



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**EFFECTO DEL EMPLEO DE LEVADURA DE CERVEZA  
(*Saccharomyces cerevisiae*) EN LA DISMINUCIÓN DE  
COMPUESTOS NITROGENADOS, AHORRO DE AGUA,  
SUPERVIVENCIA, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y  
SENSORIAL DE LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*).**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**DAVID MENDOZA SERRANO**

**Asesor**

**MVZ Dr. MARIO GARDUÑO LUGO**

**CDMX 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

**Dedico este trabajo a mi mamá, por todos lo sacrificios que pasamos para salir adelante, sin duda sus enseñanzas de persistencia, constancia, forman parte de los tesoros más grandes que me pudo regalar, para salir adelante en la vida.**

**Tambien dedico este trabajo a mi papá y a toda mi familia, que directa o indirectamente siempre me apoyo.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor y amigo el Dr. Mario, por su tiempo, constancia y dedicación para la elaboración de este trabajo y por contagiarme de ganas de saber más de este interesante y retador mundo acuícola.

A mí Dan que siempre estuvo ahí, para darme aliento y apoyo para sacar este trabajo adelante.

A todo el “Cardumen” Vania, Mariel y mis estimadas Cristina y Dianita por el apoyo en la parte experimental.

A todo el panel degustador que estuvo dispuesto en tiempo y forma para probar los filetes.

A la universidad, al Clarín y toda aquella persona que haya contribuido a mi formación.

# CONTENIDO

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
ANTECEDENTES .....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
RESULTADOS .....	48
DISCUSIÓN .....	59
CONCLUSIONES .....	70
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS .....	95

## RESUMEN

MENDOZA SERRANO DAVID. Efecto del empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la disminución de compuestos nitrogenados, ahorro de agua, supervivencia, crecimiento, composición química y sensorial de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) bajo la dirección del MVZ Dr. Mario Garduño Lugo. En un estudio de 84 días, se evaluó la adición de levadura de cerveza (LC) (*Saccharomyces cerevisiae*), mezclada con azúcar de caña (A), al agua de cultivo de *Oreochromis niloticus*, con mínimo cambio de agua, sobre: supervivencia, disminución de compuestos nitrogenados,(TNA) ahorro de agua; crecimiento, composición química de canal y filete, y sensorial del filete. Se compararon tres tratamientos: Recirculación continua (RC), aplicación de LC activa (LA) y levadura inactiva (LI). En tinas de 1m<sup>3</sup>, se colocaron 23 machos de 124±4.0g, se les suministroo alimento de 32.6% de proteína cruda, a saciedad aparente. Se determinó: temperatura (°C), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>) y (TNA). La LC de LA y LI, se mezclaban con A en relación 1:10, respectivamente, sobre el TNA del promedio semanal. Las mezclas de LC y A, se agregaban al agua 20 minutos después de su dilución. Las biometrías, alimento y consumo de agua, se determinaban catorcenalmente. Finalmente 15 peces/tina, se usaron para las determinaciones químicas y sensoriales. La supervivencia fue 100% en los tres tratamientos. El peso final mayor (P<0.05) lo presentaron los peces RC, 374.3±32.3g, seguidos de LA y LI, 285.6±25.2 y 263.2 ±37.9 respectivamente, estos similares (P>0.05). Se observó mayor tendencia de disminuir el TNA con LA. El empleo de agua por Kg de tilapia fue de 52.4, 0.209 y 0.234m<sup>3</sup>, para RC, LA y LI, respectivamente, con un ahorro (%) del 99.6 (LI) y 99.7 (LA), en comparación con RC. No se observaron diferencias (P>0.05), en la composición química en la canal de los peces. En cuanto al filete,

RC, presentó el mayor extracto etéreo, seguido de LA, pero similares ( $P>0.05$ ). LA fue similar a LI y este último inferior a RC ( $P<0.05$ ). Sensorialmente, en el filete de LA y LI, no presentaron diferencias ( $P>0.05$ ). Pero si entre RC y LA, ( $P>0.05$ ) con  $d'$  de 2.0–3.0. Se considera que la mezcla LA/A, permitió la reducción del TNA, cantidad de agua ( $M^3/Kg$  pez), sin efectos negativos. Al parecer el efecto ambiental pudo causar la disminución del crecimiento de LA y LI con respecto a RC.

**Palabras clave:** tilapia, agua, TAN, composición química, evaluación sensorial, ahorro.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector de producción de alimentos, que en las últimas tres décadas ha registrado un crecimiento sobresaliente en comparación con otras industrias alimenticias. Mundialmente, esa actividad, registra un crecimiento anual superior al 7 %. En el último reporte de la FAO (2020b) sobre la situación de pesca y acuicultura, reportan que, en 2018, alcanzó un volumen de producción de 178.5 millones de toneladas. En donde, el 46% de esa cifra, procedió de cultivos acuícolas. Sin embargo, debido al crecimiento de la población humana, se estima que para el año 2030, se deberá aumentar en un 33% la producción acuícola, para satisfacer la demanda de alimento de ese origen e incrementar el promedio del consumo *per cápita* mundial de 17.5 a 20.0 Kg, además, de la acuicultura dependen económicamente, un estimado de 20.5 millones de empleos (FAO, 2020b).

A pesar de esas proyecciones, la acuicultura, enfrentará retos importantes para alcanzar esa meta propuesta, como, el abasto de agua, que es imprescindible para los insumos y para la elaboración de alimentos balanceados para las distintas especies comestibles que se cultivan. Además, se requerirá de otros elementos tecnológicos y de personal debidamente capacitado para el funcionamiento eficiente de las unidades de producción.

En México, la acuicultura en 2019 produjo 404 mil toneladas de mariscos y peces de aleta, siendo las más importantes: Tilapia con 179.5 mil toneladas, Carpa con 30.3 mil y Trucha con 7.1 mil (CONAPESCA, 2018). Sin embargo, como se expuso previamente, la creciente demanda de productos acuícolas supera significativamente a la oferta. Con relación a ello, el consumo *per cápita* nacional en

2018, alcanzó el mayor promedio anual histórico de 12.1 kg (CONAPESCA, 2018) y en 2019 13.2 kg (COMEPESCA, 2020), superior en 30% en relación con el 2014, de 8.1 kg y 8.9 anual, esto en referencia a los mismos autores en el mismo orden. Sin embargo, con respecto a la OMS (2003) (Organización Mundial de la Salud), el consumo de productos acuícolas requiere para el caso de México, aumentar ocho kilogramos más, para alcanzar los 20.0 kg *per cápita* anuales.

Por otro lado, en las dos décadas pasadas, nuestro planeta ha sufrido fuertes cambios, debido a múltiples factores de tipo: social, económico y ambiental. Esto ha provocado efectos negativos en ciclos naturales, como el hidrológico y por consiguiente en todo tipo de procesos productivos, principalmente de alimentos. La disponibilidad de agua ha disminuido y en muchos países la habilitación de nuevas fuentes de abastecimiento del vital líquido, se han intensificado, ocasionando conflictos sociales y económicos (IMTA, 2017).

Llevar a cabo un uso sostenible y más eficiente del agua, será un factor crítico para asegurar su abastecimiento en apoyo a la seguridad alimentaria de las futuras generaciones de seres humanos y de todos los seres vivos (ONU, 2005). México se encuentra en una de las regiones del mundo en donde la escasez de agua es apremiante, la mitad del volumen total de agua dulce, disponible, se emplea directa o indirectamente para la generación de alimentos (IMTA, 2017). Hoy en día es urgente tomar decisiones y acciones de tipo político, científicas y sociales, que tiendan a la conservación, aprovechamiento y recuperación del agua del planeta, como las planteadas en la publicación de Costa-Pierce et al. (2002). Esto con la

finalidad de producir una mayor cosecha por volumen de agua invertido (FAO, 2012a, SMA, 2018).

Por otro lado, es imposible pensar en el desarrollo de la industria acuícola sin el acceso en cantidad y calidad del agua, para el óptimo crecimiento de las especies en cultivo. Sin embargo, es importante considerar que la actividad acuícola, no se exenta de la generación de contaminantes derivados del propio cultivo, los cuales modifican la composición química del agua, dando como resultado la eutrofización de ecosistemas acuáticos naturales, debido a la acumulación de la materia orgánica generada en la crianza y engorda de peces (Tett, 2008), como los compuestos nitrogenados, los cuales son productos del metabolismo natural de los peces (Densmore, 2019).

El aumento de la concentración de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo, intervienen negativamente, por ser causantes de síndromes metabólicos, seguido de infecciosos, causando enfermedades y mortalidades significativas de los organismos, con lo cual se verá un claro detrimento de la eficiencia productiva de los cultivos acuícolas, teniendo que usar fármacos y otros productos químicos para el control de patógenos (Tidwell, 2012; Lebel et al., 2019). Como se comenta previamente, la acuicultura es una de las principales actividades de producción de alimentos en el mundo, que sin duda alguna contribuirá a la seguridad alimentaria mundial, si se toman las debidas previsiones. Por tal motivo es prioritario hacer esfuerzos para producir organismos acuáticos de alto valor nutrimental, mediante prácticas de producción más eficientes y ecológicamente compatibles con el medio ambiente. También se deberá buscar alternativas para emplear menos unidades de

volumen de agua por unidad de peces producidos ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) (Espinosa-Plascencia & Bermúdez-Almada, 2012).

Al mismo tiempo es recomendable que el agua, que se invierte en cultivos de organismos acuícolas pueda ser aprovechada posteriormente para la producción de plantas comestibles para humanos y animales, con la finalidad de aumentar la producción de alimentos y disminuir el impacto ecológico que causan los materiales derivados de su cultivo. De manera tal que se busque que el agua utilizada para el cultivo de organismos acuáticos sea únicamente la recuperada por pérdidas de evaporación y el agua de la biomasa de los organismos cosechados (Boyd, 2005).

Por otra parte, el desarrollo del sector acuícola se encuentra estrechamente vinculado a la disponibilidad de la cantidad de las materias primas requeridas para la elaboración de alimentos balanceados para las distintas especies cultivadas, en especial las especies carnívoras que dependen de manera importante de la incorporación de harina de pescado que es un insumo cada vez más escaso y costoso (Garduño-Lugo & Olvera-Novoa, 2008; Russel et al. 2011) Por ello se han buscado otras alternativas de alimentación en el cultivo de peces más eficientes y amigables con el medio ambiente, buscando un uso más racional de los recursos para su máximo aprovechamiento.

Especies de peces como las tilapias tienen la capacidad de filtrar e ingerir alimento natural, presente en su agua de cultivo, gracias a estructuras anatómicas especializadas del arco branquial, llamadas branquiespinas y microbranquiespinas, capaces de filtrar partículas de 2-25  $\mu\text{m}$  (Beveridge et al., 1988) Este tipo de alimentación se realiza mediante una tecnología denominada Biofloc, la cual está

fundamentada en que los metabolitos de los peces como el nitrógeno, son reincorporados a la cadena productiva, mediante la adición de una o varias fuentes de carbono, como la melaza, para que distintas bacterias, fitoplancton y zooplancton aumenten en número y puedan ser consumidas por los peces nuevamente, ayudando considerablemente al ahorro de agua, (Avnimelech, 1999, Nurul et al., 2019).

Otra opción para la reducción de compuestos nitrogenados es la utilización de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), microorganismo que ha probado su utilidad en cultivos de peces y crustáceos en especies como la tilapia y camarón (Martínez-Sánchez et al., 2018), en virtud a que las levaduras, pueden emplear los compuestos nitrogenados simples (amonio, amoniac, nitritos y nitratos) para la generación de su biomasa y teniendo como antecedente, que el uso de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), en la engorda de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), en forma de probiótico (activa), adicionada al agua de cultivo, en sistema de mínimo cambio de agua, disminuye la concentración del Total de Nitrógeno Amoniacal (TNA) y se consigue disminuir más del 80 % del agua necesaria para producir una unidad de peso de los camarones (kg/m<sup>3</sup>) (Martínez-Sánchez et al., 2018.). Por lo tanto, la finalidad del presente estudio fue evaluar si el empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en el agua de cultivo, logra la disminución el TNA y verificar si altera la supervivencia, parámetros productivos, la composición química y sensorial del filete de la Tilapia del Nilo.

## ANTECEDENTES

### Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*)

El nombre de tilapia tiene aparentemente su origen por un intento de pronunciación de un investigador que trataba de emular la palabra “pez”, dicha por los miembros de la tribu africana Bosquimana. Hoy en día cuando se hace referencia a la palabra tilapia, se entiende como un grupo numeroso de peces tropicales, pertenecientes a la familia de los cíclidos (Trewavas, 1982).

La Tilapia Nilótica es originaria de las aguas tropicales dulceacuícolas africanas, pertenece a uno los tres grupos de peces de aleta con mayor producción el mundo, por su alta aceptación y consumo humano (FAO, 2020b), esto, gracias a sus características como: Rápido crecimiento, resistencia a variaciones medio ambientales, buena prolificidad, fácil reproducción, resistencia a enfermedades y de diversos hábitos alimenticios (El-Sayed, 2006). La Tilapia Nilótica está catalogada como consumidora de alimento natural, como el fitoplancton y zooplancton (Harbott, 1975). Estos peces, presentan estructuras anatómicas importantes como las branquiespinas, que le permiten filtrar el agua para asimilar como alimento a organismos generados en el agua de cultivo (Beveridge et al., 1988). En vida silvestre, las tilapias también se alimentan de insectos, larvas de mosquitos y pequeños crustáceos (Bowen, 1982), también aceptan y crecen bien con alimentos comerciales.

En cuanto a la calidad alimenticia, podemos decir que la carne de tilapia es nutritiva, baja en lípidos y apetecible. *O. niloticus* por ser uno de los peces de mayor importancia en la alimentación humana (FAO, 2020b), es importante reconocer que

el contenido nutricional de las tilapias se asocia con las condiciones ambientales y de la propia genética del animal, llegando a modificar la composición de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. (Garduño-Lugo et al., 2003, El-Sayed, 2006).

Las tilapias son un grupo de peces de relevancia mundial por ventajas como: Variabilidad genética y posibilidad de hacer cruces para obtener individuos híbridos, la versatilidad del pez para los diversos sistemas de cultivo y policultivo, la buena aceptación en el mercado del pez, constante disponibilidad y sabor que se adapta a muchos paladares, más el valor agregado que se puede obtener, con subproductos como filetes listos para cocinar, pieles curtidas para la elaboración de prendas y accesorios de vestir (Fitzsimmons et al., 2011) y el importante uso de la piel de tilapia, como tratamiento en quemaduras de piel (Lima et al., 2020).

### **DISPONIBILIDAD DE AGUA**

Sin el agua, no es posible concebir la vida en el planeta tierra. Dos terceras partes de ella están cubiertas por agua, mayormente en forma de mares y océanos, en donde únicamente el 3.5% se encuentra en zonas continentales, de esa proporción solo el 2.5 % es agua dulce y de esta solo se puede aprovechar el 30%. Esto debido a que en la Antártida se ubica la mayor concentración (70%) de agua dulce del planeta, en forma de glaciares (CONAGUA, 2017).

La disponibilidad de agua es y será un factor vital en la preservación de la vida de animales, plantas y humanos. No obstante, no es menos importante la calidad de la misma, para su aprovechamiento en los usos: doméstico, agrícola, industrial y acuícola, por lo anterior se debe de buscar abastecer de agua con la mejor calidad

y cantidad posible, no podemos olvidar que del agua dependen directa o indirectamente todo proceso productivo o ciclo de vida. (Boyd, 2015).

Las actividades del sector primario como la producción de alimentos enfrentarán retos fuertes hacia el año 2050, esto con la finalidad de poder alimentar debidamente a una población estimada para ese mismo año, de 9,000 millones de personas. Por lo que será necesario, hacer un uso del agua más eficiente, producir más alimentos con menos agua, ello dentro de la más estricta equidad y respeto por el medio ambiente. Se tendrán que generar estrategias y acciones apropiadas en zonas agrícolas para poder hacer frente a inundaciones y sequías. Se deberán optimizar los procesos tecnológicos del agua, como la generación de energía eléctrica en plantas hidroeléctricas y considerar fuertemente que el agua funciona como el corazón de la economía mundial (FAO, 2020a).

En México, el agua es clave para estimular el desarrollo económico y no se debe hacer caso omiso a los retos de uso y demanda del agua, puesto que, en el país, son inminentes el crecimiento poblacional, el cambio climático y la contaminación de cuerpos de agua. Factores que pueden disminuir considerablemente la calidad del agua para la generación de alimentos, lo cual crea la manifestación de serios conflictos sociales. México es un país con una orografía impresionante y a la vez cambiante de diversos ecosistemas que van desde desiertos hasta selvas tropicales, en los cuales, los recursos hídricos deben ser bien aprovechados para una mejor distribución del agua (IMTA, 2020).

La adecuación de leyes para el uso del agua y su protección, son una necesidad apremiante, en donde se debe también preparar personal debidamente capacitado

para que coadyuven en afrontar los problemas venideros en relación con el agua disponible (ONU, n.d.).

Para saber que tan bien se aprovechan los recursos hídricos de los países, se realizan estudios de acuerdo con la cantidad de agua renovable que se dispone en cada país. Se le nombra agua renovable a la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente en cada uno, sin afectar ecosistemas. De acuerdo con el último informe del Atlas de Agua en México el país recibe aproximadamente 1,450 millones de metros cúbicos de lluvia anualmente, se estima que el 70 % de esta se evapora, 23 % escurre por ríos y arroyos y un 7 % se filtra en el subsuelo. El 67 % de la cantidad de agua de lluvia es captada en el sureste del país. Del total del agua, únicamente se aprovechan 400 millones (30 %) de metros cúbicos de agua por concepto de lluvia (CONAGUA, 2017).

### **USO DEL AGUA EN LA ACUICULTURA**

Existen cerca de 580 especies acuáticas que se cultivan actualmente en todo el mundo, lo que representa una significativa abundancia y diversidad genética entre y dentro especies cultivadas. La práctica y desarrollo de esta actividad, no tiene barreras económicas, ni sociales, se puede llevar a pequeña escala por agricultores pobres de los países en desarrollo o empresas millonarias multinacionales (FAO, 2020a). Teniendo un pequeño panorama de lo grande y diversa que es esta actividad económica y como se mencionó anteriormente, la acuicultura claramente será participe de la seguridad alimentaria y tendrá que hacer frente a los problemas, siendo más eficiente, produciendo más kilogramos de organismos acuáticos con menos unidades de agua invertidos.

En los últimos años ha surgido un debate sobre el impacto negativo de algunas prácticas de la acuicultura, sobre el medio ambiente, la sociedad y economía. En esas prácticas se incluyen las granjas de peces y siembra de plantas acuáticas en costas y ríos, que pueden generar contaminación del agua y otras alteraciones importantes sobre el ambiente, como, la desviación del agua de sus torrentes naturales, el dragado y llenado de cuencas hídricas y contaminación del agua, lo que provoca incluso fenómenos tales como la eutrofización de diversas cuencas continentales (ONU, 2003). Es un hecho que la acuicultura no está libre de generar contaminación, sin embargo, investigaciones en la actividad acuícola, han resultado en mejoras importantes en el uso de suelo, evitando graves alteraciones en la estructura de cuerpos de agua. También los desechos de esta actividad son mayoritariamente, biodegradables y perfectamente aprovechables en el ciclo biológico de las plantas, si se planea y desarrolla de una manera amigable con el medio ambiente, es posible, aprovechar los nutrientes del agua de cultivo en la agricultura (FAO, 2011a). El agua puede pasar a través de las unidades de acuicultura y regresar al sistema de riego por flujo por gravedad, si se planea bien la construcción de la unidad de producción acuícola, se verá que los desechos de la acuicultura se pueden convertir en una nueva biomasa de plantas comestibles (Boyd, 2005). Para conocer el panorama de uso y eficiencia del agua renovable, empleada en la producción acuícola, en todo el mundo, algunos investigadores como Boyd et al. (2012), realizaron una importante recopilación de datos sobre el total de producción acuícola por continente y el total de agua renovable disponible de cada región. Los autores presentan un cociente, entre la división de estos datos: Toneladas de producción anual, por continente (PA), expresados en toneladas (t)/

kilómetros cúbicos de agua renovable (AR) ( $\text{Km}^3$ ). La fórmula se expresa de la siguiente forma:  $\text{PA (t)/AR (Km}^3\text{)}$ . Los autores antes mencionados, para darle un mejor entendimiento y uso a este cociente, clasificaron a los países de la siguiente manera: Países sin acuicultura  $0 \text{ t/ Km}^3$ , países con  $<100 \text{ t/Km}^3$  un nivel eficiencia bajo, países entre  $100\text{-}1000 \text{ t/ Km}^3$  con un nivel intermedio, países con  $>1000 \text{ t/Km}^3$  con un nivel alto. Con el análisis de esa información, Boyd et al. (2012), clasificaron a la región de Latino América y Caribe, en un nivel bajo de producción acuícola de  $31.1 \text{ t/Km}^3$ , cabe señalar que tan solo esta región de Latino América y Caribe recibe más del 11% de toda el agua renovable del mundo. En otro estudio, Boyd & Li-Li, (2011) informan que México obtuvo un resultado de  $23.2 \text{ t/Km}^3$ , estando por debajo incluso del promedio de Latino América y muy por debajo de países líderes en producción acuícola, como China que produce  $7,334 \text{ t/Km}^3$ .

