

## FORMATO 1

### FORMATO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

#### SECCION A: DATOS GENERALES

1. Título o nombre del proyecto

Evaluación de filtros no convencionales en la crianza de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a través de un sistema de recirculación de agua, sobre la calidad del agua y el comportamiento productivo de los peces, evaluado en diferentes épocas del año. - BIOFTIL

2. Línea de investigación de la Facultad/Área

Sector pesca y acuicultura: fomentar el desarrollo acuícola  
Ciencias Agrarias - Medicina veterinaria y zootecnia

3. Unidad académica (Facultad/Escuela profesional/otra)

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

4. Equipo investigador

- López Jiménez Enrique
- Rojas Marco Antonio
- Castillo Soto Wilson
- Campos Huacanjulca Christian

5. Institución y/o lugar donde se ejecutará el proyecto

- Campus II – UPAO, unidad experimental de peces

6. Duración (Fecha de Inicio y término)

Fecha de inicio: octubre, 2019  
Fecha de término: setiembre, 2020

## **SECCIÓN B: PLAN DE INVESTIGACIÓN**

### **1. Planteamiento y formulación del problema**

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una de las especies más utilizadas en la acuicultura, debido a su alta tasa de crecimiento, adaptabilidad en diversas condiciones de crianza y buena aceptación por el consumidor (Lima y otros, 2000). Es un pez adaptado a las condiciones ambientales del Perú, se ha desarrollado su cultivo tanto en la selva alta como en la costa norte, usando su cultivo en jaulas y en represas (Mendoza, 2011).

En el Perú las regiones donde existe mayor producción de tilapia son San Martín y Piura, influida básicamente por las condiciones para el desarrollo de un buen cultivo, además, que en sistemas intensivos la crianza es relativamente barata y simple, en comparación con otras producciones animales, consolidándose como un buen rubro económico y de producción de alimento. (Marengoni, 2006).

Por otro lado, en nuestra región, el agua es un recurso escaso, siendo usado principalmente para el desarrollo de actividades de la población, teniendo que administrarse de forma responsable en la crianza. Por esto se han venido usando los sistemas de recirculación de agua (SRA), los cuales permiten una limpieza y reutilización del agua, mediante filtración mecánica y biológica (Piedrahita, 2005). El agua circula a través del sistema y solamente un pequeño porcentaje de agua es reemplazado diariamente; variables como el oxígeno, la temperatura, salinidad, pH, alcalinidad y composición química son monitoreados y controlados. Aunque, para producciones de altas densidades es necesario de un alto costo de inversión y mano de obra calificada, principalmente por la calidad del filtrado (Timmons y otros, 2002).

### **2. Antecedentes**

La tilapia (*Oreochromis niloticus*), ha sido un pez introducido y adaptado a las condiciones tropicales del Perú, su cultivo se desarrolla mediante estanques y represas (Ministerio de la producción, 2009). Es un pez que puede aprovechar el alimento disponible en el ambiente de cultivo, permitiendo su cultivo de forma extensiva y semi intensiva (Kubitza, 2000). Aunque, cuando se realiza una crianza intensiva que brinda mejores índices productivos y mejor eficiencia en la conversión alimenticia, es necesario brindarle no únicamente dietas balanceadas sino también una buena calidad de agua (Marengoni, 2006).

Por otro lado, según proyecciones realizadas por la FAO, para el año 2015, la producción de tilapia en acuicultura sería de 74 millones de toneladas, habiendo sido en el 2016 de 4.2 millones de toneladas. No alcanzando ni el 10% de lo proyectado en la crianza mediante acuicultura, siendo necesario la intensificación de cultivos. Además, de que se prevé que el consumo por persona/año, ascenderá desde los 16 kg en el 2012 hasta los 19 a 21 kg en el 2030 (FAO, 2012; FAO, 2016). Para poder cumplir con esta posible demanda y mejorar los índices de producción es necesario valerse de la tecnología de los sistemas de recirculación de agua (SRA), optimizando el uso de este recurso tan valioso.

Mediante el SRA, se puede tener una mayor masa de peces en menos espacio y con ambientes controlados, reemplazando únicamente pequeñas cantidades de agua, controlando todos los factores que pueden influir en la calidad de agua y tratando el efluente mediante la conversión del nitrógeno amoniacal en nitrato usando un biofiltro (Timmons y otros, 2002).

La utilización de esta tecnología en el tratamiento de aguas trae como ventajas: Un monitoreo y control constante de las variables fisicoquímicas y sanitarias del agua, su reutilización e incrementar las densidades de producción. Aunque, tiene como desventaja que: el costo de un filtro comercial es alto y requiere de mano de obra calificada. Pero desde hace aproximadamente cuatro décadas, se ha utilizado este sistema en la investigación y como quince años en la producción (Masser y otros, 1998).

