

**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

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
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
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
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 .....	13
2.2.6. Nitratos de los peces .....	16
2.2.7. Sistema de riego por goteo .....	16
2.2.8. Principios de riego por goteo .....	17
2.2.9. Ventajas del sistema de riego por goteo: .....	17
2.2.10. Desventajas del sistema de riego por goteo: .....	18
2.2.11. Eficiencia del sistema de riego por goteo .....	18
2.2.12. Sistema de riego automático .....	18

2.2.13. Diseño de un sistema de riego por goteo .....	19
2.3. Definición de términos básicos .....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>21</b>
<b>DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....</b>	<b>21</b>
3.1. Modelo de solución propuesto .....	21
3.1.1. Procedimiento metodológico: .....	21
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. ....	21
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. ....	23
3.2. Resultados .....	30
3.2.1. Los resultados de la muestra de agua obtenidas en el laboratorio .....	30
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. ....	31
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## 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 .....	11
Figura 3: ECA AGUA - Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. ....	22
Figura 4: ECA AGUA - Categoría 4: Conservación del ambiente acuático .....	23
Figura 5: Dimensiones de la piscina de crianza de tilapias .....	24
Figura 6: Peso de la muestra de suelo húmeda .....	25
Figura 7: Muestra de suelo colocado a estufa por 24 horas a 105°C .....	25
Figura 8:Retirando un poco de suelo para la toma de muestra .....	27
Figura 9: Colado del vaso beaker al ras del suelo .....	27
Figura 10: Almacenando agua de un gotero .....	28
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. ....	29
Figura 12: Cálculo del volumen de agua de la piscina, según AutoCAD. ....	31
Figura 13: Estimación del volumen de la muestra de agua obtenida de un gotero ....	33
Figura 14: Volumen calculado de la muestra .....	34
Figura 15: Láminas de sistema de riego por goteo del mini invernadero .....	35

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos a evaluar en el laboratorio .....	22
Tabla 2: Secuencia del horario de encendido del temporizador por 5 minutos cada uno.....	23
Tabla 3: Resultados de la muestra de laboratorio: .....	30

## 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 Hm<sup>3</sup> de los cuales 16.267 Hm<sup>3</sup> (85.7 %) corresponden al uso agrícola, 1.264 Hm<sup>3</sup> (6.7 %) uso potable, 1.155 Hm<sup>3</sup> (6.1 %) uso industrial, 207 Hm<sup>3</sup> (1.1 %) uso minero y 79 Hm<sup>3</sup> (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, éstas 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.

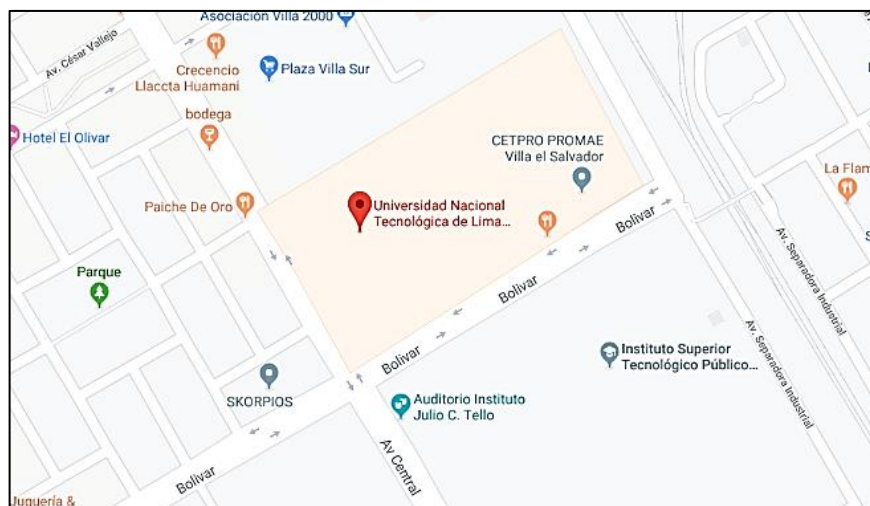


Figura 1: Ubicación de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur  
Fuente: Google. (s.f). [Mapa de Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en Google maps]. Consultado el 19 de octubre del 2019, de: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

