

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“REÚSO DE LAS AGUAS UTILIZADAS EN LA CRIANZA DE
oreochromis niloticus “TILAPIAS” EN UN SISTEMA DE RIEGO POR
GOTEO EN EL INVERNADERO MULTIFUNCIONAL DE LA UNTELS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

YACHA DAMIAN, YAMIRA DIANA

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

A Dios, por darme salud y bendición, por guiar mi camino para poder realizar mis metas personales y profesionales. A mis padres Dionicio Yacha Bravo y María Odilia Damián Lazo, por brindarme su amor incondicional, aconsejándome y apoyándome en todo momento; por el refuerzo y confianza depositada en mí, por enseñarme que la esperanza es lo último que se pierde y rendirse no es una opción. A Delmira, por ser la mejor hermana que puedo tener, siempre soportándome, comprendiéndome y ayudándome, a Dhionatan mi pequeño hermanito, por comprender mis largas ausencias y aunque no lo sepa, por hacer que me proponga más y más metas cada vez que estoy a su lado.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a las siguientes personas:

A mis padres, por confiar en mí y estar siempre apoyándome. A Delmira, por ayudarme y apoyarme, brindándome tú tiempo valioso para realizar este trabajo.

Al Ing. David Licapa, por brindarme su apoyo y sus conocimientos en toda mi etapa universitaria, por tener una paciencia única conmigo, siempre estaré muy agradecida con su persona, mil gracias.

A esa persona especial, a mi compañero incondicional, por estar a mi lado brindándome todo su apoyo y por tener las frases claves y motivadoras para yo poder seguir.

A mi asesor y mis revisores, por su gran apoyo y soporte, por guiarme en el proceso de realizar el trabajo de investigación.

A las señoritas que están a cargo del laboratorio, Jocelyn y Jenny, por facilitarme su apoyo y ayuda cuando se los pedía, muchas gracias.

A mis tíos Rosmel y Lenin, por enseñarme que pese a todas las circunstancias uno puede ser mejor sí así lo decide, desde pequeña he visto cuanto les costó lograr llegar a ser profesionales; a mi tío Emir, porque gracias a él descubrí la carrera de Ingeniería Ambiental y porque siempre está dispuesto a brindarme su apoyo cuando lo necesito.

A mis jefes del trabajo, Ing. Elvar Villavicencio, Ing. Leonardi Verde, Ing. Elizabeth Vargas, por apoyarme y por brindarme los permisos solicitados, en el trabajo, en especial a Ing. Leonardi, por ayudarme con algunos puntos en la elaboración del trabajo.

A todos mis familiares que me apoyaron a lo largo de mi etapa universitaria y aun lo siguen haciendo, muchas gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	2
1.2. Justificación del Problema	5
1.3. Delimitación del Proyecto	6
1.3.1. Teórica	6
1.3.2. Temporal	6
1.3.3. Espacial.....	6
1.4. Formulación del Problema	7
1.4.1. Problema General.....	7
1.4.2. Problemas específicos	7
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo General	7
1.5.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	9
2.2. Bases Teóricas	10
2.2.1. Reúso de agua residual.....	10
2.2.2. La acuicultura en el Perú.....	11
2.2.3. Peces cultivados en el Perú.....	12
2.2.4. Crianza de <i>oreochromis niloticus</i> “tilapias”	12
2.2.5. Presencia de sustancias químicas y biológicas disueltas en el agua de cultivo de tilapias	14
2.2.6. Nitratos de los peces.....	17
2.2.7. Sistema de riego por goteo	17
2.2.8. Principios de riego por goteo	18
2.2.9. Ventajas del sistema de riego por goteo:	18
2.2.10. Desventajas del sistema de riego por goteo:.....	19
2.2.11. Eficiencia del sistema de riego por goteo	20
2.2.12. Sistema de riego automático	20

2.2.13. Diseño de un sistema de riego por goteo	20
2.3. Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO III	23
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	23
3.1. Modelo de solución propuesto	23
3.1.1. Procedimiento metodológico:	23
3.1.1.1. Para el análisis de la calidad de agua de la piscina de crianza de tilapias del invernadero multifuncional de la UNTELS.	23
3.1.1.2. Estimando el tiempo de durabilidad del volumen de agua de la crianza de tilapia con el sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional.....	25
3.2. Resultados.....	32
3.2.1. Los resultados de la muestra de agua obtenidas en el laboratorio	32
3.2.2. Estimación del tiempo de durabilidad del volumen de agua de la crianza de tilapia con el sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional.....	33
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur	6
Figura 2: Zonas con mayor actividad acuícola en las regiones del Perú.....	12
Figura 3: ECA AGUA - Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	24
Figura 4: ECA AGUA - Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.....	25
Figura 5: Dimensiones de la piscina de crianza de tilapias.....	26
Figura 6: Peso de la muestra de suelo húmeda.....	27
Figura 7: Muestra de suelo colocado a estufa por 24 horas a 105°C	27
Figura 8:Retirando un poco de suelo para la toma de muestra.....	29
Figura 9: Colado del vaso beaker al ras del suelo	29
Figura 10: Almacenando agua de un gotero	30
Figura 11: Camas de cultivo donde se reusarán las aguas de crianza de tilapia, se encuentra 8 en el mini invernadero y dos en el invernadero multifuncional.	31
Figura 12: Cálculo del volumen de agua de la piscina, según AutoCAD.	33
Figura 13: Estimación del volumen de la muestra de agua obtenida de un gotero	35
Figura 14: Volumen calculado de la muestra	36
Figura 15: Láminas de sistema de riego por goteo del mini invernadero	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos a evaluar en el laboratorio	24
Tabla 2: Secuencia del horario de encendido del temporizador por 5 minutos cada uno.....	25
Tabla 3: Resultados de la muestra de laboratorio:	32

INTRODUCCIÓN

La escasez del recurso hídrico es evidente a nivel mundial, por ese motivo muchas organizaciones mundiales plantean hacer uso de manera adecuada de este recurso. Gracias al gran avance de la tecnología, actualmente existen diversas tecnologías que se están aplicando para el buen uso del recurso hídrico, entre las cuales está darle más de un uso al agua.

Una de las propuestas que ha planteado la FAO, es la integración de la acuicultura con la agricultura, que consiste en reusar el agua que se utilizó en el cultivo peces para poder regar los diferentes cultivos vegetativos, pero aplicando una tecnología que optimice este reuso.

Este trabajo busca optimizar el recurso hídrico, reusando el agua de la piscina de crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus*) del invernadero multifuncional de la UNTELS que serán aplicados mediante el sistema de riego por goteo, donde se analizará la calidad del agua, se estimará en tiempo la durabilidad y aprovechamiento de este recurso.

Con la finalidad de que este prototipo pueda ser aplicada en lugares donde se practica el cultivo de peces en piscinas, pozos, estanques. Sobre todo, a lo largo de nuestro litoral costero, que padece de este recurso.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El recurso hídrico es un elemento esencial para el desarrollo de los seres vivos, un recurso fundamental para el desarrollo de las actividades económicas, sociales, culturales, entre otras; por tal motivo, se vienen planteando propuestas que optimicen este recurso.

La organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura, comentan que cada gota cuenta, por lo mismo propone se dé más de un uso del agua.

En el Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos, mencionan que, en el año 2000, el volumen de agua para el uso extractivo o consuntivo en el Perú es de 18.972 Hm³ de los cuales 16.267 Hm³ (85.7 %) corresponden al uso agrícola, 1.264 Hm³ (6.7 %) uso potable, 1.155 Hm³ (6.1 %) uso industrial, 207 Hm³ (1.1 %) uso minero y 79 Hm³ (0.4 %) al uso Pecuario.

Sabemos que la agricultura es una de las actividades que hace uso del recurso hídrico, también se sabe que la crianza de peces y cultivo de peces hace uso del mismo. Por tal motivo, existen técnicas de sistemas que optimizan al máximo el uso y reúso del recurso hídrico; la acuaponía es un sistema que combina la acuicultura con la hidroponía, donde el agua sirve para un doble propósito, también tenemos la aplicación de aguas de la acuicultura en tierras áridas o desérticas mediante técnicas de riego por goteo, por aspersión, entre otras técnicas; las cuales permite criar diferentes especies de peces y hacer crecer los diferentes tipos de cultivos, generando dos productos a la vez; del mismo modo los desechos de los peces fertilizan el agua que es utilizada para regar las plantas que se cultivan, mediante los diversos sistemas mejorando la calidad del producto.

