



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Sistema acuapónico a partir de efluentes de *Oreochromis niloticus*
(Tilapia) para cultivo de *Lactuca Sativa* (Lechuga) en la región
Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Bach. Carrion Chininin Olinda (ORCID: 0000-0003-3171-1633)

Bach. Cordova Lopez Clorinda (ORCID: 0000-0002-2661-2086)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala José Elías (ORCID:0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Chiclayo – Perú

2020

Dedicatoria

A nuestros padres, por habernos formado como personas de bien, siempre motivándonos a cumplir nuestras metas. A cada uno de nuestros seres queridos, que nos acompañan en los buenos y malos momentos.

Clorinda & Olinda

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por darnos fortaleza, sabiduría y ser nuestro guía cada día. A nuestra casa de estudios, la Universidad César Vallejo y los docentes que nos formaron en todos estos años, a nuestro asesor el Dr. Ponce Ayala José Elías que nos orientó para realizar el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

Clorinda & Olinda

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de anexos	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
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 (criterios de selección) muestra, muestreo, unidad de análisis..	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos.....	11
3.6. Método de análisis de datos.....	11
3.7. Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS	13
V. DISCUSIÓN	16
VI. CONCLUSIONES	20
VII. RECOMENDACIONES	21
REFERENCIAS	22
ANEXOS:	31
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	39
Reporte de Turnitin.....	40
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	41
Autorización de la versión final de trabajo de investigación	42

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Resultados de los análisis químicos de los efluentes de Oreochromis niloticus (Tilapia)</i>	13
Tabla 2. <i>Resultados de los análisis físicos de los efluentes de Oreochromis niloticus (Tilapia)</i>	14
Tabla 3. <i>Peso y Talla de la Lactuca sativa (Lechuga)</i>	15

Índice de anexos

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables.....	31
Anexo 02. Resultados de análisis fisicoquímicos	32
Anexo 03. Germinación de semillas	33
Anexo 04. Implementación del sistema acuapónico.....	34
Anexo 05. Recolección de los efluentes en la piscigranja – Chongoyape.....	34
Anexo 06. Trasplante de la <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga).....	35
Anexo 07. Interacción de los efluentes de <i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia) y la <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)	35
Anexo 08. Análisis fisicoquímicos a los efluentes de <i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	36
Anexo 09. Crecimiento de la <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga).....	36
Anexo 10. Peso inicial y final de la <i>Lactuca sativa</i>	37
Anexo 11. Tamaño inicial y final de la <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)	37
Anexo 12. Flujograma del sistema acuapónico	38

Índice de abreviaturas

°C	:Centígrados
EcuRed	:Enciclopedia cubana en la red
FAO	:Organización de las naciones unidas para alimentación y la agricultura
INIA	:Instituto de investigación agropecuaria
INACAL	:Instituto nacional de calidad
NFT	:Nutrient Film Technique
SENASA	:Servicio nacional de sanidad agraria
µs/cm	:MicroSimens

Resumen

El sistema acuapónico es un sistema biointegrado que junta la acuicultura y la hidroponía para la producción de plantas. El objetivo principal de nuestra investigación fue determinar la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para el crecimiento y producción de *Lactuca sativa* (Lechuga). Nuestro tipo de investigación es cuantitativa, porque se desarrolló de una forma estructurada y se obtuvo resultados, aplicativo porque existen bases teóricas relacionados a los sistemas acuapónicos. Asimismo, longitudinal porque se observó cambios a través del tiempo. Con respecto al diseño de la investigación es pre experimental porque no hay grupos de control, es decir se midió una sola variable. Con respecto a los análisis fisicoquímicos realizados durante cuatro semanas a los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), el pH se mantuvo en un valor de 7, la temperatura estuvo en un rango de 25 – 26 °C, oxígeno disuelto estuvo entre 5.83 ppm - 6.92 ppm y conductividad eléctrica entre 119.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 121.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Después de obtener los resultados llegamos a la conclusión que los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), presentaron características fisicoquímicas favorables para el crecimiento y producción de *Lactuca sativa* (Lechuga).

Palabras clave: Sistema acuapónico, *Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Lactuca sativa* (Lechuga).

Abstract

The aquaponics system is a biointegrated system that unites aquaculture and hydroponics for plant production. The main objective of our research was to determine the effluent efficiency of *Oreochromis niloticus* (Tilapia) for the growth and production of *Lactuca sativa* (lettuce). Our type of research is quantitative, because it was developed in a structured way and results were obtained, applications because there are theoretical bases related to aquaponic systems. Also longitudinal because changes were observed over time. As for the research design, it is pre-experimental because there are no control groups, that is, a single variable was measured. Regarding the physicochemical analyzes carried out for four weeks in the effluents of *Oreochromis niloticus* (Tilapia), the pH was maintained at a value of 7, the temperature was in a range of 25-26 ° C, the dissolved oxygen was between 5.83 ppm - 6.92 ppm and electrical conductivity between 119.2 µs/cm to 121.2 µs/cm. After obtaining the results, we concluded that the effluents from *Oreochromis niloticus* (Tilapia) had favorable physicochemical characteristics for the growth and production of *Lactuca sativa* (lettuce).

Keywords: Aquaponic system, *Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Lactuca sativa* (Lettuce).

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país con mucha riqueza natural, pero se ve perjudicado por la forma inadecuada de usar los recursos naturales, por las malas prácticas de actividades antropogénicas llegando a deteriorar diversas zonas de nuestro ambiente. Con respecto al recurso agua se ha visto perjudicado por la gran cantidad de agua que consume la agricultura tradicional. Según, Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura. FAO, (2019).

La agricultura tradicional es un factor importante para la productividad y economía de un país, sin embargo, se ha complicado en las últimas décadas debido al uso excesivo de insumos químicos como son los plaguicidas, fungicidas y fertilizantes ocasionando diversos problemas ambientales como el deterioro del suelo, la salinización y reducción de la variedad genética además de afectar la salud de la población que es consumidora de estos productos alimenticios.

Por otra parte, el servicio nacional de sanidad agraria (SENASA), como menciona Delgado, Jaime, Yáñez, 2018, p1), nos dice que, en el monitoreo realizado por SENASA, se observó un aumento de contaminación alarmante en los alimentos por el mal uso de agroquímicos. Por eso debemos tener en cuenta que nuestros suelos agrícolas y los alimentos están siendo cada vez más contaminados, es por ello que debemos pensar en nuevas alternativas de solución a esta problemática.

Lo más importante es crear nuevos sistemas agrícolas orientados a la producción sustentable de alimentos para la población incluyendo la gestión sostenible del uso del agua y factores medioambientales, de esta manera mantener una buena relación entre la agricultura y la naturaleza por ello se pretende con la acuaponía preservar la biodiversidad y proteger las variedades de cultivos que estén en riesgo de contaminarse, lo que beneficia la seguridad alimentaria de la población.

En cuanto a la formulación del problema hemos planteado la siguiente interrogante ¿cuál es la eficiencia del sistema acuapónico a partir de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en el crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga).

Con respecto a la justificación para esta problemática consideramos que la acuaponía es una alternativa de agricultura sostenible porque al usar los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) se utiliza la materia orgánica como son las excretas de los peces y restos de alimentos que se utilizan como nutrientes y fertilizantes para las hortalizas, en cambio la agricultura tradicional genera impactos ambientales negativos por el uso excesivo de agroquímicos que contaminan el suelo, los alimentos y además del uso irracional del recurso hídrico.

Nuestra investigación tuvo por finalidad demostrar la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en el crecimiento de cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga) de esta forma producir alimentos de mejor calidad para el consumo humano. En el sistema acuapónico se realizan producción tanto de peces como hortalizas, de esta manera origina una mayor oferta de productos saludables, y además se incrementan los ingresos económicos.