Con los datos previamente mencionados, podemos afirmar que las regiones con alto potencial para la producción acuícola no se están aprovechando los recursos hídricos de manera eficiente, hay agua disponible para producir más alimento de origen dulce acuícola, pero no está siendo aprovechada. La producción por kilogramo de pescado, sobre un promedio mundial requiere de  $16.9 \text{ m}^3$ . En el mundo se emplean  $429 \text{ Km}^3$  de agua, anualmente para producir el total de especies de acuicultura cultivadas. Lo que representa del 1 al 4 % del total de agua renovable global (Boyd et al., 2012).

Está en manos de la humanidad, el uso de agua de manera responsable, en donde cada proceso productivo ayude a contribuir la eficiencia con la que se usa el agua, la acuicultura no se puede quedar atrás, debe de ser la punta de lanza en la política

y tecnología del uso del agua, para que tan noble actividad ayude a resolver los retos que se esperan en las próximas décadas.

A continuación, se presentan dos alternativas tecnológicas de uso eficiente de agua, mediante las cuales, se pudiese producir una mayor cantidad de organismos acuáticos con una menor cantidad de agua.

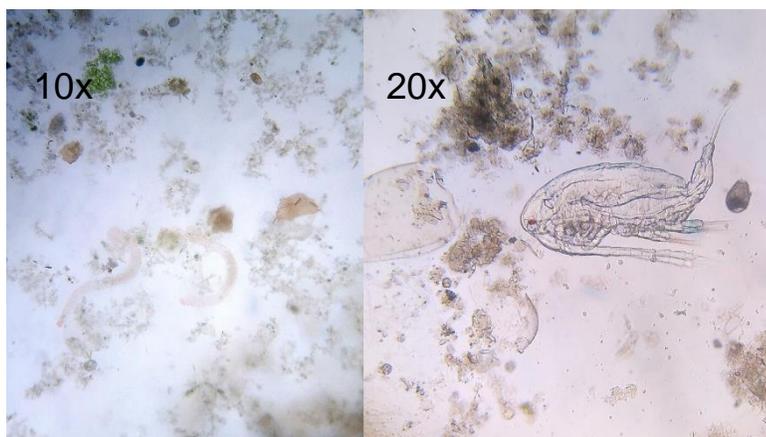
## **SISTEMA DE PRODUCCIÓN BIOFLOC**

Para poner en contexto los sistemas productivos denominados de tecnología Biofloc Technology (BTH, por sus siglas en inglés) es atinado partir del principio de la Ley de la Conservación de la Materia, de Antoine Lavoisier quien mencionó “La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma” (Bascañán, 2007). Puesto que el sistema productivo Biofloc (BTS), se basa en la transformación de materia orgánica al habilitar los primeros eslabones de las cadenas tróficas acuáticas.

Para los años en donde la acuicultura se vio como una excelente herramienta para abastecer la demanda de alimentos, algunos investigadores como Schroeder (1978) observó la importancia de la presencia microorganismos heterótrofos y autótrofos (zooplancton y fitoplancton) en el agua de cultivo y como pueden beneficiar el rendimiento productivo de los peces. El sistema Biofloc, es un método de cultivo de organismos acuáticos, en donde los desechos metabólicos, como: Orina, heces, detritos celulares, etc. son fuente nutritiva, para microorganismos presentes en el agua, que podrán reproducirse y formar una nueva biomasa (zooplancton y fitoplancton) que los animales en cultivo pueden consumir (Azim & Little, 2008) (**Figura. 1**) Esta biomasa de microorganismos, la podemos observar directamente en el agua de cultivo, en forma suspendida, con apariencia de pequeños grumos a

los cuales se les denomina flóculos (Milstein et al., 2001). El sistema BTS tiene ventajas importantes en el rubro de alimentación, el cual esta complementado por los nutrientes presentes, en los microorganismos consumidos, además este tipo de sistemas, el uso de agua es mínimo, ya que algunos de los microorganismos que crecen en el agua, tienen el importante rol en el ciclado de nutrientes, que ayudan a reducir compuestos nitrogenados, (Moriarty, 1997; Ebeling et al., 2006), que como se explicó previamente afectan el rendimiento productivo de los peces.

Los sistemas BTS se pueden considerar sustentables, por tanto más amigables con el medio ambiente, por lo antes descrito, no obstante se pueden presentar algunos problemas en cuanto la variación de los parámetros fisicoquímicos del agua, la disminución de la alcalinidad, aumento en la concentración del Total de Nitrógeno Amoniacal (TNA) entre la maduración de las colonias de microorganismos que oxidan los problemáticos compuestos nitrogenados, además de requerir una profusa oxigenación y movimiento de la columna de agua para el sustento de los flóculos y todos los microorganismos presentes en el agua (Schryver et al., 2008; Azim & Little, 2008).



**Figura 1.** Fotomicrografías 10x, 20x de Zooplancton y Fitoplancton procedentes de un cultivo biofloc.

## LEVADURAS

Las levaduras, son organismos unicelulares, eucariontes que pertenecen al reino de los hongos, se reproducen principalmente por un mecanismo denominado gemación, en donde a una célula madre se le puede observar una protuberancia denominada yema, la cual crece, hasta eventualmente desprenderse de la primera, formando una nueva célula completamente funcional. Las levaduras son organismos que se encuentran dispersas en todo el ambiente, forman parte natural de ecosistemas terrestres y de la microbiota de los animales en general, en varias partes internas y externas del cuerpo. Son microorganismos que usualmente pasan inadvertidos, no obstante, el importante conocimiento de su biología, capacidades bioquímicas e incluso el completo conocimiento de su genoma, han logrado importantes aportes benéficos a la humanidad, como la producción de hormonas, como la somatotropina e insulina y su utilización como células hospederas para la replicación de virus y producción de vacunas (Naix'ieli-Castillo, 2019).

Las levaduras son responsables de la fermentación alcohólica del vino y la cerveza, al emplear fuentes nitrogenadas simples en presencia de azúcares (reacción demostrada por Louis Pasteur en 1857). Durante los procesos productivos del vino, se puede notar que algunas ocasiones la fermentación, se desarrolla de manera deficiente, a causa de carencias de nitrógeno, compuesto importante para el metabolismo de las levaduras, el cual emplea para la síntesis de su proteína celular (Gutiérrez et al., 2012).

Gracias al descubrimiento de las levaduras, hay conceptos que hoy en día se siguen usando ampliamente en el vocabulario científico como el término “enzima”

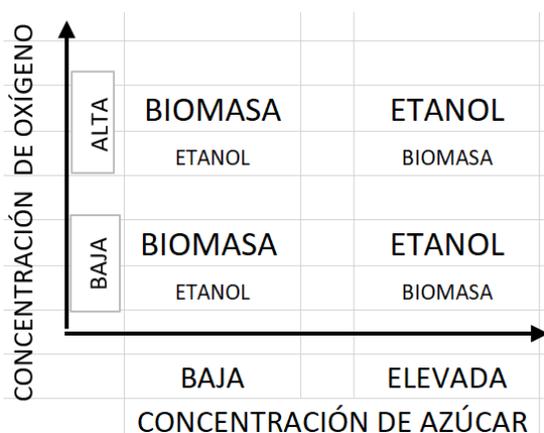
que fue acuñado por un investigador bávaro, con base en un experimento en el cual demostró que las levaduras “rotas” no perdían su capacidad fermentativa, lo que le ayudo pensar que dentro de ellas, se encontraban sistemas o sustancias para fermentar y convertir el azúcar en alcohol y propuso llamarles “zyme” del griego fermento a esas sustancias, capaces de seguir reaccionado con el azúcar (Gonzales y Valenzuela, 2016).

### ***Saccharomyces cerevisiae***

Es una especie de levadura ubicua (que está presente en muchos lugares y situaciones), a la vista puede presentar forma redonda, ovoide y elipsoidal. En la industria alimenticia recibe el nombre de levadura de panadería o de cervecería, es el organismo eucarionte mejor estudiado del mundo por su importante utilidad en procesos biotecnológicos. *S. cerevisiae*, es considerado como un microorganismo inocuo y de libre movilidad que puede ser empleado como probiótico además se puede emplear con éxito como inmunoestimulante y atrapante de micotoxinas. (Oliveira y González-Molero, 2016; Farid et al., 2018).

Las levaduras, miden de 4 a 8  $\mu$ m, se puede reproducir por gemación, en un tiempo de 1 a 3 horas y por reproducción sexual en condiciones específicas, se le puede ver desarrollándose en ambientes con un pH de 4.5 y 7.5, aunque se desarrolla mejor en medios acidificados en un rango de temperatura de 25 a 30 °C (Leveau & Bouix, 2000). *S. cerevisiae*, en condiciones de anaerobiosis, lleva a cabo una fermentación de tipo alcohólica, en presencia de diversos tipos de azúcares, con excepción de la lactosa. Su nombre se compone de los vocablos Saccharo que significa azúcar y Myces de hongo “Azúcar de hongos”. Para su adecuado

crecimiento requiere como mínimo de una fuente de carbono, dada por los azúcares, los empleará como fuente de energía, también requiere de nitrógeno para formación de proteínas estructurales, además de fósforo, el cual emplea en todos los procesos bioquímicos de fosforilación, de manera que *S. cerevisiae*, presenta dos vías generales de fermentación, como se puede observar en la **Figura 2**, en presencia de oxígeno, producirá mayor biomasa y baja producción de etanol y en condiciones anaerobias una menor producción de biomasa, pero producirá mayor cantidad de etanol (Fajardo-Castillo y Sarmiento-Forero, 2007) (Hernández, 2007).



**Figura 2:** Influencia de las concentraciones de O<sub>2</sub> y de azúcar sobre el metabolismo de *S. Cerevisiae* (Adaptación de Hernández, 2007)

### Uso de levadura *S. cerevisiae* en acuicultura

Al saber las grandes bondades que nos puede aportar la levadura de cerveza, no ha pasado desapercibida por la acuicultura, se ha empleado en la alimentación de peces como fuente proteica y como probiótico. En un estudio se añadió la levadura al alimento comercial y se estimó que al alimentar a las Tilapias Nilóticas (*Oreochromis niloticus*) se puede llegar hasta un porcentaje de inclusión del 15%, sin afectar el factor de conversión alimenticia (Ozorio et al., 2012). En otro estudio

se probaron cómo funcionaban diferentes probióticos (dos bacterias y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) en alevines de Tilapia Nilótica (*O. niloticus*). A los peces alimentados con una dieta de 40% PC más la adición de levadura al 0.1%, los organismos crecieron más rápido y tuvieron una mejor conversión alimenticia esto indica que *S. cerevisiae* actúa como promotor de crecimiento (Lara-Flores et al., 2003). También se ha evaluado el desempeño *S. cerevisiae* en la alimentación de otras especies de peces, de importancia comercial, como la Carpa común (*Cyprinus carpio*), donde se probó como promotor de crecimiento, suministrada en el alimento comercial en una proporción de 5-10g /Kg y se observó que actuó como un buen promotor de crecimiento (Manoppo et al., 2016). En cuanto a estudios de su uso como probiótico y cómo repercute en la microbiota de los peces, se ha demostrado que en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) al ser alimentadas 10 semanas con levadura adicionada al alimento comercial aumentaron entre de 37 a 62% el conteo de bacterias benéficas, sin embargo, la levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) colonizó pobremente el sistema digestivo de la trucha (Huyben, 2017).

Teniendo en cuenta que las levaduras necesitan una fuente de nitrógeno constante para sintetizar sus proteínas estructurales (Crepin et al., 2014) y en virtud de que pueden crecer en ambientes cálidos de 25 a 30°C (Leveau & Bouix, 2000), hace compatible el uso de *Saccharomyces cerevisiae* en la acuicultura de especies tropicales, adicionada directamente al agua del cultivo, con el propósito de utilizar como sustrato los compuestos nitrogenados generados por metabolismo de los peces, estabilizando la concentración del Total del Nitrógeno Amónico (TNA) del agua de cultivo, para poder hacer un uso más eficiente del agua, puesto que se

evitará hacer recambios totales, parciales o recirculación continua de agua , como tradicionalmente se realiza en la acuicultura.

Cabe recalcar que hay muy poca información del uso de levadura de cerveza en producciones acuícolas para mejorar la calidad del agua. Se evaluó el empleo de una mezcla de *S. cerevisiae* con melaza de caña en un cultivo de camarón blanco del pacifico (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de mínimo cambio de agua, obteniendo buenos resultados en el control de compuestos nitrogenados, en comparación con un sistema tradicional de cambio continuo de agua en el cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) (Martínez-Sánchez et al., 2018). En un trabajo previo Bustos-Serrano y Granados-Machuca (2016), estudiaron el desempeño de *S. cerevisiae* para el control de calidad del agua en el cultivo de ese crustáceo. Los autores encontraron una disminución el amonio del agua de cultivo, al agregar la levadura y concluyeron que ese microorganismo presenta un potencial uso para mejorar la calidad de agua, con el propósito de un virtual ahorro de agua en el cultivo de especies acuícolas.

## **CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA CARNE DE TILAPIA**

Conocer el aporte nutricional que contienen los alimentos, es un importante punto de partida para elegir una dieta equilibrada y poder contribuir a mejorar la nutrición de las personas. Los peces han sido un pilar en la alimentación en muchos lugares del planeta y se ha demostrado que el consumo frecuente de pescado aporta varios beneficios para la salud, por ser rico en proteínas, en ácidos grasos esenciales, en vitaminas y minerales, los cuales tienen una importante función biológica en el cuerpo humano. Las personas que consumen pescado de manera regular son menos propensas a enfermedades cardiovasculares, reducen su predisposición a la diabetes, incluso pueden mejorar su desempeño mental. El consumo de pescado por mujeres embarazadas contribuye al desarrollo cerebral del feto y su desarrollo posterior después del nacimiento. Además, se considera que el consumo de pescado ayuda a mejorar la respuesta del sistema inmune y disminuir el riesgo de padecer enfermedades graves como el cáncer. (Dovydaitis, 2008, Kim et al., 2010 & Ruxton, 2011).

Ciertamente la tilapia es un pez nutritivo, pero su contenido nutricional, puede verse influenciado por su alimentación (Sung & Jae-Yoon, 2002; Abdel-Tawwab & Mohammad, 2009; Jim et al., 2017) y por variaciones en los factores fisicoquímicos del agua en donde se cultive (El-Sayed et al., 1996; Jim et al., 2017; Olopade et al., 2016b; Desta et al., 2019). También se han encontrado diferencias en la composición química de las tilapias en cuanto a su grupo genético (Garduño-Lugo et al., 2003; Garduño-Lugo et al., 2007). Algunos autores también reportaron diferencias en la calidad del filete de tilapias en relación a su peso al sacrificio

(Rocha et al., 2020) y en sistemas biofloc se ha reportado diferencias en la calidad nutritiva de la Tilapia del Nilo, según la fuente de carbono empleada (Ridha et al. 2020). Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta a continuación una síntesis sobre el aporte de los principales macronutrientes en la carne de tilapia (**Cuadro 1, 2**).

**Cuadro 1.** Composición química de la canal de tilapia, reportadas por distintos autores.

<sup>1</sup> Nutriente (%)	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Humedad	67.5	75.3	81.4	77.8	74.3	71.5
Proteína cruda	18.2	16.0	13.4	15.8	20.1	15.8
Extracto etéreo	9.6	5.0	0.54	2.21	1.56	2.07
Ceniza	2.5	3.2	1.36	2.44	3.16	4.95
ELN <sup>8</sup>	2.2	0.5	2.35	1.72	0.88	5.68

<sup>1</sup>Base húmeda, <sup>2</sup>Sung & Jae-Yoon (2002), <sup>3</sup>Abdel-Tawwab & Mohammad, (2009), <sup>4</sup>Olopade et al. (2016a), <sup>5</sup>Jim et al. (2016), <sup>6</sup>Olopade et al. (2016b), <sup>7</sup>Flores-Crispin, (2016), <sup>8</sup>Elementos Libres de Nitrógeno

**Cuadro 2.** Composición química de filetes de tilapia, reportadas por distintos autores.

<sup>1</sup> Nutriente (%)	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Humedad	79.1	70.2	78.0	76.0	75.5	78.4
Proteína cruda	17.0	16.8	18.2	20.0	18.2	16.6
Extracto etéreo	2.07	3.20	1.23	2.33	3.62	1.22
Ceniza	0.65	2.74	2.30	1.20	1.92	1.16
ELN <sup>8</sup>	1.18	7.04	0.27	0.47	0.46	2.67

<sup>1</sup>Base húmeda, <sup>2</sup>Garduño-Lugo et al. (2003), <sup>3</sup>Desta et al. (2019), <sup>4</sup>Omena et al. (2010), <sup>5</sup>Rocha et al. (2020), <sup>6</sup>Sung & Jae-Yoon (2002), <sup>7</sup>Pandal-Baños (2019). <sup>8</sup>Elementos Libres de Nitrógeno

## EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial, es una disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones de las personas a las propiedades de los alimentos y materiales, tal y como son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Stone et al., 2012), siempre tratando de minimizar los posibles efectos de sesgo de identidad por apariencia.

En épocas pasadas las formas de evaluar, características percibidas en alimentos eran realizadas por una persona (juez) altamente calificada, para probar algún producto o alimento específico. Dando usualmente como resultado un sesgo de la información obtenida por el juez, relacionado con la percepción del producto por los consumidores a quien va dirigida la venta de ese bien. En la actualidad, la evaluación de alimentos se lleva a cabo con grupos de personas no experimentadas, panelistas o jueces, seleccionados mediante una metodología estadística para discriminar o evaluar dos o más productos entre sí. Para ello, existe métodos para evaluar sensorialmente los productos que se desea comparar, y generalmente se clasifican en tres métodos: Pruebas discriminativas, pruebas descriptivas y pruebas de aceptación o preferencia (O'Mahony, 1985; Lawless & Heyman, 2010).

Para el presente estudio se delimito al uso de pruebas discriminativas, consideradas las pruebas sensoriales más simples, ya que solo se requería determinar si existía diferencia perceptible entre dos tipos de carne, en diferentes situaciones de cultivo. Este método, se basa en el uso de estadísticas de frecuencias y proporciones (contando las respuestas correctas e incorrectas del panel de jueces entrenados

para esta evaluación específicamente). Con base en los resultados de las pruebas, se infieren diferencias basadas en las proporciones de personas que pueden distinguir entre los productos que se requiere de comparar (Lawless & Heyman, 2010; Stone et al., 2012.).

La prueba estadística comúnmente empleada en ensayos sensoriales de tipo discriminativos, son las llamadas pruebas triangulares, las cuales consisten en darle al panel degustador tres porciones de producto, dos iguales y un tercero diferente, acomodados aleatoriamente en distinto orden con el fin de determinar si el juez, puede o no detectar diferencias en el sabor u otra diferencia sensorial previamente establecida. Cada sesión de degustación requiere hacer tres pruebas triangulares, por cada uno de los jueces y al menos hacer dos sesiones, para determinar si existen diferencias entre los productos a comparar. (O'Mahony, 1985).