## **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”. Tuvo como objetivo en su investigación valorar las consecuencias de tres biofertilizantes y el agua donde se realiza la crianza de tilapia, todo para ver qué efectos pueden presentar en los parámetros de crecimiento y rendimiento en la productividad del cultivo de tomate. Posterior a sus investigaciones, obtuvo como resultado un mejor rendimiento haciendo uso de la aguas de crianza de tilapias, también fue el que mostró mejor beneficio neto.

(Gasca Leyva, S.f.) Esta investigación se llevó a cabo en Yucatán México, en el que a parcela agrícola se le adicionó el agua de cultivo de tilapias. Se contarán anteriormente con tanques de cemento, los cuales tenían función de irrigación a las parcelas, estos tanques no contaban con sistema de filtración, oxigenación, ni alimentación para peces. Se utilizaron estos tanques como crianza para las tilapias, las cuales eran alimentadas con productos balanceados, pero también con alimentos caseros y entre otros. Se realizó la fusión del uso de estas aguas de los tanques en el sistema de irrigación en las parcelas logrando así una mejor o productividad agrícola.

(Torres Richards, 2018) Con su proyecto “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”, se planteó diseñar un sistema que pueda

suministrar agua por medio de líneas eficientes de conducción, que lleguen hasta las líneas que conducen el agua en la zona, puesto que en el verano en la parroquia de Tabacundo representan gran problema producto de la el cartel de agua para el riego de los productos agrícolas; al no contar ellos con un sistema que les ayude a optimizar las aguas en el uso de regadíos es que surge este proyecto, realizando un diseño de sistema de riego por goteo, el cual contempla desde la conducción, almacenamiento y distribución, las cuales el apoyo en las comunidades citadas; para la realización de este proyecto se tomó en cuenta los factores como el clima, el tipo de suelo, los ciclos del riego, la extensión de las área donde se aplicará el sistema y la eficiencia del mismo.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

(Nima Maza, 2019) En su proyecto “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*)”, Nima realiza la comparación del consumo de agua en en dos variedad de este cultivo el Crimon y en el Superior del cultivo de vid, donde aplica el método de riego por goteo, aplicando este método en el Fundo Valle Verde, su investigación tiene un periodo de aplicación entre los meses de junio a octubre del año 2018, también realizó la determinación del coeficiente de cultivo y la valoración de la demanda de agua.

(Franco Villafuerte, 2018) Con su proyecto “Regímenes de riego en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de quinua (*chenopodium quinoa willd.*) bajo riego por goteo”, analizó parámetros como la calidad de granos y el crecimiento en cuatro tipos de quinua, de esta forma verificó el eficiencia del sistema de riego. Sus investigaciones la realizo en la UNALAM. EL diseño que practicó fue 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, número 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 se encuentra en tiempo de crisis económica, por la escasez en la producción obtenidas en los cultivos, todo esto por no contar con una tecnología innovadora para el riego 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 lo que realizó un diseño hidráulico para regar un área de 46.01 ha y considerando como cultivo de palto has. La demanda de agua que requiere este sistema será captada del Canal Chavimochic, el cual después de los análisis de oferta hídrica, suministra provechosamente en la demanda que se necesitan en el cultivo.

## **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 reinserción 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.