Por otra parte, el objetivo general de nuestra investigación fue determinar la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para el cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga). Nuestros objetivos específicos fueron recolectar los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). Además, implementar un sistema acuapónico para el cultivo de *Lactuca Sativa* (Lechuga) nutrida con los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). También describimos la germinación, crecimiento y producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) nutrida con los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

La hipótesis de nuestra investigación consideramos que en H_a : Si se utiliza efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), entonces será eficiente el sistema acuapónico para el crecimiento y producción de *Lactuca sativa* (Lechuga). H_0 : Si se utiliza efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), entonces no será eficiente el sistema acuapónico para el crecimiento y producción de *Lactuca sativa* (Lechuga).

II. MARCO TEÓRICO

En relación a los trabajos previos realizados a nivel internacional, según Valdez, Guerra, Díaz, López (2017) en su tesis titulada evaluación de la producción de materia vegetal y animal, en un sistema acuapónico con variedades de frijol y tilapia nilótica. Se realizó la germinación con varios tipos de semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol) después del germinado pusieron ochenta plantas de *Phaseolus vulgaris* (frijol) además de ello se puso veinticinco *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para luego ser evaluado, llegando a la conclusión que todas las variedades de frijol se adaptaron a las condiciones del sistema acuapónico. En tal sentido esta combinación es una alternativa de solución para cubrir la demanda de alimentos de la población.

De acuerdo con Valdez y Guerra (2016) en su tesis titulada experiencias en investigación de acuaponía con chiles nativos de Guatemala y tilapia. Donde describen las actividades que hicieron, como primer punto fue la germinación de doce variedades de chiles nativos, después de eso seleccionaron plantas de chiles nativos y de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) que fueron pesadas y medidas antes de ponerlas al sistema acuapónico. Luego se evaluó el porcentaje de sobrevivencia de las plantas y peces llegando a una conclusión que obtuvieron óptimos rendimientos en la producción. Los sistemas acuapónicos tienen muchas ventajas ya que se pueden realizar en cualquier ambiente y además se pueden utilizar materiales reciclados para su elaboración.

Desde la posición de Cervantes, Hernández, Pérez (2016) en su artículo científico titulado experimentación aprovechamiento de metabolitos nitrogenados del cultivo de tilapia en un sistema acuapónico. En este estudio realizaron un sistema acuapónico a base de tinas recirculantes en donde sembraron diversos tipos de hortalizas para el aprovechamiento de los desechos nitrogenados. Tuvo como finalidad aprovechar los efluentes y producir cultivos de mejor calidad. Es decir que el aprovechamiento de los desechos de los *Oreochromis niloticus* (Tilapia) se puede usar como reemplazo de los agroquímicos que generalmente se utilizan en la agricultura y esto ayudaría a producir cultivos con un alto rendimiento y de mejor calidad para el consumo.

Así mismo Vargas, Bastidas, Guillermo, Velásquez (2015) en su tesis titulada pre factibilidad para el montaje de una empresa dedicada elaboración y comercialización de acuarios acuapónicos y peces ornamentales en la ciudad de Bogotá. El propósito del estudio fue implementar una agricultura amigable con el medio ambiente a través de una empresa dedicada a la acuaponía y generar una producción sustentable para la población. De acuerdo con lo que expresan los autores es una buena idea la implementación de empresas de acuaponía. Este sistema acuapónico ayudaría con el ahorro de agua y también con la compra de soluciones nutritivas que normalmente se utiliza en la hidroponía, en otras palabras, la acuaponía sirve como una alternativa sostenible.

Ramírez, Pérez, Jiménez, Hurtado, Gómez (2011), afirma es su tesis titulada, evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de *Origanum vulgare lamiaceae* (Orégano), en este estudio se utilizó dos tipos de sistemas acuapónico e hidropónico para evaluar el crecimiento y parámetros productivos del *Origanum vulgare lamiaceae* (orégano). En esta investigación llegaron a la conclusión que el sistema acuapónico fue más eficiente que el hidropónico para el crecimiento y producción del *Origanum vulgare lamiaceae* (Orégano) y de esta manera aumentar alimentos más saludables y generar menos costos por nutrientes como se hace en el sistema hidropónico.

De acuerdo a las investigaciones nacionales, Meza Milka (2018), en su tesis titulada comportamiento de tres técnicas de cultivo hidropónico con *Lactuca sativa* (Lechuga) en un sistema acuapónico. Echarati. La convención Cusco, donde se determinó el comportamiento de tres técnicas hidropónicas NFT (la técnica de película nutriente), raíz flotante, grava y utilizando efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) como solución nutritiva, dando como resultado a la técnica de raíz flotante logró mejor rendimiento que con las demás técnicas. Además, la técnica de raíz flotante del sistema hidropónico usando efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) fue que mejor predominó en la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) tanto en peso, diámetro materia foliar y longitud de raíz.

Por otro lado, Alcarraz, Tapia, Bustamante, Tapia, Gonzales, Escalona (2018), en su estudio titulado evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en *Lactuca sativa* (Lechuga) cultivadas en los sistemas

acuapónicos e hidropónicos, en este estudio se evaluó el rendimiento tanto en concentración de nitrato, calidad microbiológica en los sistemas acuapónicos e hidropónicos, siendo el sistema acuapónico de mejor rendimiento para el cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga) usando *Oncorhynchus mykiss* (truchas arco iris). Donde se determinó que el sistema acuapónico fue de mejor rendimiento para el cultivo de lechugas y una baja concentración de nitratos en las hojas de *Lactuca sativa* (Lechuga).

A continuación, Culcos y Tucto (2018), en su producción de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y *Lactuca sativa* (Lechuga) en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces. Este proyecto tiene como finalidad determinar y comparar la producción de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) de diferentes tamaños y también determinar la producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga) en un sistema acuapónico. Realizaron análisis fisicoquímicos del agua en donde determinaron que el agua estuvo en los límites aceptables para el desarrollo de las mismas especies, así mismo fue importante realizar estos análisis para poder observar el efecto de crecimiento de las especies tanto vegetal como animal y de esa forma tener un mejor rendimiento para cultivos acuapónicos.

Así mismo, Vargas Aldo (2017), en su tesis titulada, sistema de recirculación acuapónico para conservar la calidad del agua en los estanques de producción de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) de la empresa Lima vías exprés, chorrillos – Lima. En este estudio su objetivo fue determinar que los sistemas acuapónicos pueden preservar la calidad de los efluentes en los estanques para producir peces. En este trabajo de investigación se llegó a la conclusión que los sistemas de recirculación acuapónicos se encuentra dentro de los rangos aceptables tanto para la calidad de los efluentes en los estanques y para producir peces además de reducir la demanda de agua.

Como señala, Segura, Balois y Ruly (2017), en su tesis titulada producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) utilizando efluentes de cultivo de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), en laboratorio. Para esto utilizaron tres grupos de 200, 250, y 300 alevines en m³ de agua siendo los 300 alevines más óptimos para el crecimiento y peso de *Lactuca sativa* (Lechuga). Los resultados en esta investigación fue que los 300 alevines que utilizaron para la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) fueron más

predominante frente a los demás grupos de alevines, además se determina que la acuaponía es una alternativa de producción orgánica y de bajo costo.

Por otro lado, Moreno y Zafra (2014), en su estudio titulado sistema acuapónico del crecimiento de *Lactuca sativa* (Lechuga) con efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). Para este estudio usaron dos tipos de tratamientos uno con 50 *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y 25 *Oreochromis niloticus* (Tilapia) siendo el de 50 *Oreochromis niloticus* (Tilapia) donde se obtuvo mejor crecimiento, peso y longitud de hoja para la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga). Con esta evaluación se concluyó que el uso de 50 *Oreochromis niloticus* (Tilapia) obtuvo una mayor cantidad de nutrientes para producir *Lactuca sativa* (Lechuga) además de generar beneficio y calidad de los productos.