Según el ministerio de la producción, en el Perú la acuicultura inicio aproximadamente en 1934 a una pequeña escala, para los años 70 se

iniciaba el cultivo semi-intensivo de diversas especies en las diferentes regiones de nuestro país; en los años 80 se inicia el cultivo de la tilapia. “La producción acuícola nacional se ha incrementado de 6,664 TM (2000) a 37,578 TM (2008)” (Martin, 2009, p. 03).

La acuicultura se desarrolla en las tres regiones de nuestro país, donde se encuentran los departamentos de, Ancash, Lima, Lambayeque, Piura, Ucayali, San Martín, Ica, Cusco, entre otros; lugares que cuentan con gran espacio para el cultivo de especies como la trucha, la tilapia, peces amazónicos, entre otros.

La mayoría de las aguas usadas para el cultivo de peces retornan al manantial, río o fuente de donde fueron captados, si nos ponemos a analizar estas aguas pueden ser usadas en los cultivos aledaños mediante sistemas y técnicas que puedan optimizar el agua y cumplir dos funciones.

Uno de los sistemas que se viene aplicando en diversas partes del mundo, es el sistema de riego por goteo, pues gracias a su mecanismo permite lograr una eficiencia de hasta un 80% en consumo de agua.

Necesitamos para la acuicultura y la agricultura un recurso fundamental que es el agua, por este motivo se plantea la integración de los mismos, donde se hace un reúso del agua que se usa en la acuicultura, mediante el sistema de riego por goteo, optimizando y aprovechando los diversos nutrientes que contiene el agua.

El invernadero multifuncional de la UNTELS cuenta con una piscina de crianza de tilapias, de las cuales dejando una semana se cambian de agua, las mismas que sirven para regar por un día o día y medio los vegetales (hortalizas) que se cultivan, mediante uso de mangueras y baldes; buscando optimizar el uso de esta agua y sin realizar demasiada inversión, se reusará esta agua mediante el sistema de riego por goteo, de este modo estimaremos cuantas áreas se podría regar con las condiciones en las que se encuentra el sistema de riego por goteo y el volumen de agua que nos proporciona la piscina.

Este proyecto es un prototipo, que puede ser empleado en las diversas zonas donde se practica la acuicultura, sacando grandes ventajas a la optimización del agua, sobre todo si se practica en las zonas áridas de la costa de nuestro territorio. En la costa norte de nuestro país, en Chincha y Pisco se cultivan tilapias, las cuales se producen en estanques de tierra o piscinas, se puede hacer uso de estas aguas en la agricultura y para optimizar su reuso apliquemos el sistema de riego por goteo.

1.2. Justificación del Problema

La escasez de agua se ha convertido en un asunto de vital importancia en la actualidad, es por ese motivo que las propuestas para mejorar y cuidar este recurso van en aumento.

La agricultura y la acuicultura son actividades que hacen uso del recurso hídrico, pero sin la aplicación de buenas técnicas en los procesos, no se optimiza el uso del agua; por tal motivo se vienen proponiendo sistemas y técnicas que involucren hacer uso de este recurso lo más sostenible en el tiempo.

En países de Asia y África Occidental, se vienen aplicando diversos sistemas para optimizar el agua como recurso fundamental. Una de las técnicas más empleadas es la integración de la acuicultura en los sistemas de riego por goteo que se aplican en la agricultura; donde el agua usada para la crianza de peces es reusada y aplicada mediante el sistema de riego por goteo, contribuyendo al uso más eficiente del recurso hídrico en la agricultura.

En el Perú la acuicultura se ha desarrollado como una alternativa económica para la población. Esta actividad se desarrolla en lugares que cuentan con grandes hectáreas, donde por lo general están rodeadas de zona agrícola. La aplicación de este nuevo sistema que busca integrar estas dos actividades contribuiría optimizando el reuso del agua y al mismo tiempo enriqueciendo las zonas de cultivo con los diferentes nutrientes que poseen las aguas usadas en la acuicultura.

En el invernadero multifuncional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, cuenta con áreas dedicadas a diferentes cultivos de especies vegetativas, la mayoría de estos cultivos se desarrollan mediante diseños y técnicas sostenibles, también se encuentra una pequeña área de crianza de *oreochromis niloticus* "tilapias", en una piscina que contiene agua estancada que cada que se cambia una vez a la semana, para no sobrepasar el pH del agua establecida en la crianza de tilapias, estas son cambiadas a otra piscina; y con esta agua se riega por un día o día y medio los cultivos y se aprovechan los nutrientes que contiene el agua, este riego se realiza

mediante el uso de baldes y mangueras, donde el reúso del agua no es el más eficiente, al realizar este proyecto se busca optimizar el empleo de esta agua mediante un sistema de riego por goteo haciendo uso del mismo recurso hídrico con nutrientes generados por las tilapias.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

Al realizar este proyecto se busca optimizar el recurso hídrico, con el sistema de riego por goteo donde se hará el reúso del agua usada en la crianza de tilapia para los diferentes tipos de cultivos vegetativos de hortalizas que se realicen en el invernadero multifuncional de la UNTELS.

1.3.2. Temporal

Para poder lograr la optimización hídrica, reusando las aguas usadas en la crianza de tilapias, que serán regadas a diferentes camas de cultivos de hortalizas, se realizará esta investigación en el mes de setiembre.

1.3.3. Espacial

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de Villa el salvador. Específicamente en el Invernadero Multifuncional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.



Figura 1: Ubicación de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur

Fuente: Google. (s.f). [Mapa de Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en Google maps]. Consultado el 19 de octubre del 2019, de: www.googlemaps.com

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿De qué manera se puede optimizar el reúso de las aguas utilizadas en la crianza de tilapias en un sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional de la UNTELS?

1.4.2. Problemas específicos

¿Cuál es la calidad de agua de la piscina de crianza de tilapias del invernadero multifuncional de la UNTELS?

¿Cuánto de volumen de agua se reutilizaría de la crianza de tilapias con el sistema de riego por goteo en el transcurso de un día en el invernadero multifuncional de la UNTELS?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Optimizar el reúso de las aguas utilizadas en la crianza de tilapias en un sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional de la UNTELS.

1.5.2. Objetivos Específicos

Evaluar la calidad de agua de la piscina de crianza de tilapias del invernadero multifuncional de la UNTELS.

Estimar el tiempo de durabilidad del volumen de agua de la crianza de tilapia con el sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional de la UNTELS.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Alemán Canda & Vallejo Brenes, 2017) En su trabajo de investigación “Estudio de tres biofertilizantes y agua residual de crianza de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Managua, 2016”, Su investigación se desarrolló en la “Granja demostrativa de cultivo de peces, UNA”. El objetivo de su trabajo fue evaluar el efecto de tres biofertilizantes (biomineral, biol, purina de lombriz) y agua residual de la crianza de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). De los cuatro tratamientos en estudio el que mejor rendimiento obtuvo fue el agua residual de la crianza de peces (29 003.15 kg ha⁻¹). Además, el que presentó el beneficio neto (C\$260 886.2) más alto.

(Gasca Leyva, S.f.) En este estudio se analiza la adición del cultivo de la tilapia a parcelas agrícolas en el estado de Yucatán México. Donde el cultivo de la tilapia se realizó en tanques de cemento, los cuales originalmente están diseñados para irrigación de las parcelas agrícolas; por lo tanto, no tienen sistema de: filtración, oxigenación, ni alimentación para peces. La alimentación es a base de balanceados para tilapia, aunque por razones económicas se ofrecen también balanceados para pollos, esquilmos agrícolas y desechos alimenticios caseros. Este estudio también analiza el crecimiento de la tilapia de acuerdo a estas características especiales, y el beneficio social que ofrecen estas actividades complementarias a la agricultura.

(Torres Richards, 2018) En su trabajo de investigación “Diseño del sistema de riego por goteo en las comunidades San José Alto, San José Grande, y San Juan Loma, de la parroquia Tabacundo Cantón Pedro

Moncayo, provincia de Pichincha”, propuso diseñar este sistema para el abastecimiento de agua por medio de la línea de conducción, hasta las líneas de distribución de la zona; ya que la necesidad por la cual se desarrolla este proyecto nace en virtud de que en la parroquia de Tabacundo existen problemas en épocas de verano por la falta de agua para realizar un riego adecuado a los productos agrícolas; debido a la inexistente infraestructura hidráulica en algunos sectores de la zona, esto genera una insuficiente dotación de agua de riego por parte de las captaciones de los sistemas de riego existentes que llegan al límite en su dotación de agua. Por tal motivo se hace necesario realizar el diseño del sistema de riego por goteo que incluye la conducción, almacenamiento y distribución de agua de riego, que se desarrollará en las comunidades antes mencionadas. En cuanto al sistema de riego por goteo se realizó el diseño agronómico tomando en cuenta sus principales factores como son: clima, suelo, pureza de agua, ciclo de riego, hectáreas a ser regada y eficiencia del sistema.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Nima Maza, 2019) En su investigación “Determinación del consumo de agua de riego empleando el método del riego por goteo en el cultivo de vid. variedades crimson y superior (*seedless sugraone*)”, menciona que el objetivo de su trabajo fue comparar el consumo de agua en las variedades Crimson y Superior del cultivo de vid con el método de riego por goteo en el Fundo Valle Verde, entre los meses de junio a octubre del año 2018. Asimismo, determino también el coeficiente de cultivo de sus variables y realizo la evaluación de la demanda de agua.