La importancia de determinar si el empleo de levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) al interactuar con los microorganismos de los sistemas de mínimo cambio de agua, fue determinar si repercute sobre el sabor en los filetes de la Tilapia Nilótica (*O. niloticus*) puesto que en este tipo de sistemas de producción se pueden generar algunos tipos de algas y en particular algas verde-azules y microorganismos productores de geosmina y de 2-metilisoborneol (MIB) que confieren un mal olor y sabor a peces, crustáceos y otros animales de cultivo, ya que estos compuestos son liberados en el agua y absorbidos por los organismos acuáticos (Boyd, 2015).

Algunos estudios señalan que en la Tilapia Nilótica, la bioacumulación en el músculo de geosmina y MIB, no solo es por el consumo de los microorganismos del plancton, sino que sugiere que también puede ser provista por el consumo de las biopelículas

formadas en las paredes y otras estructuras de los estanques que tienen contacto con el agua de cultivo (Bartholomew et al., 2019). Por otra parte, pese que la geosmina y MIB es absorbida por las branquias, se ha precisado que también se puede absorber por el tracto digestivo de los peces, resaltando que en la microbiota normal de la mucosa intestinal de la Tilapia del Nilo pueden habitar actinomicetos, que también son productores de MIB y geosmina. (Lukassen et al., 2019).

El impacto económico que puede llegar a tener, el sabor a “lodo”, provocado por el MIB y la geosmina en la carne de los peces, es notable, considerando que los consumidores, dejarían de comprar el producto y cambiarían sus patrones de consumo, los costos del rechazo por clientes mayoristas, al detectar que los peces vienen contaminados con el sabor. Se ha estimado en granjas comerciales de bagre en los Estados Unidos de América (USA) se pierden entre 15 a 23 millones de dólares anualmente (Hanson, 2003). En relación con el empleo de levadura de cerveza, no hay estudios si este microorganismo agregado directamente en agua de cultivo pudiese causar el aumento o la disminución de ciertas poblaciones de bacterias productoras de geosmina y MIB, incluso a nivel de la microbiota intestinal de tilapia, ya que como se mencionó anteriormente el consumo de levadura de cerveza puede alterar la microbiota intestinal. No obstante, se observado que la percepción sensorial de la carne de la carpa común (*Cyprinus carpio*) alimentada con levadura agregada a la dieta comercial, no se ve afectada, en comparación con una dieta base a cero por ciento de levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) (Abdulrahman et al., 2019).

## **HIPÓTESIS**

El empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en el agua de cultivo, será capaz de disminuir los compuestos nitrogenados, por lo que no afectará la supervivencia, crecimiento, composición química, sensorial de la canal y el filete, de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre la disminución de compuestos nitrogenados en el agua de cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y su efecto sobre el gasto de agua, supervivencia, crecimiento, eficiencia alimenticia, composición química y sensorial de su carne.

### **Objetivos específicos**

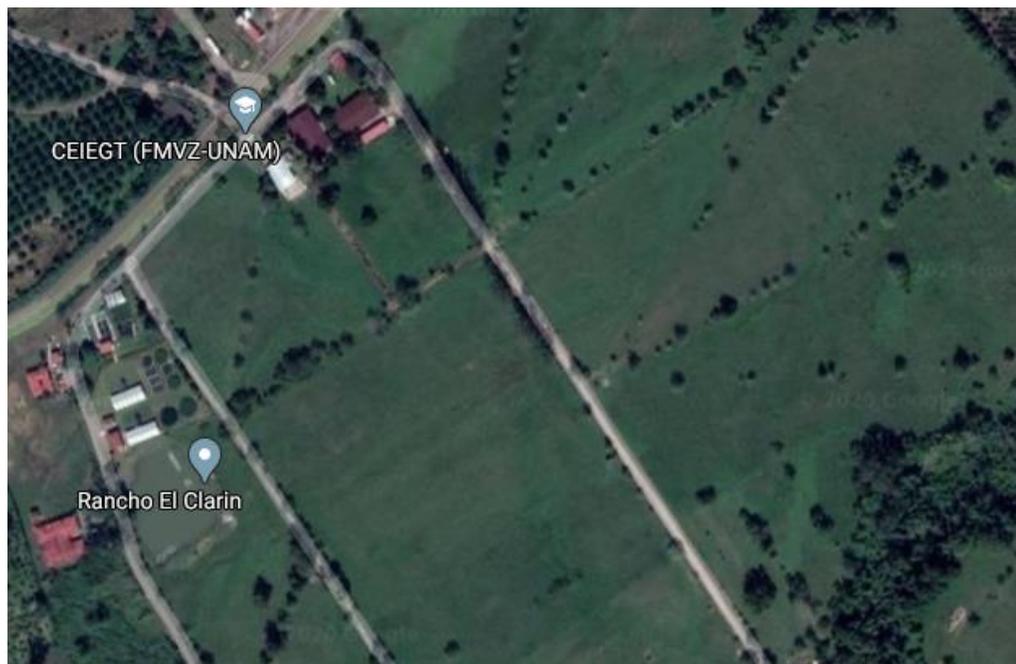
1. Determinar si el empleo de la levadura de cerveza (*S. cerevisiae*), permite la reducción de los compuestos nitrogenados y el consumo de agua, en un cultivo de la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*).
2. Determinar, la supervivencia de la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*), al agregar la levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) al agua de cultivo
3. Evaluar si el empleo de la levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) en el agua de cultivo, influye sobre el crecimiento de Tilapia del Nilo (*O. niloticus*).
4. Evaluar el efecto del uso de Levadura de cerveza (*S. cerevisiae*), en el agua de cultivo, sobre la composición corporal y química de la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

- Determinar si al emplear levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) en un cultivo con mínimo cambio de agua, se perciben diferencias en el sabor del filete de la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización geográfica

El estudio de 84 días, se llevó a cabo en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) (**Figura 3**) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz., el clima de esta zona es cálido húmedo con una temperatura promedio de 23.4°C y precipitación media anual de 1,840mm (Google Earh, 2019)



**Figura 3.** Vista área de las instalaciones- CEIEGT-FMVZ-UNAM  
Google maps, 2020

## Instalaciones y unidades experimentales

El lugar en donde se desarrolló el experimento fue en el área de Crianza 3, del MEIA- CEIEGT (**Figura 4**). La cual es una superficie rectangular techada, en forma de galera, con piso de concreto, que está delimitada con una malla anti-aves. Cuenta con una red de distribución de agua, la cual se abastece de un estaque rústico. El lugar cuenta con la capacidad de albergar 36 tinas con aireación y agua en recirculación continua. Ambos sistemas funcionan las 24 horas del día. Para el experimento se ocuparon nueve tinas de polietileno, de un diámetro de 1.7 m y 60 cm de profundidad, con capacidad para un volumen de agua de  $1\text{m}^3$ .



**Figura 4.** Área de Crianza 3 del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM  
Tomada por. David Mendoza Serrano, 2020

## Tratamientos experimentales

Se evaluaron tres tratamientos, durante 84 días, con tres repeticiones asignadas aleatoriamente:

Tratamiento control (RC): las tinas o unidades experimentales (U.E) correspondientes a este tratamiento, se les habilitó con recirculación continua de agua y aire las 24 h del día.

Tratamiento Levadura Activa (LA): a las tinas (U.E) no se les proporcionó circulación de agua, únicamente aire las 24 h del día.

Tratamiento Levadura Inactiva (LI): al igual que el anterior, solo tuvo aireación las 24 h.

Para controlar la pérdida de peces, se colocó una malla anti-aves, para evitar que saltaran o fueran depredados por otros animales, (**Figura 5**).



**Figura 5** Unidades experimentales empleadas en el Área de Crianza 3 del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM

Tomada por: David Mendoza Serrano, 2019

## Organismos experimentales (Peces)

En cada tina, se colocaron 23 machos de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de tipo silvestre, conocida como la línea Stirling (McAndrew et al., 1988) (**Figura 6**), sexados manualmente, los cuales presentaron un peso promedio de  $124\text{g} \pm 4.0\text{ g}$ . Los peces se mantuvieron en un periodo de adaptación por siete días, ofreciéndoles alimento balanceado Silver Cup (Alimentos El Pedregal S.A. de C.V., Toluca, Estado de México®). Cuando los peces se mostraron sin signos de cualquier alteración y comiendo regularmente, se dio inicio al experimento.



**Figura 6.** Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de tipo silvestre, línea Stirling  
Tomada por. David Mendoza Serrano, 2019

## Alimentación de los peces

A todos los peces del tratamiento control y tratamientos LA y LI, se les suministro alimento balanceado (Silver Cup, S.A. de C.V., Alimentos El Pedregal, Toluca, Estado de México ®) de 32.6 % de proteína cruda (PC), 10.9 % Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC) 5.0 %, Ceniza (CEN), 5.40 %, Humedad (H) 12 % y 34 % Elementos libres de Nitrógeno (ELN).

Se les proporcionó el alimento en tres horarios del día, 8:00 h, 12:00 h y 16:00 h, seis días a la semana, bajo el régimen de saciedad aparente (El-Sayed, 2006). Cada dos semanas se calculaba el consumo de alimento en cada una de las UE. Con el fin de evitar la pérdida del alimento por vaciamiento accidental y/o consumo de animales ferales, se colocó en botes con tapa roscable, suspendidos con hilos de nylon, justo al lado de cada una de las tinas (UE), además se le identificó con un número y letra de su tratamiento. **(Figura 7)**., El cálculo se realizó por diferencia de peso entre el recipiente lleno y el peso del recipiente al final de la catorcena, se determinó el consumo de alimento en las dos semanas y como medida precautoria en caso de accidente, diariamente se pesaban los botes, durante todo el periodo experimental.



**Figura 7.** Alimento balanceado en recipiente con tapa roscable  
Tomada por. David Mendoza Serrano, 2019

## Empleo de levadura y azúcar

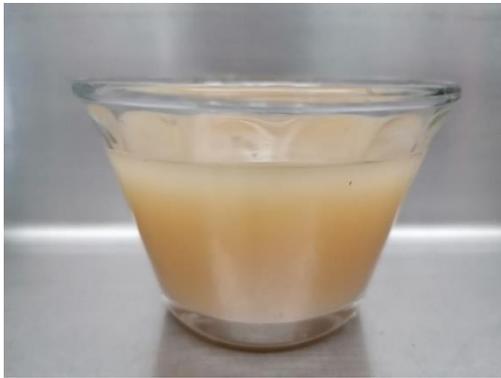
La levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) (SAFMEX S. A de C.V.) se agregó en una relación 1/10 con respecto al azúcar de caña comercial. Ambas se pesaban en un recipiente plástico, se mezclaban y añadía 120 ml de agua procedente de cada una de las tinas de los tratamientos LA y LI. Posterior a 20 minutos, cuando la levadura se activaba se distribuía sobre la superficie del agua de las tinas para LA y LI. En **la Figura 8**, se puede observar la reacción de la levadura activada (LA) en presencia de azúcar.



**Figura 8.** Activación de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) con la mezclada con azúcar

Tomada por. David Mendoza Serrano, 2019

Para el caso de las UE de LI, se realizó el mismo procedimiento que LA, pero con levadura inactiva. Del mismo lote o empaque de la levadura comercial (SAFMEX, S.A. de C. V., Toluca estado de México). La levadura se inactivo por calor, dejándola en el horno de laboratorio a 65 °C por espacios de 24 h hasta comprobar que al agregar azúcar ya no presentaba reacción de fermentación (**Figura 9**), lo cual se pudo conseguir a los siete días.



**Figura 9.** Mezcla de levadura inactiva con azúcar, en donde no se observa reacción de fermentación.

Tomada por. David Mendoza Serrano, 2019

### **Relación de mezcla de levadura-azúcar, con TNA**

De acuerdo con la concentración del Total del Nitrógeno Amoniacal (TNA), se agregaba de la mezcla levadura – azúcar, 10 tantos de azúcar por unidad de TNA. Esto considerando la información de Wu-Jie & Lu-Qing (2012) quienes consideran que la relación más apropiada entre el TNA y una fuente de carbón, para disminuir el TNA, es de 1:20, respectivamente. Sin embargo, como el alimento comercial puede aportar la mitad del carbono necesario (Avnimelech, 1999), se decidió agregar solamente 10 tantos, de la fuente de carbón aportado por azúcar. Debido a que cada tina o unidad experimental, contenía 1000 litros de agua ( $1m^3$ ). La concentración del TNA, obtenida de la muestra en mg/l., se multiplicaba por 1000, para obtener la cantidad en gramos de TNA, por cada una de las tinas sin recirculación de agua (LA y LI), y se adicionaba la mezcla correspondiente al agua, de cada tina. Para el pesaje de la levadura y azúcar, se empleó una báscula digital de marca OHAUS.

## Consumo de agua

Se determinó el gasto de agua de todos los tratamientos, al emplear la ecuación propuesta por Boyd (2000):

$$P + R + I_1 + A + E + I_2 + B + D + OF + CS$$

P (Precipitaciones), R (Llenado no intencionales por cuerpos naturales de agua),  $I_1$  (Ganancia de agua por filtración), A (Reservas de agua y llenado intencional) E (Evaporación),  $I_2$  (Perdidas de agua por filtración) B (Biomasa cosechada) D (Descargas intencionales) OF (Perdidas por sobre llenado), CS (Cambios de sitio de cultivo y llenado inicial).

En la ecuación de Boyd (2000), se contemplan entradas y salidas de agua por eventos meteorológicos, al tener un mayor control ambiental en las UE, para el presente estudio la ecuación fue adaptada de la siguiente manera:

$$GA = LA + BI + R + E + AI + BF$$

GA (Gasto de agua) = LI (Llenado inicial de la UE), BI (Contenido de agua de la biomasa inicial), R (Recirculación, solo para el tratamiento RC), E (Evaporación), AI (Agregado intencional) y BF (Diferencia del agua de la biomasa final menos la inicial).

Las tinas de todas las UE tenían un tubo central que estaba graduado hasta un  $m^3$ , este mismo tubo, fungió como tapón hermético. El gasto de agua de todas las UE se determinó cada dos semanas. Para el caso de los tratamientos LA y LI, con un contenedor de plástico de 20 litros, se recuperaba el nivel de agua, hasta la marca el metro cúbico del tubo y se registraba la cantidad faltante de cada UE de los

tratamientos mencionados (LA y LI). En las tinas del tratamiento RC, se calculó catorcenalmente el volumen de agua, que fluía procedente del estanque rústico, determinando los litros por minuto, hora, día y periodo, valiéndose de una cubeta plástica y un cronómetro para cuantificar la cantidad de agua que pasaba por la válvula de llenado de la tina.

### Medición de las variables fisicoquímicas del agua

En el **Cuadro 3**, se presentan las variables fisicoquímicas del agua determinadas, así como el método y frecuencia de medición.

Variable	Método o instrumento	Frecuencia/semana
Temperatura (°C)	Oxímetro YSI® 550 A	2
Oxígeno disuelto (%) saturación	Oxímetro YSI® 550 A	2
pH	Potenciómetro	2
TAN mg/l	<sup>1</sup> PC, API ®	2
Nitritos, mg/l, (NO <sub>2</sub> )	<sup>1</sup> PC, API ®	2
Nitratos, mg/l, (NO <sub>3</sub> )	<sup>1</sup> PC, API ®	2
Alcalinidad, mg/l, (KH)	<sup>1</sup> PC, API ®	2
Fósforo, mg/l, (P <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	<sup>1</sup> PC, API ®	2
Calcio (mg/l)	<sup>1</sup> PC, API ®	1 / catorcena
Magnesio (mg/l)	<sup>1</sup> PC, JBL ®	1 / catorcena
Potasio (mg/l)	<sup>1</sup> PC, EASY LIFE ®	1 / catorcena
Biofloc ml/l	Conos de Immhoff	2

**Cuadro 3.** Determinación de las variables fisicoquímicas del agua. <sup>1</sup>PC Pruebas colorimétricas

## **Ajuste de la Alcalinidad (KH)**

De acuerdo con Avnimlech (1999), la alcalinidad (KH) apropiada para un cultivo de tilapia es de 50 a 100 mg/L, se procuró que el agua en los tres tratamientos fuera igual o mayor a 50 mg/L, ya que en las pruebas de calidad de agua se observó que en los tratamientos LA y LI, la KH disminuía sensiblemente, hacia la segunda catorcena, se tomó la decisión de agregar cal hidratada (CALIDRA ®, Xalapa, Veracruz, México) (Bernardes-Martins et al., 2017) para aumentar y equilibrar el KH de los tratamientos LA y LI. Se calculó la cantidad de alcalinidad de un preparado de cal hidratada, conocida como calhidra (CHR) con concentración elevada de KH, para ello se realizaron varios ensayos, para conocer la concentración de KH que aportaba una cantidad determinada de CHR (cada marca comercial de la CHR puede aportar un diferente grado de alcalinidad) por litro de agua, finalmente a nueve litros de agua se le agregaron 25 g de CHR la cual se agitó hasta que se disolvió completamente. Posteriormente el sobrenadante resultante, presentó un KH de 805.5 mg/L.

Con base en los resultados obtenidos podemos inferir que se requirieron 2.78 g de calhidra por litro de agua para elevar la alcalinidad a 805.5 mg/l. Posteriormente por una regla de tres se calculó los gramos de calhidra necesaria para aumentar el KH de las UE de tratamientos LA y LI. En un recipiente de 30 L se pesó la CHR, se mezcló con agua de la misma unidad experimental, de su respectivo tratamiento, se dejó cinco minutos para que los sólidos más pesados se sedimentaran y solamente se agregó el sobrenadante de la mezcla, sobre el agua de cultivo de las unidades experimentales que tenían un KH por debajo de lo apropiado.

## Ejemplo para el cálculo y ajuste de KH

Paso 1. Se determina con pruebas colorimétricas la alcalinidad (KH) del agua que se quiera evaluar (RC, LA y LI) para efectos del presente estudio.

Paso 2. Se obtiene la KH de la mezcla concentrada de calhidra con el agua (KHC) de la tina. Ejemplo (resultado de la mezcla de 25 g de CHR y 9 L de agua, en donde se obtuvo 805.5 mg/L, a la cual se le nombra alcalinidad concentrada (KHC).

Se considera que la KH del tratamiento RC fue la que deseada (KHD), debido a que es la KH del agua de recirculación durante todo el experimento presentó el nivel de KH recomendado > a 50mg/L KH. Al medir la KH de una unidad experimental. Para términos de este ejemplo, de la tina B4, correspondiente a una réplica de LA, en donde la KH fue de 35.5 mg/L (Paso 1).

Paso 3. Se obtiene la diferencia (DF) de las concentraciones de KH deseada (KHD), de las tinas RC, la cual fue de 81.5 mg /L, menos la diferencia de esta con la KH de la tina B4 (35.5mg/L).

$$DF = KHD - KHB4, = 81.5 - 35.5 = 46.0$$

Paso 4. Cálculo de la cantidad de calhidra necesaria para llevar el agua de la unidad experimental B4 de LA, de 35.5 a 81.5 de KH, se requiere elevarla 46.0 mg/L). Cada 2.78 g de calhidra eleva a 805.5 mg/L, cuantos gramos de calhidra se requieren para aumentar 46 mg / L de agua de la UEB4.

Entonces: Cal requerida =  $(46 * 2.78) / 805.5 = 0.159$  g de calhidra / litro de agua, de manera que para aumentar a 81.5 mg /L de KH de la unidad experimental B4 ( $1\text{m}^3$ ), se multiplica por el volumen total de la tina, en decir:  $0.159 * 1000$ , lo cual es 159.0 g de calhidra.