Con respecto a las teorías relacionadas al tema de acuaponía Alcarraz, Edgar, (2018.parr.1), menciona que el sistema acuapónico se compone tanto de la hidroponía y la acuicultura donde los desechos producidos por los peces se convierten en nutrientes óptimos para el crecimiento de las hortalizas. También, permite la interacción entre peces y plantas en un mismo sistema generando un beneficio mutuo. En los sistemas acuapónicos se puede producir dos tipos de productos tanto en peces y plantas, sin consumir mucha agua y sin la necesidad de usar suelo. Su funcionamiento se basa en los desechos producidos por los peces que sirven como alimento para las plantas.

Además, el sistema acuapónico está compuesto por un tanque de peces, clarificador (filtro de sólidos), biofiltro, camas de crecimiento para las plantas, sistema de bombeo y aireación de agua, todos estos elementos se conectan de tal forma que el agua rica en nutrientes es apta para la producción de las plantas. Los autores consideran que la acuaponía es un sistema de producción sustentable ya que representa una serie de características benéficas para el medio ambiente como son el minimizar el consumo de agua y no requiere el uso de suelo. (Hurtado y Hernán, 2019. p.156).

Según Kopsa (2015), nos dice que la acuaponía es un tema muy estudiado a nivel mundial. Su proyecto inicia con la fabricación de un sistema acuapónico en una granja de Australia. Teniendo como objetivo principal aprender más sobre el proceso de la acuaponía y cultivar productos de estación contribuyendo a la alimentación saludable. Por otra parte, Mello, Molinari, Lemos, Fitzsimmons, Coelho (2017), nos manifiestan que la producción de los sistemas acuapónicos es una alternativa para el tratamiento de efluentes y la diversificación de la acuicultura. Además, la acuaponía contribuye al ahorro de agua y al máximo aprovechamiento de nutrientes y cultivo.

Por otro lado, Espinoza, Álvarez, Albertos, Guzmán, Martínez (2018), el estudio comienza con la implementación del sistema acuapónico utilizando *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y plantas herbáceas como: *Mentha* (Menta) y *Mentha spicata* (Hierbabuena). Su objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento de estas hortalizas cultivadas en el sistema acuapónico. En la evaluación sus resultados fueron que las plantas se adaptaron a las condiciones de cultivo. Llegando a la conclusión que la *Mentha spicata* (Hierbabuena) fue la que tuvo mayor productividad porque asimila de manera eficiente los nutrientes producidos por este sistema.

Mymona, Zennatul, Salam (2018), consideran que alimentar a la población en la actualidad de manera segura se ha convertido en un desafío debido al uso imprudente de los recursos naturales. Sustituir el sistema tradicional de la agricultura por el de la acuaponía ha surgido como una solución potencial para enfrentar los problemas candentes de la seguridad alimentaria.

Con relación al tema de *Oreochromis Niloticus* (Tilapia) se puede señalar que estos peces son de óptimo desarrollo, viven en agua cálida y temperaturas superior a 20°C y siendo las críticas entre 12 – 13 °C. Viven tanto en agua dulces como salobres y a veces con poco oxígeno. Cuando alcanzan los dos o tres meses llegan a un tamaño de 10 cm, las hembras incuban los huevos en la boca durante 7 a 14 días. Además, se adecuan tanto a climas como temperaturas, son resistentes a

bajas cantidades de oxígeno y después de ser encubados en la boca de la madre estos llegan a un tamaño óptimo. Enciclopedia cubana en la red (EcuRed, 2010).

Así mismo, dentro de sus características resaltantes tenemos que son de gran resistencia física, rápido crecimiento, resistentes a enfermedades, elevada productividad, pueden nutrirse de alimentos naturales y artificiales, es un pescado de calidad, por la textura de su carne y pocas espinas intermusculares. Dentro de su alimentación tienden a una dieta vegetariana por ejemplo los alevines se alimentan de fitoplancton y pocas cantidades de zooplancton, también existen alimentos balanceados que sirven para alcanzar mayor peso en el menor tiempo posible. EcuRed, et al. (2010).

Con respecto a la teoría de la *Lactuca Sativa* (Lechuga), es una planta herbácea que puede medir unos 25 cm, de su diminuto tallo salen las raíces y las hojas. Las plántulas se trasplantan cuando se tienen de dos a tres hojas verdaderas y durante las últimas semanas crecen las hojas ya formadas alcanzando una cobertura, aportando una cantidad de vitaminas y minerales. (Escobar, Hugo, 2003, p.15). Como se ha dicho la *Lactuca sativa* (Lechuga), es una planta que puede producirse en poco tiempo después de salir sus raíces y hojas se puede pasar al trasplante para su posterior producción en poco tiempo.

Según, el instituto de investigación agropecuaria (INIA, 2015), sus requerimientos para pH: son entre 6,6 – 7,3. En tanto el clima: moderadamente tolerante a heladas. Temperatura para germinación óptima es: 15 – 25 °C. Para su temperatura base para crecimiento es: 25 ° C. Para crecimiento óptimo es: 26 °C.

Por otro lado, Giaconi y Escafe (2004) Dentro de las variedades que hay se clasifican en: Lechugas repolladas o de cabeza, lechugas Cos o romana y lechugas de cortar. También hay diferentes tipos de *Lactuca sativa* (Lechuga) para el verano y otros tipos de *Lactuca sativa* (Lechuga) para el invierno esta última clasificación no es tan definida como las anteriores ya que algunas muestran cierto grado para adaptarse tanto a una estación u otra diferente. (p.216)

La *Lactuca sativa* (Lechuga) es una hortaliza muy popular en los cultivos acuapónicos debido a que tiene una mayor demanda de nutrientes en diferentes niveles de sus etapas de crecimiento. Hambrey consulting (2013). La *Lactuca sativa*

(Lechuga) es lo que más se produce en sistemas acuapónicos por su gran resistencia a las plagas y enfermedades. El rendimiento sostenido e incrementado de *Lactuca sativa* (Lechuga) depende de prácticas de calidad y que sean adaptables a las condiciones ambientales. Simko, Mou, Hayes, McCreight (2014).

Con relación a los parámetros físico químico se detalla lo siguiente:

pH: se emplea para determinar si una sustancia es ácida, neutra y alcalina o básica, se mide a partir de 0 a 14, en la escala 7 la sustancia es neutra, debajo de esta indica una sustancia acida y si por el contrario los valores están por encima de 7 indica que la sustancia es alcalina. Temperatura: es un parámetro que mide el calor de un cuerpo hídrico. Este parámetro puede inducir tanto en la calidad de un cuerpo hídrico, ya que determina otras propiedades y procesos que tienen lugar en el agua.

Oxígeno disuelto: es la medida de la concentración de oxígeno en un cuerpo hídrico, la cantidad de oxígeno disuelto en un cuerpo hídrico tiene una gran repercusión en el desarrollo de la vida y de muchos procesos que se dan en el medio acuático. Conductividad eléctrica: este tipo de parámetro nos da una información amplia de la concentración de sales e iones, presentes en un cuerpo hídrico. Este tipo de concentraciones de sales en un cuerpo hídrico depende de diversos factores, si un cuerpo hídrico ha pasado por terrenos calcáreos, la concentración de sales será mayor que si lo ha hecho por terrenos graníticos. Agroambiental (2010).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

En cuanto al tipo de investigación que utilizamos fue cuantitativo. Según, Hernández, Fernández y Baptista (2006), señalan que es cuantitativa porque usa la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Según, Pilco y Jorge (2015), consideran que el tipo de la investigación por su naturaleza es aplicativo, porque existen bases teóricas relacionados con los sistemas acuapónicos. Así mismo es longitudinal. Arnau y Bono (2008), es longitudinal porque consiste en medir un hecho a través de un intervalo temporal determinado. En este sentido, sirven para analizar y observar de manera secuenciada la evolución de un suceso.

