



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Producción sostenible de *Lactuca sativa L.* utilizando aeroponía
mediante energía fotovoltaica

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

AUTORES:

Rivera Aldaz, Luis Fernando (orcid.org/0000-0001-5785-3432)

Vasquez Fernandez, Abner Elí (orcid.org/0000-0003-1325-7043)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este logro principalmente a Dios por darme la vida y las fuerzas para seguir adelante, salud y confianza en mí mismo, a mi familia por confiar en mí, en especial a mis padres por sus consejos para guiarme por el camino del bien, quién es mi motivación para mejorar día a día e inculcarme valores y sobre toda la confianza para poder lograr mi objetivo como futuro profesional.

Abner Elí

Dedico principalmente este trabajo de investigación a Dios por la salud, la fortaleza y por todas sus bendiciones, a mi familia por su apoyo incondicional, por sus valiosos consejos y a toda mi familia por depositar su confianza en mí, y su motivación para cumplir mis objetivos propuestos.

Luis Fernando

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme la vida y lograr este objetivo trazado, a mi familia por sus consejos de motivación para seguir adelante, de manera muy especial agradecer al Dr. José Elías Ponce Ayala, por el apoyo, la dedicación y la paciencia que tuvo en asesorarnos para la elaboración de nuestro trabajo de investigación.

Abner Elí

Agradezco a Dios, el ser divino por darme la vida y guiar mis pasos día a día, a mi madre por inculcarme, y darme su apoyo, para así lograr mis objetivos trazados, a mi asesor, por su enseñanza y desarrollarme profesionalmente y haberme brindado todos sus conocimientos.

Luis Fernando.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra, muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES	32
VII. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	37

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Ventajas y desventajas del sistema aeropónico.</i>	8
Tabla 2. <i>Variedades de Lactuca sativa L.</i>	9
Tabla 3. <i>Materiales para la instalación del sistema aeropónico.</i>	15
Tabla 4. <i>Radiación solar y kw/m2 registrados en los meses de la investigación.</i> 16	
Tabla 5. <i>Soluciones nutritivas aplicadas en la primera y segunda fase del cultivo.</i>	17
Tabla 6. <i>Dosis de solución nutritiva en la primera fase del cultivo.</i>	18
Tabla 7. <i>Germinación de Lactuca Sativa L. según el tipo de riego.</i>	19
Tabla 8. <i>Dosis de solución nutritiva en la segunda fase del cultivo.</i>	21
Tabla 9. <i>Evaluación de crecimiento de Lactuca Sativa L. en la primera fase.</i>	22
Tabla 10. <i>Formulas.</i>	23
Tabla 11. <i>Crecimiento de la Lactuca sativa L. durante el periodo de la investigación</i>	24
Tabla 12. <i>Crecimiento de las plantas de Lactuca Sativa L. con sistema aeropónico</i>	26

Índice de figuras

Figura 1. Sistema aeropónico con control automático.....	6
Figura 2. Diagrama del proceso de investigación.....	13
Figura 3. Radiación solar en la ciudad de Chiclayo durante la ejecución del proyecto.....	16
Figura 4. Comparación del porcentaje de germinación de <i>Lactuca Sativa L.</i> según el tipo de riego.....	20
Figura 5. Crecimiento de <i>Lactuca Sativa L.</i> en periodos de 15 días.....	25
Figura 6. Crecimiento promedio de <i>Lactuca Sativa L.</i> en sistema aeropónico. ...	27

Resumen

Los cultivos agrícolas se ven requeridos cada día más esto debido al aumento de la población por lo que se necesita más espacio donde uno pueda sembrar sus hortalizas, tubérculos, etc., sin embargo los cultivos tradicionales suelen verse afectados por diversos factores como plagas, enfermedades, uso desmedido de fertilizantes y productos químicos, así como la salinización del suelo y otros factores como la contaminación que influyen en la poca calidad de los productos, para ello la presente investigación se realizó con el fin de evaluar la eficiencia del sistema aeropónico vertical en el cultivo de *Lactuca sativa L.* y para lo cual se planteó como objetivo general: Implementar la aeroponía mediante energía fotovoltaica como una alternativa de producción sostenible y para lograr completarlo se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: instalar un sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica para la producción de *Lactuca sativa L.*, analizar las cantidades de solución nutritiva en las distintas etapas del cultivo, comparar la eficiencia del sistema aeropónico en *Lactuca sativa L.* dando como resultados un incremento mínimo en comparación con el cultivo tradicional alrededor de un 2% a 4% y un rendimiento de 280/gr por planta.

Palabras clave: producción sostenible, aeroponía, energía fotovoltaica.

Abstract

Agricultural crops are required every day due to the increase in population, so more space is needed where one can plant their vegetables, tubers, etc., however traditional crops are often affected by various factors such as pests, diseases , excessive use of fertilizers and chemical products, as well as soil salinization and other factors such as pollution that influence the poor quality of the products, for this the present investigation was carried out in order to evaluate the efficiency of the vertical aeroponic system in the cultivation of *Lactuca sativa* L. and for which the general objective was established: Implement aeroponics through photovoltaic energy as an alternative for sustainable production and to complete it, the following specific objectives were developed: install an aeroponic system through photovoltaic energy for the production of *Lactuca sativa* L, analyze the amounts of nutrient solution a In the different stages of cultivation, compare the efficiency of the aeroponic system in *Lactuca sativa* L. resulting in a minimum increase compared to traditional cultivation of around 2% to 4% and a yield of 280/gr per plant.

Keywords: sustainable production, aeroponics, photovoltaic energy..

I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos aeropónicos e hidropónicos aportan múltiples ventajas, las cuales controlan las plagas con mayor intensidad ya que no está expuesto a insectos, aves o roedores, disminuyendo así los presupuestos de producción y consiguiendo más libertad ante las variaciones climáticas, usando un espacio y capital menor para su producción, controlando el uso del agua, insumos agrícolas y fertilizantes obteniendo que en la aeroponía se puede controlar y dar una mejor calidad al producto, ya que se ve mejor la nutrición de los vegetales y proporciona cultivos mejores en calidad, otro factor importante es el tiempo de cosecha, se puede determinar que en dichos cultivos se reduce el tiempo de cosecha. (Belgrano, 2015).

Según (Martínez Peñaloza et al. 2013) en su investigación nos comenta las diferencias de los cultivos tradicionales, aeropónico e hidropónico de tal manera de definir cuál es más viable, con lo cual se propuso una nueva forma de cultivo (aeroponía) se observó que este método es bastante eficiente ya que sus cultivos no estaban afectados por enfermedades, además también se vio que la aeroponía destacó por encima de las diferentes siembras y no necesita grandes cantidades de agua este sistema permite absorber los mismos nutrientes y así presentar un buen crecimiento tanto de las raíces como de los tubérculos u otros, para lo cual se propuso mitigar los problemas que genera la agricultura tradicional con el cultivo urbano a la par de la aeroponía para mejorar la calidad de vida, generar mayor empleo en la población y así fortalecer el ámbito local.

La aeroponía es un sistema innovador similar a la hidroponía ya que se asemejan en el cultivo de vegetales como tubérculos y hortalizas. En esta técnica el sistema de riego se hace mayormente por nebulización, existen variedad de sistemas aeropónicos con el mismo fin, a diferencia de la hidroponía la aeroponía no necesita sumergir las plantas en el agua por lo cual las raíces no tienen un mayor aprovechamiento de una alta oxigenación (Barzola Sánchez, et al 2019).

(Díaz, Guadalupe López 2021) Afirma que la energía fotovoltaica se presenta como una respuesta a cubrir el consumo energético en los cultivos, estos no representan ningún problema para los cultivos lo que se hace es reducir la huella de carbono

con energía limpia ya que la huella de carbono es uno de los principales contaminantes que dañan nuestro planeta, para esto se presenta la energía fotovoltaica como una alternativa de solución y así poder reducir o mitigar el problema de contaminación por la huella de carbono.

En los últimos años los suelos agrícolas se degradan cada vez ya sea por regadíos con aguas servidas o por el excesivo uso de plaguicidas y fertilizantes que reducen la producción y la calidad de los alimentos, según el Gr-Lambayeque en nuestra región contamos con un aproximado de 120 mil hectáreas de cultivo de las cuales más de 60% presentan problemas de salinización e infertilidad; por lo cual la aeroponía mediante energía fotovoltaica se presentan como una alternativa de solución para una producción sostenible de vegetales inocuos.

¿Cuáles serían los beneficios al implementar un sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica para una producción sustentable de *Lactuca sativa L.*?

La hipótesis en estudio fue: la producción sostenible de *Lactuca sativa L* mediante energía fotovoltaica

La actividad agrícola en la provincia de Chiclayo es muy activa, pero a veces estas actividades se ven afectadas y esto depende de varios factores como la falta de preparación y recuperación de las tierras de cultivos en nuestra localidad, por lo cual vemos de gran importancia realizar dicha investigación que es producción sostenible de *Lactuca sativa L.* mediante técnicas de aeroponía y energía fotovoltaica. Ya que esta técnica no necesita de gran cantidad de terrenos de cultivos y se puede realizar en cualquier localidad.