Paso 3, Se obtiene la diferencia (DF) de las concentraciones de KH deseada (KHD), de las tinas RC, la cual fue de 81.5 mg /L, menos la diferencia de esta con la KH de la tina B4 (35.5mg/L).

$$DF = KHD - KHB4, = 81.5 - 35.5 = 46.0$$

Paso 4. Cálculo de la cantidad de calhidra necesaria para llevar el agua de la unidad experimental B4 de LA, de 35.5 a 81.5 de KH, se requiere elevarla 46.0 mg/L). Cada 2.78 g de calhidra eleva a 805.5 mg/L, cuantos gramos de calhidra se requieren para aumentar 46 mg / L de agua de la UEB4.

Entonces:

Cal requerida =  $(46 * 2.78) / 805.5 = 0.159$  g de calhidra / litro de agua, de manera que para aumentar a 81.5 mg /L de KH de la unidad experimental B4 ( $1\text{m}^3$ ), se multiplica por el volumen total de la tina, en decir:  $0.159 * 1000$ , lo cual es 159.0 g de calhidra.

## COMPOSICIÓN CORPORAL

### Matanza de los peces

La matanza se llevó a cabo mediante un método físico denominado clavija perforadora o “iki-jime”, basado y aprobado por la American Veterinary Association (AVMA, 2013) y la Norma Oficial Mexicana, NOM-033-SAG/ZOO-2014. Los peces se capturaron con una red de malla fina, para después sujetarlos mediante un guante en posición ventro-dorsal. Se incidía con un objeto punzocortante en la parte media del cráneo, en un ángulo de 45°, a 2-3 cm arriba de los ojos (**Figura 10**), efectuando movimientos circulares y laterales, para macerar el encéfalo, causándole un daño irreversible que tuvo el fin insensibilizar. Después se procedió a realizar una incisión rápida del occipital, de una sola intención para asegurar la muerte del pez.



**Figura 10** Método físico de matanza, maceración de encéfalo en Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Tomada por. David Mendoza Serrano, 2019

## **Composición corporal de los peces**

Al concluir el período experimental, se procedió a la matanza de 15 peces por tina (tres para el análisis químico proximal de la canal, tres para para el análisis químico proximal del filete y nueve para la evaluación sensorial). Los peces se colocaron en bolsas de plástico herméticas, identificadas de manera individual, en un termo, en donde se cubrieron con una cama de hielo molido con el fin mantener los pescados a 4°C.

El mismo día del sacrificio, se procedió a remover el filete de los peces de ambos lados, mediante la técnica descrita por Garduño-Lugo et al. (2003) (Anexo). Se pesaron los filetes para obtener su rendimiento (RF) en porcentaje (%), el cual es dado por  $RF\% = (\text{Peso del filete} * 100) / \text{peso entero del pez}$ . Para la obtención de la canal o rendimiento RC = Peso entero de pez – (vísceras + branquias + escamas), expresado en proporción  $RC\% = (RC * 100) / \text{peso entero del pez}$ , para asegurar la preservación de los filetes y canales obtenidas, se colocaron nuevamente en bolsas herméticas y conservaron a -21 °C, hasta su empleo para los respectivos análisis.

## **Evaluación sensorial**

Mediante una convocatoria se invitaron a 15 estudiantes residentes del CEIEGT, con un promedio de edad de 23.6 años, para participar en la formación de un panel degustador. Posterior a explicarles sobre el tema, se les aplicó un cuestionario (Anexos), para obtener información sobre datos personales y hábitos alimenticios. A 14 de los estudiantes les gusta el pescado y de ellos solamente tres lo consumen al menos una vez por semana.

Del total de personas que asistieron a la convocatoria, se seleccionaron ocho, que fueron sensibles a diferenciar el sabor ( $P < 0.05$ ), mediante la aplicación de pruebas de discriminación, triangulares (O'Mahoni, 1985) (Fotos en Anexos) entre el filete de dos peces distintos. Para esta prueba se emplearon filetes de tilapia: Pargo-UNAM, el cual es un grupo genético de tipo sintético interespecífico (Muñoz-Córdova y Garduño-Lugo, 2003) y la Tilapia del Nilo de tipo silvestre (McAndrew et al., 1988). Estos peces en un estudio previo presentaron diferencias sensoriales estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ,  $d' = 2.5$ , para ocho jueces) (Mejía-Solís, 2009). Para las pruebas triangulares, se aplicaron combinaciones aleatorias codificadas (ANN, ANA, ANN, NAA, NAN, NNA) en donde: N = Tilapia del Nilo y A = Tilapia Pargo UNAM. La prueba triangular se basa en que dos de las tres porciones de filete evaluadas son iguales y una es diferente. Al degustar las porciones de los filetes, el juez puede o no ser capaz de detectar diferencias en el sabor, este proceso al menos se debe realizar en dos sesiones, de tres pruebas cada una (O'Mahony, 1985) de acuerdo con el objetivo de este trabajo solo se determinó si hay o no diferencia del sabor.

Para la realización de la prueba, se colocaron tres trozos de filete de pescado de aproximadamente 5 g cada uno, en un plato, en el orden de alguna de las combinaciones codificadas mencionadas previamente, para posteriormente ofrecerlas a las personas participantes, para su degustación, discriminación en caso de que identificaran la porción diferente. En cada una de las sesiones, se efectuaron tres pruebas triangulares por juez, en al menos dos sesiones de cada una de las

comparaciones. Parte de la prueba consistía en el enjuague bucal con agua entre cada prueba. Los resultados obtenidos se registraron para su análisis posterior.

Los filetes que se ocuparon para la evaluación sensorial se cortaron trozos de aproximadamente 3 x 3 cm, sin espinas, cocinados al vapor durante aproximadamente 4 minutos a punto de ebullición, los filetes se envolvieron en papel aluminio, sin sal o algún otro tipo de sazónador y antes de ser utilizados para la prueba triangular se dejaron reposar entre 15 a 20 minutos. Las primeras pruebas tuvieron el fin de entrenar y evaluar las capacidades degustativas de los probables jueces. Como se menciona previamente, ocho personas fueron capaces de discriminar el sabor entre ambos filetes, los cuales obtuvieron el mayor número de aciertos correctos de las pruebas triangulares. Una vez seleccionadas las personas capaces de distinguir la diferencia de sabor en los filetes de los ejemplares de Pargo UNAM y Tilapia del Nilo, se procedió a la evaluación de los filetes de los tratamientos LA vs LI y LA vs RC (control), con el fin de destacar la diferencia o igualdad de sabores de estos tratamientos. Se realizaron seis sesiones de análisis sensoriales secuenciales, con pruebas triangulares con las mismas especificaciones en los filetes ya mencionadas, entre los filetes de animales del tratamiento de recambio continuo de agua (RC) y Levadura Activa (LA), con seis combinaciones codificadas, que se colocaron aleatoriamente, las cuales fueron cambiadas en cada prueba (AAR, ARA, ARR, RAA, RAR, RRA) donde: A=Levadura Activa (LA) y R= Recambio Continuo.

## Composición química de la canal y filete de los peces

El análisis químico proximal, se llevó a cabo por triplicado, en el laboratorio de nutrición del CEIEGT. Se emplearon métodos estándar de la AOAC (1990). Humedad (H), mediante un horno de laboratorio llevada a peso constante a 65 °C. Proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl ( $N \times 6.25$ ). Extracto etéreo (EE) con el método de Goldfish. Ceniza (CEN) mediante incineración en una mufla a 600 °C de una muestra pre-pesada en un crisol de sílice. Fibra cruda (solo el alimento empleado) y por diferencia, elementos libres de nitrógeno (ELN) mediante  $ELN = 100 - (H+PC+EE+CEN)$ .

## Determinación de los parámetros evaluados

**Supervivencia: (SUP):** Estima el porcentaje de peces que vivieron hasta el final de cada etapa o final del experimento.

$$SUP = 100 (N_f / N_i)$$

Donde:

$N_f$  = Número de peces finales

$N_i$  = Número de peces iniciales

100 = Constante para expresar el resultado en valor porcentual

### **Crecimiento:**

**Ganancia diaria de peso (GDP):** Es la cantidad en gramos aumentada por día por individuo.

$$GDP = (P_f - P_i) / N_{\text{días}}$$

Donde:

$P_f$  = Peso al finalizar el periodo o el experimento

$P_i$  = Peso al inicio del periodo o el experimento

$N_{\text{días}}$  = Número de días que duró el experimento

**Porcentaje de peso ganado (PPG):** Estima el porcentaje de peso extra obtenido al final del experimento, respecto al peso inicial.

$$PPG = (100 (P_f - P_i)) / P_i$$

Donde:

$P_f$  = Peso al final del periodo o el experimento

$P_i$  = Peso al inicio del periodo o el experimento

100 = Constante para expresar el resultado en valor porcentual

**Tasa específica de crecimiento (TEC):** Proporciona el porcentaje del aumento de peso por pez al día

$$TEC = 100 (\ln P_f - \ln P_i) / N_{\text{días}}$$

Donde:

100 = Constante para expresar el resultado en valor porcentual

$\ln P_f$  = Logaritmo natural del peso final

$\ln P_i$  = Logaritmo natural del peso inicial

$N_{\text{días}}$  = Número de días que duró el experimento

### **Eficiencia alimenticia**

**Índice de conversión alimenticia (ICA):** Es el alimento usado para producir un kilogramo en un grupo genético

$$ICA = AC / PG$$

Donde:

AC: Alimento consumido

PG: Peso ganado

### **Composición corporal**

**Rendimiento de canal (RC):** Es el porcentaje del peso del pez correspondiente a

la canal una vez eviscerada

$$RC = 100 (PTC / PTP)$$

Donde:

100: Constante para expresar el resultado en valor porcentual

PTC: Peso total de la canal

PTP: Peso total del pescado

**Rendimiento de filete (RF):** Es el porcentaje del peso del pez correspondiente al filete

$$RF = 100 (PTF / PTP)$$

Donde:

100: Constante para expresar el resultado en valor porcentual

PTF: Peso total del filete

PTP: Peso total del pescado

**Contenido de vísceras (VS)** (hepatopáncreas, tracto gastroentérico, bazo, corazón, branquias y grasa celómica). Es el porcentaje del peso del pez correspondiente a las estructuras mencionadas.

$$VS = 100 (PTVS / PTP)$$

Donde:

100: Constante para expresar el resultado en valor porcentual

PTVS: Peso total de las vísceras

PTP: Peso total del pescado

**Hepatopáncreas (HP)**. Es el porcentaje del peso del pez correspondiente al hepatopáncreas.

$$HP = 100 (PTHP / PTP)$$

Donde:

100: Constante para expresar el resultado en valor porcentual

PTHP: Peso total del hepatopáncreas

PTP: Peso total del pescado

**Grasa celómica (GC)**. Es el porcentaje del peso del pez correspondiente a la grasa celómica.

$$GC = 100 (PTGC / PTP)$$

Donde:

100: Constante para expresar el resultado en valor porcentual

PTGC: Peso total de la grasa celómica.

PTP: Peso total del pescado

## Diseño experimental y análisis estadístico

Para la comparación de las variables evaluadas: SUP, GDP, PPG, TEC, ICA, RC, RF, VS, HP y GC. Se empleó un análisis de la varianza para un diseño completamente al azar para tres tratamientos: Recirculación (RC), Levadura activada (LA) y Levadura Inactiva (LI), para tres repeticiones. El análisis estadístico, se llevó a cabo mediante el paquete (Statistical Analysis System, SAS, 1984). Cuyo modelo matemático fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

En donde:

- $y_{ij}$  es la  $j$ ésima observación en el tratamiento  $i$
- $\mu$  es un parámetro común a todos los tratamientos (media general)
- $T_i$  es un parámetro único del  $i$ ésimo tratamiento (efecto del  $i$ ésimo tratamiento)
- $e_{ij}$  es el componente aleatorio del error
- Los errores estándar (EE) se determinarán a partir del cuadrado medio del error experimental.

$$EE = \sqrt{2 * CME/n}$$

En donde:  $CME$  es el cuadrado medio del error, obtenido del análisis de la varianza correspondiente a cada variable comparada.  $n$  es el número de medias por comparar (3)

Transformaciones:

Las variables expresadas en proporción (%) se normalizarán mediante una transformación arcoseno, cuando los valores de la media no se encuentren dentro de un rango de 30-70%, de acuerdo con Sokal y Rolf (1998).

$$\text{Arcoseno} = \text{Seno}^{-1} \sqrt{p/100}$$

En donde:  $p$ , es el valor

Comparación de medias

Las medias de las variables observadas en los tres tratamientos se compararon mediante una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a una probabilidad de 0.5%. Mediante la fórmula:

$$Q_{\max} \sqrt{CME/n}$$

En donde,  $Q_{\max}$  se obtiene del valor de la tabla de distribución de Tukey para 8 grados de libertad y 3 medias a probabilidades de 0.05 y 0.01, con valores de 4.04 y 5.64, respectivamente. CME, es el cuadrado medio del error experimental, obtenido del análisis de la varianza correspondiente y  $n$  es el número de repeticiones (3). (Steel & Torrie, 1986).

### **Evaluación sensorial**

Posterior a la asignación del orden aleatorio de las pruebas triangulares correspondientes y su ejecución en las diferentes sesiones. Se obtuvo el número de aciertos correctos para identificar la porción diferente de filete de los peces: RC, LA y LI. Se empleó el procedimiento propuesto por O'Mahony (1985), para obtener el estadístico  $d'$ , mediante: Jueces (núm.) \* pruebas triangulares (3 por sesión), Proporción de aciertos. Se buscó en la Tabla 5c (O'Mahony, 1985) para obtener el nivel de probabilidad de cada sesión, basado en el número de aciertos. Posteriormente se determinó el valor de  $d'$  y la varianza de la significancia de  $d'$ , con  $S^2 = B/N$

B = Probabilidad de una respuesta correcta en función a  $d'$

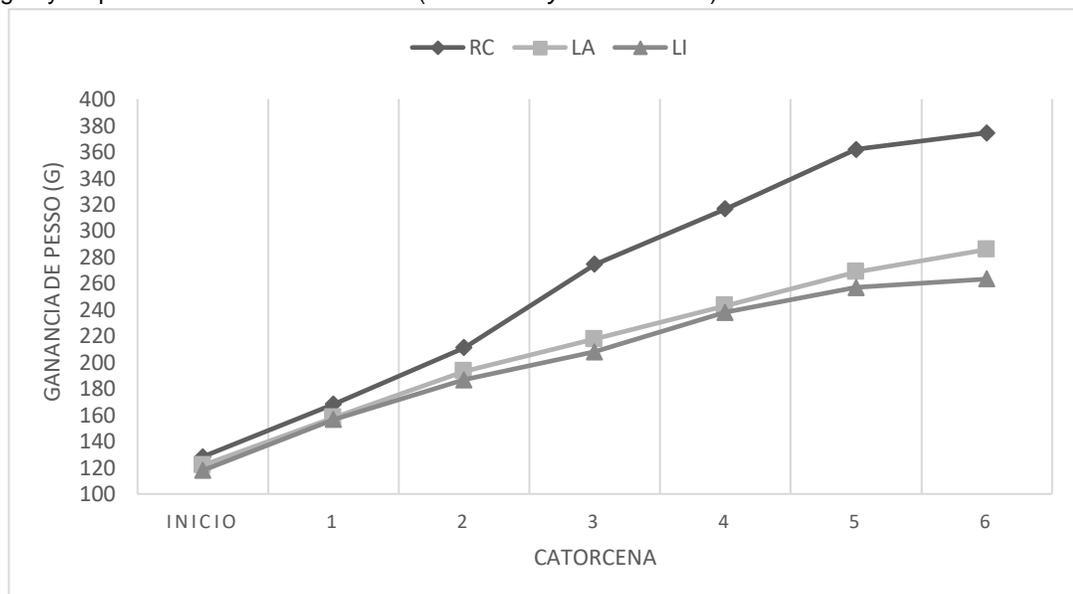
N = El número de pruebas realizadas en cada sesión

## RESULTADOS

### Crecimiento

El crecimiento de los peces fue superior en el tratamiento de Recirculación (RC) ( $P < 0.05$ ), en comparación con los tratamientos de Levadura Activa (LA) y Levadura Inactiva (LI), estos dos últimos similares ( $P > 0.05$ ), (**Figura 11**). La supervivencia no se vio afectada en los tres tratamientos, no fue el caso para otros parámetros de rendimiento productivo, ya que se aprecia que RC, presentó los mayores pesos finales, ganancias diarias de peso (GDP), porcentaje de peso ganado (PPG) y tasa específica de crecimiento (TEC) ( $P < 0.05$ ), en cuanto LA y LI estos índices de crecimiento, fueron similares entre sí ( $P > 0.05$ ). La eficiencia alimenticia, índice de conversión alimenticia (ICA), no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) (**Cuadro 4**), pese que no hay significancia estadística, para LA y LI, se observa un aparente mejor ICA en cuanto a RC.

**Figura 11.** Crecimiento acumulado de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de un cultivo con mínimo cambio de agua y empleo de Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).



**Cuadro 4.** Supervivencia, crecimiento y eficiencia alimenticia de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de un cultivo con mínimo cambio de agua y empleo de Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

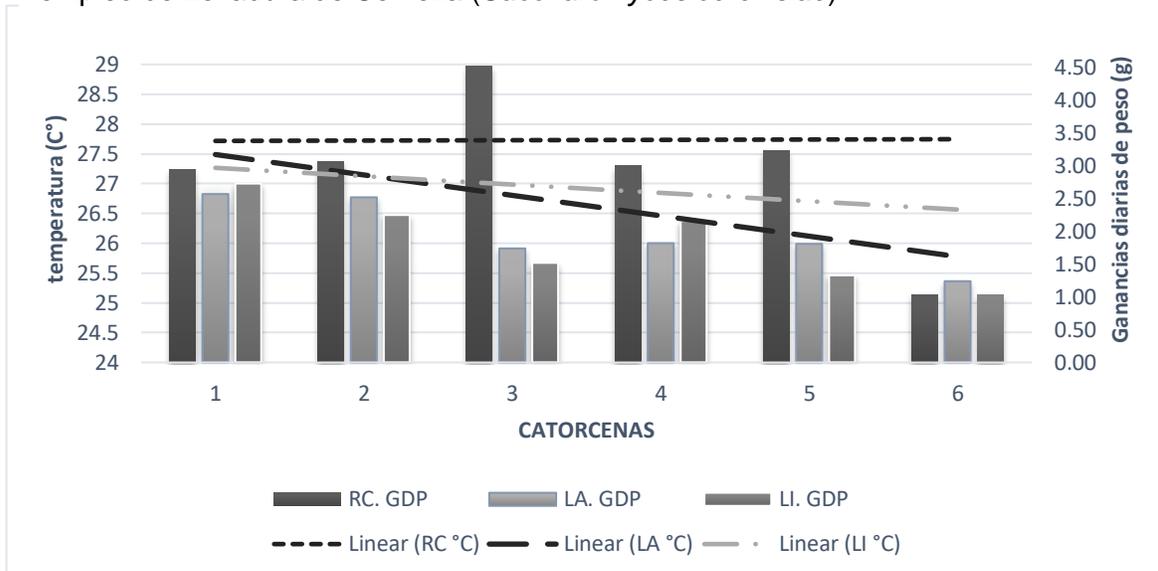
Valores Promedio <sup>1</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	CV <sup>5</sup>	Pr. F <sup>6</sup>	EE <sup>7</sup>
Supervivencia (%)	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	-	-	-
Peso Inicial (g)	128.3 <sup>A</sup>	121.8 <sup>A</sup>	117.9 <sup>A</sup>	10.9	0.650	19.9
Peso Final (g)	374.3 <sup>A</sup>	285.6 <sup>B</sup>	263.2 <sup>B</sup>	6.87	0.0015	17.3
GDP <sup>8</sup> (g)	2.60 <sup>A</sup>	1.58 <sup>B</sup>	1.50 <sup>B</sup>	8.90	0.004	0.14
PPG <sup>9</sup> (%)	158.1 <sup>A</sup>	101.1 <sup>B</sup>	102.5 <sup>3B</sup>	9.40	0.031	1.50
TEC <sup>10</sup> (%/DÍA)	1.11 <sup>A</sup>	0.82 <sup>B</sup>	0.82 <sup>B</sup>	6.21	0.029	0.722
ICA <sup>11</sup>	1.49 <sup>A</sup>	1.30 <sup>A</sup>	1.03 <sup>A</sup>	16.5	0.534	0.453

<sup>1</sup>Valores en la misma fila con diferente superíndice son diferentes (P<0.05). <sup>2</sup> Recirculación de agua, <sup>3</sup>Levadura Activa, <sup>4</sup>Levadura Inactiva, <sup>5</sup>Coefficiente de Variación, <sup>6</sup>Probabilidad, <sup>7</sup>Error Estándar, <sup>8</sup>Ganancia diaria de peso, <sup>9</sup>Proporción de peso ganado, <sup>10</sup>Tasa específica de crecimiento, <sup>11</sup>Índice de conversión alimenticia, n= 23 por unidad experimental.