Con respecto al diseño de investigación es pre experimental. Según, Rusu, Cristian (2016), porque no hay grupo de control es decir se va medir una sola variable en este caso; la variable dependiente (el crecimiento en talla, peso y producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga) antes y después del tratamiento y posteriormente medir las variables intervinientes como pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

3.2. Variables y operacionalización

La variable dependiente fue: producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) y la variable independiente: eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). Es una investigación tipo cuantitativa. (ver anexo 01.)

3.3. Población (criterios de selección) muestra, muestreo, unidad de análisis

Con referencia a la población es finita porque estuvo conformada por sesenta plantas de *Lactuca sativa* (Lechuga). En relación con la muestra estuvo conformado por diez plantas de *Lactuca sativa* (Lechuga). En cuanto a la técnica de muestreo: no probabilístico por conveniencia porque fue fácil de usar y nos permitió obtener datos necesarios para el estudio de nuestra investigación. La unidad de análisis: la *Lactuca sativa* (Lechuga) y los efluentes *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que utilizamos fue la revisión y análisis de documentos, observación directa de los hechos, cámara fotográfica, instrumentos de laboratorio. En cuanto a la validez y confiabilidad de los análisis que realizamos se hicieron en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo.

3.5. Procedimientos

El procedimiento de nuestra investigación se realizó en una secuencia de pasos que son los siguientes:

Paso 1: realizamos la germinación de las semillas de *Lactuca sativa* (Lechuga) utilizando una bandeja de plástico con agujeros en la base para que el agua pueda drenar, luego se agregó la arena de río haciéndole tres surcos para poner las semillas cubriendo luego con la misma arena, los primeros seis días empezaron a brotar las raíces de las semillas luego a los veinte días se observó que las plántulas estaban listas para el trasplante.

Paso 2: implementamos el sistema acuapónico que consta de una pecera, un pedazo de tecnopor con agujeros a la medida de la pecera y una bomba de agua que permitió oxigenar nuestro sistema acuapónico.

Paso 3: fuimos a la piscigranja que se encuentra en el distrito de Chongoyape y obtuvimos los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

Paso 4: agregamos los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) a la pecera, seguido de esto se puso las plantas de *Lactuca sativa* (Lechuga) y antes de eso se pesaron y midieron.

Paso 5: monitoreamos semanalmente por cuatro semanas consecutivas tanto los efluentes y la *Lactuca sativa* (Lechuga), además realizamos los análisis fisicoquímicos como son; pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura que realizamos en el laboratorio de biotecnología de la universidad César Vallejo.

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos para nuestra investigación hemos considerado la observación simple porque de esta manera obtuvimos un registro de datos de lo que ocurrió in situ en nuestro sistema acuapónico durante el tiempo de estudio y de esta manera facilitar una mejor comprensión del comportamiento tanto en la

eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga).

3.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos para realizar nuestra investigación hemos respetado el derecho de autor, porque hemos citado y referenciado las fuentes utilizadas para el desarrollo de nuestro estudio, también queremos recalcar que nuestros resultados son reales, además de hacer nuestros análisis fisicoquímicos en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo y los instrumentos utilizados fueron: Conductímetro HANNA, multiparametro HANNA que están debidamente calibrados por el instituto nacional de calidad, (INACAL).

IV. RESULTADOS

A continuación, describimos los resultados obtenidos en nuestra investigación. Para determinar la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). Primero realizamos los análisis fisicoquímicos como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura que fueron adecuados para el peso y talla de la *Lactuca sativa* (Lechuga) donde se pudo comprobar a través de la observación que si existió efecto en el crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga).

Tabla 1. Resultados de los análisis químicos de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia)

Parámetro	Semana 1 (22/11/2019)	Semana 2 (29/11/2019)	Semana 3 (06/12/2019)	Semana 4 (13/12/2019)
pH	7.3	7.2	7.4	7.2
Oxígeno disuelto	5.83 ppm	5.72 ppm	6.96 ppm	6.92 ppm

Fuente: elaboración propia

Interpretación: el pH es un parámetro muy importante para determinar la calidad del agua de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y nutrientes de la planta, donde se mantuvo en un rango ligeramente alcalino durante las cuatro semanas de la producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga). Para realizar este proceso utilizamos una muestra de efluentes que se sacó de la pecera y con la ayuda de un conductímetro HANNA del laboratorio de biotecnología obtuvimos estos datos.

El oxígeno disuelto es un parámetro que influye en la calidad del agua, medio que viven los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para la apropiada oxigenación por esa razón utilizamos una bomba de agua para la aireación adecuada de la pecera y analizamos una muestra de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) semanalmente con la ayuda del multiparametro HANNA y los resultados nos indican que se mantuvieron en el rango óptimo para la producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga).

Tabla 2. Resultados de los análisis físicos de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia)

Parámetro	Semana 1 (22/11/2019)	Semana 2 (29/11/2019)	Semana 3 (06/12/2019)	Semana 4 (13/12/2019)
Conductividad eléctrica	119.2 $\mu\text{s/cm}$	115.3 $\mu\text{s/cm}$	120.4 $\mu\text{s/cm}$	121.2 $\mu\text{s/cm}$
Temperatura	25 °C	26 °C	25 °C	25 °C

Fuente: elaboración propia

Interpretación: la conductividad eléctrica es un parámetro físico empleado para medir la calidad de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), se mide en microSimens por centímetro ($\mu\text{s/cm}$) y sus datos corresponden a la salinidad o cantidad de sales disueltas en los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en este caso utilizamos el conductímetro HANNA y con una muestra semanal de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) se observó una adecuada conductividad eléctrica para la *Lactuca sativa* (Lechuga) y que no sobrepasó los 1500 $\mu\text{s/cm}$ porque sería tóxico para los vegetales.

Por último, la temperatura se mantuvo en un rango adecuado para la producción y crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga), para medir la temperatura se utilizó el conductímetro HANNA y semanalmente se sacó una muestra de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) que sirvió para darnos cuenta que la *Lactuca sativa* (Lechuga) se adaptó al clima estacional.

La recolección de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), se realizó en el distrito de Chongoyape donde se localiza la piscigranja administrada por el señor Segundo Tocto Aguilar que nos brindó información y además nos proporcionó los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

Asimismo, para la implementación de nuestro sistema acuapónico se utilizó una pecera donde se colocó los efluentes de los peces, también usamos un recorte de tecnopor con agujeros a la medida de la pecera para que ayude a sostener las

Lactuca sativa (Lechuga) además utilizamos una bomba de agua que sirvió como aporte de oxígeno para el sistema acuapónico.

Con respecto a la germinación de las semillas de la *Lactuca sativa* (Lechuga) se realizó en una bandeja de plástico después se le hizo agujeros en la base para que el agua pueda drenar, luego se agregó arena de río y se le hizo tres surcos para poner las semillas cubriéndose luego con la misma arena, después otorgamos humedad a la bandeja pulverizando con agua por el lapso de un mes y diez días, en los primeros seis días empezaron a brotar las semillas luego a los veinte días se observó que las plántulas estaban listas para el trasplante, luego se colocó las plantas al sistema acuapónico donde empezaron a interactuar con los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

Tabla 3. *Peso y Talla de la Lactuca sativa (Lechuga)*

<i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)			
Peso inicial (22/11/2019)	Peso final (13/12/2019)	Talla inicial (22/11/2019)	Talla final (13/12/2019)
0.44 gr	3.14 gr	9 cm	16 cm

Fuente: elaboración propia

Interpretación: el peso y talla de la *Lactuca sativa* (Lechuga) tuvo que ver directamente como se mantuvo la calidad de los efluentes *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y esto se pudo ver en los datos obtenidos semanalmente de los análisis fisicoquímicos que se realizó en el laboratorio de biotecnología dando como resultados la eficiencia de los efluentes *Oreochromis niloticus* (Tilapia) tanto para el peso y crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga) y obtener la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga).