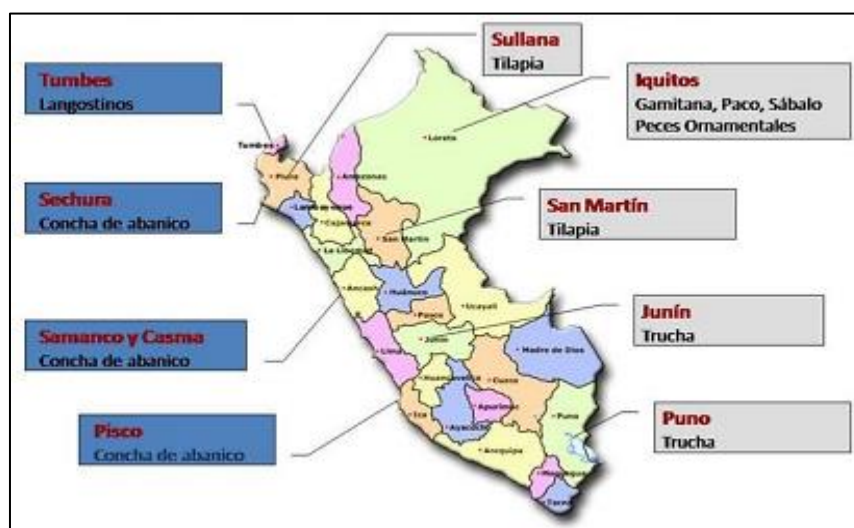


Figura 2: Zonas con mayor actividad acuícola en las regiones del Perú  
Fuente: Ministerio de la producción. Consultado el 26 de octubre del 2019.

### 2.2.3. Peces cultivados en el Perú.

- Lengudo *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, mediante diferentes técnicas y sistemas. Estos cultivos en su mayoría tienen finalidades como y la conservación, el repoblamiento de especies (sobre todo las de peligro en extinción), el de consumo humano, entre otros. Los productores han incorporado el cultivo de peces como una alternativa para poder diversificar su producción, basándose en diversos sistemas. (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2007, pág. 5)

La ACUICULTURA surge como una alternativa para realizar una mejor gestión de los recursos hídricos en el ámbito de la agricultura, es una propuesta que busca mejorar la optimización de las aguas utilizadas en la crianza de diferentes veces, las cuales serán usadas mediante sistemas óptimos de riego en la agricultura, de esta forma se busca mejorar en los cultivos acuícolas y cultivos agrícolas.

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, ya que se adaptan fácilmente a cualquier tipo de ambiente, a inicios del siglo XIX se realizan investigaciones para utilizarlas en la piscicultura rural. A partir de 1924 se incrementa su cultivo en Kenia; sin embargo, fue en Malasia donde se obtuvieron los mejores resultados, a partir de entonces el cultivo de esta especie se empezó a practicar en diversos países 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; 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.

Se dice que un agua que quiere un propósito en particular, la calidad de esta vea en función al uso que se le va a dar, si nos basamos en esta definición, un agua se considerará contaminada si esta ha sufrido cambios que puedan afectarla y ya no pueda ser usado en el fin que se tenía pensado; entre los principales al área metros que se miden para verificar la calidad de agua para el cultivo de peces, son las fisicoquímicas y las biológicas, las cuales están establecidas por normas de calidad de agua, ya que la calidad de estas repercute en directamente en la salud.

##### **Características físicas**

**Color:** Generalmente esta característica física estar relacionada con la turbiedad; sin embargo, en esta característica puede deberse a las diferentes estructuras químicas que posee.

**Sabor y olor:** son dos características físicas que se encuentran altamente relacionadas, un buen indicio indirecto sería la ausencia de falta de olor en el agua; por otro lado, la presencia de unos sería un indicador de la presencia de compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas las cuales también pueden generar fuertes olores en el agua.

**Temperatura:** esta característica física es una de las más relevantes en el agua, pues este influye en directamente en la producción de actividades biológicas, la precipitación de compuestos, la absorción de oxígeno, la formación de depósitos, filtración y sedimentación.

**Turbiedad:** Esta se origina por la cantidad de partículas en suspensión que se pueden encontrar en el agua y que han formado sistemas coloidales, que por su tamaño encuentran suspendidas en el agua reduciendo a así su transparencia.