Para responder a la pregunta de investigación se ha planteado como objetivo general: Implementar la aeroponía mediante energía fotovoltaica como una alternativa de producción sostenible y para lograr completarlo se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: instalar un sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica para la producción de *Lactuca sativa L.*, analizar las cantidades de solución nutritiva en las distintas etapas del cultivo, comparar la eficiencia del sistema aeropónico en *Lactuca sativa L.* con su cultivo agrícola.

II. MARCO TEÓRICO

García (2021), Balena et al. (2021), Universität zu Berlin (2021) en sus respectivas investigaciones tuvieron como objetivo de este estudio determinar el efecto de la aeroponía en la producción y crecimiento de mini tubérculos en comparación con la producción en suelo, en los tres estudios realizados se midieron los cambios físicos de los mini tubérculos en comparación a los suelos agrícolas obteniendo los siguientes resultados, en la primera investigación la producción de un mini tubérculo resultó 4,4 veces superior a la siembra clásica en suelos, se obtuvo que el 19,8% y el 24,3% de los mini tubérculos superaron los 50,1 g; los datos obtenidos en el segundo estudio en una siembra de 60 a 180 plantas/m² las plantas no sufren cambios y son cosechadas de 64 a 78 días después de la siembra, en la tercera investigación se utilizó boquillas de niebla para rociar solución nutritiva en un periodo de 20 segundos cada 5 min, obteniendo en una cantidad de 11,8 kg de mini tubérculos en 25 plantas/m² todo esto en un periodo vegetativo de 4 meses, en todos los estudios realizados se logró reducir la utilidad de plaguicidas y los problemas fitosanitarios de la papa.

Cuaical et al. (2021); Macizo (2013); Rafael (2019), en sus respectivas investigaciones los autores tuvieron como objetivo evaluar soluciones para sistema aeropónico en los cultivos de tubérculos que pueda producirse en espacios medianos esto debido a los problemas de plagas o salinidad de dichos terrenos. en los tres estudios se empleó un muestreo no probabilístico y en forma aleatoria porque se seleccionaron hortalizas y tubérculos. Se emplearon los métodos de medidas y numerales directa en las plantas y en cada una de variedades y sistemas que se emplearon en el trabajo en estudio; en cuanto a la altura de las plantas. El instrumento que se utilizó para la anotación de datos, boquillas de niebla. Teniendo como resultado que en las tres investigaciones los tratamientos con nebulización han arrojado que el consumo del agua es bajo con respecto a la agricultura tradicional.

Wang, Dong y Gao (2019), Victoria (2011), en sus investigaciones tuvieron como objetivo similar investigar las influencias de diferentes sistemas de entrega de nutrientes (aeroponía, hidroponía y tubo poroso-vermiculita) sobre el aumento, características fotosintéticas, capacidad antioxidante, beneficio de biomasa y

calidad de los tubérculos durante su ciclo de vida. en los dos estudios realizados se tuvieron en cuenta nuevas alternativas productividad de tubérculos de forma eficaz, la población que analizaron estuvo constituida por varios tipos de plantas de tubérculos (papa) donde la muestra estaba constituida por más de 5 plantas de tratamiento, donde el instrumento empleado fue boquillas de niebla para el riego por nebulización. Teniendo como resultado que las actividades por el método aeropónico fueron más altas que en otros dos tratamientos, alcanzaron.

Buckseth, Sharma, et al. (2016), Klarin, Garafulic, et al. (2019), en esta investigación tuvieron como objetivo determinar el cultivo de tubérculos y semillas por un sistema aeropónico esto debido al crecimiento de la población y la alta demanda de dichos productos por el hecho que en los cultivos clásicos no van a poder sostener a futuro con la alta demanda que habrá de tubérculos, ya que en lo general los cultivos se ven afectados por plagas y por la misma tierra por la poca fertilidad. En los dos estudios se vieron estrategias para mitigar el problema de la escasez de tubérculos y semillas en los cuales se utilizan instrumentos como pulverizadores, rociadores y nebulizadores.

Zamudio (2017), Corrado y Marengo (2019); en ambas investigaciones respectivas tuvieron como objetivo la implementación de mini tubérculos mediante técnicas tradicionales y aeropónico esto con la finalidad de implementar nuevas tecnologías debido que al cultivo convencional se generan varios problemas fitosanitarios ; los instrumento que se utilizaron fueron rociadores; nebulizadores teniendo por resultados que la aeroponía después de 50 y 75 días el desarrollo de los mini tubérculos presento un calibre de 30 mm viendo que la aeroponía es eficaz para la producción de mini tubérculos.

Scaturro y Gonzalo Nicolás (2019), Evaristo Huera, Luz Jhadyra (2019). En sus estudios nos dan como objetivo que en la última década el sistema de, cultivar nuestras propias “hortalizas, tubérculos, etc.” han ido evolucionando y dando como objetivo implementar nuevos sistemas de cultivos entre ellos tenemos los sistemas tanto hidropónicos, aeropónico ya que estos sistemas de cultivo no necesitan de un medio físico para cultivar dichos productos (papa, lechuga, tomate, cebolla china ,etc.) ya que resulta más factible y trae grandes ventajas como son los controles

de plagas, enfermedades esto debido a que en ciertas zonas no se dan ciertos cultivos de vegetales y por lo cual el sistema hidropónico como aeropónico llevan ventaja ya que al no necesitar de un medio físico (suelo) se puede manejar a voluntad, para esto se realizó un estudio utilizando el sistema hidropónico con la finalidad de evaluar la producción de *Lactuca sativa L.* para ello se utilizaron dos variedades de lechuga arrojando como resultado que resulta ventajoso utilizar cierto sistema, viendo cambios en el peso y cantidad de hojas de la lechuga.

Tunio et al. (2020), en su investigación tuvo como objetivo evaluar soluciones para sistema aeropónico en los cultivos de tubérculos que pueda producirse en espacios medianos esto debido a los problemas de plagas o salinidad de dichos terrenos. en los tres estudios se empleó un muestreo no probabilístico y en forma aleatoria porque se seleccionaron hortalizas y tubérculos. Se emplearon los métodos de medidas y numerales directa en las plantas y en cada una de variedades y sistemas que se emplearon en el trabajo en estudio; en cuanto a la altura de las plantas. El instrumento que se utilizó para la anotación de datos, boquillas de niebla. Teniendo como resultado que en las tres investigaciones los tratamientos con nebulización han arrojado que el consumo del agua es bajo con respecto a la agricultura tradicional.

En las bases teóricas se consideraron las siguiente.

Aeroponía: El concepto en terminación aeropónica está basado estructuralmente en la práctica urbana agrícola ya que aquí las plantas no tienen contacto con ningún medio, sino que se desarrollan en el aire mediante el mantenimiento de ciertos parámetros esenciales para el desarrollo de los vegetales que integra humedad, temperatura, pH y conductividad de la solución nutritiva. Los vegetales (plantas) mejoran en un ambiente aeropónico donde sus raíces son rociadas generalmente con un nutriente de solución rica. De hecho, la aeroponía es una variación similar de la hidroponía (Caughill, 2018).

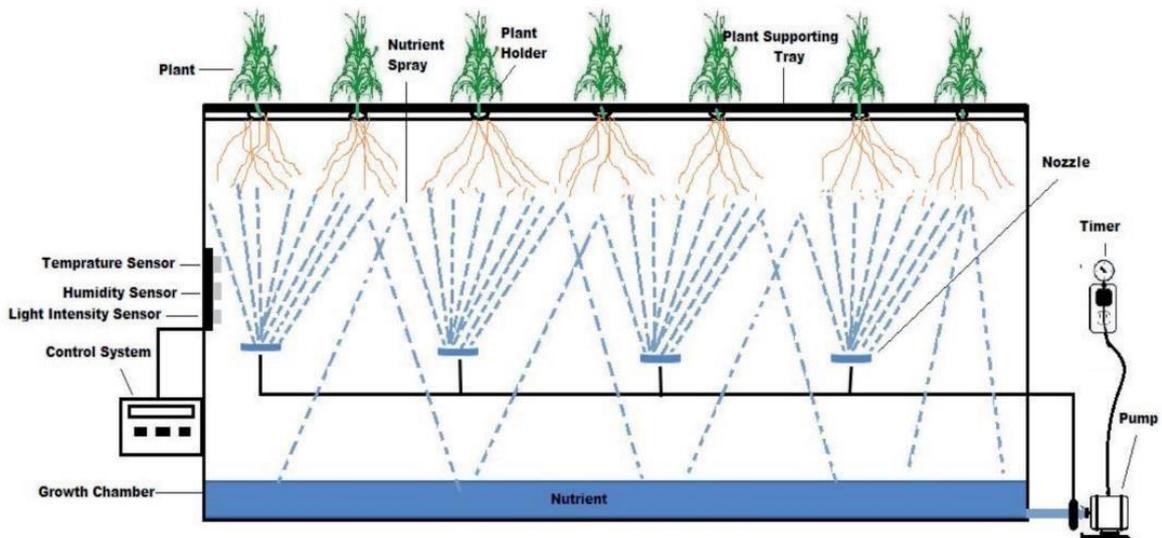


Figura 1. Sistema aeropónico con control automático.