(Franco Villafuerte, 2018) En su investigación “Regímenes de riego en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de quinua (*chenopodium quinoa willd.*) bajo riego por goteo”, menciona que su trabajo de investigación se centró en analizar los regímenes de riego en el rendimiento, calidad de grano y crecimiento, de 4 variedades de quinua. Sus investigaciones la realizo en la UNALAM. EL diseño que practicó fu en parcelas divididas. Los sistemas de riego lo asigno

aleatoriamente a una escala de parcelas y las variedades de quinua fueron determinadas a nivel de subparcelas, también menciona que la aplicación de este sistema vario significativamente la longitud de panoja principal, materia seca de Pantoja, numero de granos, área foliar, peso de granos por planta, el índice de rentabilidad y los parámetros agronómicos.

(Blas Ferrel & Martell Reyes, 2017) En su investigación “Diseño hidráulico de un sistema de riego tecnificado por goteo para productos orgánicos en la localidad de Conache, distrito de Laredo”, indica que realizó un estudio de riego para la actividad agrícola en la región mencionada, pues esta viene atravesando una crisis económica, debido a la baja producción obtenidas en las cosechas, todo esto por no contar con una tecnología innovadora para el majo de sus cultivos. En esta localidad se cultivan el frijol, el maíz amarillo, la lenteja, verduras, maracuyá, sandía, entre otros. Donde la oferta de agua para riego ha venido decayendo progresivamente debido a la disminución constante de precipitaciones pluviales, por que realizo un diseño hidráulico para regar un área de 46.01 ha y considerando como cultivo de palto has. El agua demandada por el sistema de riego será dotada el Canal Chavimochic. cuya oferta hídrica, acorde a la prueba de rendimiento realizada abastece satisfactoriamente a la demanda del cultivo mencionado.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Reúso de agua residual

El reúso del agua residual de manera sistemática, es un proceso de dar un fin de aprovechamiento al agua que proviene como producto de haber sido manipulada en actividades, sean domésticas, industriales o de otro tipo, circunscrita en proceso de tratamiento y nuevamente es utilizada para la misma actividad o actividades similares u otros fines “es la reinsertión de este recurso hídrico, a los cuerpos de agua, para un nuevo uso”. (Fhilo,L; 1987, p. 05)

La insuficiencia de agua y el incremento de los cultivos, junto a otros componentes, resaltan de importante relevancia para lograr la sustentabilidad de los sistemas. Es preciso, por tanto, optimizar el uso del agua en los diferentes niveles. Aunque la práctica de la acuicultura no es de los sectores primarios que más recursos hídricos utiliza. (Gil Pulido, 2012).

2.2.2. La acuicultura en el Perú

Según información de la FAO, la acuicultura es el cultivo de peces, crustáceos, moluscos, o plantas acuáticas de aguas marinas o continentales. Hay una diferencia entre la pesca tradicional, pues esta actividad involucra la intervención en los procesos de la producción o crianza, con una metodología controlada, pues su objetivo es acrecentar la producción. A nivel mundial, la acuicultura se encuentra entre las actividades de mayor crecimiento entre las últimas décadas, en la actualidad es forma de solucionar la gran demanda de pescados a en plazo prolongado, manteniendo la sostenibilidad de los recursos acuáticos. (Saldarriaga & Regalado , 2017, p. 35)

Según produce la acuicultura es una actividad que en el Perú se ha incrementado en los últimos años, Pues en el año el año 2000, se concretaba con 1 115 derechos otorgados en 10 809 hectáreas de espejo de agua vigentes, en cambio para el primer semestre del 2008 ya existian³, 172 derecho de acuicultura en 23,048.99 hectáreas de espejo de agua, lo cual indica que la actividad acuícola se está convirtiendo en un facultativo desarrollo para que la actividad de acuicultura en la población.

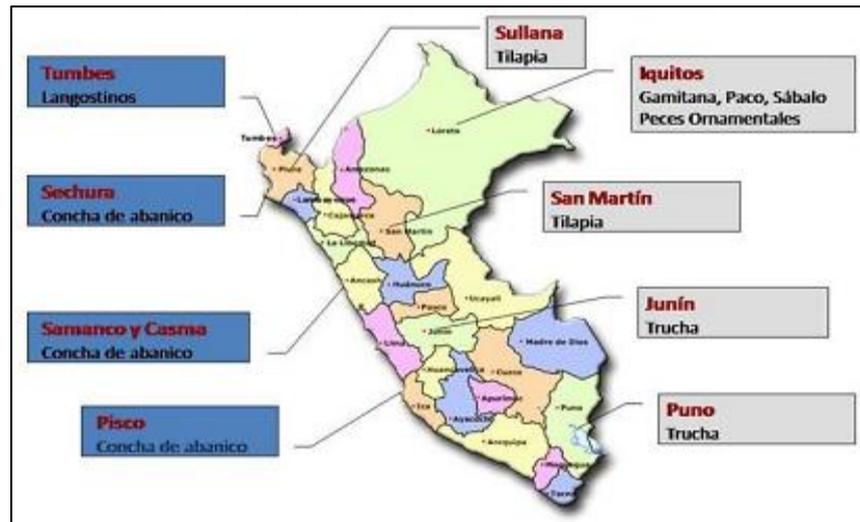


Figura 2: Zonas con mayor actividad acuícola en las regiones del Perú
Fuente: Ministerio de la producción. Consultado el 26 de octubre del 2019.

2.2.3. Peces cultivados en el Perú.

- Lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner)
- Pejerrey argentino *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835)
- Trucha *Oncorhynchus mykiss*
- Carpa *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
- Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)
- Boquichico *Prochilodus nigricans* (Agassiz, 1829)
- Doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766)
- Gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)
- Paco *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)
- Paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829)
- Sábalo cola roja *Brycon erythropterum* (Cope, 1872)

2.2.4. Crianza de *oreochromis niloticus* “tilapias”

La acuicultura es la actividad que se refiere al cultivo de especies acuáticas, que cumplen su ciclo de vida en el agua, mediante diferentes técnicas y sistemas. Estos cultivos en su mayoría tienen finalidades como el consumo humano, esparcimiento, conservación y repoblamiento de ambientes naturales, en este último caso, para

especies nativas. El cultivo de peces es una alternativa que los productores han incorporado a sus sistemas productivos, con el objeto de diversificar su producción. (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2007, pág. 5)

La ACUICULTURA es una de las mejores técnicas propuestas por el hombre para aumentar la posibilidad de alimento y se presenta como una nueva y gran alternativa para la administración de los recursos hídricos. La acuicultura, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, para ayudar a resolver el problema nutricional, y según la variedad de organismos que se cultiven, siendo uno de los más desarrollados la piscicultura o cultivo de peces donde la tilapia es uno de los peces más cultivados. (Saavedra Martínez , 2006).

Tilapia es el nombre común con el cual se conocen a diversas especies de los géneros *Oreochromis* y *Tilapia*. Estos son peces de agua dulce originarios de África y el Cercano Oriente, beneficiándose de sus características y adaptabilidad, a comienzos del siglo XIX se inician las investigaciones para utilizarlas en la piscicultura rural, especialmente en el Congo Belga (actualmente Zaire). A partir de 1924 se intensifica su cultivo en Kenia, sin embargo fue en el Extremo Oriente, en Malasia en donde se obtuvieron los mejores resultados y se iniciara su progresivo cultivo en diferentes partes del mundo. (Baltazar, 2007).

En Perú, en la década del 50, la Dirección General de Caza y Pesca del Ministerio de Fomento y Agricultura realizó las primeras introducciones con la especie *Tilapia rendalli*, utilizada como forraje para el paiche (*Arapaima gigas*); en la década de los 70, el IMARPE y la Universidad Nacional Agraria La Molina introdujeron las especies *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis hornorum* y *Oreochromis mossambica* (Ramos R. & Gávez, 2000)

2.2.5. Presencia de sustancias químicas y biológicas disueltas en el agua de cultivo de tilapias

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular menciona que su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. Las principales.

características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua para el cultivo de peces, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, la relación con los principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas de calidad del agua. (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2007, pág. 10)

Características físicas

Turbiedad: La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides, es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; son aquellas que, por su tamaño, se hallan suspendidas y reducen la transparencia del agua.