### **Características químicas**

#### **Amonio:**

Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y se origina por los siguientes factores: El nitrógeno atmosférico, por fijación química, las proteínas animales o vegetales, por fijación química, por putrefacción mediante acción bacteriana y la reducción de nitritos. El de amonio es un componente que se encuentra frecuentemente en las aguas superficiales y y se puede encontrar fácilmente en las aguas turbias.

**Nitratos y Nitritos:** Son parámetros altamente importantes, puesto que su presencia en el agua puede favorecer o no a la existencia de vida, estos parámetros no pueden olerse ni sentirse, y sus concentraciones son altamente peligrosas para la salud de un organismo vivo que habite en el, si los niveles de nitratos en el agua oscilan entre el 0 y los 40 ppm, se podría decir que la vida de los peces es segura; sin embargo, si el valor supera los 80 ppm es altamente tóxico.

Uno de los procesos para el que se producen los nitratos es por ejemplo, un Pérez de alimentan y convierte el nitrógeno que contiene sus alimentos en desechos llamados “nitrógeno amoniacal”, este último y si se producen bajas concentraciones forman un ambiente acuático tóxico; sin embargo, este último compuesto junto a otros desechos que generan los peces y con apoyo de las bacterias nitrificantes, convierte en esta sustancia en nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas en forma de nitratos. En un sistema cíclico las plantas absorberían a través de sus raíces los nitratos y el agua retornarían a lugar de cultivo o pozas de la crianza de peces; de esta forma las plantas cumplen una función filtra dora permitiendo la vida por varios meses en un ambiente no tóxico para los peces. (Van der Auwermeulen, 2007)

**Oxígeno:** Es muy sabido en una época de estiaje los niveles del caudal de un río disminuyen, generando de esta forma que la cantidad de oxígeno disponible se reduzca, siendo escasa para la cantidad de seres vivientes acuáticos. La temperatura del ambiente actuar de manera inversa con el oxígeno, ya que esta puede influir directamente en la producción del mismo, generando datos ampliamente distantes en los resultados de oxígeno disuelto en el invierno y en el verano. Se recomienda que en un cultivo de peces el oxígeno no debe bajar de los 5 ppm.

**pH:** es un parámetro básico en el cual nos revelan el grado de acidez o alcalinidad en el que se encuentra el agua. El pH es una agraria hablen que puede determinar los niveles de carbonatos presentes que es un indicador para verificar y se puede o no a desarrollar un cultivo de peces. (Bautista Covarrubias & Ruiz Velazco Arce, 2007, p. 11)

### **2.2.6. Nitratos de los peces**

Los peces producen en el nitrógeno amoniacal, el cual se genera partir de sus desechos, este compuesto como ya se sabe en proporciones bajas puede llegar a ser tóxico para el ambiente acuático; sin embargo, gracias a la presencia de bacterias y nitrificantes en el agua ésta se convierten en nitratos, las cuales pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas y sirven como proteína para la misma siendo altamente aprovechada por ellas.

### **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”.

Este método también llamado riego gota a gota permite que se pueda optimizar la utilización de agua y abonos en parcelas agrícolas de zonas áridas y altamente árida; puesto que el agua de filtrar en el suelo en exactamente en la zona radicular del cultivo agrícola.

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”.

En este sistema el agua se provee con una frecuencia necesaria y que en pequeñas cantidades para mantener un nivel de humedad en la zona de la raíz de la planta, ya que de las delgadas tuberías de plástico que siguen la línea de cultivo cuentan con pequeños agujeros ubicadas exactamente donde se encuentra la raíz de la planta. 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**

La finalidad de este sistema es aplicar el agua directamente en la zona del suelo que ocupa la raíz de las plantas. El agua viajan por el interior de tuberías de perlas con que cuentan con pequeños agujeros separadas proporcionalmente al tipo de cultivo y con ayuda de una presión ejercida el banco liberando gota a gota por los pequeños agujeros. Dependiendo del tipo de cultivo varía la frecuencia del tiempo y las veces que en debe ser necesario para mantener siempre húmeda la zona de la raíz, generando de esta forma a un mejor rendimiento del cultivo, ya que se generan un aumento de la fotosíntesis de la planta, y generando mejores resultados en sus características físicas.

