % HR	± 1,4 % HR
Presión	1012,5 hPa	± 0,2 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Fecha de emisión: 2023-09-30

Sello



Miguel A. Zacarias Zamudio  
Metrólogo

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades de medida del Perú.

OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.



## Certificado de Calibración OHLAC-421-2023

---

### 5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Según el PC-023 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE SONÓMETROS del INACAL/DM Y NORMA METROLOGICA PERUANA NMP-011-2007 "ELECTROACUSTICA. SONOMETROS. PARTE 3 ENSAYOS PERIODICOS" (equivalente a la IEC 61672-3:2006)

### 6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LAC-067-2022 INACAL / DM	Calibrador Acústico multifunción	Brüel & Kjaer	4226

### OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura  $k=2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

## Certificado de Calibración OHLAC-421-2023

---

### 7.- RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

#### ENSAYO CON SEÑAL ACÚSTICA

Ponderación frecuencial C con ponderación temporal F ( $L_{CF}$ )

Frecuencia Hz	Desviación (dB)	Incertidumbre (dB)	Tolerancia* (dB)
125	1,4	0,3	± 2,0
1000	0,7	0,3	± 1,4
4000	1,6	0,3	± 3,6
8000	2,7	0,4	± 5,6

Señal de entrada: 1 kHz a 94 dB

Nota:

- Tolerancia\* tomadas de la norma IEC 61672-1:2002 para sonómetros clase 2.

---

(Fin del documento)