Fuente: Tunio, et al. (2020)

Existen sistemas aeropónicos que ayudan a la producción de diferentes cultivos utilizados para la agricultura protegida. El sistema de baja presión es un sistema de producción que suele ser adecuado especialmente para el cultivo de fresa y lechuga en el cual el sistema de bombeo es de baja presión, el cual nos brinda soluciones nutritivas a través de transductores de ultrasonido; por lo cual las plantas logran desarrollarse con mayor madurez una desventaja de este sistema es que impide la adecuada absorción de los nutrientes.

El sistema de alta presión está basado en la purificación del agua y aire y la desinfección de los nutrientes, en este sistema la niebla es producida por una bomba a relación con el sistema de baja presión.

Por otro lado, los sistemas comerciales buscan evitar enfermedades como los agentes patógenos, por lo que permiten la mejora de la calidad de la vegetación siendo este un sistema viable para la producción de cualquier planta.

El sistema aeropónico en contenedores radica en el rociamiento de la solución nutritiva que se produce en la mitad del contenedor dúctil y en la menor permite el adecuado nutriente para el adecuado cultivo.

Así mismo, el sistema de NFT modificados o recirculantes consiste en la técnica de lámina nutritiva que circula dentro de un caño dirigido al tanque de fertilización, donde una bomba se encarga de movilizar la solución.

El sistema aeropónico horizontal multiestratos tiene un proceso que consiste en el uso de un gabinete con una frecuencia de nebulizaciones, donde se crea una lámina de niebla permitiendo la humedad en las raíces (Dávila y Santos, 2014).

Los sistemas aeropónico-verticales consisten en 8 columnas hexagonales, la cantidad de orificios donde se colocarán las plantas se determinará según el espacio y la altura, además permiten que todas las plantas reciban las mismas cantidades de la solución nutritiva (Esquivel, 2017).

Tunio, et al. (2020), explica las ventajas y desventajas de los sistemas aeropónicos en cultivos, las cuales son:

Tabla 1. *Ventajas y desventajas del sistema aeropónico.*

Sistema aeropónico	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Poca demanda de agua - Mayor rendimiento en comparación a la tierra - Crecimiento tridimensional de cultivos - Construcción de invernaderos en ciudades - Obtención de productos frescos - Se puede cultivar todo el año - Menor costo que cultivos tradicionales 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de los materiales de diseño - Requiere conocimiento especial para la aplicación correcta de nutrientes en los cultivos. - Mala higiene del sistema afecta los cultivos.

Fuente: Tunio, et al. (2020)

Solución nutritiva y nutrición: Las soluciones nutritivas se preparan de acuerdo con el cultivo, utilizando minerales esenciales para la producción de los organismos benéficos que requieran las plantas para su adecuado desarrollo, en caso contrario afectara en su crecimiento (Maldonado et al, 2013).

Producción sostenible: Asimismo la Organización de las Naciones menciona, para que la Alimentación y Agricultura sea viable, debe complacer las necesidades para las generaciones futuras y a su vez asegurar la productividad, la salud ambiental, y la equidad social y económica. La alimentación y la agricultura viable está basada en la seguridad alimentaria, disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad.

Energía fotovoltaica: Un sistema fotovoltaico autónomo es aquel que genera energía eléctrica limpia para remediar el uso de las cargas eléctricas conectadas a una red, utilizando un mecanismo de almacenamiento energético para hacer frente a los períodos en los que la generación es inferior al consumo (Lamigueiro, 2013)

Lactuca sativa L.: La lechuga se presenta en diferente variedad de formas, tamaños y colores, permitiendo de este modo agruparlas por tipos, sin embargo, debido a la gran diversidad genética, así como a la morfología entre los cultivares, no se presenta un sistema de clasificación estandarizada Kim, et al. (2016).

Así mismo, el Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, clasifica a la *Lactuca sativa L.*, en cuatro variedades:

Tabla 2. *Variedades de Lactuca sativa L.*

Variedades de <i>Lactuca sativa L.</i>	Nombre común	Características
L. sativa var. Asparagina L.	- Lechuga esparrago - Lechuga de tallo	- No forman cabeza. - Hojas en punta y angostas
L. sativa var. Longifolia Lam.	- Lechuga Romana - Lechuga Cos - Lechuga Latina	- Cabeza floja - Poca compactación de hojas. - Hoja de lámina crespa
L. sativa var. crispa o intybacea L.	- Lechuga crespa - Lechuga francesa	- No forman cabeza - Hojas sueltas, dispersas y anchas. - Hojas verdes o moradas
L. sativa var. Capitata L.	- Lechuga arrepollada	- Cabeza envolvente - Hojas compactas, o lisas - Son verdes o moradas

Fuente: Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación:**

Esta investigación es aplicada, Behar (2015) confirma que una investigación es aplicada cuando está basada en estudios ejecutados anteriormente lo que quiere decir es que está enfocado específicamente en el problema que se puede dar o presentar, para esto es de suma importancia las investigaciones anteriores para la adquisición de nuevos conocimientos.

- **Diseño de la investigación: no experimental; descriptivo con enfoque cuantitativo**

La presente investigación realizada nos da a conocer sobre el enfoque cuantitativo es por ello que según Baptista (2014) afirma que, esta investigación no permite la recopilación como también desglosar información de manera cuantitativa sobre dichos factores, es por ello que esta es una investigación cuantitativa y que esta es de manera demostrativa y secuencial. (p.56).

El diseño es no experimental porque según Baptista (2014), nos dice que no se tiene que cambiar de forma intencional dichas variables para que hagan efectos en otras variables y por ende tenemos que ver cómo de manera natural se dan los fenómenos (p.120).

3.2. Variables y operacionalización

- **Aeroponía (Variable Independiente):**

La aeroponía es un sistema innovador similar a la hidroponía ya que se asemeja al cultivo de vegetales como tubérculos y hortalizas. En esta técnica el sistema de riego se hace mayormente por nebulización, existen variedad de sistemas aeropónicos con el mismo fin, a diferencia de la hidroponía la aeroponía no necesita sumergir las plantas en el agua por lo cual las raíces

tienen un mayor aprovechamiento de una alta oxigenación (Barzola Sánchez, et al 2019).

- **Producción sostenible (Variable Dependiente):**

Asimismo, la Organización de las Naciones menciona, para que la Alimentación y Agricultura sea viable, debe complacer las necesidades para las generaciones futuras y a su vez asegurar la productividad, la salud ambiental, y la equidad social y económica. La alimentación y la agricultura viable está basada en la seguridad alimentaria, disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad.

Operacionalización de variables en Anexo 01.

3.3. Población, muestra, muestreo.

- **Población:**

100 plantas *Lactuca sativa L.*

- **Muestra:**

30 plantas de *Lactuca sativa L.*

- **Muestreo:**

El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Esta investigación dispondrá de datos obtenidos por el MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego), MINEM (Ministerio de Energía y Minas) y éstas deben tener una validez en base a la normativa nacional vigente, dichos datos serán en formatos ya que estas nos servirán para una recopilación útil y nos permitirá analizar y procesar los debidos resultados.

Los instrumentos de recolección de datos serán consulta de los organismos gubernamentales que son el MIDAGRI Y MINEM. Los instrumentos de

cómputo, aquí se utilizará los programas de Microsoft Excel (tablas, gráficos, flujogramas) y por otro lado el Word que esta contribuye para dicha presentación de la recolección de datos sobre la producción de energía eléctrica.

3.5. Procedimientos

La problemática de los daños ambientales causados por plagas enfermedades o por la salinización de la tierra (poca fertilidad), que genera pérdidas tanto económicas y abandono de las tierras lo que conlleva a pérdidas para el agricultor esto lo que causa es un desabastecimiento por parte del agricultor, en Lambayeque más del 55% de su tierra es salina por lo que no se puede dar una gran variedad de hortalizas o tubérculos (Cordero Sánchez, Sheila Evelyn 2019).

En la fase práctica se desarrolló por etapas, las cuales se detalla a continuación:

1. Elaboración del sistema vertical aeropónico.
2. Germinación de las semillas.
3. Prueba de raíces.
4. Trasplante de las semillas al sistema aeropónico.
5. Desarrollo y crecimiento del cultivo.
6. Cosecha del cultivo.
7. Comparación con su cultivo agrícola.