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:**

- Se elimina la posibilidad de pérdida de agua por escorrentía, es un sistema en el que se mantiene el riego gota a gota, el cual tiene como objetivo humedecer la zona o la superficie, evitando la pérdida por exceso de agua.
- Debido a que los tiempos de debe riego son programados dependiendo del cultivo da como resultado un consumo mínimo de energía en el sistema de bombeo.
- Automatización completa del sistema, se llega a programar todo el sistema sin la necesidad de estar monitoreando constantemente si se realizó o no en el riego por goteo.
- Goteo de agua exactamente en el lugar que necesita la planta, siendo así la zona de la raíz para que ésta pueda absorberla.
- Se puede aplicar el fertirriego en conjunto en este sistema, mejorando la producción de las plantas.
- Al regar gota a gota directamente en la raíz de la planta se evita a regar las llamadas malas hierbas.



- Se reduce la probabilidad de existencia de plagas, por ejemplo la aparición de hongos en las hojas que son causadas por la humedad generadas por un riego por aspersión entre otros.
- 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.
- Se puede lograr un ahorro en de consumo de agua de hasta un 40% a 60%.
- Facilitar las labores de regadío, ahorros en mano de obra, mejorar la producción y calidad del cultivo.

#### **2.2.10. Desventajas del sistema de riego por goteo:**

- Puede llegar a ser costos en la primera etapa que es la instalación, pero llega muy rentable y practico en poco tiempo.
- Existe la posibilidad de que los goteros de las líneas de tuberías se saturen y se puedan tapar, para que eso no suceda se recomienda contar con un sistema de integrado de agua.
- Le debe tener sumo cuidado al querer labrar el suelo puesto que se puede dañar el sistema de tuberías.
- En algunos casos pueden salir alto el costo de mantenimiento.

#### **2.2.11. Eficiencia del sistema de riego por goteo**

Eficiencia global de riego ( $E_g$ ) 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 refiere a la aplicación de técnicas que permitan un riego tecnificado los cultivos agrícolas mediante sistemas de riego por aspersión o riego por goteo.

Donde puedes tener monitoreado el monto exacto o donde se realizará el riego, la cantidad de agua necesaria, el tiempo y la frecuencia horaria con la que se debe realizar dicho riego.

Debido a la situación actual y el alcances de aguas sobre todo en la aplicación de los sistemas de riego por aspersión o riego por goteo, brindando las mejores soluciones prácticas y económicas.

Al ser sistemas automáticos pueden ser fácilmente programados y computarizados para aprovechar al máximo las ventajas del riego, pudiendo programar un riego de manera nocturna con mayor presión y menor calidad de agua por evaporación provocada por el calor y el viento. (Vasquez, S. f. )

### **2.2.13. Diseño de un sistema de riego por goteo**

Actualmente el sistema de riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes, encarga de suministrar a un suelo el agua gota a gota, y se viene aplicando exitosamente en diversos tipos de cultivos siendo la mayoría de estos cultivos el de hortalizas y frutícolas. Aplicación el viene dando generalmente a lo largo de la costa y en muchas regiones áridas de nuestro país y en todo el mundo.

Se debe tener sumo cuidado en la implementación de esta tecnología, debe ser diseñada y realizada por personal especializado, puesto que la funcionalidad de este sistema depende de una instalación y operación exitosa.

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 amoniaco 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
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
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 <sub>5</sub> )	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 <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -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: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
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	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	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 <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 4	$\geq$ 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	$\leq$ 25	$\leq$ 100	$\leq$ 400	$\leq$ 100	$\leq$ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 2	$\Delta$ 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.