Actualmente los sistemas de recirculación de agua se usan a nivel industrial principalmente para la producción de semillas de peces y moluscos marinos, la producción de animales de aguas cálidas, como tilapia, bagre africano, y anguila, principalmente en regiones de clima templado del Norte de América y Europa. En Latinoamérica países como Chile vienen implementando estos sistemas para el cultivo de Moluscos a nivel comercial, asimismo algunas empresas en el Salvador vienen implementando sistemas acuapónicos (sistemas de recirculación acuícola con un subsistema hidropónico), en nuestra región, el reto está en desarrollar esos sistemas con materiales que sean fáciles de conseguir, con la finalidad de reducir costos.

### **3. Justificación (importancia, beneficiarios, resultados esperados).**

La crianza de tilapia está consolidándose como un importante rubro económico de producción de alimentos, por las condiciones que ofrece el territorio peruano en cuanto a climas, gran extensión de los espejos de agua habilitados y zonas propicias para desarrollar la actividad, así como por su aporte en la generación de empleo, ingresos y su contribución a la seguridad alimentaria para el país.

La evolución del mercado interno ha ido en aumento de manera geométrica, de 494 TM producidas en el año 2006, aumentó a 3 250 TM en el año 2015, ello demuestra que los productos hidrobiológicos de producción continental van ganando preferencias por los consumidores peruanos. La región La Libertad, presentó una producción de tilapia de 1.89 TM en el año 2015, significando el 0.06% de toda la producción nacional (Ministerio de la producción, 2015), demostrando que existe todo un potencial hídrico por ser explotado.

Sin embargo, la acuicultura tradicional realiza el uso de sistemas abiertos con un gran consumo de agua y grandes extensiones de terreno. La producción en sistemas de recirculación de agua es una alternativa al cultivo de organismos acuáticos, por medio de la reutilización del agua previamente tratada de manera física, química y biológica, utilizando menos del 10% de agua requerida en una producción tradicional (Gutierrez-Wing y Malone, 2006). Bautista y Ruiz (2011), sostienen que, la producción acuícola en sistemas de recirculación cuando son bien diseñados proporciona un ambiente adecuado para cultivos acuáticos, por el control de las variables de calidad de agua importantes para llevar a cabo una producción. Presentándose de esta manera una alternativa de solución para los problemas que afronta la acuicultura, como es el impacto ambiental, tecnología apropiada, control de enfermedades y el cuidado del agua.

Los trabajos de investigación que han venido siendo desarrollados por nuestra escuela profesional, han demostrado que es posible la adaptación de esta especie a nuestra región, pero ha sido llevado a cabo mediante sistemas abiertos, sin embargo, buscando minimizar el consumo de agua, la utilización de menores extensiones de terreno, la facilidad de controlar la calidad del agua, del control de temperatura en los meses de invierno y durante la crianza de alevinos, justifican la ejecución del presente trabajo.

Además, de que esta investigación plantea una alternativa de diseño de filtros construidos de manera artesanal con materiales disponibles en el mercado zonal que, además de ser económicos, cumplan con las exigencias de brindar calidad de agua para las crías. Si se demostrara que con filtros diseñados de forma artesanales funciona, entonces estaremos brindando alternativas a los criadores para que, con una menor inversión, en una menor área de terreno y con el uso de menor cantidad de agua puedan desarrollar la crianza de tilapias en forma intensiva.

#### 4. Objetivos

Objetivo General (Propósito del proyecto)	Resultados Finales	Medios de Verificación
Utilizar filtros no convencionales en la crianza de tilapias a través de un sistema de recirculación de agua, sobre la calidad del agua y el comportamiento productivo de los peces, evaluando en diferentes épocas del año.	R1. Adecuado comportamiento productivo de las tilapias con el SRA.	MV1. Reportes del comportamiento productivo de acuerdo con los parámetros establecidos para el cultivo.
	R2. Adecuada calidad de agua en recirculación.	MV2. Índices de los factores de calidad de agua dentro de los valores correctos.
Objetivos Específicos (Componentes)	Resultados Intermedios:	Medios de Verificación
Evaluar la calidad de agua de un filtro no convencional en un sistema de recirculación de agua, en la crianza de tilapias con diferentes niveles de biomasa y épocas del año.	R1. Índices de calidad de agua medidos a diferentes tiempos de cultivo.	MV1. Medición de pH, dureza, nivel de oxígeno, nivel de CO <sub>2</sub> , nitrito, nitrato y temperatura del agua en recirculación. MV2. Medición de la cantidad de agua agregada para reponer la pérdida en la evaporación por recirculación y sifonado.
Evaluar el comportamiento productivo relacionados con la calidad de filtrado en diferentes niveles de biomasa y épocas del año.	R2. Comportamiento productivo de las tilapias en función de los tratamientos.	MV3. Medición de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y tamaño del animal.