Color: Esta característica del agua puede estar atada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas primordiales de las especies responsables del color.

Olor y Sabor: El sabor y el olor están reducidamente relacionados. En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes; por otra parte, la presencia de olor, puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua. Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas pueden ser

compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas.

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

Características químicas

Amonio: Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores: El nitrógeno atmosférico, por fijación química, Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana y la reducción de nitritos.

El amoniaco o ion amonio (NH_4^+) se encuentra en cantidades notables cuando el medio es fuertemente reductor. En un medio oxidante, el ion amonio (NH_4^+) se transforma en nitrito (NO_2). Se le considera un constituyente normal de las aguas superficiales y está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües.

Nitratos y Nitritos: La concentración de nitratos en el agua subterránea es un tópico común de muchas discusiones acerca de la calidad del agua, ya que es de importancia tanto para humanos como para animales. Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud en organismos de cultivo. Niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. A menudo es difícil precisar el origen de un alto contenido de nitratos, debido a que puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los

nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas.

El pez consume el alimento y convierte el nitrógeno de las proteínas en un desecho conocido como “nitrógeno amoniacal” el cual es tóxico para los peces a bajas concentraciones. Tanto el nitrógeno amoniacal como otros desechos que se generan en el cultivo de los peces, son convertidos por las bacterias en nutrientes disponibles para las plantas, básicamente “nitratos”.

Una vez formados los nitratos, las plantas los absorben a través de sus raíces y el agua vuelve nuevamente hacia las unidades de cultivo de los peces, y así el ciclo continúa indefinidamente sin cambiar el agua por meses. (Van der Auwermeulen, 2007)

Oxígeno: Durante la época seca, el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivientes acuáticos aumenta por unidad de volumen, asimismo la temperatura influye en relación inversa con el oxígeno. Por esa situación, no es extraño que haya grandes diferencias de oxígeno disuelto entre el verano y el invierno. En el cultivo es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5 ppm.

pH: Es una variable básica que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Esta variable tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Dentro de la calidad del agua el pH interviene determinando si un cuerpo de agua es dura o blanda, es decir, evalúa los niveles de carbonatos presentes para el desarrollo del cultivo de una especie acuícola. (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2007, p. 11)

2.2.6. Nitratos de los peces

El pez consume el alimento y convierte el nitrógeno de las proteínas en un desecho conocido como “nitrógeno amoniacal” el cual es tóxico para los peces a bajas concentraciones. Tanto el nitrógeno amoniacal como otros desechos que se generan en el cultivo de los peces, son convertidos por las bacterias en nutrientes disponibles para las plantas, básicamente “nitratos”. Una vez formados los nitratos, las plantas los absorben a través de sus raíces

2.2.7. Sistema de riego por goteo

Es un tipo de tecnología que puede ser adaptado y aplicado para diferentes tipos de cultivos vegetativos, optimizando el uso de agua. Mendoza (2013) señala: “El agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento, aunque esta presión es mucho más baja que la que se necesita en riego por aspersión”.

El riego por goteo o riego gota a gota es un método de irrigación que permite una óptima aplicación de agua y abonos en los sistemas agrícolas de las zonas áridas. El agua aplicada se infiltra en el suelo irrigando directamente la zona de influencia radicular a través de un sistema de tuberías y emisores.

Pizarro (1996) señala que: “el riego por goteo es un método de riego localizado, donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores que comúnmente se denominan goteros”.

El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos. (Romero Zeballos, 2005)

2.2.8. Principios de riego por goteo

El riego por goteo aplica el agua únicamente en la zona del suelo que ocupan las raíces de las plantas. El agua es transportada por tuberías a presiones bajas, de donde sale en gotas. El sistema utiliza caudales pequeños y se riega agua con mucha frecuencia, desde un día o más, así como también con tiempos muy cortos desde una hora hasta dos horas para las hortalizas, pudiendo variar según el cultivo.

El riego por goteo supone un mejor aprovechamiento del agua y un mayor rendimiento del cultivo, pues al aumentar la transpiración aumenta la fotosíntesis (proceso de desarrollo de las plantas para la producción de frutos).

La evapo-transpiración (agua perdida por el suelo más la de las plantas), este fenómeno es igual en todos los sistemas de riego.

El riego por goteo mantiene un nivel alto de humedad (riego diario), por ello las plantas absorben el agua con más facilidad que en otros sistemas de riego. El sistema por goteo elimina las pérdidas en conducción (como en el riego por gravedad o superficial), escorrentía superficial (agua que corre en la superficie del suelo) y percolación profunda (agua que se profundiza y se pierde). (Rodas Ruíz & Cisneros de Ramirez, 2000)

2.2.9. Ventajas del sistema de riego por goteo:

- No perderemos agua por escorrentía (el agua que corre por la superficie). Al administrarse el agua gota a gota, esta nunca podrá acumularse en la superficie y correr sobre ella, perdiendo así esta agua y haciendo que a la planta no le dé tiempo a absorberla.
 - Bajo consumo de energía en el sistema de bombeo del agua.
 - Automatización completa del sistema.
 - Disposición exacta del agua en el lugar en el que necesita la planta.
- El sistema de riego por goteo distribuye en el agua directamente en la raíz de la planta para que absorba más rápido y se encargará de distribuirla.

- Administrar los nutrientes y fertilizantes necesarios para nuestra planta en el agua, mejorando así el rendimiento de nuestro huerto. Proceso también conocido como fertirriego.
- Adiós a las malas hierbas. Al echar el agua directamente en la planta evitamos regar las malas hierbas, impidiéndoles así el crecimiento.
- Reducción de plagas. Al no mojar la planta en sí, sino solamente las raíces impedimos, por ejemplo, la aparición de hongos en las hojas. Tenemos que tener especial cuidado con la colocación del gotero ya que si está muy pegado al tronco puede generar enfermedades vasculares.
- Este sistema de riego es apto para instalarse en cualquier tipo de terreno.
- Menor erosión del suelo ya que el agua no corre por este.
- Ahorra desde un 40% hasta un 60% de agua y puedes llevarla a zonas de difícil acceso ya sea laderas o quebradas.
- Aumenta la producción y calidad ya que el riego es directo y controlado, ahorras mano de obra y gastos por el consumo de agua.
- Aumento del rendimiento por el trabajo y los recursos empleados, así como una mejora con respecto a la productividad por hectárea. (GARDENEAS, 2016)

2.2.10. Desventajas del sistema de riego por goteo:

- El riego por goteo es más caro en la instalación que otros sistemas de riego. Pero realmente a la larga será mucho más económico y sobretodo ecológico.
- Posible taponamiento de los goteros debido a las sales que pueda contener el agua o por la mala calidad del gotero. Para ello recomendamos el uso de sistema de filtrados, algo que supone un aumento del presupuesto.
- No se puede labrar el suelo una vez está instalado el sistema.
- Alto coste de mantenimiento.
- Requiere de mayor preparación técnica por parte del agricultor.

Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.
(GARDENEAS, 2016)

2.2.11. Eficiencia del sistema de riego por goteo

Eficiencia global de riego (Eg) de una determinada zona regable, a la relación entre volumen de agua puesto a disposición de los cultivos para su zona radicular y el volumen total suministrado a la citada zona de riego. (Salvatierra Bellido, 2006, pág. 5)

2.2.12. Sistema de riego automático

El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión o por goteo normalmente.

Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee.

Los riegos por aspersión o por goteo automatizados, son de gran ayuda en estos años. Cada vez tenemos menos tiempo para dedicarnos a nuestro jardín y necesitamos soluciones prácticas y económicas para aprovecharlo durante el día. Para ahorrar en agua el ideal es regar de noche con menor temperatura, sin viento y mayor presión de agua, lo que es casi impracticable si no se tiene un riego automático.

Programadores computarizados dan mayores ventajas aun, como regar de noche con mayor presión y menor pérdida de agua por evaporación provocada por calor y viento. (Vasquez, S. f.)

2.2.13. Diseño de un sistema de riego por goteo

El riego por goteo es uno de los sistemas de riego presurizados más eficientes en la actualidad que suministra el agua gota a gota y presenta múltiples ventajas tales como la eficiencia de conducción y aplicación, distribución y emisión, así como eficiencia en el uso del agua; razón por la cual ha sido implementado exitosamente en muchos cultivos hortícolas y frutícolas en todo el mundo. Dentro de la implementación de esta tecnología, el diseño del sistema de riego por goteo es quizá el paso más crítico, ya que del diseño adecuado depende una instalación y

operación exitosa del sistema. El diseño de sistemas de riego por goteo consta de tres grandes partes: diseño agronómico, diseño geométrico y diseño hidráulico. El diseño agronómico consiste calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales. (INTAGRI, 2019).