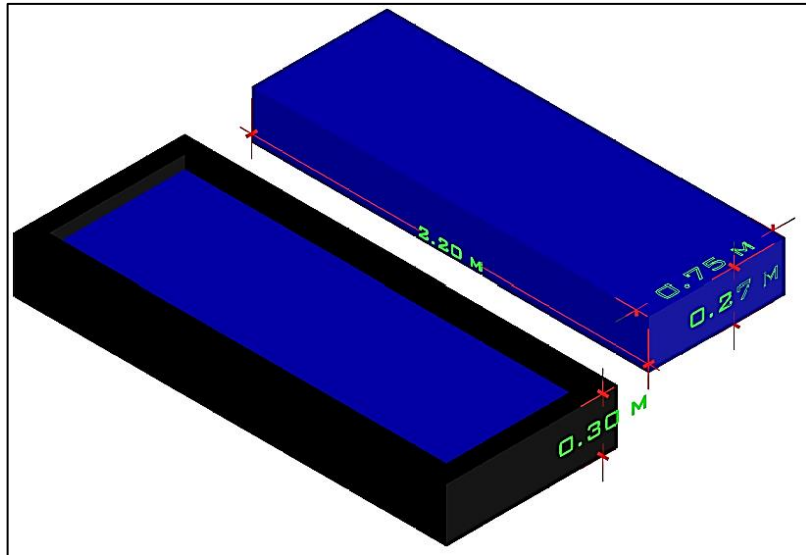


Figura 5: Dimensiones de la piscina de crianza de tilapias

- 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  $\pm 0.5$ 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  $\leq 25$  mg/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 (Vp) de crianza de tilapia:

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

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

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

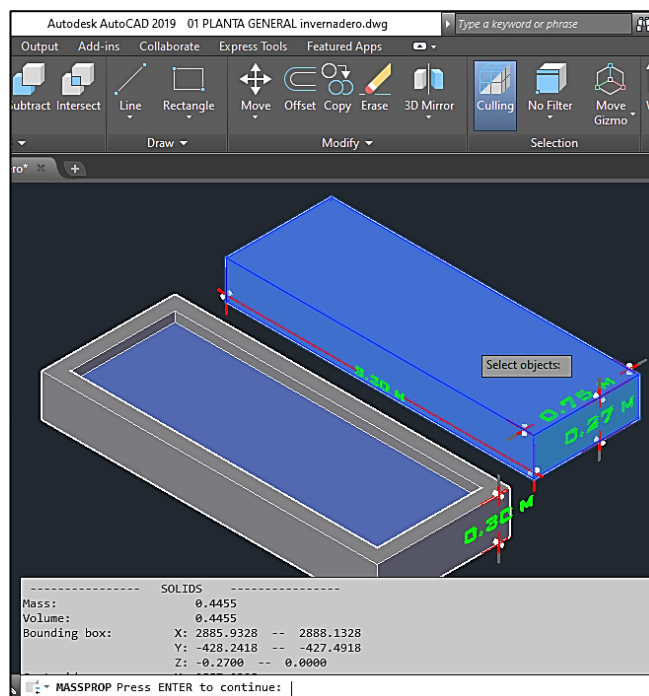


Figura 12: Cálculo del volumen de agua de la piscina, según AutoCAD.

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

Determinando la Densidad aparente ( $D_a$ ):

El volumen del cilindro es:  $280\text{cm}^3$

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

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

$$D_a = 1.6$$

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:

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

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

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

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

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

Sí un 1cm de lámina de riego equivale al uso de  $100\text{m}^3$  de agua para riego en una hectárea de cultivo en un día y una hectárea equivale a  $10000\text{m}^2$ , 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  $26.0378\text{m}^2$ .

- 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  $100\text{ml} \pm 0.5$  y uno de  $50\text{ml} \pm 0.5$ , 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 m<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> (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 m<sup>2</sup> (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 reúso 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 reúso de estas aguas. Sabiendo que aproximadamente para regar un área de 26.0378 m<sup>2</sup> (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 reúso en zonas agrícolas; por lo tanto, se recomienda su reúso 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.