### Relación entre temperatura del agua y crecimiento

En la **Figura 12**, se puede observar una relación inversamente proporcional entre la temperatura del agua y el crecimiento. La temperatura de las Unidades experimentales (UE) de RC, se mantuvieron más altas y estables, entre los 27 y 28 °C, mientras que en las UE correspondientes a los tratamientos LA y LI, tendió a disminuir, en relación con la temperatura de las UE de RC. En la misma figura se aprecia que la temperatura de las UE de LA fue incluso menor a la temperatura de UE de LI.

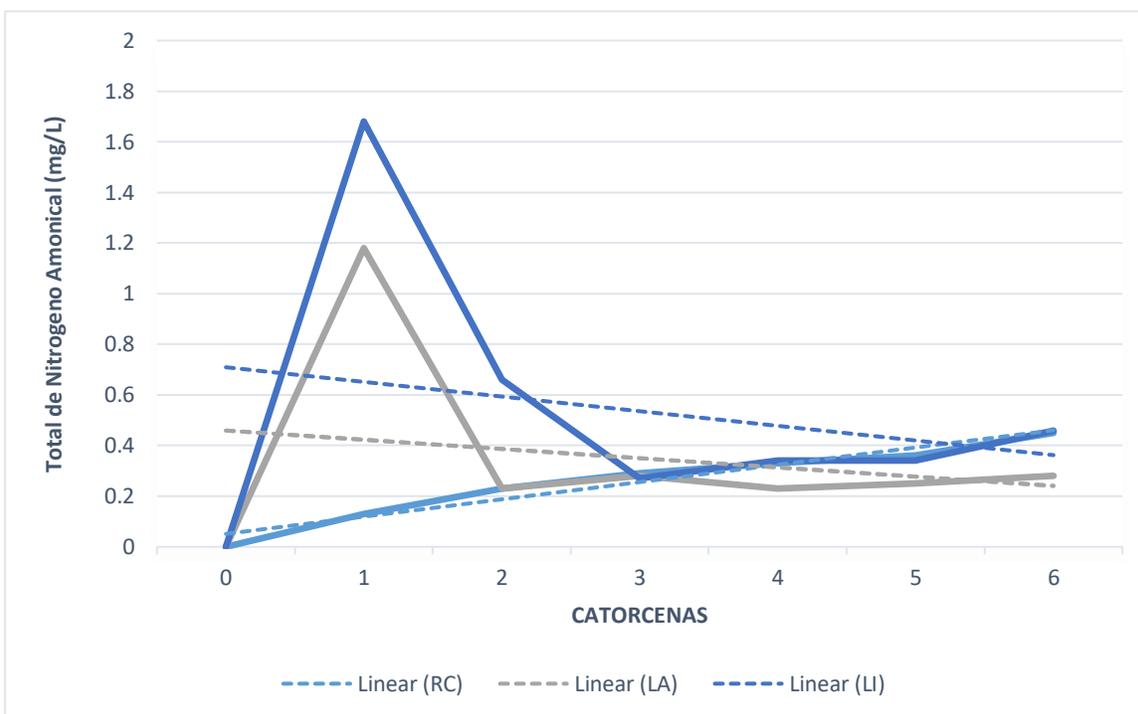
**Figura 12.** Relación entre Ganancias Diarias de Peso (g) con Temperatura del Agua (°C) en un cultivo de mínimo recambio de agua de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con empleo de Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).



### Compuestos nitrogenados.

En la **Figura 13**, se pueden observar las diferentes tendencias sobre la concentración del Total de Nitrógeno Amoniacal (TNA) entre tratamientos. El tratamiento RC presentó una tendencia ascendente de TNA, desde el inicio del estudio y se hizo más evidente hacia la sexta catorcena, por el contrario, los tratamientos LA y LI, el TNA, presentó una tendencia descendente, no obstante el tratamiento LA mantuvo incluso una concentración de TAN menor que a la de LI, a lo largo de todo el estudio. En el **Cuadro 5**, se puede observar que prácticamente a partir de la primera catorcena las tendencias mostradas en la **Figura 13**, se hacen evidentes. En lo que respecta a los otros compuestos nitrogenados, nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3$ ), en el **Cuadro 5**, se observa que a partir de la inclusión de la mezcla de levadura-azúcar, desde el primer periodo, se notó que, dichos compuestos nitrogenados comenzaron a disminuir en relación con los de RC.

**Figura 13.** Tendencia del Total de Nitrógeno Amoniacal (TNA) en un cultivo de Tilapia del Nilo, con mínimo recambio de agua y empleo de Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*). RC (Recambio), LA (Levadura Activa), LI (Levadura Inactiva).



**Cuadro 5.** Compuestos nitrogenados en un cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con mínimo cambio de agua y empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Catorcena (mg/l)	TAN <sup>1</sup>			†NO <sub>2</sub>			‡NO <sub>3</sub>		
	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>
Inicio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.13	1.18	1.68	0.00	2.00	2.00	37.5	60.0	55.0
2	0.23	0.23	0.66	0.10	1.92	2.08	13.3	43.3	46.7
3	0.29	0.28	0.27	0.08	0.66	0.50	1.38	20.8	24.2
4	0.33	0.23	0.34	0.15	0.50	0.44	1.25	14.2	16.7
5	0.36	0.25	0.34	0.19	0.47	0.58	1.67	6.67	7.50
6	0.36	0.25	0.34	0.28	0.29	0.50	0.00	0.33	0.33
$\bar{x}$	0.28	0.40	0.65	0.13	0.97	1.02	9.10	24.2	25.1
$\sigma$	0.08	0.35	0.49	0.88	0.71	0.72	13.4	20.9	19.8

<sup>1</sup> Total de Nitrógeno Amoniacal, <sup>2</sup> Recirculación, <sup>3</sup> Levadura Activa, <sup>4</sup> Levadura Inactiva, †Nitritos, ‡ Nitratos,  $\bar{x}$  promedio,  $\sigma$  desviación estándar, n=9

## Variables fisicoquímicas del agua

La temperatura, saturación de Oxígeno y el pH, en el tratamiento RC siempre fueron superiores a los tratamientos LA y LI. Entre los tratamientos LA y LI el comportamiento de la saturación de oxígeno, temperatura y pH fue similar (**Cuadro 6**). En el **Cuadro 6** se observa que la alcalinidad (KH) se mantuvo constante en el agua de las UE del tratamiento RC, a diferencia de los tratamientos LA y LI en donde se presentaron variaciones importantes, por lo que se procuró mantener una KH parecida a las a RC, con el procedimiento descrito en el capítulo de Material y Métodos, del presente documento. En el mismo **Cuadro 6**, se pueden observar los valores de los minerales Ca y Mg, donde no observaron variaciones extremas importantes en los tres tratamientos. En el **Cuadro 7** se puede observar que los fosfatos ( $PO_2O_4$ ) fueron similares en los tratamientos RC, LA, y LI, aunque en la segunda catorcena el tratamiento LA estuvo por arriba de los tratamientos RC y LI. No fue el caso para el potasio (K) que, para los tres tratamientos, fue similar durante el periodo experimental, por otra parte, el Biofloc (mg/L) fue aumentando conforme avanzaron los días de cultivo en los tratamientos LA y LI.

**Cuadro 6.** Temperatura, oxígeno y pH de un cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con mínimo cambio de agua y empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

	<sup>1</sup> Temperatura (C°)			<sup>†</sup> O <sub>2</sub> (% Saturación)			pH		
	<sup>2</sup> RC	<sup>3</sup> LA	<sup>4</sup> LI	<sup>2</sup> RC	<sup>3</sup> LA	<sup>4</sup> LI	<sup>2</sup> RC	<sup>3</sup> LA	<sup>4</sup> LI
Inicio	27.8	26.5	27.6	87.1	82.2	83.1	9.7	9.40	9.40
1	26.8	27.9	26.7	87.1	80.6	82.1	9.70	9.30	9.50
2	27.2	26.8	26.8	84.9	80.4	81.3	9.50	8.50	8.30
3	28.9	26.9	26.4	84.8	77.4	76.4	7.50	6.50	6.50
4	28.4	25.9	26.9	81.2	76.0	75.7	7.80	6.80	6.80
5	28.4	26.3	26.9	73.4	75.3	73.8	7.90	6.70	7.40
6	27.0	26.0	26.9	73.4	75.4	73.8	7.90	6.70	7.10
$\bar{x}$	27.8	26.3	26.9	80.8	77.5	77.20	8.40	7.4	7.60
$\sigma$	0.8	0.68	0.53	5.51	2.22	3.33	0.87	1.08	1.01

<sup>1</sup>Temperatura, <sup>2</sup>Recirculación, <sup>3</sup>Levadura Activa, <sup>4</sup>Levadura Inactiva <sup>†</sup>Oxígeno,  $\bar{x}$  Promedio,  $\sigma$  Desviación estándar, n=9

**Cuadro 6.** Alcalinidad, Calcio y Magnesio de un cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con mínimo cambio de agua y empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Catorcena (mg/l)	KH <sup>1</sup>			<sup>†</sup> Ca			<sup>‡</sup> Mg		
	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>
Inicio	81.5	89.5	89.5	100.0	80.0	80.0	1.00	3.00	3.00
1	81.5	89.5	89.5	40.0	60.0	100.0	1.00	2.00	3.00
2	81.5	71.6	71.6	380	340	360.0	2.00	2.00	2.00
3	81.5	53.7	53.7	100	66.0	66.0	0.00	1.00	1.00
4	81.5	89.5	89.5	100	80.0	80.0	1.00	1.00	1.00
5	81.5	71.3	71.3	100	70.0	70.0	1.00	1.00	1.00
6	81.5	53.7	53.7	60.0	80.0	80	0.50	1.00	1.00
$\bar{x}$	81.5	71.6	71.6	130.0	116.0	126	0.92	1.33	1.50
$\sigma$	0.00	14.6	14.6	114.6	100.4	105.2	0.61	0.47	0.76

<sup>1</sup>Alcalinidad, <sup>2</sup>Recirculación, <sup>3</sup>Levadura Activa, <sup>4</sup>Levadura Inactiva, <sup>†</sup>Calcio, <sup>‡</sup>Magnesio,  $\bar{x}$  Promedio,  $\sigma$  Desviación estándar. n=9

**Cuadro 7.** Fosfatos, Potasio y Biofloc de un cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con mínimo cambio de agua y empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Catorcena (mg/L)	‡ PO <sub>2</sub> O <sub>4</sub>			K <sup>1</sup>			Biofloc (ml/L)		
	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>
Inicio	1.50	1.40	1.50	20.0	20.0	20.0	0.5	0.00	0.00
1	1.40	1.40	1.50	17.5	17.5	17.5	2.80	6.50	7.50
2	1.10	1.80	1.00	20.0	20	20	0.50	18.1	21.8
3	0.80	0.80	0.60	20.0	21.5	17.5	0.00	25.5	24.5
4	0.80	0.80	0.80	20.0	25.0	20	0.00	3.30	3.50
5	0.30	0.30	0.30	20.0	20.0	25	0.00	11.4	8.90
6	0.40	0.50	0.60	20.0	20.0	25	0.00	17.5	18.0
$\bar{x}$	0.80	0.93	0.80	19.6	20.7	20.8	0.55	17.2	17.6
$\sigma$	0.38	0.51	0.38	0.93	2.27	3.12	1.02	8.20	7.80

<sup>1</sup>Potasio, <sup>2</sup>Recirculación, <sup>3</sup>Levadura Activa, <sup>4</sup>Levadura Inactiva, ‡ Fosfatos,  $\bar{x}$  Promedio,  $\sigma$  Desviación estándar.

### Gasto de agua

En el **Cuadro 8**, se presentan las proporciones de volumen de agua utilizada sobre la ganancia de biomasa de los peces (Kg/m<sup>3</sup>). El ahorro de agua fue notoriamente sobresaliente, de casi el 100% para las Unidades UE de los tratamientos LA y LI.

**Cuadro 8.** Cantidad de agua empleada para la producción de Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en un cultivo con mínimo cambio de agua y empleo de Levadura de Cerveza (*S. cerevisiae*).

Tratamientos	<sup>1</sup> RC	Ahorro de agua (%)	<sup>2</sup> LA	Ahorro de agua (%)	<sup>3</sup> LI	Ahorro de agua (%)
Catorcena	m <sup>3</sup> / Kg		m <sup>3</sup> / Kg		m <sup>3</sup> / Kg	
Inicial	1.00	-	1.00	-	1.00	-
1	50.4	-	0.016	99.24	0.011	99.84
2	41.3	-	0.320	99.24	0.210	99.93
3	35.3	-	0.200	99.99	0.845	99.93
4	34.1	-	0.034	99.84	0.005	99.93
5	31.6	-	0.031	99.93	0.051	99.99
6	31.8	-	0.065	99.94	0.149	99.93
Promedio	52.4	-	0.209	99.64	0.234	99.66

<sup>1</sup>Recirculación, <sup>2</sup>Levadura Activa, <sup>3</sup>Levadura Inactiva, n=9

## Composición corporal y química de los peces

La composición corporal de los peces se observa en el **Cuadro 9**, fue similar en los tres tratamientos ( $P>0.05$ ) en cuanto a las proporciones de canal, filete, vísceras, hepatopáncreas y grasa celómica.

En cuanto la composición química de la canal, no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) para humedad (HUM), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y ceniza (CEN) (**Cuadro 10**), pero si observó diferencia en el contenido de elementos libres de nitrógeno (ELN) en el tratamiento RC, que presentó la mayor proporción, comparándolo con el tratamiento LI ( $P<0.05$ ), no obstante, RC fue estadísticamente similar a LA ( $P>0.05$ ) y se observó similitud entre los tratamientos LA y LI ( $P>0.05$ ), (**Cuadro 10**).

En lo que respecta a la composición química de los filetes, en los tres tratamientos, los resultados fueron similares para la HUM, PC y CEN ( $P>0.05$ ), sin embargo, pese que el EE, tuvo mayor cantidad para RC, hay similitud con LA ( $P>0.05$ ) y se observó diferencia entre RC y LI ( $P<0.05$ ). Pero con similitud entre LI y LA ( $P>0.05$ ). Los ELN, presentaron, el mismo patrón estadístico que el EE, similitud entre los tratamientos LA y RC y LA y LI ( $P>0.05$ ) y diferencia entre RC y LI ( $P<0.05$ ) (**Cuadro**

**11**

**Cuadro 9.** Composición corporal de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de un cultivo con mínimo cambio de agua y empleo de Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Valores Promedio (%) <sup>1</sup>	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	C.V <sup>5</sup>	Pr. F <sup>6</sup>	EE <sup>7</sup>
Canal	83.5 <sup>A</sup>	84.8 <sup>A</sup>	83.5 <sup>A</sup>	1.73	0.567	0.885
Filete	31.8 <sup>A</sup>	30.3 <sup>A</sup>	30.2 <sup>A</sup>	3.48	0.540	0.961
Vísceras	10.8 <sup>A</sup>	10.8 <sup>A</sup>	11.8 <sup>A</sup>	8.14	0.343	0.739
Hepatopáncreas	1.24 <sup>A</sup>	1.32 <sup>A</sup>	1.17 <sup>A</sup>	16.9	0.968	0.885
Grasa celómica	0.87 <sup>A</sup>	0.39 <sup>A</sup>	1.27 <sup>A</sup>	30.8	0.278	0.936

<sup>1</sup>Valores en la misma fila con diferente superíndice son diferentes (P<0.05). <sup>2</sup>Recirculación de agua, <sup>3</sup> Levadura Activa, <sup>4</sup> Levadura Inactiva, <sup>5</sup> Coeficiente de Variación, <sup>6</sup>Probabilidad <sup>7</sup>Error Estándar, n=15.

**Cuadro 10.** Análisis químico proximal de la canal de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivada en un ambiente con mínimo cambio de agua y con el empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Nutriente (%) (BH) <sup>1</sup>	Inicio	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	C.V. <sup>6</sup>	Pr>F	E.E. <sup>7</sup>
Humedad	87.8	74.4 <sup>A</sup>	74.5 <sup>A</sup>	75.84 <sup>A</sup>	2.22	0.645	0.086
Proteína cruda	6.80	14.8 <sup>A</sup>	15.5 <sup>A</sup>	14.6 <sup>A</sup>	4.04	0.676	0.750
Extracto etéreo	1.80	4.42 <sup>A</sup>	2.87 <sup>A</sup>	2.78 <sup>A</sup>	9.95	0.523	0.808
Ceniza	2.10	4.91 <sup>A</sup>	5.34 <sup>A</sup>	5.77 <sup>A</sup>	7.13	0.422	0.776
ELN <sup>5</sup>	1.50	2.53 <sup>A</sup>	2.30 <sup>AB</sup>	0.96 <sup>B</sup>	15.4	0.016	0.916

<sup>1</sup> Contenido en base húmeda, <sup>2</sup> Recirculación, <sup>3</sup> Levadura Activa, <sup>4</sup> Levadura Inactiva, <sup>5</sup> Elementos libres de nitrógeno, <sup>6</sup> Coeficiente de Variación, <sup>7</sup> Error estándar. Valores promedio dentro de cada renglón con diferentes superíndices son diferentes (P<0.05).

**Cuadro 11.** Análisis químico proximal del filete de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivada en un ambiente con mínimo cambio de agua y con el empleo de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*).

Nutriente (BH%) <sup>1</sup>	Inicio	RC <sup>2</sup>	LA <sup>3</sup>	LI <sup>4</sup>	C.V. <sup>6</sup>	Pr>F	E.E. <sup>7</sup>
Humedad	78.6	79.8 <sup>A</sup>	78.3 <sup>A</sup>	79.1 <sup>A</sup>	2.61	0.750	1.343
Proteína cruda	17.6	16.7 <sup>A</sup>	18.6 <sup>A</sup>	17.7 <sup>A</sup>	6.62	0.570	1.340
Extracto etéreo	1.72	1.10 <sup>A</sup>	0.94 <sup>AB</sup>	0.60 <sup>B</sup>	9.57	0.020	0.416
Ceniza	1.1	1.29 <sup>A</sup>	1.44 <sup>A</sup>	1.41 <sup>A</sup>	6.64	0.550	0.366
ELN <sup>5</sup>	1.00	1.50 <sup>A</sup>	0.71 <sup>AB</sup>	1.19 <sup>B</sup>	9.58	0.020	0.416

<sup>1</sup>Contenido en base húmeda, <sup>2</sup> Recirculación, <sup>3</sup> Levadura Activa, <sup>4</sup> Levadura Inactiva, <sup>5</sup> Elementos libres de nitrógeno, <sup>6</sup> Coeficiente de Variación, <sup>7</sup> Error estándar. Valores promedio dentro de cada renglón con diferentes superíndices son diferentes (P<0.05).

### Evaluación sensorial

En la etapa inicial de selección de jueces (15 personas), en el **Cuadro 12**, se presentan los aciertos y valores estadísticos de las personas que acudieron a la convocatoria, para la conformación del panel sensorial, con las pruebas triangulares se seleccionaron a los participantes del panel de jueces dándoles a probar Tilapia Nilótica y Pargo-UNAM (descrito en el capítulo Material y Métodos). Se observó que las personas en entrenamiento pudieron diferenciar el sabor (P<0.05) del filete entre esos dos grupos genéticos. Sin embargo, al depurar y conformar el panel definitivo, basándonos en sus aciertos de la prueba triangular de los dos grupos genéticos antes mencionados, ocho personas conformaron el panel de jueces definitivo. En el mismo cuadro se pueden observar los resultados estadísticos de tres sesiones de pruebas triangulares, entre los filetes de los tratamientos de LA y LI, aplicadas al

panel de jueces, donde no encontraron diferencias en el sabor del filete de LA y LI ( $P > 0.05$ ).