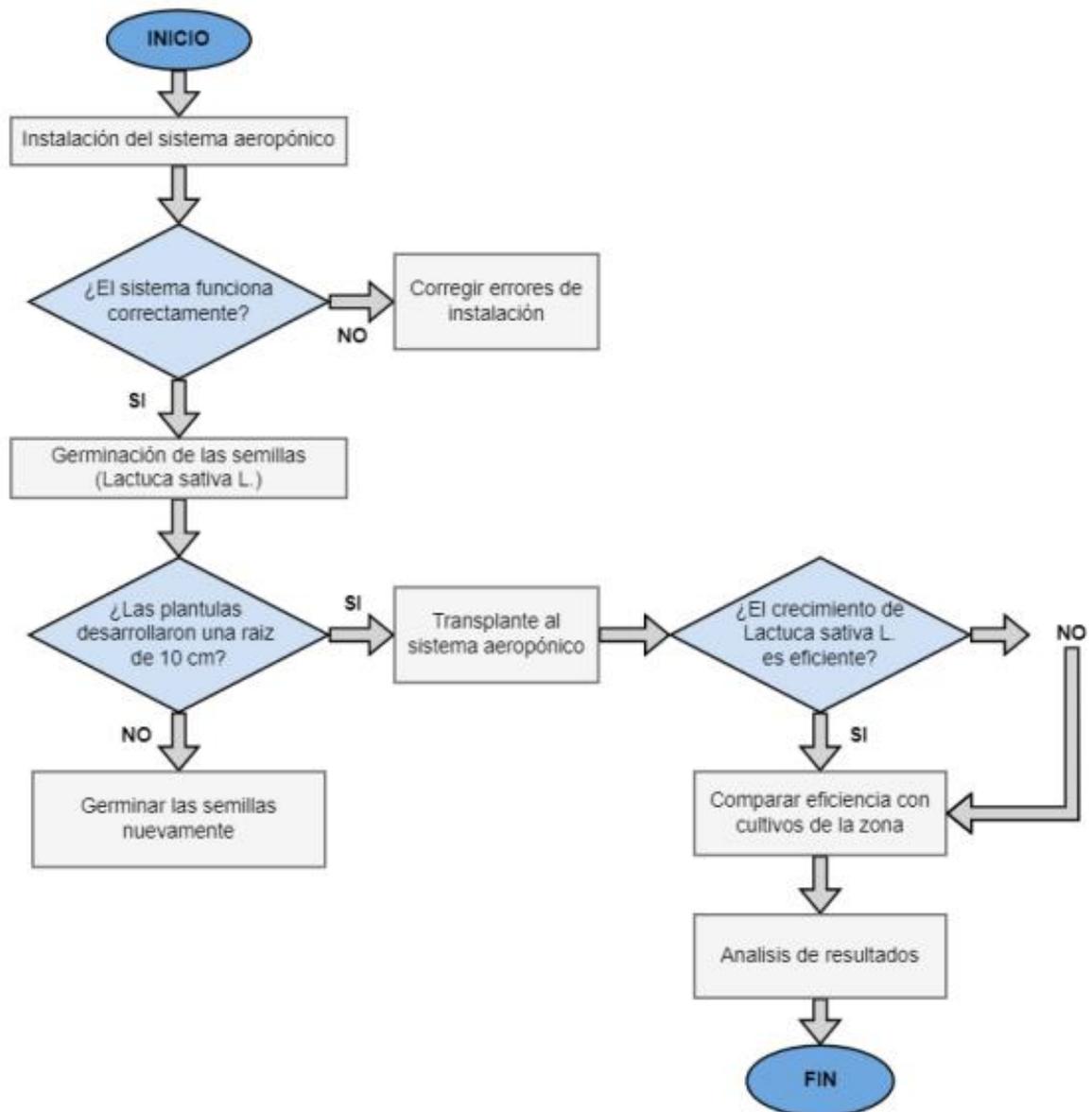


Figura 2. Diagrama del proceso de investigación

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos

Para este procedimiento se obtendrán tablas y gráficos estadísticos para conocer los datos usando, se usará el programa de Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo del proyecto de investigación se procedió con la realización de las citas respectivas para cada autor mencionado, es decir respetando así la propiedad intelectual. Y por ende se considera un gran respeto por el medio ambiente.

Así mismo, cabe resaltar que se trabajó con valores como el respeto por la autoridad del curso y como prioridad la honestidad con la que se viene trabajando mediante los datos recopilados, como también las informaciones que se brindara para dicha argumentación de la investigación.

IV. RESULTADOS

De la instalación de un sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica para la producción de *Lactuca sativa L.*

Para la instalación del sistema aeropónico se recibió asesoría para el diseño y construcción.

Se acondicionó el área de estudio cuyas medidas fueron: 2.70 m de largo y 0.60 m de ancho.

En el proceso de trasplante de las plantas al sistema aeropónico se utilizó 2 tubos de PVC de 3 pulgadas con tamaño de 2.70 m de largo para el sistema, a los cuales se le hicieron 15 agujeros a cada tubo con una separación de 20 cm, la parte inferior del tubo está conectada al tanque colector de agua que contiene la solución nutritiva, para que el agua pueda llegar del tanque al sistema aeropónico se adaptó una bomba sumergible con una fuera máxima de 600 L/h y una altura de 2.5 m, así mismo para el control del agua se utilizaron 2 aspersores por planta para el proceso de nebulización, que permite el paso controlado del agua hacia las raíces del cultivo.

Tabla 3. *Materiales para la instalación del sistema aeropónico.*

TABLA DE MATERIALES	
Nombre	Cantidad
Tubo de PVC 3"	2 und
Nebulizador o pulverizador de agua	15 pares
Contenedor de agua 20 Lt	1 und
Panel solar (1.20 m x 0.70 m) 250 w	1 und
Batería de 13 placas sólida	1 und
Manguera ciega de 16 mm	10 m
Bomba de agua 600 L/h	1 und

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, para el funcionamiento del sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica, fue indispensable contar con niveles óptimos de radiación solar que produzcan las cantidades necesarias de kw/m²

Tabla 4. Radiación solar y kw/m² registrados en los meses de la investigación.

Localidad	Mes	Índice de radiación solar (kw/m ²)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Chiclayo	Setiembre	5.02	5.58	5.3
	Octubre	5.01	5.17	5.09
	Noviembre	5.60	6.20	5.9

Fuente: Elaboración propia, obtenido de SENAMHI.

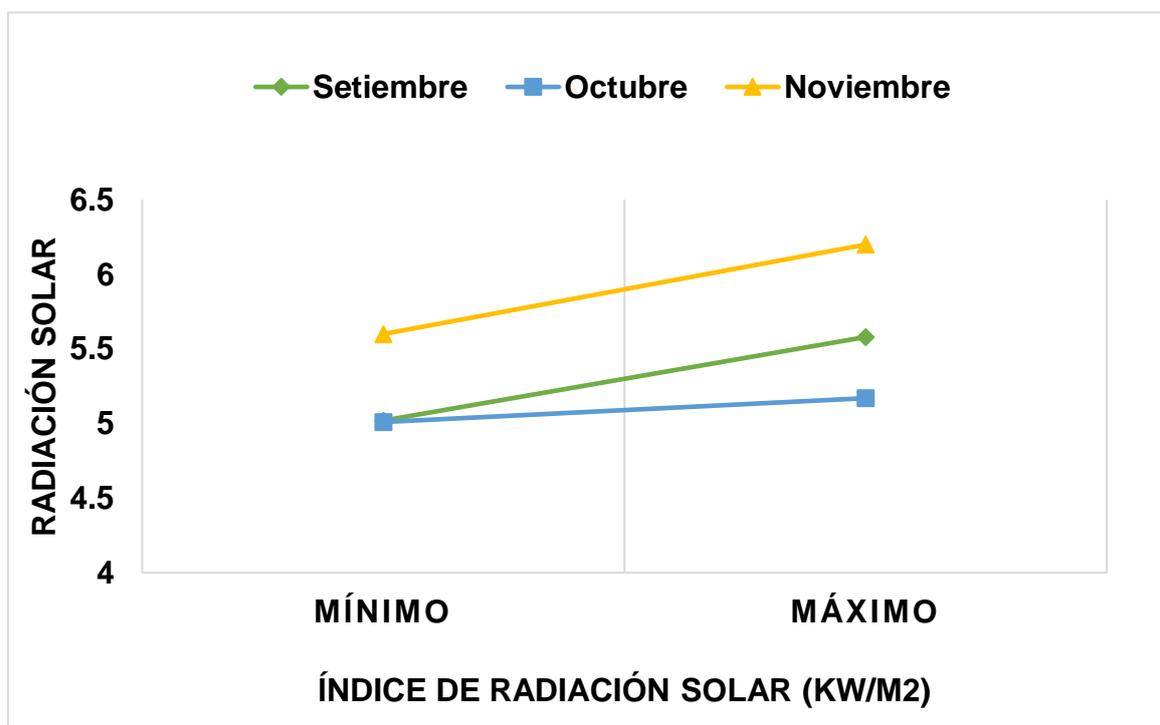


Figura 3. Radiación solar en la ciudad de Chiclayo durante la ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El índice de radiación solar registrado en la ciudad de Chiclayo en los meses de ejecución del proyecto, en el mes de setiembre se registró una radiación promedio de 5.3 kw/m² mientras que para el mes de octubre descendió a una radiación solar promedio de 5.09 kw/m² y al mes de noviembre aumentó a una radiación promedio de 5.9 kw/m²; el índice mínimo de radiación solar en los meses de ejecución del proyecto fue de 5.01 kw/m² registrado en el mes de octubre y el índice máximo de radiación solar fue de 6.20 kw/m², registrado en el mes de noviembre.