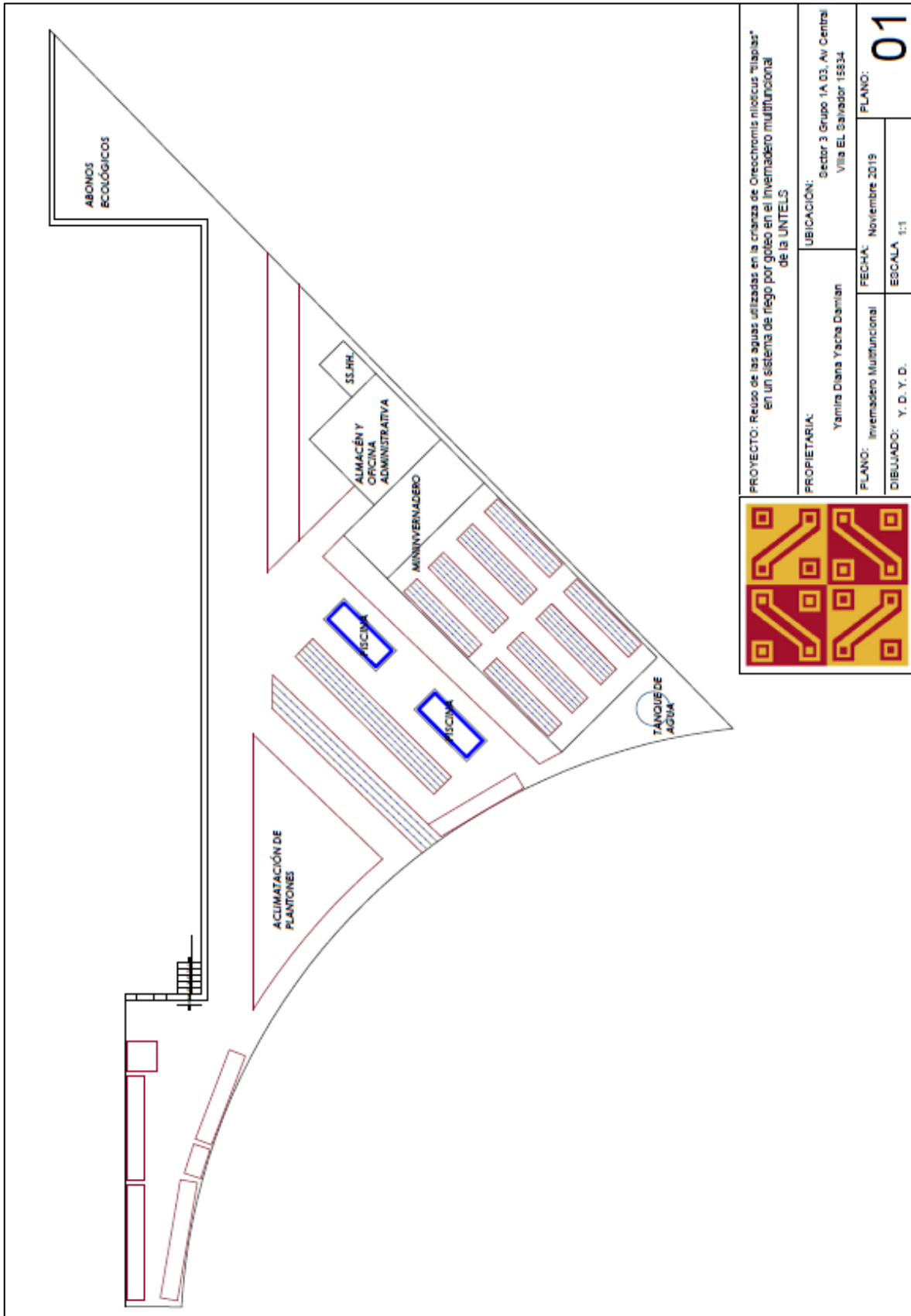
## BIBLIOGRAFÍA

- 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*.
- 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.
- 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/disen-o-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 Sugaone)*. 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.
- 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>