2.3. Definición de términos básicos

Acuicultura: Cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El cultivo implica alguna forma de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, tales como el aprovechamiento regular, la alimentación, la protección contra depredadores, etc., así como la propiedad individual o colectiva del shock que se cultiva.

Amonio: Es el producto de la excreción, orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces es un elemento tóxico.

Cultivo: El cultivo implica algún tipo de intervención humana en el proceso, con el objetivo de mejorar la producción.

Hortalizas: Conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o cocida.

Lamina de riego: Es la cantidad de agua que debe ser aplicado en un riego, con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración.

Mineralización: Este es el proceso mediante el cual se produce la liberación de elementos o moléculas menores al agua, originadas en la materia orgánica sólida depositada en sectores localizados dentro del sistema.

Nitrito: Se generan en el proceso de transformación del amoníaco a nitritos. La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua.

Riego: El riego consiste en aportar agua al sustrato, para que las plantas (hortalizas, pastos, hierbas, ornamentales, etc.) puedan crecer y/o desarrollarse.

Riego por goteo: Es un sistema de riego eficiente para suministrar agua de manera constante y uniforme a los cultivos, gota a gota, el cual optimiza el agua y humedece en forma de cebolla al suelo.

Riego por gravedad: Es un antiguo sistema de riego que consiste en distribuir el agua en las camas de cultivo, inundando las zonas de plantación, es un riego cuyo inconveniente es el despilfarro de agua.

Tilapia: Grupo de peces de origen africano que habitan principalmente en regiones tropicales del mundo. Pertenecen al género *Oreochromis*.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto

3.1.1. Procedimiento metodológico:

3.1.1.1. Para el análisis de la calidad de agua de la piscina de crianza de tilapias del invernadero multifuncional de la UNTELS.

Se realizó la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua de la piscina: pH, temperatura, conductividad eléctrica, presión, sólidos totales. De este modo se conocerá la calidad de la misma que será reutilizada para regar a los diferentes cultivos de hortalizas como la lechuga, albaca, espinaca, rábano, entre otros y frutas como las fresas.

Equipos y materiales:

- Envases de cristal o de polietileno
- Conservadora con hielo o refrigerantes.
- Agua destilada para la limpieza de los materiales.

En la toma de muestra:

- Se rotula los envases
- Se enjuaga los envases a utilizar por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear.
- Tomar las muestras, estas se deberán tomar en los sitios de mayor mezcla, para asegurar la representatividad del agua contenida en el punto de muestreo. Evitar tomar las muestras en sitios muy cercanos a la orilla o bordes del cuerpo de agua. No recolectar sedimentos o materiales adheridos a la orilla o bordes del cuerpo de agua o superficie del mismo, así como tampoco es recomendable recolectar partículas grandes.
- Colocar las muestras en el conservador.
- Llevarlos a analizar a un laboratorio. El tiempo de entrega de las muestras al laboratorio no deberá de exceder de 24 horas.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos a evaluar en el laboratorio

Parámetro fisicoquímicos a evaluar en el laboratorio LABECO	
Código	Agua de piscina
Parámetro	Unidad
pH	Unid. pH
Temperatura	°C
Conductividad Eléctrica	µS/cm
Presión	Kpa
Sólidos Totales	mg/L

Comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), según el D.S. N° 004-2017-MINAM, de las siguientes categorías: Categoría 3, que son aguas destinadas para riego de vegetales y bebida de animales y la categoría 4, conservación del ambiente acuático.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3

Figura 3: ECA AGUA - Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
Fuente: Diario El peruano, publicado el 07/06/2017

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FISICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₄)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2

Figura 4: ECA AGUA - Categoría 4: Conservación del ambiente acuático
Fuente: Diario El peruano, publicado el 07/06/2017

3.1.1.2. Estimando el tiempo de durabilidad del volumen de agua de la crianza de tilapia con el sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional.

Para bombear el agua de la piscina de la crianza de tilapia se cuenta con una bomba periférica de Karson Pump de 0.37 kw/0.5 HP, con un caudal máximo de 30L/min y con una velocidad del motor de 3450 rpm (Anexo 3). Así mismo cuenta con un temporizador el cual tiene una programación de encendido de 4 veces al día por 5 minutos cada una, siguiendo una secuencia horaria como lo indicada la Tabla 2.

Tabla 2: Secuencia del horario de encendido del temporizador por 5 minutos cada uno.

Secuencia del horario de encendido del temporizador por 5 minutos cada uno.	
Día	06:00 am
Día	12:00 pm
Noche	06:00 pm
Noche	12:00 am

- Estimar el volumen de agua de la piscina donde se cultiva las tilapias. La piscina mide de 2.20m de largo, 0.75m de ancho y 0.3m de profundidad, el nivel del agua de la piscina se mantiene a 0.03m de la superficie.

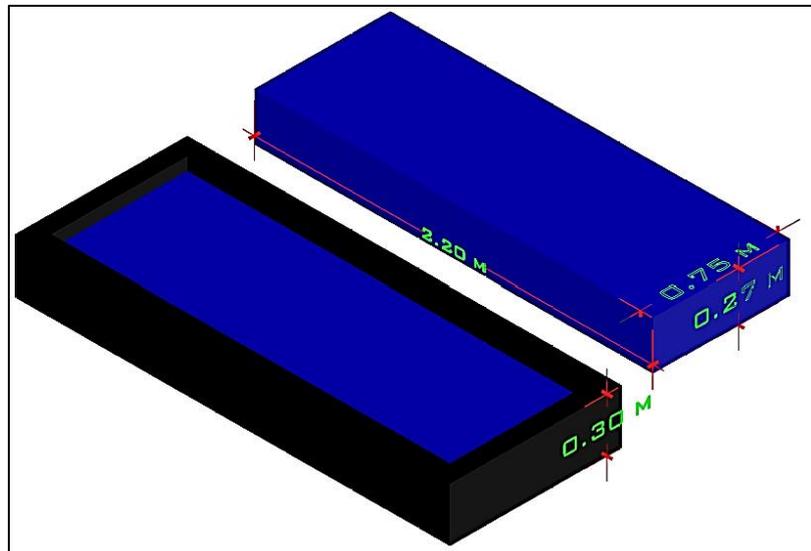


Figura 5: Dimensiones de la piscina de crianza de tilapias

- Determinar la lámina de riego para un riego por gravedad. Se realizó estos cálculos con la finalidad de poder realizar un estudio comparativo en el nivel de eficiencia del riego por goteo versus el riego por gravedad para el cual es necesario contar con una lámina de riego, que se necesitaría de la piscina de crianza de tilapia, el cual se viene proponiendo como un prototipo. Cabe resaltar que el tipo de suelo que se encuentra en las camas de cultivo del Invernadero Multifuncional es un suelo arenoso.

Determinando lámina de riego:

Para determinar la lámina de riego por gravedad, se realizó a través de la siguiente fórmula.

$$Lr = \frac{CC - PM}{100} \times Prof. \times Da$$

Donde:
CC: Capacidad de campo
PM: Punto de Marchitez
Prof.: Profundidad
Da: Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente se realizó el método del cilindro, el cual consiste en la medición de la masa de suelo en el campo con ayuda de un cilindro volumétrico (medidas que ya se conocen), el cual fue introducido a una profundidad de 20 cm en el suelo, se extrajo el suelo en el cilindro con sumo cuidado y se colocó en un vaso beaker, para luego ser llevados a la estufa, donde se secó la muestra a 105°C por 24 horas.



Figura 6: Peso de la muestra de suelo húmeda



Figura 7: Muestra de suelo colocado a estufa por 24 horas a 105°C

Para hallar la Capacidad de Campo (CC) y en Punto de Marchitez (PM), se calculó la Humedad Equivalente (H.E.), el cual se halló mediante el método gravimétrico, conociendo el peso del suelo húmedo (antes de ser introducido a la estufa y el suelo seco (después de ser introducido a la estufa) a 105°C por 24 horas.

$$H.E.(\%) = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

Donde:

PSH: Peso de suelo húmedo

PSS: Peso de suelo secado en la estufa

Con el valor de Humedad Equivalente se puede determinar el % de humedad a Capacidad de Campo (CC) y en Punto de Marchitez (PM).

Para determinar la CC, para un suelo de textura, se hace uso de la fórmula:

$$CC(\%) = 0.774 \times H.E. + 4.41$$

Para determinar el PM, se hace uso de la fórmula:

$$PM(\%) = \frac{H.E.}{1.84}$$

- Realizar el cálculo estimado del volumen que emana un gotero en 5 minutos:

Se realizó la estimación del volumen en una de las áreas donde está instalado el sistema de riego por goteo. Se ubicó un punto en una de las áreas, luego se retiró un poco de suelo y se colocó el vaso beaker al ras del suelo, para que se pueda almacenar el volumen de agua.