El panel de jueces definitivos (ocho), si presentaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en las seis sesiones de pruebas triangulares llevadas a cabo en los tratamientos LA vs RC. En el **Cuadro 13**, se presentan los estadísticos correspondientes a cada una de las sesiones.

**Cuadro 12.** Selección y conformación de jueces para el panel de evaluación sensorial.

Comparación entre Tilapia del Nilo (TN) y Pargo-UNAM (PU)								
Sesiones	Jueces (Núm.)	n	Aciertos (Núm.)	Aciertos (%)	Pr	d'	B	S <sup>2</sup>
Primera etapa, Selección de Jueces								
1 <sup>a</sup>	15	45	21	46.7	0.050	1.2	7.820	0.17378
2 <sup>a</sup>	12	36	21	58.3	0.005	1.8	6.258	0.17383
3 <sup>a</sup>	12	36	22	61.1	0.001	1.9	6.197	0.1721
Comparación entre Levadura Activa (LA) y Levadura Inactiva (LI)								
1 <sup>a</sup>	8	24	2	8.3	-	NS	-	-
2 <sup>a</sup>	8	24	3	12.5	-	NS	-	-
3 <sup>a</sup>	8	24	4	16.7	-	NS	-	-

n Número de ensayos (3 por juez), Pr probabilidad, d' estadístico de comparación sobre la discriminación, B Valor para la estimación de la varianza de d'.

**Cuadro 13.** Evaluación sensorial (pruebas triangulares) para la comparación entre los tratamientos: adición de Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) Activa y Recirculación de Agua, en un cultivo de tilapia del Nilo. Etapa II, prueba discriminativa.

Sesión	Jueces (Núm.)	n	Aciertos (Núm.)	Aciertos (%)	Pr	d'	B	S <sup>2</sup>
Comparación entre Recirculación (RC) y Levadura Activa (LA)								
1 <sup>a</sup>	8	24	18	75.0	0.0001	2.7	6.963	0.290
2 <sup>a</sup>	8	24	18	75.0	0.0001	2.7	6.963	0.290
3 <sup>a</sup>	8	24	16	66.7	0.001	2.0	6.178	0.260
4 <sup>a</sup>	8	24	16	66.7	0.001	2.0	6.178	0.260
5 <sup>a</sup>	8	24	18	75.0	0.0001	2.7	6.963	0.290
6 <sup>a</sup>	8	24	19	79.2	0.0001	3.0	7.729	0.320

n Número de ensayos (3 por juez), Pr probabilidad, d' estadístico de comparación sobre la discriminación, B Valor para la estimación de la varianza de d'.

## DISCUSIÓN

El efecto de adicionar *S. cerevisiae* al agua de cultivo de *O. niloticus*, no presentó ningún efecto adverso en la salud de los peces, que causara *per se*, algún trastorno directo o indirecto que provocara la muerte de los ejemplares, como se puede observar en el **Cuadro 4**, la supervivencia fue del 100%. Cabe mencionar que no hay informes en donde la levadura de cerveza presente factores anti nutricionales como otras materias primas como la *Leucaena leucocephala* (Leong & Shu-Shen, 1987), la cual causa ceguera en la Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) o la soya que causa problemas entéricos en truchas (Krogdahl et al. 2020).

Como se puede apreciar en la **Figura 11** y **Cuadro 4**, los peces en el tratamiento de recirculación (RC), presentaron mayores valores de crecimiento, GDP, PPG, TEC, en comparación con los de Levadura Activa (LA) y Levadura Inactiva (LI),

estos últimos crecieron de manera similar. Esa diferencia sobre el crecimiento de los peces se atribuye principalmente a que las unidades experimentales (UE) de RC estuvieron a una temperatura del agua más constante, prácticamente sin variación a lo largo del periodo experimental y sobre todo sobre un rango estrecho, de temperatura que les es más favorable para desarrollar de manera óptima su metabolismo. Esto de acuerdo con Myrick, (2011) autor que menciona que la temperatura del agua, ambiental es la variable que más puede afectar la fisiología de los peces, al modificar las variables fisicoquímicas de la misma, como la viscosidad, oxígeno disuelto, concentración de dióxido de carbono e influenciar sobre toxicidad de los niveles de amonio.

En relación con la temperatura y el crecimiento, la temperatura de las Unidades experimentales (UE) de RC, como se puede observar en el **Cuadro 6**, fue de 27.8 °C, prácticamente 28 y en LA y LI de 26 y 27 °C, en el mismo orden. Aparentemente los tres promedios de temperatura parecen muy cercanos, pero de acuerdo con El-Sayed (2008), el mayor crecimiento en crías de *O. niloticus* lo presentaron los peces con temperatura del agua de 28 °C, en comparación con alevines criados a 26 y 30 °C. Por lo que parece evidente que al mejor crecimiento de los peces RC es atribuido principalmente con esa variable del agua. Medina-Romo et al. (2018) al evaluar el crecimiento de juveniles del grupo genético interespecífico de tilapia roja “Pargo-UNAM” (Muñoz y Garduño, 2003) informó que esta tilapia presentó su mayor crecimiento en el rango de temperatura de 29 a 32 °C, siendo su óptimo 28.7 °C, Otros autores (El-Sayed et al.,1996; Azaza et al., 2008), son menos específicos en la explicación del crecimiento de sus peces con relación a la temperatura, por esto,

los autores del presente estudio concuerdan con el informe de El-Sayed (2008). Además de la temperatura, pudiese ser que otras variables fisicoquímicas intervinieron en el crecimiento, como el oxígeno disuelto, el cual, en proporción, en los tratamientos LA y LI presentaron tres puntos porcentuales menos en relación con los RC. Lo que al parecer también pudo influir en el mayor crecimiento de estos últimos. Abdel-Tawwab et al. (2015) presentaron también una relación inversamente proporcional, entre el crecimiento y oxígeno disuelto en *O. niloticus*, pero su estudio lo efectuaron con especímenes de dos grupos de peso 3.7 y 12.9 g. Tomando lo anterior en consideración parece que esas dos variables influyeron en el crecimiento de los peces del presente estudio, por lo tanto no se descarta la influencia de otras u otras variables y las posibles interacciones entre ellas, sobre el crecimiento de *O. niloticus* en las condiciones efectuadas.

A pesar del mayor peso final de los peces del tratamiento RC de 374 g en comparación con los de LA (285 g) y LI (263 g), y como se comentará más adelante, sobre todo con la cantidad del agua invertida por unidad de peso obtenida de los peces. El empleo de la mezcla de levadura-azúcar, puede permitir producir tilapia en lugares con escasez de agua, con la finalidad de alimentar o mejorar la dieta de personas con problemas de alimentación, en modo de ejemplo y utilizando datos obtenidos sobre producción neta (Kg) en las unidades experimentales de LA, suponiendo el caso que fuesen seis, se podrían producir un aproximado de 6.56 Kg x 6 unidades de un m<sup>3</sup>, se obtendrían 39.3 Kg de tilapia y con la posibilidad de realizar tres ciclos productivos por año, en total, una familia podría obtener 118 Kg de tilapia, solo con el empleo 13.4 m<sup>3</sup> de agua anuales o 1.12 m<sup>3</sup> al mes. Lo cual

representaría una cantidad de pescado considerable, con mínimo uso de agua, acercando a la población al consumo previsto por la FAO (2020) o al menos una proporción parecida.

Con base en los resultados presentados en el **Cuadro 8**, definitivamente se está bajo un escenario fuertemente significativo, sobre el menor empleo de agua, en comparación con un gasto “normal” de empleo de agua por unidad de producción de algunos organismos acuícolas, cultivados en la actualidad, esto al obtener un ahorro superior al 99 % de agua de los tratamientos LA y LI, en relación con RC, todo esto, con la ventaja que LA pudo mantener el TNA en un rango bastante aceptable y constante para producción acuícola.

Los resultados del presente estudio concuerdan con la eficacia en ahorro de agua obtenidos por Martínez-Sánchez et al. (2018) quienes compararon, un cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) con tres tratamientos: 1.- Cambio continuo de agua, 2.- Cambio o reposición del volumen de agua por pérdida (principalmente evaporación), mediante el agregado al agua de una mezcla de melaza de caña con levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) en una dosis fija (DF) y 3.- Similar al anterior, pero con la adición de la mezcla de acuerdo al Total de Nitrógeno Amoniacal (DTNA). El ahorro de agua en los dos tratamientos en donde se agregó la mezcla fue de 81.6 % para DF y 83.5 % para DTNA, con un gasto de agua por kilogramo de 438.7 m<sup>3</sup>/ Kg, en el tratamiento control y de 4.19 m<sup>3</sup>/ Kg (DTNA) y 3.75 m<sup>3</sup>/ Kg (DF). En cultivos de Tilapia del Nilo en sistemas biofloc, el uso de agua reportado por Ridha et al. 2020 es de 0.249 m<sup>3</sup>/kg, dicho estudio evaluó el uso de 3 fuentes de carbono como sustrato para las colonias biofloc a una densidad similar

de peces/m<sup>3</sup> (25/m<sup>3</sup>) utilizada en este experimento (23 peces/m<sup>3</sup>) y en estanques de un metro cúbico, sin embargo no aclara la metodología utilizada, por la que obtuvo su consumo de agua en los estanques biofloc, con lo cual no hay forma precisa de comparar los consumos de agua del presente estudio y del presentado por dicho autor y colaboradores. No obstante podemos afirmar que en concordancia con Ridha et al. (2020) y su estudio donde se observó que el uso de agua, en este tipo de sistemas, disminuye drásticamente, pero hay fluctuaciones constantes en los niveles del TNA, lo cual podría ser un factor para disminuir el crecimiento de los peces y es ahí donde cabe el uso de la levadura, por sus propiedades de mantener los niveles de TNA (**Cuadro 5, Figura 13**) más estables y pegados a los óptimos, para un cultivo de tilapia (<0.5 mg/L, Bhujel, 2014) aunque el efecto observado, no fue contundente, se vio, la tendencia a disminuir los compuestos nitrogenados, mejor, que un cultivo clásico de mínimo cambio de agua, por lo cual, el presente trabajo abre pauta para buscar, la mejor dosis o la mejor metodología para emplear la levadura en cultivos de peces con mínimo cambio de agua.

En cuanto el uso de agua en la acuicultura, se ha observado que en el cultivo de otros organismos, criados en circunstancias diferentes a las de este estudio, algunos autores han reportado que para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), el gasto de agua por unidad de peso fue de 9.0 a 13 m<sup>3</sup>/ Kg (Roque et al., 2009) y en Carpa India Mayor (Indian Major Carp) de 2.4 a 7.6 m<sup>3</sup>/Kg (Sharma et al., 2013) por otro lado organismos internacionales como la FAO, en un informe (2012b), menciona que en cultivos de tilapia se gastan en promedio 2.8 m<sup>3</sup>/Kg, bagre (3.5 a 16.0 m<sup>3</sup>/Kg), trucha (63 a 252 m<sup>3</sup>/Kg) y camarón 11.0 a 43 m<sup>3</sup>/Kg. En el mismo

estudio, esta institución, menciona un promedio de uso de agua de organismos acuáticos de 11.5 m<sup>3</sup>/Kg producido. Tomando en cuenta estos datos, podemos resaltar la gran ventaja de ahorro de agua, de casi el 100 %, observada en el experimento, que con poco más de 200 litros de agua, se pudo producir un kilogramo de alimento de excelente calidad nutritiva. A modo de ejemplo para resaltar la fortaleza encontrada en el ahorro de agua, comparemos datos expuestos por la FAO, (2012b) de un promedio mundial de 11.5 m<sup>3</sup>/Kg de pez producido y por Boyd et al., (2012) con un promedio mundial de 16.9 m<sup>3</sup>/Kg de pez producido, con los resultados obtenidos en el presente estudio y comparándolo con los antes mencionados, podríamos producir, con la misma cantidad de agua empleada, entre 55 y 81 Kg de tilapia y comparando, con un ejemplo más revelador, según lo reportado por Martínez-Sánchez et al. 2018, para un cultivo de camarón (*Litopenaeus Vannamei*) en sistemas con constante recambio de agua, se ocupa más 438 m<sup>3</sup> para producir un kilogramo de este crustáceo, siendo que con la misma cantidad de agua empleada, usando la levadura se podrían producir más de dos toneladas de tilapia.

Como se mencionó anteriormente, cabe la duda si en realidad la levadura actuó de manera contundente sobre el TNA, pero como se observa en el **Cuadro 5** y en la **Figura 13** el Total del Nitrógeno Amónico (TNA), Nitritos (NO<sub>2</sub>) Y Nitratos (NO<sub>3</sub>), en LA, tuvo un comportamiento descendente en comparación a RC, que tuvo un ascenso progresivo en los niveles de TNA y los demás compuestos nitrogenados. En lo que respecta a los niveles de TNA de LA en comparación con LI, los niveles más bajos se observaron en el tratamiento LA, con lo cual podemos inferir la acción

de la levadura, sobre el TNA, sin embargo, no se pudo ver un escenario concluyente donde la levadura *S. cerevisiae* haya decrecido, drásticamente los niveles de TNA, esto debido a que tal vez la dosis de levadura utilizada o la fuente, no fue la óptima para lograr un mejor descenso de TNA. Los sistemas biofloc, por sí solos ya tienen la acción contra los TNA, puesto que las colonias bacterianas nitrificadoras que crecen en este tipo de sistemas, usan estos compuestos nitrogenados, pero debe desarrollarse un proceso de maduración y crecimiento de dichas colonias bacterianas y suele haber problemas en la regulación del TNA, por la fluctuación de estas colonias bacterianas (Avinmelech, 2014) dichos compuestos pueden generar problemas en el cultivo, ya expuestos en el capítulo de antecedentes.

En un estudio presentado por Ridha et al. (2020), evaluó el uso de azúcar, harina de malta y harina de trigo como fuente de carbono en sistemas biofloc en una relación carbono/nitrógeno 20:1 y sus efectos en algunas variables, entre ellas fue el comportamiento de los compuestos nitrogenados empleando estos 3 sustratos, para el caso de las el azúcar que también fue el sustrato utilizado en este trabajo, obtuvo un promedio TNA de 1.31 mg/L superior a lo observado en el presente estudio de 0.40mg/L para LA y 0.65mg/L para LI, por tanto obteniendo mejores resultados en el control de TNA. En otro estudio realizado en cultivos biofloc por Long et al. (2015), donde evaluó el crecimiento y la respuesta inmune de la Tilapia del Nilo, obtuvo valores de TNA entre 1.2-1.5 mg/L, también superiores a los obtenidos en los tratamientos LA y LI, comparándolo con los valores óptimos recomendados para un cultivo de tilapia expuestos por el autor Bhujel (2014) de <0.5 mg/L, solo el tratamiento LA se mantuvo por debajo de los valores promedio

recomendados por este autor. Otros valores de referencia para el cultivo de tilapia, expuestos por El-Sayed, (2006) habla que valores superiores 1.81 mg/L de TAN pueden mermar gravemente los parámetros productivos, sin embargo tanto en LA y LI el TAN se mantuvo más bajo y estable.

Ya con el panorama expuesto sobre el empleo de la levadura y las implicaciones que puede tener, es interesante, hablar un poco del aspecto económico de la aplicación de la levadura de cerveza. El kilogramo de levadura utilizada en el experimento, cotiza entre los \$50-\$60, a lo largo del estudio, según la metodología expuesta en el capítulo de material y métodos, haciendo el calculado de uso de levadura, se utilizaron 320 g de levadura, por Unidad Experimental, durante todo el periodo de engorda, obteniendo un costo total de \$17.6 por concepto levadura, en todo el ciclo productivo, el costo añadido por kilogramo de pez producido, sería de \$2.7, esto basado en la biomasa promedio obtenida para LA de 6.6 Kg. Dicho esto, se puede justificar el uso de levadura, sin decrecer los parámetros productivos, teniendo un menor impacto ambiental y en casos donde la limitante para la producción de tilapia sea el costo y disponibilidad de agua, podrá formar una tentativa solución para esta limitante productiva.

Un obstáculo para el uso de *S. cerevisiae*, pudo verse reflejado en condición corporal o química de los peces, pero como se puede observar en el **Cuadro 9**, la proporción de las distintas partes de los peces como, hepatopáncreas y rendimiento de filete no tuvieron diferencias estadísticas para los tres tratamientos. El rendimiento de filete (%) es un sinónimo de un buen rendimiento de cultivo, de estos cíclidos (Yoshida et al. 2019). El rendimiento de filete observado en este

experimento, fue mayor a 30%, en los tres tratamientos, con lo cual podemos decir que el resultado fue aceptable y sin diferencia estadística ( $P>0.05$ ). El rendimiento de filete en *O. niloticus* encontrado por otros autores, es en algunos casos, superior, como un 32.0 % (Garduño-Lugo et al., 2003), 31.2 % (Garduño-Lugo et al., 2007) y 30.8 % (Peterman & Phelps, 2012) y un 31.7-36.34 % (Ridha et al. 2020), coincidiendo con estos autores, que un rendimiento de filete de 30 % o más, es un buen signo, en la producción, pues el filete, es la parte más valiosa de la tilapia.

Otro factor, no menos importante es la calidad nutritiva aportada por los peces, que puede verse afectada por múltiples factores ya expuestos en la revisión bibliográfica, podemos decir que el empleo de la levadura de cerveza, en cuanto a la composición química de la canal y el filete, como se presenta en los **Cuadros 10** y **11**, en lo referente a la canal, solo se presentaron ciertas variaciones en cuanto a una mayor proporción de lípidos en los peces RC, pero sin diferencias ( $P>0.05$ ) y para los ELN, en RC, presentaron una mayor proporción, significativa ( $P<0.05$ ) en relación con LI, no obstante, es conveniente señalar, que los tratamientos con mínimo cambio de agua (LA, LI), el tratamiento con la Levadura Activa numéricamente tuvo más ELN pero hay similitud con LI ( $P>0.05$ ). En cuanto a la composición química del filete, al igual que en el caso de la canal, se observaron diferencias en los ELN y en que en el tratamiento RC también presentó una mayor cantidad de lípidos, sin embargo, en relación a lo reportado con el aporte nutricional del filete de tilapia, el cual es considerado bajo en lípidos, se puede comentar que los tres tratamientos, el contenido de lípidos o extracto etéreo pueden aportar al consumidor una cantidad baja de lípidos. Los resultados del presente estudio sobre

la composición química del filete de los peces, concuerda con lo informado por Garduño-Lugo et al. (2003), Garduño-Lugo et al. (2007) y Vieira et al. (2012): de 2.07, 0.97 y 0.2 a 0.3 % de EE, en el mismo orden de autores. De manera que la inclusión de levadura no influyó negativamente en la composición química de la canal y filete de *O. niloticus*, hasta donde se delimito, el estudio nutricional del presente trabajo.