Para el análisis de las cantidades de solución nutritiva en las distintas etapas del cultivo, se utilizaron 6 sustancias nutritivas.

Tabla 5. Soluciones nutritivas aplicadas en la primera y segunda fase del cultivo.

NUTRIENTES	PRIMERA FASE	SEGUNDA FASE
N	110 mg/l	140 mg/l
P	58 mg/l	58 mg/l
K	188 mg/l	195 mg/l
Mg	45 mg/l	48 mg/l
Ca	122 mg/l	142 mg/l
Fe	2.5 mg/l	2.5 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Los nutrientes de la solución se estandarizan en mg/l. La primera fase del crecimiento de la *Lactuca sativa L.* esta comprendida desde el sembrado y germinación en el semillero y la segunda fase comprende desde el trasplante al sistema aeropónico hasta su cosecha.

Tabla 6. Dosis de solución nutritiva en la primera fase del cultivo.

Dosis Solución Nutritiva (mg/L); Plantas (30); 48 Riegos/Día						
Riego Nebulizado	Solución nutritiva (nutrientes)					
Riego automatizado (n°)	N	P	K	Mg	Ca	Fe
1 al 48	2.291	1.208	3.916	0.937	2.541	0.052
Total, de solución	110 mg/l	58 mg/l	188 mg/l	45 mg/l	122 mg/l	2.5 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la Tabla 6, se dan a conocer las dosis utilizadas de cada nutriente que conforman la solución nutritiva expresadas en mg/l, los riegos automatizados por día que son un total de 48 riegos programados cada 30 minutos en 24 horas.

Así mismo, se realizó una comparación entre la germinación de *Lactuca Sativa L.* mediante riego con solución nutritiva y riego tradicional.

Tabla 7. Germinación de *Lactuca Sativa L.* según el tipo de riego.

Días	SOLUCIÓN NUTRITIVA			RIEGO TRADICIONAL		
	Plantas germinadas / día	Total, plantas germinadas	% de plantas germinadas	Plantas germinadas / día	Total, plantas germinadas / día	% de plantas germinadas
1	0	0	0%	0	0	0%
2	0	0	0%	0	0	0%
3	0	0	0%	0	0	0%
4	4	4	4%	6	6	5%
5	9	13	12%	4	10	9%
6	12	25	23%	7	17	15%
7	13	38	34%	12	29	26%
8	9	47	42%	17	46	41%
9	12	59	53%	12	58	52%
10	11	70	63%	11	69	62%
11	13	83	75%	14	83	75%
12	16	99	89%	12	95	86%
13	12	111	100%	16	111	100%
14	0	111	100%	0	111	100%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Para cada tipo de riego ya sea por solución nutritiva o riego tradicional se sembraron un total de 111 plantas, las cuales fueron germinando en un total de 14 días, siendo los 3 primeros días los únicos que no tuvieron germinación. El porcentaje de crecimiento en ambos riegos.

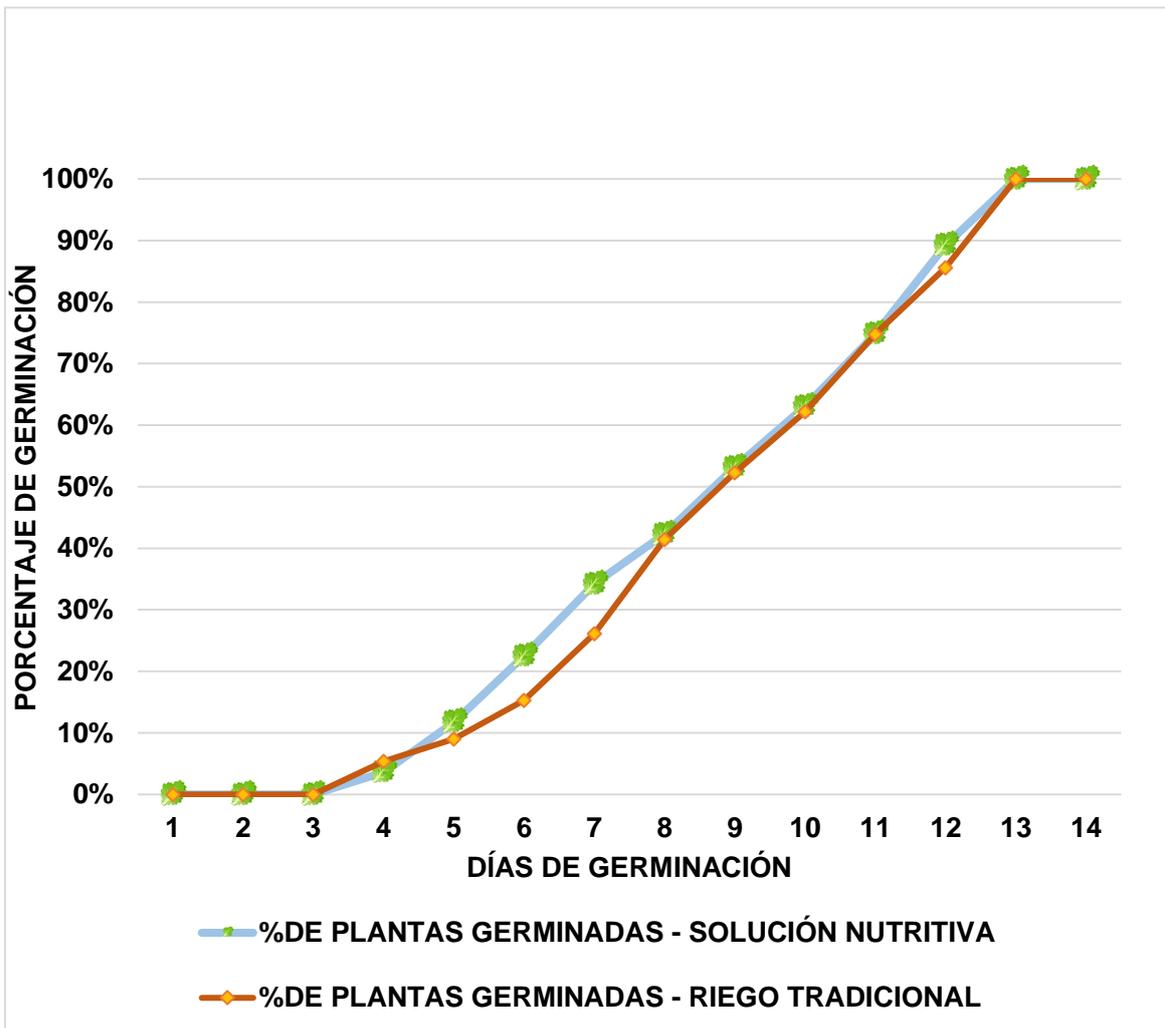


Figura 4. Comparación del porcentaje de germinación de Lactuca Sativa L. según el tipo de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se presenta la comparación del porcentaje de la germinación de las plantas, en la cual la línea celeste representa la germinación con riego de solución nutritiva y la línea marrón la germinación con riego tradicional, visualizando que las germinaciones con los dos tipos de riego son casi similares en tanto al porcentaje de crecimiento.

Para la segunda fase del proyecto, las dosis de solución nutritiva fueron las siguientes:

Tabla 8. *Dosis de solución nutritiva en la segunda fase del cultivo.*

Dosis Solución Nutritiva (mg/L); Plantas (30); 48 Riegos/Día						
Riego Nebulizado	Solución nutritiva (nutrientes)					
Riego automatizado (n°)	N	P	K	Mg	Ca	Fe
1 al 48	2.916	1.208	4.062	1	2.958	0.052
Total, de solución	140 mg/l	58 mg/l	195 mg/l	48 mg/l	142 mg/l	2.5 mg/l

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se dan a conocer las dosis utilizadas de cada nutriente que conforman la solución nutritiva expresadas en mg/l, los riegos automatizados por día que son un total de 48 riegos programados cada 30 minutos en 24 horas.

El crecimiento de las plantas de *Lactuca Sativa L.* en la primera fase (germinación) fue evaluado cada 15 días.

Tabla 9. Evaluación de crecimiento de *Lactuca Sativa L.* en la primera fase.