#### 5. Marco teórico

##### 5.1 Crianza de tilapia, aspectos fisiológicos y nutricionales.

La tilapia por ser una especie originaria del África y del Cercano Oriente, es una especie adaptable a zonas tropicales y subtropicales, a rangos de temperatura entre los 24 a 32 °C, presentando gran rusticidad, adaptación a cambios bruscos de temperatura, aguas estancadas o con poco movimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno o al hacinamiento. Además, aprovecha el alimento disponible en su ambiente por ser omnívora, dando altos rendimientos por su buena conversión alimenticia. Siendo ideal para crías rurales (Baltazar y Palomino, 2004; Marogoni, 2006).

En producciones intensivas es necesario atender las necesidades nutricionales correctamente para obtener peces que puedan mostrar todo su potencial genético, aunque también, es necesario que los peces encuentren una temperatura adecuada, debido a que, por su característica exotérmica, es necesario que tengan una temperatura de confort, menores a esta (aproximadamente 26 °C) disminuyen sus procesos metabólicos, dando como resultado un reducido consumo de alimento, reducción de tasa metabólica y su conversión alimenticia es mala (Sampaio y Braga, 2005).

Se han realizado estudios donde las actividades enzimáticas, están directamente relacionadas a la influencia ambiental; temperaturas en el rango alto de su temperatura de confort muestra mayores actividades de amilasa (Moura y otros, 2007) y de tripsina (Moura y otros, 2009), repercutiendo en su consumo de alimento y ganancia de peso.

### **5.2 Calidad del agua en la crianza de tilapia.**

Para alcanzar los valores productivos deseados depende directamente de la calidad del agua, siendo necesario mantener sus condiciones fisicoquímicas dentro de los parámetros de tolerancia de las tilapias. La presencia de sustancias biológicas y químicas disueltas o insolubles en el agua ya sea de origen natural por procesos biológicos o de origen antropogénico, definen su composición física y química. Un agua útil para el consumo humano no resulta adecuada para la crianza de tilapias.

Kubitza (1998), en un estudio realizado reportó que, altos niveles de minerales disueltos en agua producen un daño a nivel branquias, reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica. Luz y Santos (2008), define que la calidad de agua depende del uso que se le va a dar y que el agua se encuentra contaminada cuando afecta su uso real o potencial.

### **5.3 Sistema de crianza de tilapia con recirculación de agua.**

Se define como todo sistema que permite la reutilización del agua de tal manera que esta es acopiada siendo tóxica para los peces y luego de tratarla se elimina sustancias inertes, destruye gérmenes patógenos y facilita el intercambio de gases, es devuelta al cuerpo de agua ya tratada (Gutierrez-Wing y Malone, 2006).

Según Losordo y otros (1998), son cinco los componentes que un sistema de recirculación debe poseer: remoción de sólidos (heces y alimento no consumido), biofiltración que controla los compuestos nitrogenados (producto de procesos metabólicos), mediante la colonización bacteriana, aireación y oxigenación del agua, y circulación del agua.

Permite el reciclaje el agua hasta en un 90 a 99 por ciento del agua y con un mayor control del medio (Badiola y otros, 2012). Mejora la calidad del agua y proporciona el control sobre las enfermedades (Hutchinson y otros, 2004).

Entre las ventajas que tiene un sistema de recirculación de agua están: reducción de la transmisión y propagación de enfermedades; reducción del agua contaminada con residuos orgánicos contaminantes; optimización del uso de recursos (agua, alimento, energía, terreno, personal, entre otros); mejores índices productivos (ganancia de peso, conversión alimenticia); programación de la producción; realizar crianzas tanto de agua dulce como de agua marina. Entre sus desventajas se encuentra: gran inversión inicial y personal calificado.

### **5.3.1 Remoción de sólidos**

Los sólidos se dividen en tres clases: sedimentables, suspendidos y finos.