## EVALUACIÓN SENSORIAL

De acuerdo con los resultados derivados de las pruebas discriminativas triangulares, que se pueden apreciar en el **Cuadro 13**, se presentaron diferencias altamente significativas, entre el sabor de los peces del tratamiento de Recirculación Continua (RC), con los tratamientos con Levadura Activa (LA), que era por así decirlo el tratamiento más importante, de la presente evaluación, valiendo la pena recordar que el objetivo principal de este estudio fue determinar si cambiaba o no, el sabor de los filetes, de la Tilapia Nilótica, en diferentes condiciones de cultivo, con lo cual da pauta, a nuevas pruebas sensoriales, como las de preferencia, de atributos o pruebas químicas para detectar la concentración, de los compuestos químicos, que causan el sabor a lodo. Queda la incógnita, si realmente afecto el sabor de los filetes, el empleo de levadura, puesto entre el tratamiento LA y LI, no mostro diferencia alguna entre el sabor de los filetes (**Cuadro, 12**), pudiese ser, que se detectó sabor un sabor diferente, solo por la condición de cultivo de mínimo cambio de agua, se podrían realizar estudios más exhaustivos para determinar, una real diferencia, no obstante según la prueba empleada, estadísticamente hablando, si hubo una diferencia altamente significativa entre LA y RC ( $P < 0.05$ )

Aunque esta información carece de cualquier sustento científico es interesante exponerla. Durante el desarrollo de las pruebas triangulares, el panel de jueces seleccionados, comentaron que pese que el sabor fue diferente, no presentaba un sabor desagradable, todo esto sin saber a qué tratamiento pertenecía la porción de filete, que habían detectado como desigual, más que el evaluador de la prueba, incluso algunos jueces referían que el sabor de la porción de filete con los peces de LA, era más intenso y por ello podían diferenciar el sabor entre los dos tratamientos (RC vs LA). Con estos comentarios por parte de panel de jueces, tal vez pudiese ser recomendable realizar pruebas de comparación de atributos sensoriales específicos e incluso pruebas de referencia de mercado con consumidores directos.

Aunque el objetivo de la prueba sensorial, no fue determinar, si hacía referencia al sabor a lodo, vale la pena regresar un poco, a lo expuesto en la literatura, para entrar en contexto, de lo que puede causar un cambio de sabor en un producto, ofertado al mercado. Las levaduras, pertenecen al reino de los hongos (Jay, 2002), al igual que los hongos actinomicetos, los cuales, son uno de los responsables del llamado sabor a lodo, dichos hongos, como parte de su metabolismo normal, producen la sustancias 2-metil lisoborneol (MIB) y geosmina, estos organismos se pueden desarrollar en ambientes acuáticos de cultivo de peces y en conjunto con otros organismos, como las cianobacterias, también pueden producir el desagradable olor y sabor a “lodo” (Mud flavor) (Klausen, 2005; Boyd, 2015), El medio donde se cultivan los peces puede influir en el sabor de la Tilapia Nilótica (*O. niloticus*) ya que la prevalencia de estos organismos y su interacción entre ellos, más las condiciones medio ambiente, donde se desarrollan, pueden aumentar la

proliferación y producción de los metabolitos mencionados (Gutiérrez et al., 2013). No existen estudios como puede haber interactuado o como interactúa *S. cerevisiae* en la bioecología del agua de cultivo, con mínimo recambio de agua, por tanto pudiese afectar la prevalencia o supervivencia de microorganismos, de distintos géneros y especies, causantes del denominado sabor a lodo, esto sin olvidar que aunque la *S. cerevisiae* en LA y LI fue agregada directo al agua del cultivo y tilapias por medio de filtración pudieron haber consumido la levadura y como se observado que algunas materias primas como la soya, que es utilizada en alimentos balanceados para peces, puede afectar negativamente el sabor de la carne de los salmónidos. (Bjerkeng et al., 1997) por ello, como primera línea de investigación se plateo descubrir si se percibía alguna diferencia en el sabor.

Se ha reportado que llamado sabor a “lodo” (Mud Flavor) puede causar pérdidas monetarias significativas en cultivos acuícolas como en el bagre de canal (Hanson, 2003). En el caso de las tilapias al ser peces filtradores (Beveridge et al., 1988), también se pueden asociar con el sabor a lodo, cuando se cultivan en ambientes en donde se desarrollan los microorganismos antes mencionados (Bartholomew et al., 2019). De ahí la importancia de indagar más sobre las interacciones de la levadura con futuros estudios para descartar esta variable, que puede afectar la comercialización de los peces y productos derivados.

## **CONCLUSIONES**

El empleo de *Saccharomyces cerevisiae* y azúcar de caña en el agua de cultivo de *Oreochromis niloticus* con mínimo cambio de agua:

1 No influyó sobre la supervivencia y composición corporal

2 No influyó negativamente en la composición química de la canal y del filete.

3 Permitió un ahorro cercano al 100 % de agua.

4 Influyó sobre el sabor del filete.

## **SUGERENCIAS**

Con base en los resultados del presente experimento, en el cual se ha observado un significativo beneficio, principalmente sobre el ahorro de agua en el cultivo de tilapia los autores recomiendan estudiar:

El efecto de la fuente de carbono *per se* sobre la concentración de los compuestos nitrogenados del agua en el cultivo de tilapia.

Evaluar diferentes cantidades de inclusión de *S. cerevisiae* *per se* o en combinación con una fuente de carbono.

Determinar las principales interacciones de los tratamientos con levadura y variables medioambientales.

Llevar a cabo estudios sensoriales mediante pruebas de ordenamiento y preferencia de la carne de la tilapia.

## REFERENCIAS

- Abdel-Tawwab, M. & Mohammad, H. A. (2009). Effect of dietary protein regime during the growing period on growth performance, feed utilization and whole-body chemical composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture research*, 40, 1532-1537. doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02254.x
- Abdel-Tawwab, M., Hagraas, A. E., Elbaghdady, M. H. A. & Monier, M. N. (2015). Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, wholebody composition, and innate immunity. *Aquaculture international*, 23, 1261–1274 DOI 10.1007/s10499-015-9882-y
- Abdulrahman, N. M., Refaiee, A. I. H. & Mutter, H. A. (2019). Effect of the diet with commercial dry yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on organoleptic qualities, chemical and biological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Agricultural science and technology*; 11(1), 84-89. DOI: 10.15547/ast.2019.01.014
- AOAC, (1990). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists* (14th ed.). AOAC.
- AVMA. (2013). American Veterinary Medical Association. *Guidelines for the Euthanasia of Animals*. (AVMA).  
[https://fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/cicuae/Guia\\_Eutanasia\\_%20AVMA.pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/cicuae/Guia_Eutanasia_%20AVMA.pdf)

Avnimelech, Y., 1999, Carbon/nitrogen ratio as control element in aquaculture system. *Aquaculture*, 176, 227-235. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)

Avnimelech, Y., 2014, *Biofloc technology a practical guidebook*. (3<sup>rd</sup> ed.). World Aquaculture Society.

Azaza, M. S., M.N. Dhraief, M.N. & Kraiem M. M. (2008) Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*, 33, 98–105. doi:10.1016/j.jtherbio.2007.05.007

Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283, 29-35.

Bartholomew, W. G., Rawlesa, S. D., Schraderb, K. K., Gaylordc, T. G. & McEntirea, M. E. (2019). Effects of dietary protein content on hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*) performance, common microbial off-flavor compounds, and water quality dynamics in an outdoor biofloc technology production system, *Aquaculture*, 503, 571-582. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.034>

- Bascuñán, B. A. (2007), Antoine Laurent Lavoisier. El revolucionario, Facultad de Química (FQ), UNAM-Universidad Nacional Autónoma de México, *Educación Química, para quitarle el polvo*, 226-233. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/viewFile/25836/24331>
- Bayne, D. R., Dunseth, D., & Ramiros, C.G. (1976). Supplemental feeds containing coffee pulp for rearing *Tilapia* in Central America. *Aquaculture*, 7, 133-146.
- Bernardes-Martins, G., Tarouco, F., Rosa, C. E., & Berteaux-Robaldo, R. (2017). The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 468, 10-17.
- Beveridge, M. C. M., Briggs, M. R. P., Mowat, A., Northcott, M. E., & Ross, L. G. (1988). *The function of microbranchiospines in Tilapias*. In. The Second International Symposium of Tilapia in Aquaculture. Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., & Maclean, J. L. (Eds.). Institute of Aquaculture, University of Stirling.
- Bjerkeng, B., Refstie, S., Fjalestad, K. T., Storebakken, T., Rødbotten, M. & Roem, A. J. (1997). Quality parameters of the flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by dietary fat content and full-fat soybean meal as a partial substitute for fish meal in the diet. *Aquaculture*, 157: 297- 309.

- Bowen, S. H. (1982). Feeding, digestion and growth-qualitative consider. In Pullin, R. S. V. & MacConnel, R. H L. (Eds.), *The biology and culture of tilapias*. (141-157) International center of living aquatic resources management <http://pubs.iclarm.net/libinfo/Pdf/Pub%20CP6%207.pdf>
- Boyd, E. C. and Gross, A. (2000). Water use and conservation for inland aquaculture ponds, *Fisheries Management and Ecology*, 7, 55-63.
- Boyd, E. C. (2005). Water use in aquaculture. *World Aquaculture*, 36(3), 11-16.
- Boyd E. C., & Li-Li. (2011). Intensity freshwater use for aquaculture in a different countries. In. Liping, L. & Fitzsimmons, K. *Proceedings of the ninth international symposium on tilapia in aquaculture*, (68-74). AquaFish CRSP.
- Boyd, E. C., Li-Li., & Brummett, R. (2012). Relationship of freshwater resources applied aquaculture Production to Renewable Freshwater Resources. *Journal of Applied Aquaculture*, 24, 99-166. <https://doi.org/10.1080/10454438.2011.627778>
- Boyd, E. C. (2015). *Water quality and introduction: An overview of hydrology and water supply*. Microorganisms and Water Quality (2<sup>nd</sup> ed.) Springer.
- Bhujel, R. C. (2014). *A manual for tilapia business management: Fish health management and biosecurity*. (1<sup>st</sup> ed.). CABI. DOI: 10.1079/9781780641362.0000

Bustos-Serrano, H., & Granados-Machuca, C. (2015). *Comparación de la levadura (Saccharomyces cerevisiae) y el azúcar en el control de calidad del agua en el cultivo de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) en sistema cerrado: Mecanismos bioquímicos de fermentación*. Universidad Autónoma de Baja California UABJ, Facultad de Ciencias Marinas, FCM.

Chen, W. J., Ruiz-Carus, R. & G. Ortiz. (2007). Relationships among four genera of mojarras (Teleostei: Perciformes: Gerreidae) from the western atlantic and their tentative placement among percomorph fishes. *Journal of Fish Biology*, 70. 202-218. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01395.x>

COMEPESC (2020). Consejo Mexicano de Promoción de los Productos Pesqueros y Acuícolas. *Consumo nacional de pescados y mariscos*. <http://comepesca.com/comepesca-presenta-a-chefs-embajadores-de-pescaconfuturo-2-2-2/>

CONAGUA. (2017). Comisión Nacional del Agua. *Agua en el Mundo: Disponibilidad de agua en México y el mundo*. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo>

CONAPESCA. (2018). Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura. *Producción de pesca y acuicultura, historia y situación*. <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es>

- Costa-Pierce B, Desbonnet A., Edwards P. & Baker D. (Eds.). (2005). Urban Aquaculture: The Evolution of Urban Aquaculture as Agroindustry. CABI Publishing. <https://b-ok.cc/book/836805/230107>
- Crépin, I., Sanches, I., Nidelet, T., Dequin, S. & Camarasa, C. (2014). Efficient ammonium uptake and mobilization of vacuolar arginine by *Saccharomyces cerevisiae* wine strands during wine fermentation. *Microbial cell factories*, 13, 109-122.
- Densmore, C. L. (2019). Anatomical physiology of fish. In Smith, S. A. (Ed.) Fish Diseases and Medicine (1st ed.). CRC Press Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9780429195259>
- Desta, D. T., Zello, G. A., Alemayehu, F. R., Estfanos, T. K, Zatti, K. & Murray, D. (2019). Proximate analysis of Nile Tilapia, (*Oreochromis niloticus*), fish fillet harvested from farmers pond and lake Hawassa, southern Ethiopia. *International journal for research & development in technology*. 11(1), 95-99. [https://www.researchgate.net/publication/330634235\\_Proximate\\_Analysis\\_of\\_Nile\\_Tilapia\\_Oreochromisniloticus\\_Fish\\_Fillet\\_Harvested\\_from\\_Farmers\\_Pond\\_and\\_Lake\\_Hawassa\\_Southern\\_Ethiopia](https://www.researchgate.net/publication/330634235_Proximate_Analysis_of_Nile_Tilapia_Oreochromisniloticus_Fish_Fillet_Harvested_from_Farmers_Pond_and_Lake_Hawassa_Southern_Ethiopia)
- Dovydaitis, T. (2008). Fish consumption during pregnancy: an overview of the risks and benefits. *Journal of midwifery & women's health*. 53(4), 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.jmwh.2008.02.014>

- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257, 346-358.
- El-Sayed, A. B., El-Ghobashy, A. & Al-Amoudi, M. (1996). Effects of pond depth and water temperature on the growth, mortality and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture research*, 27, 681-687. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1996.00776.x>
- El-Sayed, A. B. (2006). *Tilapia culture: Nutrition and feeding*, Department, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt, CABY Publish.
- El-Sayed, A. B. & Kawanna, M. (2008). Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture research*, 39, 670-672. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x
- Espinoza-Plascencia, A., y Bermúdez-Almada, M. (2012). *La acuicultura y su impacto en el medio ambiente*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2, 219-227. [https://www.ciad.mx/archivos/revista-dr/RES\\_ESP2/RES\\_Especial\\_2\\_10\\_Bermudez](https://www.ciad.mx/archivos/revista-dr/RES_ESP2/RES_Especial_2_10_Bermudez).

Fajardo-Castillo y Sarmiento-Forero. (2007). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana] Facultad de ciencias, Microbiología industrial.

FAO. (2011a). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Desarrollo de la acuicultura Enfoque ecosistémico a la acuicultura. <http://www.fao.org/3/i1750s/i1750s.pdf>

FAO. (2012a). Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>

FAO. (2012b). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Farming the Waters for People and Food*. R.P. In Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S., De Silva, Halwart, M., Hishamunda, N., Mohan, C. V. & Sorgeloos, P. (Eds.) Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific.

FAO. (2011b). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011). Acuicultura: Efectos ambientales del desarrollo de la acuicultura. <http://www.fao.org/3/x5743s/x5743s0c.htm#TopOfPage>

FAO. (2020a). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *El papel de la FAO en la Acuicultura: Desarrollo de acuicultura*. <http://www.fao.org/aquaculture/es/>

- FAO. (2020b). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Estado mundial de la pesca y acuicultura, la sostenibilidad en acción: Análisis mundial*. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229es>
- Farhan, F., Sideeq, O., Khan, F., & Niaz, K. (2018). *Yeast and fungi Saccharomyces cerevisiae.*, in., *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. Nabavi, S., & Ana-Sanches, S. (Ed.). Academic Press.
- Farid, F., Sideeq, O., Khan, F. & Niaz, K. (2018). Yeast and Fungi: *Saccharomyces cerevisiae*. In. Seyed Nabavi, Ana-Sanches S. (Eds.). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, Academic Press, 501-507.
- Fitzsimmons, K., Martinez-Garcia, R. & Gonzalez-Alanis, P. (2011). Why tilapia is becoming the most important food fish on the planet. In Liping, L. & Fitzsimmons, K. *Proceedings of the ninth international symposium on tilapia in aquaculture* (8-16) AquaFish CRSP.
- Florez-Crispin, A. (2016). Composición química de Pargo-UNAM y la Tilapia del Nilo bajo el suministro de dos alimentos con diferentes niveles de proteína en un sistema de biofloc. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México], Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <http://132.248.9.195/ptd2016/mayo/0744347/Index.html>

Garduño-Lugo, M., Granados-Alvarez, I., Olvera-Novoa, M. A. & Muñoz-Córdova G. (2003). Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida Red Tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. *Aquaculture Research*, 34, 1023-1028.

Garduño-Lugo, M., Herrera-Solís, J. R., Angulo-Guerrero, J. O., & Muñoz-Córdova, G. (2007). Nutrient Composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and a red hybrid (Florida red tilapia x red *O. niloticus*). *Aquaculture Research*, 38, 1074-1081.

Garduño-Lugo, M. & Olvera-Novoa, M. A. (2008). Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39, 1299-1306.

González, A., y Valenzuela, L. (2016). *Microbios: Eucariontes, un modelo de estudio de hace 100 años, Saccharomyces cerevisiae*. IFC, Instituto de Fisiología Celular, UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/cap16>

Google Earth. (Dic. 2019). Tlapacoyan, Veracruz, México. <https://www.google.com/earth/>

- Gutiérrez, A., Chiva, R., Sancho, M., Beltran, G., Arroyo-López, F. N. & Guillamon, J. M. (2012). Nitrogen requirement of commercial wine yeast strains during fermentation of a synthetic grape must. *Food Microbiology*, 31, 25-32.
- Gutierrez, R., Whangchai, N., Sompong, U., Prarom, W., Iwami, N., Itayama, T., Nomura, N. & Sugiura, N. (2013). Off-flavor in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in an integrated pond-cage culture system. *Maejo International Journal of Science and Technology*. S1(13).  
[https://www.semanticscholar.org/paper/OffflavourinNiletilapia\(Oreochromis niloticus\)GutierrezWhangchai/a3c2eb07d0e0576f3bd53932dd13473d3f801af3](https://www.semanticscholar.org/paper/OffflavourinNiletilapia(Oreochromisniloticus)GutierrezWhangchai/a3c2eb07d0e0576f3bd53932dd13473d3f801af3)
- Hanson, T. R. (2003). Economic impact of off-flavor to the U.S. In catfish industry. In Rimando, A. M. & Schrader, K. K. (Ed.), *Off-flavors in aquaculture*. (13-29) American Chemical Society. DOI:10.1021/bk-2003-0848.ch002
- Harbott, B.J. (1975). Preliminary observations on the feeding of tilapia nilotica Linn. in lake. *Rudolf African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries*. 4(1), 27–37. <http://aquaticcommons.org/20546/1/paper%203.pdf>
- Hassan, M. S., & Edwards, P. (1992). Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 104, 315-326.

Hernández-Oropeza, J. (2007). *Construcción de rutas bioquímicas simplificadas, para el análisis del control metabólico de la biosíntesis de trehalosa en S. Cerevisiae: Fermentación* [Tesis de licenciatura, IPN, Instituto Politécnico Nacional], Unidad Interdisciplinaria de Biotecnología. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14678/Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huyben, D. (2017). Effects of feeding yeasts, *saccharomyces cerevisiae* and *wickerhamomyces anomalus*, on gut microbiota of rainbow trout [Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences] Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Department of Animal Nutrition and Management. [https://pub.epsilon.slu.se/14478/1/huyben\\_d\\_170807.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/14478/1/huyben_d_170807.pdf)

IMTA. (2017). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. *Huella hídrica en México: Análisis y perspectivas.*

IMTA. (2018). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. *Informe Anual 2017: Agua Virtual, Agua y Sociedad.*

IMTA. (2020) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. *Informe anual 2019: Agua y gobierno, agua y sociedad, agua y productividad.*

Jay, J. M. (2002). Habitats, taxonomy, and growth parameters. In *Modern food Microbiology*, (6 ed., 11-53). Aspen Publishers, Inc.

- Jim, F., Garamumhango, P. & Musara, C. (2017). Comparative analysis of nutritional value of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), Nile Tilapia, meat from three different ecosystems, *Journal of food quality*. Article ID 6714347. <https://doi.org/10.1155/2017/6714347>
- Kim, J. L. A., Winkvist, A., Åberg, M. A., Åberg, N., Sundberg, R., Torén, K., Brisman, J. (2010). Fish consumption and school grades in Swedish adolescents: a study of the large general population. *Acta Pædiatrica, nurturing the child* 99(1), 72–77. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2009.01545.x>
- Klausen, C., Mette, N. H., Strobel, B. W., Jeppe, L. W. F. & Niels, O. G. N. J. (2005). Abundance of actinobacteria and production of geosmin and 2-methylisoborneol in Danish streams and fishponds. *Aquaculture Research*, 42, 360-365.
- Krogdahl, A., Trond M. Kortner, A., Jaramillo-Torres, A. M. R., Abdelrahim, A. G., Chikwatia, E., Yanxian, L., Schmidt, M., Herman, E., Hymowitz, T., Teimouria, S. & Storebakken, T. (2020). Removal of three proteinaceous antinutrients from soybean does not mitigate soybean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L). 2020, *Aquaculture* 514, 1-5.
- Lara-Flores, M., Olvera-Novoa, M. A., Guzmán-Méndez, B. E. & López-Madrid, W. (2003). Use of bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus* and yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile Tilapia (*O. niloticus*). *Aquaculture*, 216, 193-211.