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente informe de investigación para determinar la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), entre los análisis fisicoquímicos realizados podemos decir que el pH dio un valor de 7 y con respecto a la temperatura en promedio fue de 25 °C este resultado concuerda con el estudio realizado por Valdez et al. (2016), donde nos dice que su sistema acuapónico se mantuvo en un pH con valores de 7- 8 y la temperatura se mantuvo en 22 °C existiendo una variación con respecto a la temperatura de nuestros resultados.

Con respecto al crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga), en nuestro sistema acuapónico no hubo ninguna dificultad en su desarrollo al igual que en el estudio de Ramírez et al. (2011), que también obtuvo buenos resultados en el crecimiento de sus plantas.

En cuanto a la adaptación de la *Lactuca sativa* (Lechuga), se adecuó con facilidad al sistema acuapónico, porque las condiciones fueron favorables para su crecimiento, al igual que la investigación de Valdez et al. (2017), donde explica que todas las variedades de frejol se adaptaron a las condiciones del sistema acuapónico.

Con respecto a las actividades realizadas en nuestro sistema acuapónico como primer paso fue germinar las semillas luego implementamos el sistema acuapónico posteriormente pesamos, medimos y colocamos las plantas de *Lactuca sativa* (Lechuga) para que puedan interactuar con los efluentes *Oreochromis niloticus* (Tilapia) de esa manera evaluamos el peso y talla de la *Lactuca sativa* (Lechuga).

De acuerdo con el estudio de Valdez y Guerra (2016), nos describe actividades similares a nuestra investigación, donde las actividades que hicieron en dicho trabajo de investigación fueron, como primer punto la germinación de doce variedades de chiles nativos, después de eso seleccionaron plantas de chiles nativos y de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) que fueron pesadas y medidas antes de ponerlas al sistema acuapónico en dicho sistema se evaluó el porcentaje de sobrevivencia de las plantas y peces.

El siguiente punto es sobre el aprovechamiento de los desechos nitrogenados de los peces, en nuestro estudio utilizamos los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) como un método de aprovechamiento con el fin de producir cultivos de alto rendimiento y saludables para consumo. De este modo desde la posición de Cervantes, Hernández y Pérez (2016), en su artículo nos describe que realizaron un sistema acuapónico a base de tinas recirculantes donde sembraron diversos tipos de hortalizas para el aprovechamiento de los desechos nitrogenados, el estudio tuvo como finalidad aprovechar los efluentes y producir cultivos de estación para consumo.

De este modo, nuestra investigación fue de manera pre experimental porque solo evaluamos la eficiencia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en el sistema acuapónico para cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga), en cambio en el estudio de Vargas, et al. (2015), su investigación fue a gran escala porque es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de acuarios acuapónicos y peces ornamentales en la ciudad de Bogotá.

En cuanto al tipo de sistema de nuestra investigación fue de modo flotante porque utilizamos una pecera y Tecnopor para que las plantas puedan flotar y las raíces estén en contacto directo con los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) teniendo como resultado la eficiencia del sistema acuapónico. En cambio, en la investigación de Ramírez et.al (2011), evaluaron dos sistemas los acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de *Origanum vulgare lamiaceae* (Orégano). Finalmente, el sistema acuapónico fue más eficiente que el hidropónico para el crecimiento de las plantas.

Con respecto a la producción en nuestro sistema acuapónico solo producimos *Lactuca sativa* (Lechuga), en donde observamos la eficiencia de nuestro sistema acuapónico. Así mismo en nuestra investigación realizamos análisis fisicoquímicos para determinar que los efluentes estén en los límites aceptables para el desarrollo de la *Lactuca sativa* (Lechuga). De modo similar en el estudio de Culcos y Tucto (2018), este proyecto tuvo como finalidad determinar y comparar la producción de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) de diferentes tamaños y también determinar la producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga) en un sistema acuapónico, en dicho estudio también realizaron análisis fisicoquímicos donde determinaron si los

efluentes estaban en los límites aceptables para el desarrollo de las mismas especies.

En cuanto al sistema acuapónico es una alternativa sostenible porque al implementar este sistema se ahorra el recurso hídrico, no se explota el agua como normalmente se hace en la agricultura tradicional. Así mismo, Vargas Aldo (2017), en su trabajo de investigación nos describe que los sistemas de recirculación acuapónicos se encuentra dentro de los rangos aceptables tanto para la calidad de los efluentes en los estanques y para producir peces además de reducir la demanda de agua.

En cuanto los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) utilizados en nuestro estudio, fueron extraídos de una piscigranja ubicada en el distrito de Chongoyape. Al igual que Segura, Balois y Ruly (2017), en su tesis utilizaron efluentes de cultivo de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), los llevo a un laboratorio en donde realizó su investigación para el crecimiento y peso de *Lactuca sativa* (Lechuga).

Por otro lado, con respecto al rendimiento del sistema acuapónico de nuestro estudio, obtuvimos una buena producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga) tanto en peso y talla. Del mismo modo en el estudio de Moreno y Zafra (2014), nos describe que obtuvo mejor crecimiento, peso y longitud de hoja para la producción de *Lactuca sativa* (Lechuga) mediante su sistema acuapónico.

Con relación a la composición de nuestro sistema acuapónico, en tal sentido el sistema estuvo compuesto de efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y plantas, permitiendo la interacción de plantas con los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia), en un mismo sistema. A diferencia del estudio de Alcarraz, Edgar, (2018), nos describe que su sistema acuapónico se compone tanto de la hidroponía y la acuicultura donde los desechos producidos por los peces se convierten en nutrientes óptimos para el crecimiento de las hortalizas, permitiendo la interacción entre peces y plantas en un mismo sistema generando un beneficio mutuo.

El tema de acuaponía es un tema muy estudiado a nivel mundial, es por eso que en nuestra investigación tiene como finalidad aprender más sobre este tema y dar a conocer cómo se implementa un sistema acuapónico en cualquier ambiente, ya sea a menor o gran escala. Del mismo modo en el estudio de Kopsa (2015), nos

dice que la acuaponía es un tema muy estudiado en varios países. Su estudio inicia con la construcción de un sistema acuapónico en una granja de Australia. Su proyecto se realizó con el fin de aprender más sobre el proceso de la acuaponía y cultivar productos de estación contribuyendo a la alimentación saludable.

Otro punto es sobre el trasplante de la *Lactuca Sativa* (Lechuga), en nuestra investigación el trasplante lo realizamos cuando tenían dos a tres hojas verdaderas. Tal como el estudio de Escobar, Hugo (2003), que realizó el trasplante cuando las plantas tenían dos a tres hojas verdaderas, además describió que durante las últimas semanas crecen las hojas ya formadas alcanzando una cobertura, aportando una cantidad de vitaminas y minerales.

Con respecto a la *Lactuca Sativa* (Lechuga), es una hortaliza que asimiló de manera eficiente los nutrientes de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia). Así mismo en el estudio de Espinoza et al. (2018), las plantas se adaptaron a las condiciones de cultivo y asimilaron de manera eficaz los nutrientes producidos por los peces.

El sistema acuapónico se basa en sustituir el sistema tradicional de la agricultura empleándose como una solución para enfrentar los problemas de contaminación, debido al uso excesivo de agroquímicos que ocasionan diversos problemas ambientales además de afectar la salud de la población que es consumidora de estos productos alimenticios. Al igual que la investigación de Mymona et al. (2018), en la cual consideran que alimentar a la población en la actualidad de manera segura se ha convertido en un desafío. Sustituir el sistema tradicional de la agricultura por el de la acuaponía ha surgido como una solución potencial para enfrentar los problemas candentes de la seguridad alimentaria.