Los sólidos sedimentables (partículas > de 0,1 mm) son los más grandes y por ende generalmente los más fáciles de remover. Esto se logra fácilmente dando pendiente suave a un desagüe central, con un modelo de flujo circular. Deben ser removidos desde el centro del tanque en forma continua o por lo menos todos los días, debido a que en su mayoría son heces y restos de alimento, los cuales son principales productoras de amoníaco. También se puede usar un hidrociclón o remolino de separación, el cual es un mecanismo externo al tanque de crianza, el cual permite que los sólidos del agua y las partículas entren en el separador de manera tangencial, creando un flujo circular o remolino patrón en un tanque de forma cónica, removiendo estos sólidos (Galli y Sal, 2007).

Los sólidos en suspensión (partículas entre 40 y 100 micras) los sólidos suspendidos no están dentro de la columna de agua, se encuentran suspendidos en una posición dentro del cuerpo de agua. Este tipo de sólido se logra remover mediante filtración mecánica que puede ser filtración por Pantalla o filtración mediante medio granular expandible, (Bautista y Ruiz, 2011).

Los sólidos finos son partículas en suspensión, pero de tamaño más pequeño (partículas < a 40 micras), muy comunes en cultivos intensivos y no pueden ser removidos por los sistemas anteriormente mencionados. Galli y Sal (2007), recomiendan para remover los sólidos finos, utilizar el fraccionador de espuma o Skimmer, que es un proceso a base de espuma de proteínas, se emplea a menudo para eliminar y controlar la acumulación de estos sólidos.

### **5.3.2 Biofiltración**

La nitrificación es el proceso en el cual se controla los cuerpos nitrogenados, como es el nitrógeno amoniacal total (NAT), el cual es producido por los procesos metabólicos del alimento digerido de los peces (aproximadamente entre el 60 y 65 % de alimento se excreta al agua), materia orgánica de microalgas del fitoplancton, escamas y células muertas, bacterias muertas y el alimento no consumido. El NAT, está constituido por el amoníaco ionizado ( $\text{NH}_4$ ), y el amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), la concentración relativa de estos compuestos también se encuentra en función del pH temperatura y salinidad. El amoníaco no ionizado sufre un proceso de mineralización para inactivarse y el ionizado es el que a través de un proceso oxidativo bacteriano se transforman en primera etapa a nitrito mediante bacterias Nitrosomonas y en segunda etapa a nitrato, el cual es no tóxico para los peces, mediante bacterias Nitrobacter; ambos procesos se realizan en un medio aerobio. Para que este proceso se lleve a cabo de una forma controlada es necesario que estas bacterias tengan que crecer en un filtro que se denomina biológico (Chapel, 2008; Losordo y otros, 1998; Chen y otros 2006).

### **5.3.3 Aireación y oxigenación**

Uno de los factores limitantes en la calidad de agua es el mantenimiento del oxígeno disuelto (OD), el cual debe encontrarse en concentraciones mayores a 6 mg/L, para reducir el estrés en las crianzas intensivas y mejorar las tasas de crecimiento (Boyd y Watten, 1989).

La aireación del agua se obtiene mediante la disolución del oxígeno de la atmósfera en el agua y la oxigenación es el proceso de adición de oxígeno puro al agua. Para mantener los niveles requeridos por los peces puede ser necesario contar con los dos sistemas. Se pueden usar tecnologías para aireación como: agitadores o sopladores; y para oxigenación como: aplicación de oxígeno presurizado y no presurizado (Kubitza, 1998).

#### **5.3.4 Desgasificación**

El dióxido de carbono es un elemento importante en la calidad de agua, es necesario tener niveles bajos por su reemplazo a nivel de intercambio gaseoso sanguíneo, pero debido a que no se ha realizado estudios a altos niveles de biomasa (máximo 40 Kg/m<sup>3</sup>), no se ha podido determinar que tanto se necesita mejorar la aireación y oxigenación para tener controlado este factor (Timmons y

### **6. Hipótesis**

El uso de filtros no convencionales en la crianza de tilapia a través del SRA, permitirá mantener adecuada calidad de agua y comportamiento productivo, al ser evaluado a diferentes densidades de biomasa y época del año.

### **7. Metodología (Diseño experimental en detalle)**

#### **7.1. Lugar de ejecución de la investigación**

El experimento se realizará en una unidad diseñada para experimentación de peces, ubicada en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, bajo condiciones de clima de la costa de la región La Libertad.

#### **7.2. Instalaciones**

Las instalaciones donde se desarrollará la investigación serán de falso piso de cemento, techo de calamina plástica a dos aguas y cubierto con manta en las paredes laterales. Dentro del ambiente se encontrarán 8 tanques de fibra de vidrio de 700 L de capacidad útil cada uno, conectados al SRA.