Evaluación de crecimiento (cm) en la primera fase del cultivo				
Planta	26-Set	9-Oct	25-Oct	9-Nov
1	10.3	10.3	10.3	10.3
2	9.7	9.7	9.7	9.7
3	9.7	9.7	9.7	9.7
4	11.0	11.0	11.0	11.0
5	9.8	9.8	9.8	9.8
6	9.8	9.8	9.8	9.8
7	10.1	10.1	10.1	10.1
8	10.2	10.2	10.2	10.2
9	10.7	10.7	10.7	10.7
10	9.7	9.7	9.7	9.7
11	9.8	9.8	9.8	9.8
12	9.7	9.7	9.7	9.7
13	10.3	10.3	10.3	10.3
14	9.4	9.4	9.4	9.4
15	10.0	10.0	10.0	10.0
16	9.5	9.5	9.5	9.5
17	9.3	9.3	9.3	9.3
18	9.4	9.4	9.4	9.4
19	10.0	10.0	10.0	10.0
20	10.5	10.5	10.5	10.5
21	10.3	10.3	10.3	10.3
22	9.8	9.8	9.8	9.8
23	10.0	10.0	10.0	10.0
24	9.4	9.4	9.4	9.4
25	9.8	9.8	9.8	9.8
26	9.8	9.8	9.8	9.8
27	9.9	9.9	9.9	9.9
28	10.3	10.3	10.3	10.3
29	8.6	8.6	8.6	8.6
30	9.4	9.4	9.4	9.4

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 09, observamos el promedio de crecimiento del cultivo de *Lactuca sativa L.* expresados en centímetros, donde el promedio de crecimiento de los primeros 15 días es de 9.9 centímetros y al término de la investigación se obtuvo un promedio de crecimiento de 23.2 cm.

Tabla 10. Formulas.

Nombre	Fórmula	Significado de abreviatura
Longitud Promedio	$\Sigma L/Ntp$	L: Longitud Ntp: Total de plantas
Ganancia en Longitud promedio	$Cp = Lpf - Lpi$	Cp: Ganancia en longitud promedio Lpf: Longitud promedio final. Lpi: Longitud promedio inicial.
Número total de hojas	Σ del total de hojas del cultivo.	-
Número de hojas promedio	Σ del total de hojas del cultivo / T	T: tiempo
Tasa de crecimiento del cultivo	$TCC = (Lpf - Lpi) / T$	TCC: Tasa de crecimiento del cultivo. T: tiempo de crecimiento

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. *Crecimiento de la Lactuca sativa L. durante el periodo de la investigación.*

Evaluación de crecimiento (cm) de plantas cada 15 días					
Planta	10-Set	26-Set	9-Oct	25-Oct	9-Nov
1	8.0	10.3	13.9	19.3	23.5
2	7.2	9.7	13.2	18.8	22.9
3	7.5	9.7	13.1	18.7	23.2
4	8.2	11.0	14.8	20.1	24.0
5	7.4	9.8	13.5	19.2	23.5
6	7.2	9.8	13.3	19.1	22.9
7	7.6	10.1	13.8	19.4	23.1
8	7.8	10.2	14.0	19.7	23.7
9	8.1	10.7	14.0	19.6	23.9
10	7.3	9.7	13.2	18.7	23.2
11	7.5	9.8	13.5	18.9	23.1
12	7.3	9.7	13.2	18.6	22.5
13	7.9	10.3	13.7	19.3	23.4
14	6.8	9.4	12.8	18.5	22.2
15	7.3	10.0	13.6	19.4	23.7
16	7.4	9.5	13.2	18.8	22.9
17	7.1	9.3	12.9	18.1	22.5
18	6.9	9.4	12.9	18.4	22.5
19	7.6	10.0	13.7	19.3	23.3
20	7.7	10.5	14.3	20.0	23.9
21	7.9	10.3	14.1	19.9	24.1
22	7.5	9.8	13.4	18.9	23.3
23	7.6	10.0	13.7	19.6	23.7
24	7.1	9.4	12.9	18.6	23.0
25	7.3	9.8	13.5	18.9	23.4
26	7.4	9.8	13.7	19.2	23.3
27	7.7	9.9	13.7	18.8	23.2
28	7.9	10.3	14.0	19.7	23.9
29	6.3	8.6	12.5	18.1	21.9
30	7.1	9.4	13.3	19.0	22.9
Promedio	7.5	9.9	13.5	19.1	23.2

Fuente: Elaboración propia.

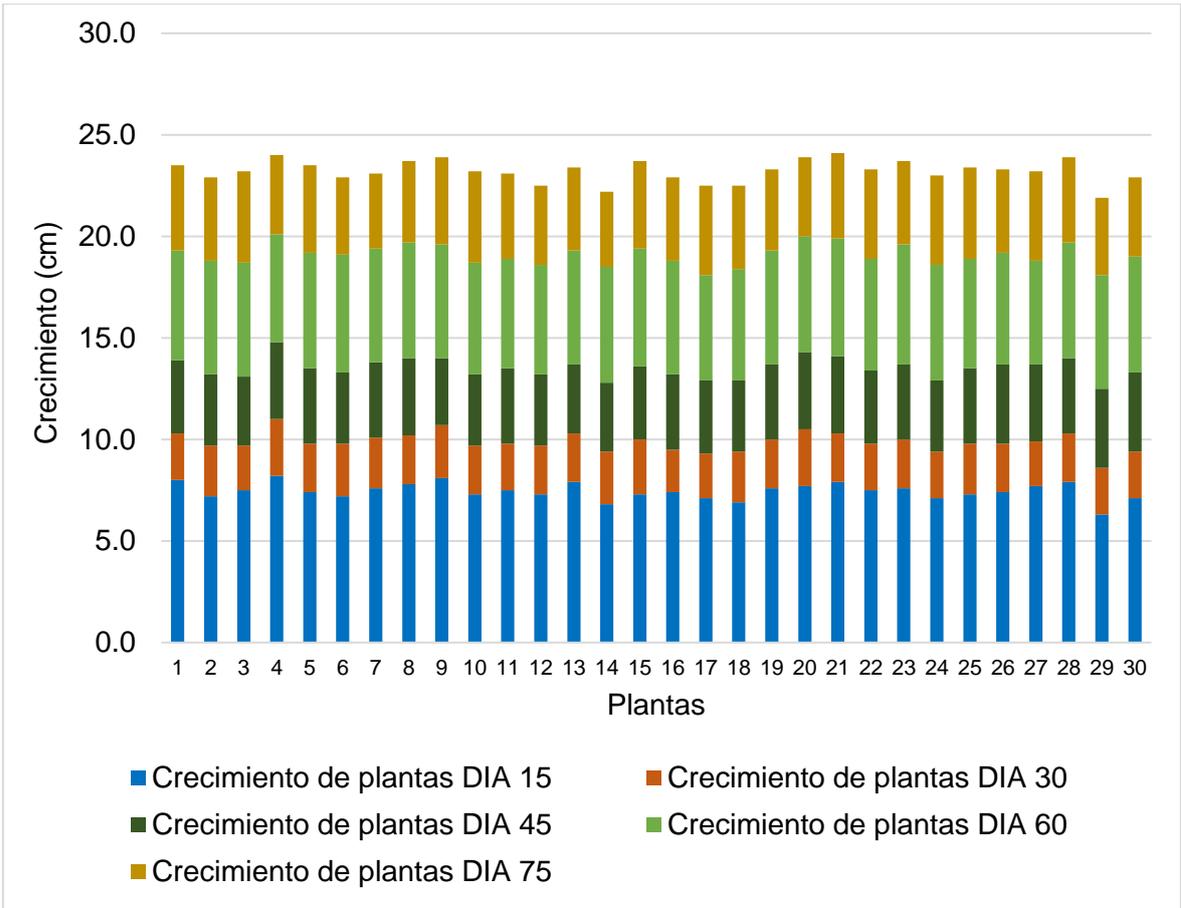


Figura 5. Crecimiento de Lactuca Sativa L. en periodos de 15 días.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 5, observamos el crecimiento de cada una de las plantas de nuestra muestra que son un total de 30 plantas, expresado en cm durante el periodo de la investigación, donde los mayores índices de crecimiento se dieron del día 0 al 15 y del día 45 al 60.

Tabla 12. *Crecimiento de las plantas de Lactuca Sativa L. con sistema aeropónico.*

Crecimiento de plantas (cm)					
Planta	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75
1	8.0	2.3	3.6	5.4	4.2
2	7.2	2.5	3.5	5.6	4.1
3	7.5	2.2	3.4	5.6	4.5
4	8.2	2.8	3.8	5.3	3.9
5	7.4	2.4	3.7	5.7	4.3
6	7.2	2.6	3.5	5.8	3.8
7	7.6	2.5	3.7	5.6	3.7
8	7.8	2.4	3.8	5.7	4.0
9	8.1	2.6	3.3	5.6	4.3
10	7.3	2.4	3.5	5.5	4.5
11	7.5	2.3	3.7	5.4	4.2
12	7.3	2.4	3.5	5.4	3.9
13	7.9	2.4	3.4	5.6	4.1
14	6.8	2.6	3.4	5.7	3.7
15	7.3	2.7	3.6	5.8	4.3
16	7.4	2.1	3.7	5.6	4.1
17	7.1	2.2	3.6	5.2	4.4
18	6.9	2.5	3.5	5.5	4.1
19	7.6	2.4	3.7	5.6	4.0
20	7.7	2.8	3.8	5.7	3.9
21	7.9	2.4	3.8	5.8	4.2
22	7.5	2.3	3.6	5.5	4.4
23	7.6	2.4	3.7	5.9	4.1
24	7.1	2.3	3.5	5.7	4.4
25	7.3	2.5	3.7	5.4	4.5
26	7.4	2.4	3.9	5.5	4.1
27	7.7	2.2	3.8	5.1	4.4
28	7.9	2.4	3.7	5.7	4.2
29	6.3	2.3	3.9	5.6	3.8
30	7.1	2.3	3.9	5.7	3.9
Promedio	7.5	2.4	3.6	5.6	4.1

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa el crecimiento promedio de las plantas de *Lactuca sativa* L. durante el periodo de la investigación, mostrando que el mayor crecimiento se dio durante los 15 primeros días en los cuales las plantas están en el semillero para luego ser trasplantadas al sistema aeropónico.