En cuanto a los resultados fisicoquímicos de nuestra investigación fueron en: pH 7.2-7.4, temperatura 25 °C – 26 °C de acuerdo con lo recomendado por el instituto de investigación agropecuaria (INIA, 2015), que sus requerimientos para el cultivo de la *Lactuca sativa* (Lechuga) en pH: son entre 6.6 – 7.4. En cuanto a la temperatura para germinación óptima es: 15 – 25 °C para su temperatura base para crecimiento es: 25 °C y por ultimo para crecimiento óptimo es: 26 °C.

VI. CONCLUSIONES

Después de haber finalizado la presente investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se efectuaron análisis fisicoquímicos a los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) durante los meses de noviembre y diciembre en forma semanal observando que el pH estuvo en un rango de 7 que es un parámetro aceptable para la *Lactuca sativa* (Lechuga), en cuanto a la temperatura máxima fue de 26 °C siendo óptima para el crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga), la máxima conductividad eléctrica fue de 121.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y no sobrepasando los 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ valor que es tóxico para la *Lactuca sativa* (Lechuga) y por último el máximo valor de oxígeno disuelto fue de 6.92 ppm siendo una oxigenación apropiada para la *Lactuca sativa* (Lechuga), después de obtener los resultados llegamos a la conclusión que los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) presentaron características fisicoquímicas favorables para el crecimiento y producción de la *Lactuca sativa* (Lechuga).
2. Con respecto a la recolección de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) se obtuvieron con facilidad de la piscigranja que se ubica en el distrito de Chongoyape ya que estos fueron necesarios para el funcionamiento del sistema acuapónico.
3. Asimismo, en la implementación del sistema acuapónico, los materiales que utilizamos fueron económicos porque utilizamos productos reciclables además de ser necesarios para el soporte y desarrollo de la *Lactuca sativa* (Lechuga).
4. En cuanto a la germinación de las semillas de la *Lactuca sativa* (Lechuga) hicimos dos métodos de germinado, una con algodón y la otra en arena de río llegando a la conclusión que el mejor método fue el de arena de río porque fue más eficiente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar el sistema acuapónico con diferentes tipos de plantas y peces que permitan hacer comparaciones en la producción de las especies animal y vegetal, al mismo tiempo se recomienda implementar este sistema como negocio, ya que se obtendría beneficios económicos tanto de peces y plantas, además se generaría más puestos de trabajo para beneficio de la población en donde se desarrolle el proyecto.
2. Asimismo, el sistema acuapónico depende principalmente del equilibrio que exista entre la pecera o estanque de los efluentes y la estructura física con las plantas deseadas, por eso es necesario realizar los análisis fisicoquímicos de amonio, nitritos y nitratos y de esa manera llevar un control estricto de las concentraciones para que no pueda afectar a las plantas.
3. Por último, se recomienda utilizar hortalizas aéreas, porque asegura una mejor asimilación de nutrientes para las mismas, del mismo modo se recomienda que el sistema acuapónico se realice en lugares donde se genere una exposición uniforme de las plántulas a la luz del sol y de esa manera obtener un buen desarrollo.

REFERENCIAS

LA CALIDAD DEL AGUA [agroambient.gva.es.]. España [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2019]. Recuperado de:

http://www.agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educacion_publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html

GONZÁLEZ, Ana. Diseño, construcción y análisis de funcionamiento inicial de un sistema de Acuaponía que combina un estanque ornamental con un jardín vertical exterior. Tesis (Grado en Ingeniería Agrícola. Hortofruticultura y Jardinería). Sevilla: Universidad de Sevilla, 2017.

Disponible en <file:///C:/Users/DELL/Downloads/PROYECTO%20COMPLETO.pdf>

BIGLIARDI Nicolás y GABUTTO Franco. Evaluación de un nuevo sistema de producción hortícola. Tesis (tesis de grado). Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias acuaponía, 2018. Disponible en

<https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/11912>

CARRANZA, Sergio. Densidad de siembra y riego con agua energizada piramidal y agua destilada en germinado hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*). Tesis (Título profesional de ingeniero zootecnista). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, facultad de ingeniería zootecnia centro de investigación pecuaria, 2017. Disponible en

<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1289/BC-TES-TMP-122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTAÑEDA, Diana. "Tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de tilapias (*oreochromis niloticus*) a través del sistema acuapónico de recirculación utilizando cultivos de lechuga (*lactuca sativa* var. *intybacea*), albahaca (*ocimum basilicum*) y acelga (*beta vulgaris* var. *cicla*)". Tesis (Título profesional de ingeniero ambiental). Villa el salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2019. 113pp. Disponible en

http://190.12.70.20/bitstream/UNTELS/367/1/Casta%C3%B1eda_Diana_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

CERVANTES Alejandro, HERNÁNDEZ Martha, PÉREZ Carlos. Ecosistemas y recursos agropecuarios. [en línea]. enero-agosto 2015, n° 7. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2019]. Disponible en

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5918064>

ISSN-e: 2007-901x

CUTIÑO Verónica, IMERONI Julio, SANZANO Pablo. Acuaponía como alternativa productiva social. Tesina (para optar el grado de veterinario). Tandil: Facultad de Ciencias Veterinarias, 2018.60 pp.

Disponible en

<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1760/Cuti%C3%B1o%2C%20Ver%C3%B3nica%20Beatriz.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

CULCOS Gabriela y TUCTO Carmen. Producción de Oreochromis niloticus var. chitralada “tilapia gris” y Lactuca sativa “lechuga” en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces. Tesis (Licenciado en Biología-Pesquería). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, facultad de ciencias biológicas. 2018.70 pp.

Disponible en

<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3357/BC-TES-TMP-%202138.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú [en línea]. Perú: Rev Panam Salud Publica (abril, 2018) [fecha de consulta: 03 de octubre de 2019].

Disponible en <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/34937>

Tilapia [Mensaje en un blog] Cuba: Boulisi, (19 de septiembre del 2019). [fecha de consulta: 05 de octubre de 2020]. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Tilapia>

ESPINOSA Azucena [et al.]. Acta Universitaria Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems [en línea]. Marzo-abril 2018, n.º 2. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019]. Disponible en <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/1387/pdf>
ISSN: 2007-9621

ESCOBAR, Hugo. Análisis de costos para hortalizas ecológicas [En línea]. 1.ª ed. Colombia: Ultracolor LTDA, 2003 [fecha de consulta: 05 octubre de 2019]. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=qhdUHBkgl5AC&pg=PA15&dq=cultivo+de+lechuga&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi29s_E3LbiAhUSvFkKHsLYCWS4ChDoAQqvMAI#v=onepage&q=cultivo%20de%20lechuga&f=false
ISBN: 9589029515

REVISTA FAO fisheries and aquaculture technical. [En línea]. Rome: 2014 [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019] Disponible en
<http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
ISSN: 2070-7010

GIACONI Vicente y ESCAFE Moises. Cultivo de hortalizas. [En línea]. 1.ª ed. Chile: editorial universitaria. 2004 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2019]. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=-K9xgvfdGGYC&pg=PA216&dq=cultivo+de+lechuga&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiNn5jPgbfiAhWOuVkkHSSYCzwQ6AEIMzAC#v=onepage&q=cultivo%20de%20lechuga&f=false>
ISBN: 956-11-1513-1

CULTIVO de lechuga Lactuca sativa. [en línea]. 2019. Inia.cl: María Inés González Arístegui [fecha de consulta: 07 de octubre de 2019]. Disponible en
<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/08/Lechuga-Quilamapu.pdf>

GOODMAN, Elisha. Aquaponics: Community and Economía Development. Tesis (The degree of master in city planning). Arizona: State University BA, Sociology. 2011. 100 pp.

Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/4431633.pdf>

HERNÁNDEZ, Luis. Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis Mossambicus*) y Lechuga Crespa (*Lactuca Sativa*). Tesis (Magíster en Ingeniería Automatización Industrial) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2017. 127 pp. Disponible en

<http://bdigital.unal.edu.co/62310/1/1057592154.2018.pdf>

Hambrey consulting. Aquaponics research project. New Zealand: aid programme, particularly in the Pacific. 2013. 96 pp.

Disponible en

<https://www.mfat.govt.nz/assets/Aid/Aid-approach-aquaponics-Pacific-report-2013.pdf>

Nuevas Materias primas Sostenibles en Alimentación II. [En línea]. Madrid:). Fotobiología y biotecnología de organismos acuático. (mayo, 2018). [Fecha de consulta 16 de octubre 2019].

Disponible en

<http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/TransferenciaTecnologia/ForosINIA/NMateriasII/Lists/Presentaciones/Attachments/13/13XLIIIFelixDiegoUMA.pdf>

MEZA, Milka. Comportamiento de tres técnicas de cultivo hidropónico con lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico-Echarati-La convención- Cusco. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Agrónomo Tropical). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, facultad de ciencias agrarias, escuela profesional de agronomía tropical, 2018. 123 pp.

Disponible en

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/3765/253T20180302TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MELLO, Sara. [et al]. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. [En línea]. octubre-marzo, 2017 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2019] Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/316089060_Effluent_from_a_biofloc_technology_BFT_tilapia_culture_on_the_aquaponics_production_of_different_lettuce_varieties#pf1

ISSN: 0925-8574

PILCO, Jorge. Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de piaractus brachypomus “paco” en un sistema acuapónico superintensivo, en el iesppb, 2015. Tesis (título profesional en Ingeniería Agroforestal Acuícola). Yarinacocha: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, facultad de ingeniería y ciencias ambientales, ingeniería agroforestal acuícola, 2015. 104 pp. Disponible en

repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/109/1/TESIS%20DE%20SISTEMA%20ACUAPONICO.pdf

MORENO Edinson y ZAFRA Alina Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia. Revista científica de la facultad de ciencias biológicas. [en línea]. Julio-diciembre 2014, n°.2. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2019]. Disponible en

revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/download/770/694

ISSN: 2313-3171

Revista de Anales Científicos. [En línea]. Lima: 2018 [Fecha de consulta 20 de septiembre de 2019]. Disponible en

http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1145/pdf_76

ISSN: 2519-7398

REVISTA Mexicana de Ciencias Agrícolas. Guanajuato, 7(5). agosto 2016.

ISSN: 2007- 0934

Disponible en

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000500983

Un método alternativo para incrementar la productividad en el cultivo acuícola-agrícola en proyectos comunitarios con enfoque de género: la acuaponía. Por Noris Millares Dorado [et al]. La Habana: Centro de investigaciones pesqueras, 34(2): 84-89, diciembre, 2017.

ISSN: 0138-8452

Disponible en

<https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/12604/84-89%20%20Noris%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Producción científica sobre alimentación saludable asociada a la acuaponía por Ángel Caballero Torres [et al]. Revista San Gregorio. [En línea]. Junio, 2018, n°22, [Fecha de consulta 30 de octubre de 2019].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6591244>

ISSN: 1390-7247

REVISTA Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria. [En línea].Madrid: 2018 [Fecha de consulta 23 de octubre de 2019].

Disponible en https://zaguan.unizar.es/record/71221/files/texto_completo.pdf

ISSN: 1989-208X

Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico por Dennis Guerra Centeno [et al]. Revista Electrónica de Veterinaria. [En línea]. Noviembre, 2016, n.º11. [Fecha de consulta 22 de octubre de 2019].Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649051013.pdf>

E-ISSN: 1695-7504

REYES, Salvador y PÉREZ, Enrique. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, [En línea]. junio-agosto, 2016, n°. 5. pp. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146723001>
ISSN: 2007-0934

Revista de Tecnología. [En línea] 2015 [Fecha de consulta 25 de octubre de 2019]. Disponible en <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-DisenoYConstruccionDeUnPrototipoDeSistemaAcuaponic-6041482.pdf>
ISSN: 1696-1399

Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*origanum vulgare*: lamiaceae) por Ramírez Laura [et al]. Revista de la facultad de ciencias básicas. [En línea]. noviembre 2011, n°7. [fecha de consulta: 01 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2057/1587>
ISSN 1900-4699

Production performance of lettuce (*Lactuca sativa*): aquaponics versus traditional soil. Por RANA Shakil [et al]. Bangladesh: Universidad Agrícola de Bangladesh, 30 de junio de 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/327719600_Production_performance_of_lettuce_Lactuca_sativa_aquaponics_versus_traditional_soil
ISSN 2411-4472

Revista Agroproductividad. Veracruz.2015. Disponible en <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no3/4.pdf>
ISSN: 2448-7546

Simko, Mou, Hayes, McCreight. Lettuce and Spinach. 12 de mayo de 2014.
Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262415049_Lettuce_and_Spinach

SEGURA, Balois y Ruly. Producción acuapónica de Lactuca sativa “lechuga” utilizando efluentes de cultivo de Oreochromis niloticus “Tilapia Gris” (línea chitralada), en laboratorio. Tesis (Biólogo Acuicultor). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa. Facultad de ciencias. Escuela Académica Profesional de Biología en Acuicultura. 2017. 89 pp.

Disponible en

<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3134>

SERQUÉN, Mónica. Calidad de Lactuca sativa L. producida en cultivo hidropónico Nutrient Film Technique en el vivero de la universidad Cesar Vallejo – Chiclayo. Tesis (Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, 2017. 111 pp.

Disponible en

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10895>

SERRA, Aurora. Comparación de tres sistemas d'Aquaponia amb Enciam fulla de roure (Lactuca sativa) i Tilàpia (Tilapia mariae). Tesis (Ingeniero Agrícola). Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya BarcelonaTech. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, 2018. 49 pp.

Disponible en

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/120647/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TAPIA, Cristófer. “rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo”. Tesis (Ingeniero Ambiental) Quito: Universidad internacional SEK. Facultad de ciencias ambientales, 2018. 49 pp.

Disponible en:

<http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf>

VALLEJO, Franco y ESTRADA, Edgar. Producción de hortalizas en clima cálido. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2004. 119 pp.

Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?id=UpyfvNokkroC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 958899528

Valor nutricional. El cultivo de la lechuga [en línea]. España: Copyright Infoagro Systems, S.L.(2010) [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2019].

Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

VARGAS, Aldo. Uso de un Sistema de Recirculación Acuapónico para Conservar la Calidad del Agua en los Estanques de Producción de Tilapia (*Oreochromis nicoticus* de la empresa Lima Vías Express, Chorrillos-Lima. Tesis (Especialista en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos). Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2017. 240 pp.

Disponible en

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/269/1/Vargas%20Rinc%C3%B3n%20Lizeth%20Carolina%20-%202015.pdf>

VALDEZ, Juan, Guerra Dennis, Díaz Mercedes, López Julio. Evaluación de la producción de materia vegetal y animal, en un sistema acuapónico con variedades de frijol y tilapia nilótica. Tesis (Médico Veterinario y Zootecnista). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente. 2017. 66 pp.

Disponible en

<https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2017-25.pdf>

Experiencias en la investigación de Acuaponía con chiles nativos de Guatemala y tilapias. [En línea]. Guatemala. Valdez Carlos y Guerra Dennis (2016). [fecha de consulta en: 02 de diciembre de 2019].