El Sistema de Recirculación de Agua (SRA) será adaptado del modelo descrito por Trasviña y otros (2007) y cada 4 tanques de fibra de vidrio se colocará un SRA, contando con unidades de filtración independiente por tratamiento; el diseño del sistema será tal como se muestra en la Figura 1, regresando el agua hacia los mismos tanques, siguiendo la metodología de manejo de Timmons y otros (2002). Debido a que se evaluará el desempeño de la crianza a diferente época del año, se tendrán que llevar a cabo 2 tratamientos en la estación de verano y luego otros dos tratamientos en la estación de invierno. En el descanso se va a mantener activo los filtros mediante una densidad baja de peces en tanque, con la finalidad de que no se pierda la carga bacteriana en los filtros.

#### **7.3. Diseño metodológico**

En la investigación se evaluará la eficiencia de un sistema de recirculación de agua, su impacto en la calidad de agua, su reutilización y los parámetros productivos, a diferentes épocas del año.

#### 7.4. Instalación y evaluación del sistema de recirculación de agua (SRA)

El SRA será adaptado del modelo descrito por Trasviña et al. (2007) y se construirá en el ambiente de la unidad de peces. Se instalarán cuatro tanques de fibra de vidrio para el cultivo sobre un falso piso, cada uno de ellos con una salida de desfogue por la parte inferior del centro del tanque, mediante un sistema de doble trampa (un tubo de 2" en el centro controlando el nivel de agua y un tubo de 2 1/2" de mayor tamaño que el anterior, pero calado en el fondo a modo de rejilla), para que a modo de sifón por las aberturas del primer tubo retiré los residuos grandes del fondo e impida el paso de los peces. El agua retirada por presión y nivel se va a dirigir hacia un tanque de remoción de sólidos (filtro físico), el cual cuenta con canutillos de tubo corrugado, esponjas de poro grueso y perlón. De igual manera por nivel de agua esta se dirigirá al filtro biológico donde se encuentra lleno de canutillos de cerámica y cuentas de polietileno de baja densidad. Al final por nivel de agua cae a un tanque enterrado en tierra donde mediante una bomba periférica se va a recircular el agua nuevamente a los tanques de crianza. Todo el diagrama del SRA se encuentra detallado en la figura 1 (Timmons y otros, 2002). Se realizarán sifonados de forma semanal y se repondrá el agua sifonada y la perdida en la evaporación de forma controlada, a un volumen de 10% del total inicial.

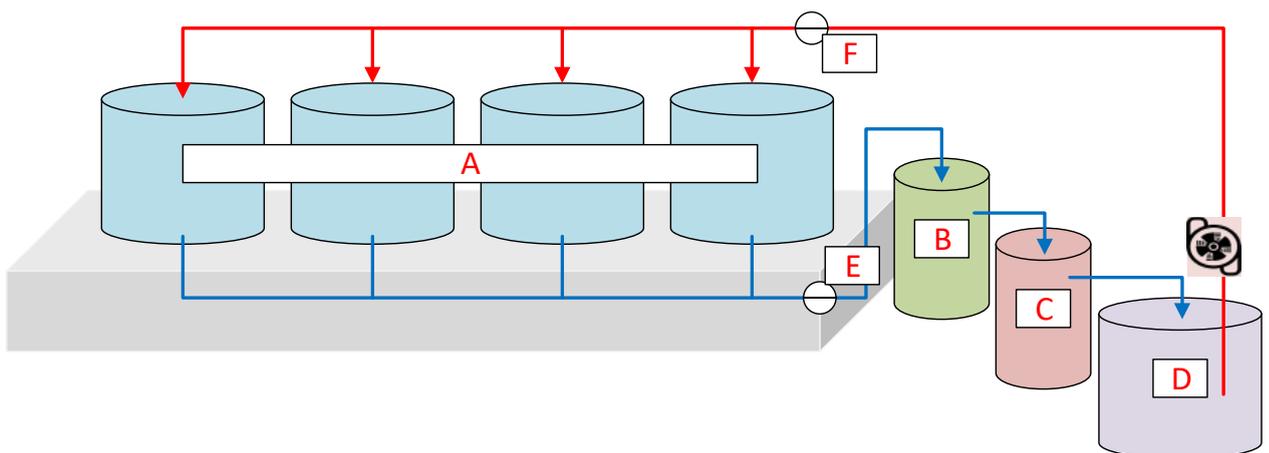


Figura 1. Componentes del SRA: (A: 4 Tanques de cría de peces, B: Filtro de sólidos, C: Filtro biológico, D: Tanque de agua filtrada y bomba periférica, E: Punto de medición entrada, F: Punto de medición salida.