Figura 8:Retirando un poco de suelo para la toma de muestra

T



Figura 9: Colado del vaso beaker al ras del suelo



Figura 10: Almacenando agua de un gotero

Llevar la muestra obtenida al laboratorio y medir el volumen en una probeta que tiene un margen de error de $\pm 0.5\text{ml}$.

- Determinar el número de goteros:
En las instalaciones del sistema de riego por goteo. Son en total 10 camas de cultivo, (8 en el interior del mini invernadero y 2 en el invernadero multifuncional (Anexo 2)) los que serán regados con el reúso del agua de crianza de tilapia, cada cama cuenta con una cantidad de goteros diferentes. Un gotero dista de otro cada 30 cm en lo largo de una lámina.



Figura 11: Camas de cultivo donde se reusarán las aguas de crianza de tilapia, se encuentra 8 en el mini invernadero y dos en el invernadero multifuncional.

- Estimar la demanda hídrica por área de las especies vegetales cultivadas (hortalizas).

Se realizó la estimación de la demanda hídrica total para el área que se regará con el sistema de riego por goteo.

3.2. Resultados

3.2.1. Los resultados de la muestra de agua obtenidas en el laboratorio

Se realizó las comparaciones de las tablas de ECAS para riego de vegetales y bebida de animales y ECA ECA para conservación del ambiente acuático con los resultados de análisis de agua obtenidas en el laboratorio,

Tabla 3: Resultados de la muestra de laboratorio:

Parámetro fisicoquímicos evaluados en el laboratorio LABECO			
Código	Agua de piscina		
Parámetro	Valor	Límite Detección	Unidad
pH	7.61	-	Unid. pH
Temperatura	19.92	-	°C
Conductividad Eléctrica	411	-	µS/cm
Presión	99.13	-	Kpa
Sólidos Totales	206	4.0	mg/L

Análisis e interpretación de resultados:

El parámetro fisicoquímico potencial de hidrógeno (pH) que se obtuvo en el análisis de laboratorio fue de 7.61, el ECA para riego de vegetales y bebida de animales nos indica que este parámetro se debe mantener entre los 6.5 y 8.5 y el ECA para conservación del ambiente acuático nos indica que el pH para animales acuáticos se debe mantener en el rango de 6.5 a 9.0; por lo tanto, la evaluación de este parámetro está cumpliendo con la normativa.

Según la revista El Laboratorio en su publicación de la "Temperatura del agua" indica que la temperatura del agua para riego de cultivos se debe encontrar entre 18°C y 24°C, siendo la temperatura optima de 23°C para que la planta pueda asimilar correctamente los nutrientes. El análisis de laboratorio muestra la temperatura promedio de 19.92°C, la cual se mantiene con una varios mínima de 2°C a 3°C; por lo expuesto anteriormente, la temperatura del agua de la piscina se encuentra dentro del rango de las temperaturas idóneas para riego y la crianza de peces en lagunas y lagos.

Los parámetros fisicoquímicos de conductividad eléctrica según los resultados de laboratorio fueron de 411 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el ECA para riego de vegetales y bebida de animales nos indica que este parámetro no debe ser mayor a 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el ECA para conservación del ambiente acuático nos indica que no debe ser mayor a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; por lo tanto, estamos dentro de lo permitido, tanto para riego de cultivos como para la conservación del ambiente acuático.

El parámetro de sólidos suspendidos totales, según la evaluación del laboratorio del límite de detección es de 4.0, según el ECA para conservación del ambiente acuático nos indica que este parámetro debe ser $\leq 25 \text{ mg}/\text{L}$, por lo tanto, estamos dentro de este margen.

3.2.2. Estimación del tiempo de durabilidad del volumen de agua de la crianza de tilapia con el sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional.

- Calculando la estimación del volumen de agua que contiene la piscina (V_p) de crianza de tilapia:

$$V_{\text{piscina}} = 0.75\text{m} \times 2.20\text{m} \times 0.27\text{m}$$

$$V_{\text{piscina}} = 0.4455\text{m}^3$$

$$V_{\text{piscina}} = 445.5 \text{ L}$$

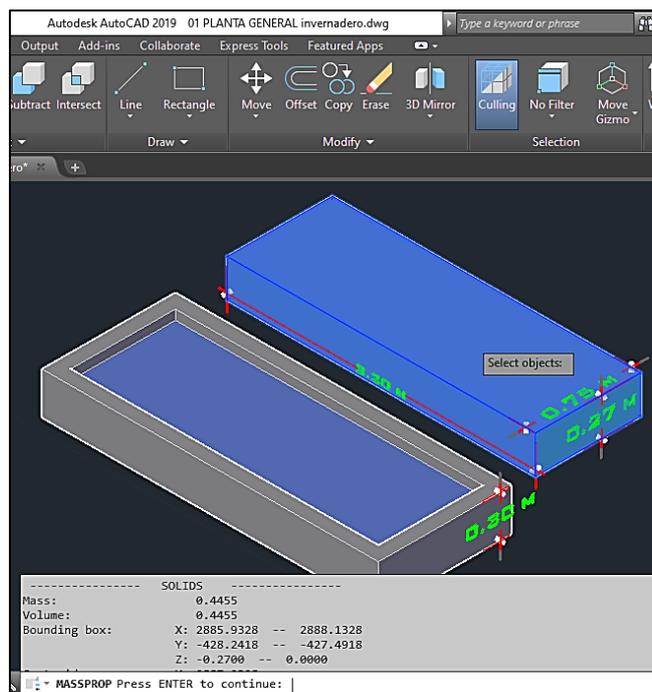


Figura 12: Cálculo del volumen de agua de la piscina, según AutoCAD.

- Determinando la lámina de riego para un riego por gravedad.

Determinando la Densidad aparente (Da):

El volumen del cilindro es: 280cm³

$$Da = \frac{\text{Peso de suelo seco a estufa}}{\text{Volumen de cilindro}}$$

$$Da = \frac{448.11}{280}$$

$$Da = 1.6$$

Calculando la Humedad Equivalente:

$$H.E. (\%) = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

$$H.E. (\%) = \frac{474.86 - 448.11}{448.11} \times 100$$

$$H.E. (\%) = \frac{26.75}{448.11} \times 100$$

$$H.E. (\%) = 0.0597 \times 100$$

$$H.E. (\%) = 5.97$$

Calculando la Capacidad de Campo:

$$CC(\%) = 0.774 \times H.E. + 4.41$$

$$CC(\%) = 0.774 \times 5.97 + 4.41$$

$$CC(\%) = 4.62 + 4.41$$

$$CC(\%) = 9$$

Calculando Punto de Marchitez:

$$PM(\%) = \frac{H.E.}{1.84}$$

$$PM(\%) = \frac{5.97}{1.84}$$

$$PM(\%) = 3.2$$

Calculando la lámina de riego a partir de los datos obtenidos:

$$Lr = \frac{CC - PM}{100} \times Prof. \times Da$$

$$Lr = \frac{9 - 3.2}{100} \times 20 \times 1.6$$

$$Lr = \frac{5.8}{100} \times 20 \times 1.6$$

$$Lr = 0.058 \times 20 \times 1.6$$

$$Lr = 1.856 \text{ cm}$$

Sí un 1cm de lámina de riego equivale al uso de 100m³ de agua para riego en una hectárea de cultivo en un día y una hectárea equivale a 10000m², entonces:

$$185.6 \text{ m}^3 \rightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$\text{Riego por gravedad} \rightarrow 26.0378 \text{ m}^2$$

$$\text{Riego por gravedad} = \frac{185.6 \times 26.0378}{10000}$$

$$\text{Riego por gravedad} = \frac{4832.6}{10000}$$

$$\text{Riego por gravedad} = 0.48326 \text{ m}^3$$

$$\text{Riego por gravedad} = 483.26 \text{ L}$$

Si se realizará el riego por gravedad la demanda hídrica sería de 483.26 L de agua para regar un área de cultivo de 26.0378m².

- Cálculo del estimado del volumen que emana un gotero.

La muestra obtenida fue llevada a laboratorio y se calculó el volumen estimado de la muestra con una probeta de 100ml ±0.5 y uno de 50ml ±0.5, como se muestra en la figura 11.



Figura 13: Estimación del volumen de la muestra de agua obtenida de un gotero

La medición del volumen fue de 100 ml según indica la probeta, esta cantidad de volumen fue recaudada en un tiempo de 5min.