Disponible en <https://digi.usac.edu.gt/edigi/pdf/P-2016-15.pdf>

ANEXOS:

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VD: Producción de <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)	Producción consiste en un proceso de transformación que sigue unos planes organizados como entradas de factores como materiales, conocimientos y habilidades donde se convierten en productos deseados. Montoyo, Andres (2012)	La producción de <i>Lactuca sativa</i> (Lechuga) evoluciona mediante la absorción de nutrientes a través de sus raíces ayudando a desarrollarse en peso y tamaño.	Tiempo de germinación	Días	h
			Tamaño inicial-final	longitud	cm
			Peso inicial - final	kg	G
VI: Eficiencia de los efluentes de <i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	La eficiencia hace referencia a los recursos empleados y los resultados que se va obtener. Thompson, Iván(2014)	La eficiencia se da por la cantidad de nutrientes que tiene, siendo tolerables y aceptables para un óptimo desarrollo de la planta.	Efluentes de <i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	volumen	L
			Parámetros físicos	Temperatura	°C
				Conductividad eléctrica	µs/cm
Parámetros químicos	pH	Intervalo			
	Oxígeno disuelto	mg/l			

Anexo 02. Resultados de análisis fisicoquímicos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Físicoquímicos
USUARIOS : Carrión Chinín Olinda – Córdova López Clorinda
PROYECTO : Sistema acuapónico a partir de efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para cultivo de *Lactuca sativa* (Lechuga) en la región Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : 16 de diciembre del 2019

Tabla N° 01. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).

Análisis fisicoquímicos	Semana 01 (22/11/2019)	Semana 02 (29/11/2019)	Semana 03 (06/12/2019)	Semana 04 (13/12/2019)	Instrumento
pH	7.3	7.2	7.4	7.2	Conductímetro HANNA
Oxígeno Disuelto	5.83 ppm	5.72 ppm	6.96 ppm	6.92 ppm	Multiparametro HANNA
Conductividad eléctrica	119.2 $\mu\text{s/cm}$	115.3 $\mu\text{s/cm}$	120.4 $\mu\text{s/cm}$	121.2 $\mu\text{s/cm}$	Conductímetro HANNA
Temperatura	25 °C	26 °C	25 °C	25 °C	Conductímetro HANNA

Tabla N° 02. Peso de la *Lactuca sativa* (Lechuga)

<i>Lactuca sativa</i> (Lechuga)		Instrumento
Peso Inicial 22/11/2019	Peso Final 13/12/2019	Balanza analítica
0.44 gr.	3.14 gr.	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Dra. Diana Karolína Quiroz Inca
Laboratorio de biotecnología y microbiología

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Fimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/uev_peru
@uev_peru
#saliradelante
uev.edu.pe

Anexo 03. Germinación de semillas



Anexo 04. Implementación del sistema acuapónico



Anexo 05. Recolección de los efluentes en la piscigranja – Chongoyape



Anexo 06. Trasplante de la *Lactuca sativa* (Lechuga)



Anexo 07. Interacción de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) y la *Lactuca sativa* (Lechuga)



Anexo 08. Análisis fisicoquímicos a los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia)



Anexo 09. Crecimiento de la *Lactuca sativa* (Lechuga)



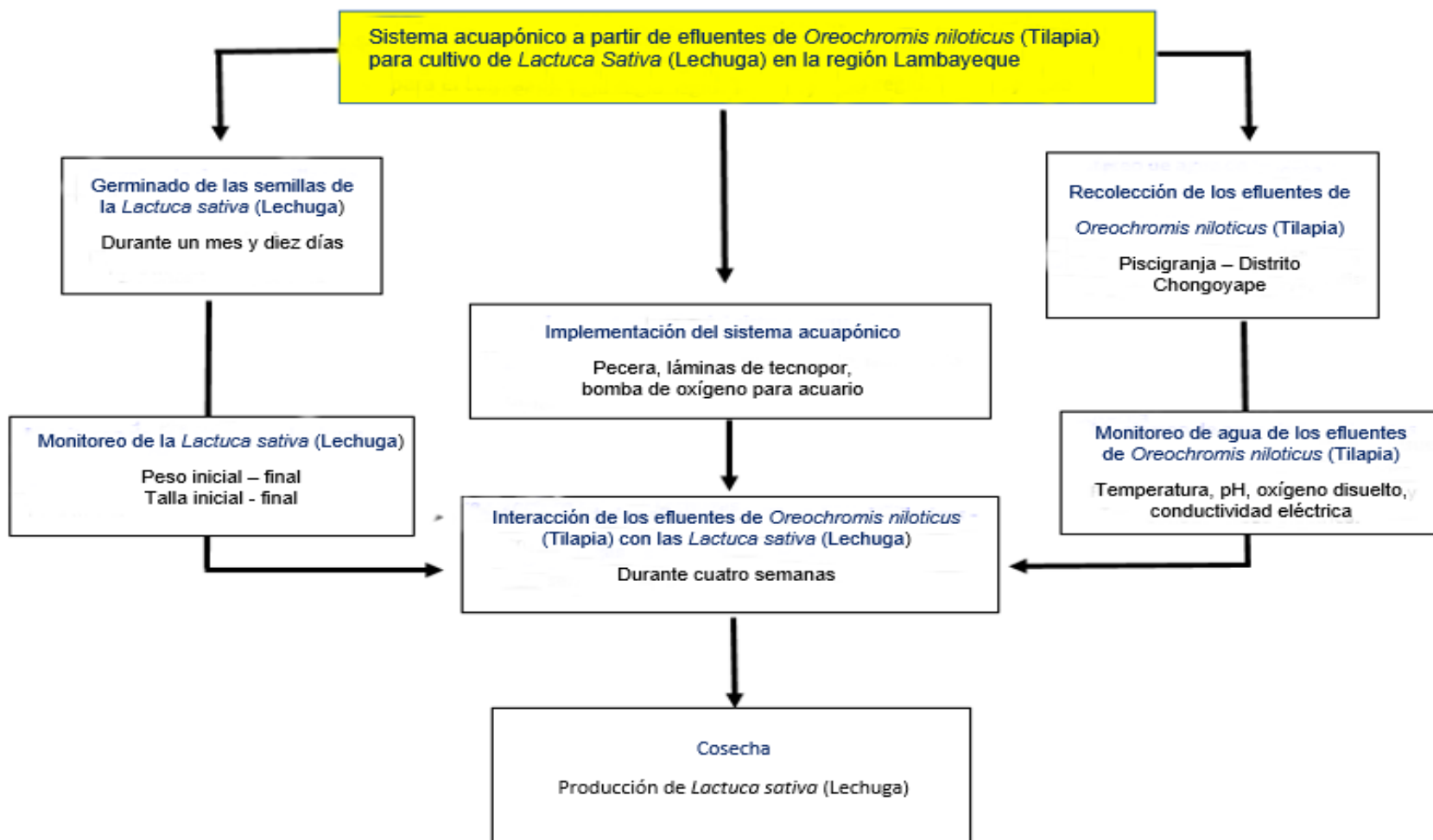
Anexo 10. Peso inicial y final de la *Lactuca sativa*



Anexo 11. Tamaño inicial y final de la *Lactuca sativa* (Lechuga)



Anexo 12. Flujograma del sistema acuapónico



Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), CLORINDA CORDOVA LOPEZ, OLINDA CARRION CHINININ estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "SISTEMA ACUAPÓNICO A PARTIR DE EFLUENTES DE OREOCHROMIS NILOTICUS (TILAPIA) PARA CULTIVO DE LACTUCA SATIVA (LECHUGA) EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Desarrollo de Proyecto de Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado 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 asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
CLORINDA CORDOVA LOPEZ DNI: 47637896 ORCID 0000-0002-2661-2086	Firmado digitalmente por: CLOPEZCL el 25 Jul 2020 11:24:14
OLINDA CARRION CHINININ DNI: 40672992 ORCID 0000-0003-3171-1633	Firmado digitalmente por: OCARRIONCH el 25 Jul 2020 11:09:09

Código documento Trilce: 25614