##### 7.4.1. Activación, funcionamiento y evaluación del SRA

El filtro biológico debe encontrarse maduro, es decir tiene que contener suficientes bacterias para poder convertir estos cuerpos nitrogenados a nitratos, para esto se va a tener que introducir 10 peces de 200 g de peso vivo por tanque, considerándose como densidad baja, los cuales proveerán los nutrientes que permitirán la colonización bacteriana (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*); el monitoreo de la maduración se realizará a 20 y 45 días (Cline, 2005). Una vez el filtro se encuentre maduro, se procederá a colocar los animales respectivos por cantidad de biomasa (5 y 10 kg/m<sup>3</sup>).

El monitoreo del funcionamiento se realizará según las recomendaciones de DeLong y Losordo (2012), midiendo cada tres días los parámetros del agua a la salida de los tanques y nuevamente a la entrada luego de pasar por los filtros, esta medición consiste en:

- Amoniaco, Nitritos y Nitratos.
- Oxígeno y CO2 disuelto.
- Dureza.
- pH.
- Temperatura.

Durante el tiempo que no se encuentra en crianza, se volverá a tener una densidad baja en los tanques de crianza, su control será mensual, verificando la funcionalidad de los filtros.

### 7.5. Animales y alimentación

Se utilizarán 880 peces tilapia (*Oreochromis niloticus*) procedentes del criadero del Campus II UPAO. En cada tanque de cría (de 0.7 m<sup>3</sup>) se colocarán 25 y 45 peces de peso promedio entre 100 - 200 g, para obtener una biomasa por módulo de 5 y 10 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente. La crianza de estos peces se llevará en dos etapas, la primera de dos tratamientos (5 y 10 Kg/m<sup>3</sup>) por tres meses en la estación de verano (diciembre a febrero), teniendo como descanso 3 meses (marzo a mayo), para retomar con dos tratamientos (5 y 10 Kg/m<sup>3</sup>) por la estación de invierno (junio a agosto). Los peces serán alimentados en cantidades estimadas a partir del 2% del peso corporal, el suministro se realizará cuatro veces al día (7, 10, 13, 16 h), evitando el exceso de sobras en el tanque. La dieta fue formulada para atender a las necesidades de los peces, según las recomendaciones establecidas por las Tablas brasileiras para a nutrição de tilápias (2010) y son mostradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas para tilapia durante la fase de engorde.

Ingredientes	%
Maíz	41.83
Torta de soya	35.26
Afrecho de trigo	1.00
Carbonato de Ca	0.94
Soya integral	18.68
Premezcla min. y vitaminas	0.10
Sal	0.40
Fosfato bicálcico	1.66
DL - metionina	0.10
L - treonina	0.03
Total	100.00
Valor nutritivo	
Proteína (%)	26.80
Energía Digestible (kcal/kg)	3078.00
Calcio (%)	0.90
Fósforo disponible (%)	0.46
Lisina (%)	1.53
Metionina (%)	0.47
Treonina (%)	1.07
Metionina + Cisteína (%)	0.84

## 7.6. Tratamientos

SRA5: Sistema cerrado con Recirculación de 5 kg de biomasa/m<sup>3</sup> (25 peces/tanque)

SRA10: Sistema cerrado con Recirculación de 10 kg de biomasa/m<sup>3</sup> (45 peces/tanque)

## 7.7. Variables dependientes

### a. Indicadores de performance

- Consumo diario de alimento (CDA, g).
- Ganancia diaria de peso (GDP, g).
- Conversión alimenticia (CA, g/g).

### b. Indicadores fisicoquímicos de calidad de agua

- Temperatura.
- Oxígeno disuelto.
- CO<sub>2</sub>.
- Dureza.
- pH.
- Amoniac.
- Nitrito.
- Nitrato.

## 7.8. Análisis estadístico

Los peces serán distribuidos en cada tanque, utilizando un diseño de bloques completo al azar (DBCA), con dos tratamientos y cuatro repeticiones, por cada estación, siendo el factor de bloqueo el peso de los peces al inicio del experimento. La unidad experimental estuvo compuesta por un número de peces de acuerdo con las densidades, 5 y 10 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Los resultados de cada variable evaluada se analizaron a través del análisis de variancia y los promedios comparados por la prueba de Tukey, usando el programa estadístico Estat de la Universidad Estadual Paulista, UNESP, SP - Brasil.

El modelo matemático fue:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación cualquiera, que corresponde al i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Media general o media poblacional.

$t_i$  = Efecto del sistema de circulación del agua (i: 1, 2).

$B_j$  = Efecto del peso de los peces (j: 1, 2, 3)

$E_{ijk}$  = Error experimental.