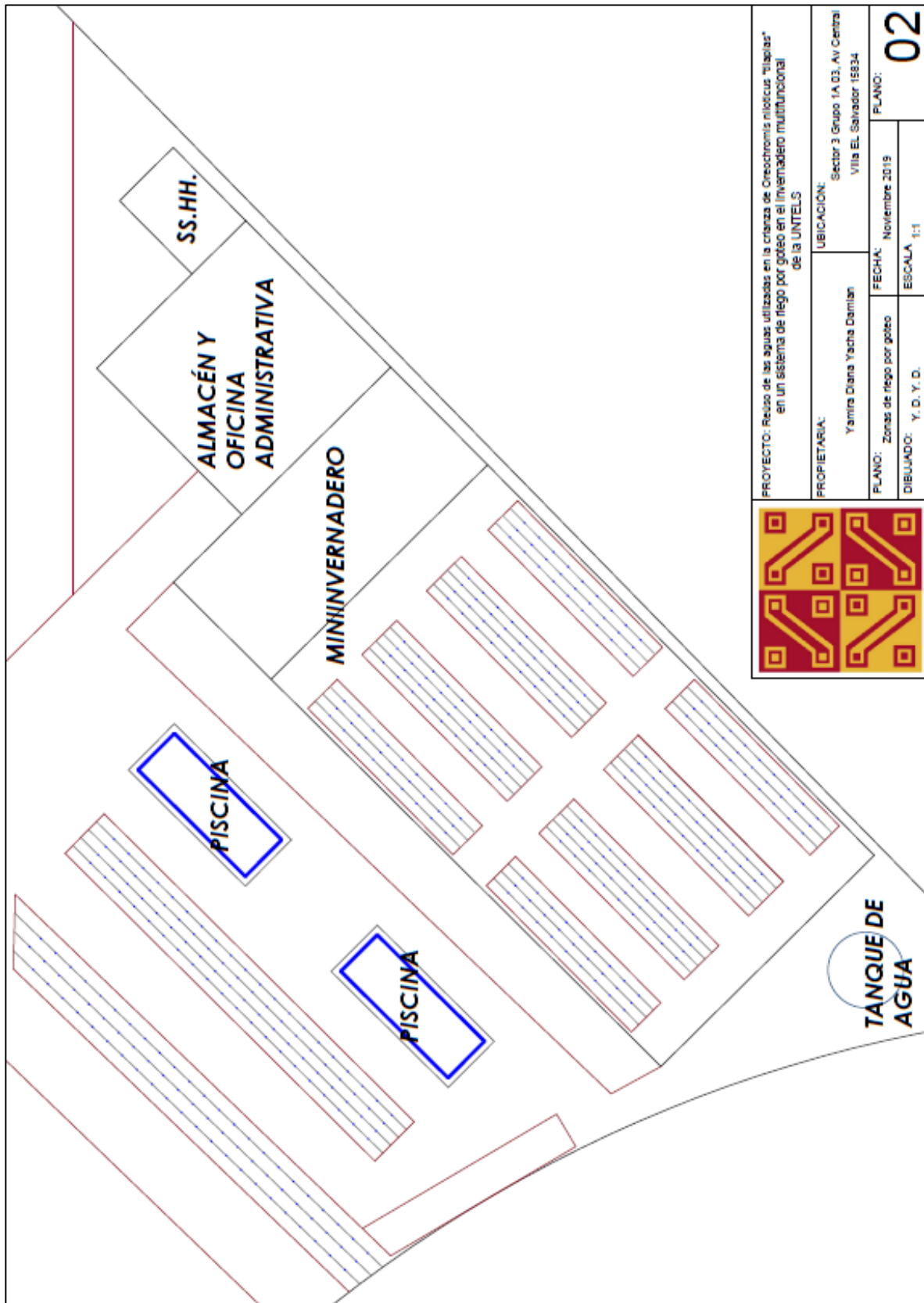
# ANEXOS

## ANEXO 1: Plano del invernadero multifuncional.





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



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.