Figura 14: Volumen calculado de la muestra

- El número de goteros en las instalaciones del sistema de riego por goteo, se emplearon dependiendo de las áreas de las camas de cultivo.

En total se emplearon 35 láminas de riego, 28 láminas en el interior del mini invernadero y 7 láminas en el invernadero multifuncional, las láminas fueron de distintos tamaños, llegando a instalar este sistema en un área total de 26.0378 m², donde el número total de goteros es de 382.



Figura 15: Láminas de sistema de riego por goteo del mini invernadero

- Estimando la demanda hídrica por área de las especies vegetales cultivadas (hortalizas).

Según los datos obtenidos anteriormente, nos indica que en 5 minutos un gotero de la lámina demanda 100 ml de agua reusada de la piscina de crianza de tilapia, El temporizador que activa el sistema está programado para encenderse y regar 4 veces en un día, entonces la demanda de agua de un gotero en un día (DUD) será de:

$$100 \text{ ml} \rightarrow 5 \text{ min}$$

$$Dd \text{ ml} \rightarrow 20 \text{ min}$$

$$DUD \text{ ml} = \frac{100 \text{ ml} \times 20 \text{ min}}{5 \text{ min}}$$

$$DUD \text{ ml} = 400 \text{ ml}$$

$$DUD = 0.4 \text{ L}$$

La demanda hídrica por cada riego (DCR) de todas las camas de cultivo y el estimando la demanda hídrica final empleado en un día en el sistema de riego por goteo (DF):

$$DCR = 0.1 L \times 382 \text{ goteros}$$

$$DCR = 38.2 L$$

$$DF = 0.4 L \times 382 \text{ goteros}$$

$$DF = 152.8 L$$

Por lo tanto, la demanda hídrica mediante el sistema de riego por goteo en un día en el área de 26.0378 m² es de 152.8L

CONCLUSIONES

Se llegó a optimizar el reúso de las aguas usadas en la piscina de crianza de tilapia aplicando el sistema de riego por goteo, inicialmente se regaba estos cultivos con apoyo de mangueras y baldes, practicando el riego por gravedad, donde la demanda de agua sobre pasa los 445.5 L de oferta de agua que contiene la piscina de crianza de tilapias con un total de demanda de 483.2L de agua por día en 26.0378 m² (0.02600378 ha) de área de cultivo; con el sistema de riego por goteo la oferta de agua que proporciona la piscina de crianza de tilapias, satisface una demanda hídrica de aproximadamente 3 días en la misma área.

Los parámetros fisicoquímicos del agua de la piscina de crianza de tilapias analizados en el laboratorio nos indican que los resultados están dentro de los parámetros establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobados con el D.S. N° 004-2017-MINAM, en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales y categoría 4: Conservación del ambiente acuático. Por lo cual, se entiende que estas aguas pueden ser reusadas en el cultivo de vegetales.

La oferta que ofrece el agua de la piscina de crianza de tilapias es de 445.5 L de agua, esta satisface la demanda de 152.8 L de agua que necesitan las camas de cultivo en un día para ser regadas en un área total 26.0378 m² (0.02600378 ha); por lo tanto, se estima que el volumen de agua a reusar aplicando el sistema de riego por goteo satisface la demanda de 11 riegos aproximadamente, que equivale a 2 días de riego completo y 3 riegos del tercer día, restando 25.3 L de agua en la piscina. Si las tilapias son cambiadas de agua una vez por semana se podría establecer que 3 de los 7 días que tiene la semana se pueden regar las camas de cultivo con esta agua.

RECOMENDACIONES

Aplicar este prototipo, para lugares donde se practique la acuicultura en estanques, piscinas y posas, de esta manera se podrá dar un reuso al agua que se usa en los cultivos de peces de agua dulce, como es la tilapia, la trucha, entre otros; aplicando un sistema de riego por goteo, para optimizar el reuso de estas aguas. Sabiendo que aproximadamente para regar un área de 26.0378 m² (0.02600378 ha) se estima que se necesita 152.8 L de agua por día.

Las aguas que se usan para el cultivo y crianza de peces, cumplen con los estándares de calidad de agua que necesitan para su supervivencia y al mismo tiempo para su reuso en zonas agrícolas; por lo tanto, se recomienda su reuso en los cultivos agrícolas.

Reusar las aguas de cultivo de tilapias, para conseguir nutrientes en el suelo como nitratos, fósforos, entre otros, para elevar la producción vegetativa (como en el prototipo se usó en producción de hortalizas), de esta forma se evitaría la aplicación de agroquímicos clásico.