**8. Bibliografía**

- Badiola, M; Mendiola, D; Bostock, J. 2010. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*.
- Baltazar, P. y Palomino, A. 2004. Manual del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, Gerencia de Acuicultura. Recuperado de: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual\\_tilapia.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf)
- Bautista, J. y Ruiz, J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. México. *Revista Fuente*. 3(8): 10-14. Recuperado de: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
- Boyd, C. E. y Tucker, C. S. 1998. Pond water quality management. Boston: Kluwer Academic. Recuperado de: [http://www.ag.auburn.edu/fish/documents/International\\_Pubs/R&D%20Series/43%20-%20Water%20Quality%20for%20Pond%20Aquaculture.pdf](http://www.ag.auburn.edu/fish/documents/International_Pubs/R&D%20Series/43%20-%20Water%20Quality%20for%20Pond%20Aquaculture.pdf)
- Chapell, J. A.; Brown, T. W. & Purcell, T., 2008. A demonstration of tilapia and tomato culture utilizing an energy efficient integrated system approach. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2008. p 23-32. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133318677>
- Chen, S., Ling, J., Blancheton, J. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*. 34:179-197. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860905001263>
- Cline D. 2005. Constructing a simple and inexpensive Recirculating Aquaculture System (RAS) for classroom use. Southern Regional Aquaculture Center. E.U.A. No. 4501. 11 p. Recuperado de: [https://articles.extension.org/sites/default/files/w/d/d5/Constructing\\_Simple\\_RAS.pdf](https://articles.extension.org/sites/default/files/w/d/d5/Constructing_Simple_RAS.pdf)
- DeLong, D. y Losordo, T. 2012. How to Start a Biofilter. Southern Regional Aquaculture Center. E.U.A. No. 4502. 4 p. Recuperado de: <https://agrifilecdn.tamu.edu/fisheries/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-4502-How-to-Start-a-Biofilter.pdf>
- FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2012. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Departamento de Pesca y acuicultura de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2727s.pdf>
- FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2016. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Departamento de Pesca y acuicultura de la FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- Galli, O. y Sal F. 2007. Sistemas de recirculación y tratamiento de agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos CENADAC. Santa Ana-Corrientes, Argentina. 36 p. Recuperado de: [http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/otros/\\_archivos//000003Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf](http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/otros/_archivos//000003Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf)
- Gutierrez-Wing, M. y Malone, R. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering*. 34:163 -171. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860905001123>
- Hutchinson, W; Jeffrey, M; O'Sullivan, D; Casement, D; Clarke, S. 2004. Recirculating aquaculture systems: minimum standards for design, construction and management. Inland Aquaculture Association of South Australia.
- Kubitza, F. 1998. Qualidade da água na produção de peixes. Parte II. *Revista Panorama da Aqüicultura*. 8:35-41. Recuperado de: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/46/qualidade46.asp>

- Kubtiza, F. 2000. Tilápia: tecnología e planejamento na produção comercial. Jundiaí. 285 p.
- Lima, S.; Padua, C.; Silva, C.; Souza, L. y França, A. 2000. Farelo de milho (Pennisetum americanum) em substituição ao milho moído (Zea mays) em dietas para tilápia *Oreochromis niloticus*. In: Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture. Vol. 1. Proceedings... Rio de Janeiro, p. 120-124.
- Losordo, T., Masser, P., Rakocy, J., 1998. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: An Overview of Critical Considerations. Southern Regional Aquaculture Centre Publication No 451. Southern Regional Aquaculture Centre, Estados Unidos. Recuperado de: <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-451-Recirculating-Aquaculture-Tank-Production-Systems-An-Overview-of-Critical-Considerations.pdf>
- Marengoni, N. G. 2006. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitraladra), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. Archivos de Zootecnia. 55(210):127-138. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49521001>
- Masser MP, Rakocy JE, Losordo TM. 1999. Recirculating aquaculture tank. Production systems. Management of recirculating systems. Souther Regional Aquaculture Center (SRAC).
- Mendoza, D. 2011. Informe: Panorama de la acuicultura mundial, América Latina y el Caribe y en el Perú. Dirección general de acuicultura del despacho Viceministerial de Pesquería - Ministerio de la Producción. Recuperado de: [http://www.proacuicultura.com.pe/publicaciones/OTRAS%20PUBLICACIONES/05\\_PANORAMA\\_DE\\_LA\\_ACUICULTURA\\_MUNDIAL\\_AMERICA\\_LATINA\\_EL\\_CARIBE\\_PERU.pdf](http://www.proacuicultura.com.pe/publicaciones/OTRAS%20PUBLICACIONES/05_PANORAMA_DE_LA_ACUICULTURA_MUNDIAL_AMERICA_LATINA_EL_CARIBE_PERU.pdf)
- Ministerio de la producción. 2009. Plan nacional de desarrollo acuícola. Dirección General de Acuicultura. Lima. 89 p.
- Moura, G.; Oliveira, M.; Lanna, E.; Maciel Junior, A. y Maciel, C. 2007. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. Pesq. agropec. bras. 42(11):1609-1615.
- Moura, G.; Oliveira, M. y Lanna, E. 2009. Atividade de tripsina no quimo de tilápia-tailandesa submetida a diferentes temperaturas da água. R. Bras. Zootec. 38(11): 2086-2090.
- Piedrahita, R. 2005. Sistemas de recirculación en acuicultura. En: Curso-Taller de Recirculación de Agua Aplicado al Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte. Coquimbo Chile. 150 p.
- Sampaio, J. M. y Braga, L.G. 2005. Cultivo de tilápia em tanquesrede de na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – Bahia. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 6(2):42-52.
- Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. 2010. Editado por Wilson M. Furuya. Toledo, Brasil, GFM. 100 p.
- Trasviña, A., Cervantes, M., Perez, E. y Timmons, M. 2007. Sistema de recirculación modular para uso familiar/multi-familiar. Instituto Tecnológico de Boca del Río, México. Recuperado de: [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Timmons%20Manual%202007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Timmons%20Manual%202007.pdf)
- Timmons, M., Ebeling, J., Wheaton, F., Summerfelt, S. y Vinci, B. 2002. Recirculating aquaculture systems. Northeastern Regional Aquaculture Center. E.U.A. 769 p.