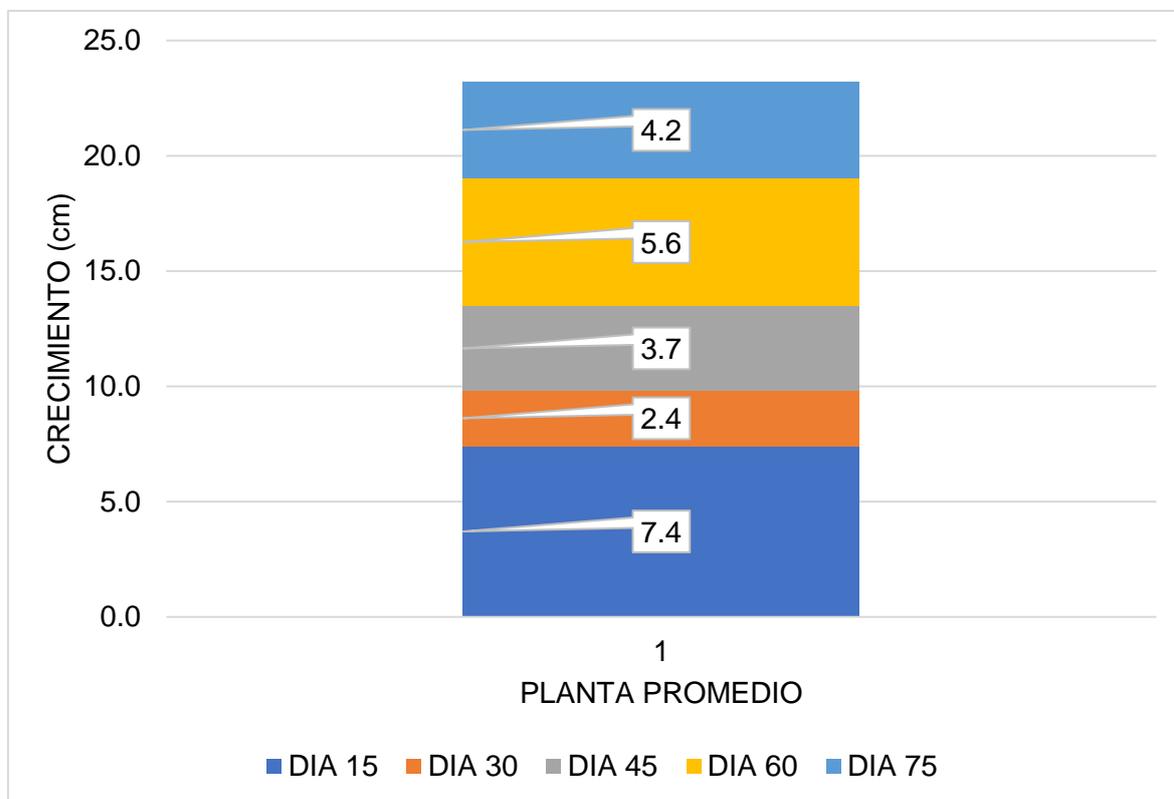


Figura 6. Crecimiento promedio de Lactuca Sativa L. en sistema aeropónico.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa el crecimiento promedio en intervalos de 15 días, en los primeros 15 días el promedio de crecimiento desde la siembra hasta el trasplante la planta creció en un promedio de 7.4 cm, en el segundo intervalo de crecimiento se observan 2.4 cm promedios, en el tercer, cuarto y quinto intervalo se observaron 3.7, 5.6 y 4.2 cm de crecimiento según corresponde a los intervalos.

V. DISCUSIÓN

García, Balena et al. (2021), en sus resultados vieron una mejora constante con el crecimiento de los mini tubérculos esto a raíz que se utilizó el sistema aeropónico en comparación con el cultivo tradicional ya que en los dos estudios se midieron los cambios físicos de los mini tubérculos con la producción en suelo para esto se analizó el peso de los mini tubérculos el diámetro, número de los estolones. Ante ello, se concluyó que los efectos que tuvieron los mini tubérculos con el sistema aeropónico fueron superiores a la siembra tradicional dándoles un peso mayor aproximadamente un 25% más, es por ello que nosotros rechazamos los resultados de García, Balena et al. (2021), si bien los resultados se asemejan no obtuvimos una gran variación en el peso de *Lactuca sativa* L. ya que se observó un incremento mínimo en comparación con el cultivo tradicional alrededor de un 2% a 4% en comparación con los mini tubérculos.

Zamudio (2017), implemento el uso de nuevas tecnologías con la finalidad de no tener problemas fitosanitarios en el cultivo de mini tubérculos para ello utilizaron el sistema aeropónico dándole como resultados una cosecha libre de enfermedades y contaminación a diferencia de los cultivos convencionales que generan varios problemas fitosanitarios a lo largo del cultivo. cabe resaltar que esto guarda relación con nuestros resultados ya que en el tiempo de siembra, germinación y cosecha no se obtuvo problemas como plagas o contaminación por sustancias químicas ya que esto es una de las grandes ventajas que nos brinda el sistema aeropónico dando como resultados productos inocuos.

Díaz, Guadalupe López (2021); En su investigación sostienen como objetivo primordial evaluar la demanda eléctrica que se tiene en los cultivos de tomate para esto se presentó como solución utilizar paneles solares debido a la gran demanda que se generan en los invernaderos ya que al utilizar estos paneles solares no se afectaría en nada el cultivo y, además, es una energía limpia que aporta a la reducción de la huella de carbono; de este modo, se ven identificados nuestros resultados ya que al utilizar paneles solares para generar energía no se contaminaría al medio ambiente ya que esto nos brinda una energía limpia para el riego automático que se necesitaría en el sistema aeropónico.

Wang, Dong y Gao (2019), en la investigación se analizaron 5 tipos de papa para esto se utilizaron diferentes tipos de sistema de cultivo entre ellas tenemos (aeroponía e hidroponía) dando como resultados el incremento de peso en cada uno de los sistemas utilizados, aeroponía 20% más aumentando el peso de los tubérculos de igual manera se obtuvo una crecida de peso en el sistema hidropónico 17,6%, debido a las características fotosintéticas, capacidad antioxidante, beneficio de biomasa y calidad de los tubérculos durante su ciclo de vida. Con lo cual nosotros diferimos ya que se observó un incremento, pero no fue tan crecido en relación con los tubérculos.

Barzola Sánchez (2019), comparó la eficacia de dos sistemas de cultivo (hidroponía e aeroponía) para ello se utilizó la planta de *Lactuca sativa* L observando que el sistema aeropónico fue superior a la hidroponía esto debido que sus raíces presentaron una mejor oxigenación dando como resultado un incremento en la absorción de los nutrientes generando un mejor desarrollo en las tres diferentes variedades de lechuga (romana, crespa y crespa roja) obteniendo un peso promedio de lechuga crespa y crespa roja 270 gramos y en la lechuga romana 220 gramos esto en cuanto al sistema aeropónico.

En el sistema hidropónico se observó que el peso promedio de la lechuga crespa y crespa roja 250 gramos y en la lechuga romana 212 gramos, en los dos estudios realizados se logró reducir la utilidad de plaguicidas y los problemas fitosanitarios dando como resultado un producto inocuo, también se utilizaron paneles solares con el fin de reducir la contaminación ambiental. Con lo cual nuestros resultados se asemejan si bien no se compararon con la hidroponía se observó un mejor rendimiento que la agricultura tradicional, dando como conclusión que el sistema aeropónico es más eficaz que otros sistemas y dándote un producto libre de enfermedades que no puedan atentar contra tu salud.

Cuaical et al. (2021); Macizo (2013); Rafael (2019), en sus respectivas investigaciones los autores tuvieron como objetivo solucionar los problemas de plagas, enfermedades y salinidad que padecen los terrenos de cultivos convencionales para ello se utilizó el sistema aeropónico, hacia el desarrollo de hortalizas y tubérculos, esto con la finalidad de tener un producto inocuo puesto

que a diferencia del cultivo convencional no aporta un producto libre de enfermedades, ya que al querer controlar las plagas se utilizan pesticidas teniendo un efecto negativo para aquel que consume las plantaciones. Dando como resultado que en las tres investigaciones los tratamientos con nebulización han arrojado que el consumo del agua es bajo 5% con respecto a la agricultura tradicional 70% también se observó que los tubérculos y hortalizas no presentaron contaminación alguna, dándonos un cultivo inofensivo. Cabe resaltar que esto guarda relación con los resultados obtenidos puesto que no se observó una contaminación en el cultivo de *Lactuca sativa* L dándonos un producto inocuo, otra característica importante es el uso del agua que se tuvo donde se proporcionó 20 litros cada 4 días siendo esto el 0,5% de lo que se gasta actualmente la agricultura convencional.