- Lawless, T. H., Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food Principles and practices*. (2nd ed.). Springer.  
<https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4419-6488-5>
- Lebel, L., Lebel, P. & Chuah, Ch. J. (2019). Water use in inland aquaculture in Thailand: Stakeholder, perceptions, scientific, evidence and public policy. *Routledge International Journal of Water Resources Development*, 35, 659-681.
- Leong, K. W. & Shu, S. W. (1987). Nutritive Value of Leucaena Leaf Meal in Pelleted Feed for Nile Tilapia. *Aquaculture*, 62, 97-108.
- Leveau, J. & Bouix, M. (2000). Microorganismos de interés industrial. In. Carballo, F. *Microbiología Industrial*, Acribia.
- Leveau, J., & Bouix, M. (2000). *Microbiología Industrial: Microorganismos de Interés Industrial*. Carballo-García, F. J. (tr.). Acribia.
- Lima, J. E. M., Moraes, F. M. O., Almeida, C. B., Pontes, R. A. V., Rohleder, B. P., Becker, S. R. M B., Vagnaldo, F. F., Forte, A. J., Negreiros, N. A. P. A., Silva J. F. R, Barroso M. C., Mathor, M. B. & Amaral, M. M. E. (2020). Innovative burn treatment using tilapia skin as a xenograft: a phase II randomized controlled trial. *American burn association*, 41(3), 585-592.  
<https://doi.org/10.1093/jbcr/irz205>

- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C. & Wu, F. (2015). Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 448, 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.017>
- Lukassen, M. B., Nadieh., J., Bjerregaard. S. M., Podduturi. R., Jørgensen, N. O. G., Petersen, M.A., Gianmarco S. D., Silva, R. J. & Nielsen, J. L. (2019). Microbial Production of the Off-Flavor Geosmin in Tilapia Production in Brazilian Water Reservoirs: Importance of Bacteria in the Intestine and Other Fish-Associated Environments. *Frontiers Microbiology*. 10(2447), 1-12. doi: 10.3389/fmicb.2019.02447
- Manoppo, H. & Magdalena, E. F. (2016). The use of baker yeast to promote growth carp (*Cyprinus carpio*). *International Journal of Pram Teach Research*, 9, 415-420.
- Martínez-Sánchez, M., Asiaín-Hoyos, A., Reta-Mendiola, J. L., Morales-Ramos V., Fernández-Díaz, B., y Garduño-Lugo, M. (2018), Uso de *Saccharomyces cerevisiae*, para el control de calidad y cantidad de agua en el cultivo de camarón blanco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1139-1349. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1669>
- McAndrew, B.J., Roubal, F.R., Roberts, R.J., Bullock, A.M., McEwen, I. (1988). The genetics and histology of red, blond and associated color variants. In *Oreochromis niloticus*. *Genetica* 76, 127-137.

- Medina-Romo, E. Z., Díaz, F., Re-Araujo, A. D., Ibarra-Castro. L., Garduño-Lugo, M., Latorre-Pozos, E. R., Larios-Soriano, E. & Rosas, C. (2018). Thermal tolerance and aerobic scope of tetra-hybrid tilapia Pargo-UNAM. *Latino American journal aquaculture research*, 46(5), 935-944, DOI: 10.3856/vol46-issue5-fulltext-7
- Mejía-Solís, G. (2009). Evaluación química y sensorial de filetes de la tilapia híbrida roja, Pargo-UNAM y *Oreochromis niloticus*. [Tesis de Maestría, Tecnológico de Veracruz]. Unidad de investigación y desarrollo en alimentos.
- Milstein, A., Avnimelech, Y., Zoran, M., & Joseph, D. (2001). Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 53, 147-157.
- Moriarty, D. J. W. (1997). The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 151, 333-339.
- Muñoz-Córdova, G. & Garduño-Lugo, M. (2003). Mejoramiento genético en tilapia: sistema de cruzamiento y mecanismos genéticos en la determinación del color. Universidad Nacional Autónoma de México, Sistema de Investigación del Golfo de México del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 84
- Myrick, C.A. (2011) Aquaculture, Physiology of Fish in Culture Environments. In Farrell A. P. (Eds.), *Encyclopedia of fish physiology, from genome environment* (1st ed., 2084-2089). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00129-5>

- Naix'ieli-Castillo. (2019). Las levaduras: ¿Cómo han servido a la humanidad?.  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Divulgación de la  
ciencia.  
[http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx/la\\_prensa/lista\\_anteriores\\_detalle.cfm?vNoCartel=721](http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx/la_prensa/lista_anteriores_detalle.cfm?vNoCartel=721)
- Ngugi, C. C., Okothb, O. E., Manyalac, O. J., Fitzsimmons, K., & Kimothoe, A.  
(2017). Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein  
concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia  
feeds. *Aquaculture Reports*, 5, 62-69.
- NOM. (2014) Secretaria de Gobernación. *Métodos para dar muerte a los animales  
domésticos y silvestres, 2014*. (NOM-033-SAG/ZOO-2014).
- Nurul, F., Pandeb, G. S. J., Natrahc, F. M. I., Merithaa, W. W. W., Suciptod, A., &  
Ekasari, J. (2019). The role of microbial quorum sensing on the  
characteristic and functionally of biofloc in aquaculture system, *Aquaculture*,  
540, 420-426.
- O'Mahony, M. (1985). *Sensory evaluation of food: Statistical evaluation methods  
and procedures*. Department of Food Science and Technology, University  
of California, Davis, California.

- Olopade, O. A., Taiwo, I. O., Ladimi, A. K. & Awonaike, O. A. (2016a). Proximate composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) and tilapia hybrid (red tilapia) from oyan lake, Nigeria. *Food science and technology*. 73(1), ISSN 2344-5300. <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/fst/article/view/11973>
- Olopade, O. A., Taiwo, I. O., Siyeofori, O. S. & Bamidele, N. (2016b). Comparative study of proximate composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) from fresh water and brackish water in Niger Delta region, Nigeria. *Food and environment safety*, 15(2) 117-122. <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/fst/article/view/11973>
- Olveiraa, G. y González-Molero, I. (2016). Actualización de probióticos, prebióticos y simbióticos en nutrición clínica. *Endocrinología y nutrición*. 63(9), 482-494. <http://dx.doi.org/10.1016/j.endonu.2016.07.006> 1575-0922
- ONU. (2003). Organización de las Naciones Unidas. *Mirada global, historias humanas: Boletín de noticias, La FAO aboga por la acuicultura* (ONU). <https://news.un.org/es/story/2003/08/1018941>
- ONU. (2005). Organización de las Naciones Unidas. Decenio internacional para la acción: El agua como fuente de vida 2005-2015. Departamento de asuntos económicos y sociales de Naciones Unidas. [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_sustainable\\_development.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml)

- ONU. (n.d.). Organización de las Naciones Unidas. *El derecho al agua*.  
<https://www.ohchr.org/documents/publications/factsheet35sp.pdf>
- Ozório, A. O. R., Portz, L., Borghesi, R. & Cyrino, J. E. P. (2012). Effects of dietary yeast in a practical diet of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 2, 16-24.
- Pandal-Baños, E. (2019). Evaluación de parámetros productivos y composición química y corporal de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) bajo el periodo de engorda bajo un sistema tradicional y con tecnología biofloc. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
<http://132.248.9.195/ptd2019/octubre/0796829/Index.html>
- Peterman, M.A. & Phelps, R. P. (2012). Fillet yields from four strains of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and a Red Variety. *Journal of applied aquaculture*, 24, 342-348. <https://doi.org/10.1080/10454438.2012.731480>
- Ridha, M. T., Arshad, H. Md., Azad, M. A. & Saburova, M. (2020). Effects of three carbohydrate sources on water quality, water consumption, bacterial count, growth and muscle quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc system. *Aquaculture research*, 51:4225–4237. DOI: 10.1111/are.14764
- Rocha, S. M. C. A., Pacheco, T. S., Azevedo, C. S., Cortez, R. A. P., Bibiano, J. F. M., Fonseca, M. F. A., Sobreira V. J., Costa, T. A. J. & Vescoa. A. P. (2020). Effect of slaughter weight on the quality of Nile Tilapia fillets. *Aquaculture* 520, 734941. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734941>

- Rodrigo, O. A., Ozório, L. P., Borghesi, R., & Cyrino, J. E. P. (2012). Effects of dietary yeast in a practical diet of Tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Animals*, 2, 16-24.
- Roque, E. D., Jean-Paul, B. & Belaudb, A. (2009). Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: comparison with a flow through system. *Aquacultural engineering*, 40(3), 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2009.02.002>
- Russell, B. J., Remedios, B. B., Boy, E., Jimenez, T., Sayco, R. M. V., Arueza, R. L. B., Stark, C. R. & Ferket, P. R. (2011). Fishmeal free diet improve the cost effeteness of culturing Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a pond under and alternative feeding strategy. In Liping, L. & Fitzsimmons, K. *Proceedings of the ninth international symposium on tilapia in aquaculture*, (95-101). AquaFish CRSP. [https://www.researchgate.net/publication/260254978\\_PROCEEDINGS\\_OF\\_THE\\_NINTH\\_INTERNATIONAL\\_SYMPOSIUM\\_ON\\_TILAPIA\\_IN\\_AQUA\\_CULTURE](https://www.researchgate.net/publication/260254978_PROCEEDINGS_OF_THE_NINTH_INTERNATIONAL_SYMPOSIUM_ON_TILAPIA_IN_AQUA_CULTURE)
- Ruxton, C. H. S. (2011). The benefits of fish consumption. *Nutrition Bulletin*, 36, 6-19. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01869.x>
- SAS Institute Inc. (1986). SAS User's Guide: Statistics. Cary, NC.
- Schroeder, G. L. (1978). Autotrophic and Heterotrophic Production of Microorganisms in Intensely-Manured Fish Ponds, and Related Fish Yields. *Aquaculture*, 14, 303-325.

- Schryver D. P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N. & Verstraete, W. (2008). The basics of bio-flocs technology the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277, 125–137. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.02.019
- Sharma, K. K., Mohapatra, B. C., Das, P.C., Sarkar, B. & Chand, S. (2013). Water budgets for freshwater aquaculture ponds with reference to effluent volume. *Agricultural sciences*, 4(8), 353-359. doi:10.4236/as.2013.48051
- SMA. (2018) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Informe del medio ambiente: Agua, servicios ambientales de los ecosistemas acuáticos*.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1998). *Biometry*. (3th. ed.). W. H. Freeman and Company.
- Steel, G. D. R. y Torrie, H. J. (1986). *Bioestadística principios y procedimientos*. (2a. ed.). McGraw-Hill.
- Stone, H., Bleibaum, R., Thomas, H. A. (2012). *Sensory evaluation practices*, (4<sup>th</sup> ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382086-0.00001-7>
- Suárez-Machin, C., Garrido-Carrelo, N. A., y Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). *Evaluación de la caña de azúcar, como sustrato para la producción de S. cerevisiae: Metabolismo*. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. 50, 20-28.

- Sung, H. C. & Jae-Yoon, J. (2002). Effects of dietary energy level and number of meals on growth and body composition of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) during summer and winter seasons. *World aquaculture society*, 33(1), 48-56. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00477.x>
- Suxu, H., Zhigang, Z., Yuchun, L., Pengjun, S., Bin, Y., Einar, R., & Ilkyu, Y. (2009). Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Aquaculture*, 294, 99-107.
- Tett, P. (2008). Fish Farm Wastes in the Ecosystem. In. Holmer, M., Black, K., Duarte C. M. & Karakassis, N. M. I. (Eds.), *Aquaculture in the Ecosystem* (1<sup>st</sup> ed., 1-15). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6810-2>
- Tidwell, J. H. (2012). Waste control in aquaculture systems. In. *Aquaculture Production Systems*. (1<sup>st</sup> ed., 59-61). Wiley Library. DOI:10.1002/9781118250105
- Trewavas, E. (1982). Tilapine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History). <https://doi.org/10.5962/bhl.title.123198>

- Vieira, V. A. R. O., Hilsdorf, A. W. S., & Guimaraes, M. R. (2012). The fatty acid profiles and energetic substrates of two Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) strains, Red-Stirling and Chitralada, and their hybrid. *Aquaculture Research*, *43*, 565–576. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02862.x
- Wu-Jie, Xu., & Lu-Qing, P. (2012). Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, *357*, 147–152.
- Yoshida, G. M., Lhorente, J. P., Correa, K., Soto, J., Salas, D. & Yáñez J. M. (2019). Genome-Wide Association Study and Cost-Efficient Genomic Predictions for Growth and Fillet Yield in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Genes, Genomes, Genetics*, *9*, 2597- 2607. <https://doi.org/10.1534/g3.119.400116>
- Yuc, G. H., Lin, H. R., & Li, J. L. (2016). Tilapia is the fish for next generation aquaculture. *International Journal of Marine Science and Ocean Technology*, *3*(1), 11-13. <https://scidoc.org/articlepdfs/IJMO/IJMO-2577-4395-03-101.pdf>
- Yusoff, F. Md., Sanjoy, B., Helena, K., & Shariff, M. (2011). Biological Approaches in management of nitrogenous compound in aquaculture systems, *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, *5*, 21-31.

## ANEXOS

Cuestionario aplicado a los participantes para la selección del panel degustador.

CUESTIONARIO DE SELECCIÓN DE JUECES PARA UNA PRUEBA DE  
EVALUACIÓN SENSORIAL

FECHA: Karla Daniela Uriostegui Nila SEXO: F  M   
NOMBRE: 09 - Septiembre - 2019 EDAD: 23 años  
FECHA DE NACIMIENTO: 15 - Enero - 1996  
E-MAIL daniela.uriostegui.nila@gmail.com

**SALUD**  
¿Enfermedades que pueden afectar sus sentidos?  
Ninguna  
Frecuencia: \_\_\_\_\_

Es daltónico	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Dentadura postiza	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Problemas dentales	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Diabetes	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Hipoglucemia	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Infección bucal	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Hipertensión	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Resfriados frecuentes	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Sinusitis	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Laringitis	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Tos	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Dolores de cabeza	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Estreñimiento	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Diarrea	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Trastornos gastrointestinales	No <input checked="" type="checkbox"/>	Si _____
Otras:		

\_\_\_\_\_  
Toma usted medicamentos que afecten sus sentidos en particular el gusto, tacto u olfato:  
NO

**HABITOS:**

¿FUMAS? No  Si \_\_\_\_\_  
¿Cuántos cigarrillos al día? \_\_\_\_\_  
¿Tomas alcohol? No  Si \_\_\_\_\_  
¿Qué tan frecuente? \_\_\_\_\_  
¿Masticas gomas de mascar? No  Si \_\_\_\_\_  
¿Consumes mucho picante? Sí ¿qué tipo? Salsas y chiles

¿Qué alimentos prefieres?  
Condimentados \_\_\_\_\_  
Dulces X  
Amargos \_\_\_\_\_  
Salados X

Horario de alimentos:

Desayuno No \_\_\_\_\_ Si  Ocasionalmente \_\_\_\_\_  
 A qué hora: - 6:30 am

Comida No \_\_\_\_\_ Si  Ocasionalmente \_\_\_\_\_  
 A qué hora: 16:00

Cena No \_\_\_\_\_ Si  Ocasionalmente \_\_\_\_\_  
 A qué hora: 21:00

¿Parece de alguna intolerancia a algún alimento? No  Si \_\_\_\_\_  
 ¿Cuáles: \_\_\_\_\_

¿Está dispuesto a participar en degustación de alimentos? No \_\_\_\_\_ Si

**Horario**

¿Le disgusta en lo particular algún alimento como para no participar en una degustación? NO

¿Cuáles alimentos? \_\_\_\_\_

¿Es consumidor de pescado? No \_\_\_\_\_ Si

¿Con que frecuencia lo consume? -1-2 veces/mes

¿Sigue usted alguna dieta? No  Si \_\_\_\_\_

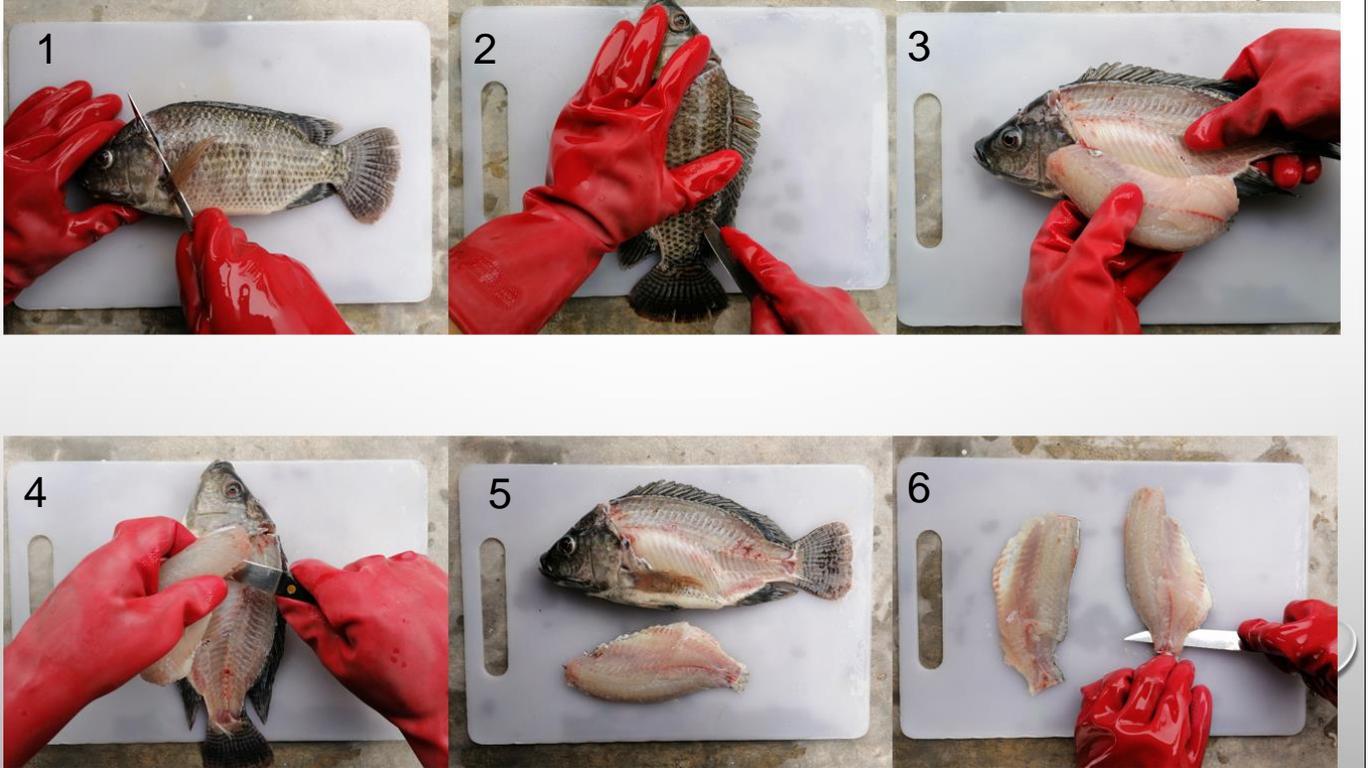
¿Cuáles son sus alimentos preferidos? Salados, agridulces.

**Gracias por tu participación**

**Realización de la primera sesión de las pruebas sensoriales triangulares, para la formación de panel degustador.**



## Proceso de fileteado de ejemplares de *O. niloticus* obtenidos de las unidades experimentales.



- 1) Corte detrás del opérculo y aleta pectoral.
- 2) Corte en la base de la aleta dorsal, hasta el pedúnculo caudal.
- 3) Separación de la porción muscular hasta llegar al vientre del pez.
- 4) Corte de la piel y tejido conjuntivo del vientre.
- 5) Filete con piel de lado izquierdo del pez.
- 6) Separación de la piel empezando porción de piel de la base del pedúnculo caudal (Parte angosta del filete) hasta terminar de separar todo el tejido muscular.