**SECCIÓN D: PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

<b>Partida presupuestaria</b>	<b>Monto (S/.)</b>
1. Equipos y bienes duraderos	9460.00
2. Recursos humanos (hasta un 20% del presupuesto)	0.00
3. Materiales e insumos	10295.00
4. Pasajes y viáticos	245.00
5. Servicios tecnológicos	0.00
<b>TOTAL</b>	20000.00

**CUADRO N° 1: Equipos y bienes duraderos (adjuntar proformas)**

Equipos y bienes duraderos	Especificaciones técnicas	Proforma (fecha)	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Tanques de crianza de tilapias de fibra de vidrio	Tanques de 700 L de capacidad útil de 1.20 m de diámetro con 0.90 m de altura		870.00	8	6960.00
Bomba periférica	Marca: Pedrollo HP: 0.5		250.00	2	500.00
Mejora de instalaciones			2000.00	1	2000.00
					<b>9460.00</b>

**CUADRO N° 2: Recursos Humanos - Valorización del equipo Técnico**

Nombre	Escuela o Unidad a la que pertenece	% de dedicación	Honorario mensual	N° de meses	Costo total S/.

**CUADRO N° 3: Material e insumos (adjuntar proformas)**

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Alevinos (Unidad)	0.20	1000	200.00
Alimento inicio (Kg)	6.00	100	600.00
Alimento crecimiento (Kg)	4.00	400	1600.00
Bidón de 200 L	150.00	6	900.00
Accesorios para instalación de tanques y filtros	750.00	1	750.00
Tubos de PVC y accesorios para tubería	650.00	1	650.00
Cuentas de polietileno de baja densidad (Kg)	10.00	120	1200.00
Canutillos cerámicos porosos	20.00	120	2400.00
Tubo corrugado de 1/2" (m)	3.00	30	90.00
Perlón (m)	5.00	30	150.00
Esponja de poro grueso	10.00	10	100.00
Desinfectantes y productos sanitarios	80.00	1	80.00
Test Kit de Oxígeno Disuelto 0 – 10 mg/L (Unidad)	390.00	1	390.00
Test Kit de Dióxido de Carbono 0 – 100 mg/L (Unidad)	160.00	1	160.00
Test Kit de Dureza Total 0 – 300 mg/L (Unidad)	160.00	1	160.00
Test Kit de Amoniac para agua dulce 0 – 3 mg/L (Unidad)	435.00	1	435.00
Test Kit de Nitrato 0 – 50 mg/L (Unidad)	210.00	1	210.00
Test Kit de Nitrito 0 – 1 mg/L (Unidad)	220.00	1	220.00
			<b>10295.00</b>

**CUADRO N° 4: Pasajes y viáticos**

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Movilidad para investigadores	245.00	1	245.00
			<b>245.00</b>



**CUADRO N° 5: Servicios tecnológicos**

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total S/.
Análisis especializado	0.00	0	0.00
Software	0.00	0	0.00
			0.00