Martínez , Peñaloza, et al. (2013), Implemento el uso de nuevos métodos de cultivo con la finalidad de reducir los impactos negativos que trae el cultivo tradicional para esto se utilizaron dos sistemas novedosos aeropónico e hidropónico, destacando el sistema aeropónico puesto que se redujo considerablemente el consumo de agua, otro punto importante es la oxigenación que se obtuvo en la raíces dando un mejor desarrollo de la planta, también se observó que no hubo impactos ambientales tales como en los cultivos tradicionales y que este sistema se puede usar en espacios pequeños dando como resultados que el sistema aeropónico es más competente y da productos saludables. Se llegó a la conclusión que el sistema aeropónico es viable a diferencia de otros generando una producción más fiable puesto que se protegerá a la población de enfermedades, así mismo podemos evidenciar que el consumo de agua en el sistema aeropónico fue bajo a comparación de otros métodos de cultivo también evidenciamos la longitud de las raíces que fue un promedio de 14 a 16 cm esto debido a la oxigenación que se dio mediante el proceso de desarrollo de la planta.

Tunio et al (2020), en su investigación tuvo como objetivo solucionar los problemas de plagas, enfermedades y salinidad que padecen los terrenos de cultivos convencionales para ello se utilizó el sistema aeropónico, hacia el desarrollo de hortalizas y tubérculos, esto con la finalidad de tener un producto inocuo puesto que a diferencia del cultivo convencional no aporta un producto libre de

enfermedades, ya que al querer controlar las plagas se utilizan pesticidas teniendo un efecto negativo para aquel que consume las plantaciones. Dando como resultado que en las tres investigaciones los tratamientos con nebulización han arrojado que el consumo del agua es bajo con respecto a la agricultura tradicional también se observó que los tubérculos y hortalizas no presentaron contaminación alguna, dándonos un cultivo inofensivo. Cabe resaltar que esto guarda relación con los resultados obtenidos puesto que no se observó una contaminación en el cultivo de *Lactuca sativa L* dándonos un producto inocuo, otra característica importante es el uso del agua que se tuvo donde se proporcionó 20 litros cada 4 días siendo esto el 0,5% de lo que se gasta actualmente la agricultura convencional.

VI. CONCLUSIONES

1. En el sistema aeropónico mediante energía fotovoltaica se obtuvieron grandes beneficios al utilizar energía natural nos brindó ventajas sobre los cultivos tradicionales, tales como el ahorro de agua, el uso de energía limpia como es la energía solar siendo fuente ilimitada de recargar rápida esto debido a los niveles de radiación óptimos que tiene la ciudad de Chiclayo
2. Las cantidades de dosis aplicadas de solución nutritiva en las diferentes etapas fueron un total de 48 aplicaciones para la producción sostenible de *Lactuca sativa* L. 30 minutos tanto para la dosis de abono en cada uno de los riegos de la primera fase del cultivo como para la segunda, la variación de estas se puede observar en la tabla número 1 y la tabla número 2.
3. El sistema aeropónico fue optimo, ya que se encontró el crecimiento continuo desde el trasplante hasta el día de su cosecha, donde se pudo observar que el peso del producto cosechable fue similar o ligeramente menor al cultivo tradicional, también se demostraron otras características físicas semejantes a la del cultivo tradicional, como: el largo de raíz, grosor del tallo y color de hoja esto debido a la absorción de nutrientes. Así mismo en nuestro sistema logramos obtener un producto inocuo libre de plagas y enfermedades.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda los agricultores utilizar un sistema aeropónico vertical ya que en este sistema tendremos una mejor absorción de los nutrientes los cual se verían reflejados en el desarrollo de las plantaciones como (hortalizas, tubérculos, etc.) se observaría un mejoramiento tanto en el peso, números de hojas y las raíces.
2. A los agricultores se recomienda un monitoreo constante sobre el sistema aeropónico para asegurar que las plantas reciban por igual la cantidad solución nutritiva por aspersión y que la humedad sea la adecuada, ya que si no se tiene en cuenta el riego de la solución nutritiva podría secar las plantas.
3. En las futuras investigaciones implementar los sistemas aeropónicos en los meses de verano donde la radiación es más alta y la recarga de energía se da de manera continua, puesto que en los meses de invierno la radiación solar no llega a los niveles óptimos donde se tiene que utilizar almacenadores de energía de mayor tamaño a diferencia del utilizado en la presente investigación.

REFERENCIAS

GARCÍA, S. Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Terra Latinoamericana*, 2021, vol. 39 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018757792021000100135&script=sci_arttext

CUAICAL, MANRÍQUEZ, et al. Evaluación de soluciones nutritivas para sistemas aeropónicos en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*) para agricultura urbana. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25909>

BELTRANO, J. (2015). Introducción al cultivo hidropónico. Argentina: Universidad Nacional de la Plata. ISBN: 978-950-34-1258-9. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>

MARTÍNEZ, P. Aeroponía como método de cultivo sostenible, rentable e incluyente en Bogotá DC. 2013. Tesis de Licenciatura. Universidad Piloto de Colombia. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/780/00000864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BARZOLA, O. Elaboración de un Sistema Aeropónico con Energía Fotovoltaica para Producción Hortícola como Técnica de Cultivo Sostenible y Autosuficiente en El Ecosistema Urbano. 2019. Disponible en: http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/214/1/Barzola_Oscar_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

LÓPEZ, G. Evaluación del potencial de los invernaderos hortícolas en el área de Almería para la compatibilización de la producción agrícola con la producción de energía fotovoltaica. 2021. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10364/01.%20Tesis.pdf.pdf?sequence=1>

EKBIÇ, E.; KÖSE, M. A. Effects of Humus and Humic Acid on Plant Growth and Nutritional Uptake of Lettuce (*Lactuca Sativa L.*). Applied Ecology & Environmental Research, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 281–289, 2022. DOI 10.15666/aeer/2003_22612269. Disponible en: https://www.aloki.hu/pdf/2003_22612269.pdf

KIM, M. J. et al. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa L.*). Journal of Food Composition and Analysis, [s. l.], v. 49, p. 19–34, 2016. DOI 10.1016/j.jfca.2016.03.004. Disponible en: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12877>

TUNIO, M. H. et al. Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. Chilean Journal of Agricultural Research, [s. l.], v. 80, n. 1, p. 118–132, 2020. DOI 10.4067/S0718-58392020000100118. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392020000100118

CHIIPANTHENGA, M. Potencial del sistema aeropónico en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*) de calidad en países en vías de desarrollo. Diario Africano de Biotecnología, 2012, vol. 11, nº 17, pág. 3993-3999. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/101042>

LAMIGUEIRO, O. Energía solar fotovoltaica. Libro electrónico Creative Commons. España. 192 págs. 2013. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/OscarPerpinanLamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf

MALDONADO, R. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Revista Chapingo. Serie horticultura, 2013, vol. 19, no 2, p. 211-223. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2013000200007

EVARISTO, H. Producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante el sistema hidropónico (nutrient film technique) para la sostenibilidad socioeconomica ambiental en la localidad de san marcos distrito de umari, pachitea-huanuco-2019
Disponible en: <file:///D:/EVARISTO%20HUERA,%20Luz%20Jhadyra.pdf>

ANEXOS

Anexo 01. Operacionalización de variables.

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
VI: Aeroponía	El concepto en término Aeroponía es una forma de práctica agrícola urbana donde las plantas no tienen absoluto contacto con ningún medio, (Caughill, 2018)	Medir la eficiencia del sistema aeropónico en cultivos urbanos.	Tiempo de desarrollo del cultivo.	Temperatura pH Conductividad de la solución nutritiva	Ordinal
VD: Producción sostenible	Según la FAO, para que la Alimentación y Agricultura sea viable, debe complacer las necesidades para las generaciones futuras y a su vez asegurar la productividad, la salud ambiental, y la equidad social y económica.	Identificar el consumo de energía y la calidad de los productos	Uso de los recursos (energía solar)	Consumo de kWh	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02. Germinación de *Lactuca Sativa L.*



Anexo 03. Muestreo de conductividad y pH



Anexo 04. Toma de muestra de agua



Anexo 05. Sistema aeropónico de *Lactuca sativa* L.



Anexo 06. Muestra de Lactuca sativa L.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Producción sostenible de Lactuca sativa L. utilizando aeroponía mediante energía fotovoltaica", cuyos autores son VASQUEZ FERNANDEZ ABNER ELI, RIVERA ALDAZ LUIS FERNANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, 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.

CHICLAYO, 10 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 12-12- 2022 09:43:32

Código documento Trilce: TRI - 0438554