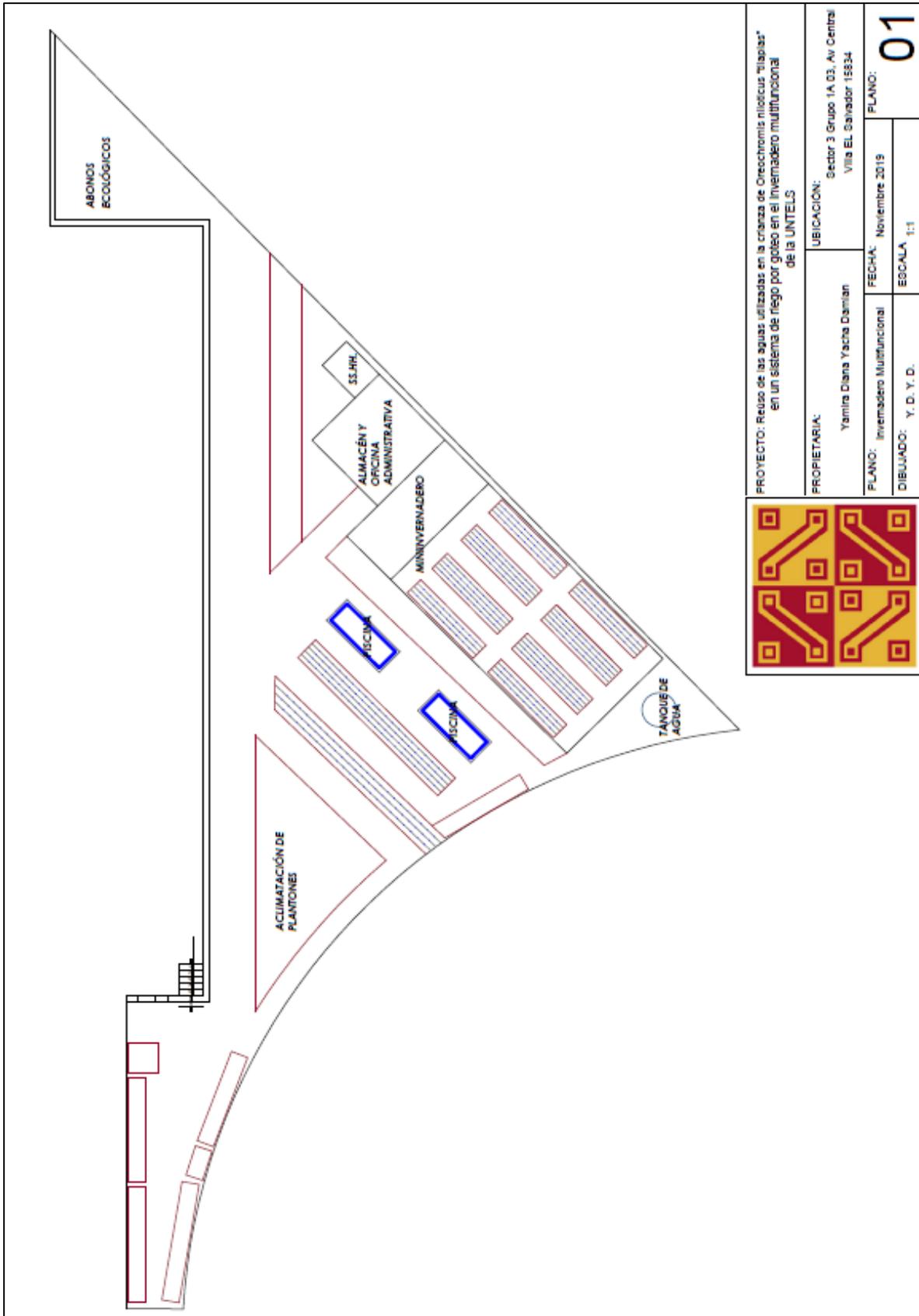
BIBLIOGRAFÍA

- Alemán Canda, M., & Vallejo Brenes, T. (2017). *Estudio de tres biofertilizantes y agua residual de crianza de tilapia (Oreochromis niloticus L.) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) Cv. SHANTY, Managua, 2016*. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Baltazar, P. M. (07 de 2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Peru. biol. UNMSM*.
- Bautista Covarrubias, J. C., & Ruiz Velazco Arce, J. M. (09 de 2007). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia. *ISSN*.
- Blas Ferrel, R., & Martell Reyes, O. (2017). *Diseño hidraulico de un sistema de riego tecnificado por goteo para productos orgánicos en la localidad de conache, distrito de IAREDO*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Fhilo, L. (1987). Reúso indirecto no planeado, planeado y reúso directo planeado. 32.
- Franco Villafuerte, J. A. (2018). *Regímenes de riego en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) bajo riego por goteo*. Lima.
- GARDENEAS, C. (02 de 12 de 2016). *Ventajas y desventajas del riego por goteo*. Obtenido de GARDENEAS: <https://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-goteo-y-desventajas/>
- Gasca Leyva, E. (S.f.). *La Acuicultura y la Agrucultura Trabajando Juntas para la sustentabilidad*. Yucatán, México.
- Gil Pulido, B. (29 de 10 de 2012). *Acuicultura: ahorro y reutilización de agua. Sistemas de recirculación y acuicultura integrada*. Obtenido de IAGUA: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-gil/acuicultura-ahorro-y-reutilizacion-de-agua-sistemas-de-recirculacion-y-acuicultura-integrada>
- INTAGRI, E. E. (01 de 2019). *Diseño Agronómico del Sistema de Riego por Goteo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/diseno-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo>
- Laboratorio de Todogrowled. (31 de 07 de 2018). Temperatura del agua de riego. *El laboratorio*.
- Martin, B. G. (2009). *Situación actual de la tilapia en el Perú*. Puerto Vallarta, México.
- Mendoza Martinez, A. E. (2013). Riego por goteo.
- Nima Maza, S. d. (2019). *Determinación del consumo de agua de riego empleando el método del riego por goteo en el cultivo de vid. Variedades Crimson y Superior (Seedless Sugraone)*. Piura .
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). *Mundi Prensa*.

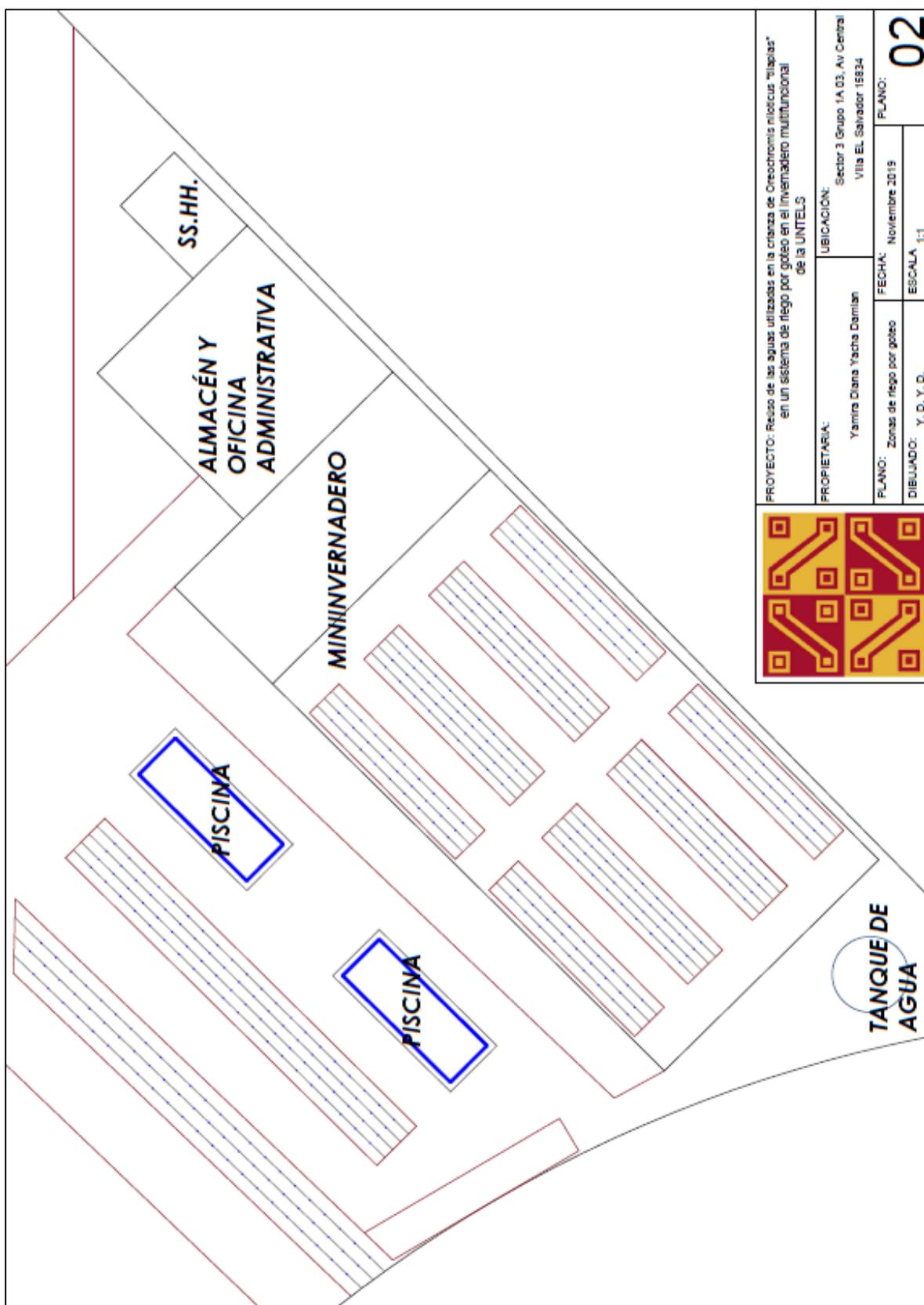
- Ramos R., & Gávez, M. (2000). Impacto ambiental de la introducción de "tilapias" en la cuenca del río Piura. *Científica de la Universidad Nacional de Piura*.
- Rodas Ruíz, H. A., & Cisneros de Ramirez, P. (2000). *Principio de riego por goteo*. San Salvador: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.
- Romero Zeballos, J. L. (2005). Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. @PREDES, 5.
- Saavedra Martínez , M. A. (31 de 07 de 2006). MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA. *USAID*.
- Saldarriaga , M., & Regalado , F. (12 de 2017). Potencial acuícola en el Perú. *Moneda*, 34-39.
- Salvatierra Bellido, B. (2006). *EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO EN ANDALUCÍA*. Obtenido de BOLETÍN TRIMESTRAL DE INFORMACIÓN AL REGANTE EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO EN ANDALUCÍA: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Art%C3%ADculo_BoletinIFAPA_Ene-Mar_09.pdf
- Torres Richards, E. M. (2018). *Diseño del sistema de riego por goteo en las comunidades San José Alto, San José Grande, y San Juan Loma, de la parroquia Tabacundo Cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha*. Quito, Ecuador.
- Van der Auwermeulen, E. (2007). *Agricultura Sustentable y Alternativa: ACUAPONIA*. Reequilibrium.
- Vasquez, C. (S. f.). *RIEGO AUTOMATICO Y SUS VENTAJAS*. Obtenido de Riego Vasquez: <http://www.actiweb.es/riegovasquez/pagina3.html>

ANEXOS

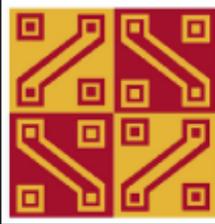
ANEXO 1: Plano del invernadero multifuncional.



ANEXO 2: Áreas del sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional



PROYECTO: Riego de las aguas utilizadas en la crianza de <i>Oreochromis niloticus</i> "tilapia" en un sistema de riego por goteo en el invernadero multifuncional de la UNTELS	
PROPIETARIA: Yamira Diana Yacha Damian	UBICACIÓN: Sector 3 Grupo 1A.03, Av Central Villa EL Salvador 15834
PLANO: Zonas de riego por goteo	FECHA: Noviembre 2019
DIBUJADO: Y. D. Y. D.	ESCALA: 1:1
PLANO: 02	



ANEXO 3: Bomba periférica de Karson Pump utilizado en el invernadero.



ANEXO 4: Temporizador que se usa en el invernadero multifuncional.



ANEXO 5: Realizando análisis y cálculos en el laboratorio de edafología.



ANEXO 6: Realizando cálculos en el laboratorio de biología de la UNTELS.



ANEXO 7: Realizando mediciones en el mini-invernadero de la UNTELS.



ANEXO 8: Imágenes de la piscina de crianza de tilapias Invernadero Multifuncional de la UNTELS.



ANEXO 9: Imágenes del mini-invernadero de la UNTELS.

