



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y
OPERACIÓN DE UN MÓPTAAA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A :

AURA IXCHEL ZURITA ARIAS



ASESOR:

MVZ PhD Mario Garduño Lugo

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



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

A mi mamá, por ser mi referente y faro al camino donde la dignidad se hace
costumbre.

A mi papá, porque a pesar de las dificultades decidió quedarse para tratar de
hacerlo distinto.

Me sé afortunada y agradezco infinitamente a la vida estar con ustedes, que me
acompañen y me dejen crecer libre como los quelites en la milpa.

AGRADECIMIENTOS

A mi abuela por mirarme y apoyarme siempre que puede.

A mi compañera de vida por creer en mí y acompañarme en este camino ninja de labrar la esperanza.

A las canis, sé que sin su ayuda no habría logrado terminar la carrera.

A las bichotas del CEIEGT por ser mi soporte emocional y mi manada durante el cultivo experimental.

A Victoria porque sin ti el sentimiento de soledad me habría consumido antes de terminar la carrera.

A los cuyis, por todo el cariño.

A David Mendoza por tener siempre la disposición de ayudarme aún sin conocernos.

Al PhD Garduño por regalarme la oportunidad de encontrarme en otras formas de hacer acuicultura más compatibles con la vida.

A mis sinodales Wendy Martínez, José Talamontes, José Cobo y Jorge Mas, sin su asesoría no hubiese terminado un buen trabajo.

CONTENIDO

| | |
|--|---------|
| FIGURAS | - 4 - |
| CUADROS | - 7 - |
| RESUMEN | - 5 - |
| 1. INTRODUCCIÓN | - 12 - |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | - 15 - |
| 2.1 CULTIVO EXPERIMENTAL DE TILAPIA EN EL MÓPTAAA DEL MEIA- CEIEGT-FMVZ-UNAM..... | - 15 - |
| 2.1.1 DESEMPEÑO PRODUCTIVO..... | - 16 - |
| 2.1.2 EFICIENCIA ECONÓMICA..... | - 17 - |
| 2.1.3 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA..... | - 19 - |
| 2.2 MANUAL ESCRITO..... | - 21 - |
| 3. RESULTADOS | - 21 - |
| 3.1 CULTIVO EXPERIMENTAL DE TILAPIA EN EL MÓPTAAA DEL MEIA- CEIEGT-FMVZ-UNAM..... | - 21 - |
| 3.1.1 DESEMPEÑO PRODUCTIVO..... | - 22 - |
| 3.1.2 EFICIENCIA ECONÓMICA..... | - 26 - |
| 3.1.3 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA..... | - 29 - |
| 3.2 MANUAL ESCRITO..... | - 33 - |
| 3.2.1 GENERALIDADES DE LA TILAPIA | - 33 - |
| 3.2.2 APORTE NUTRICIONAL DE LA CARNE DE TILAPIA..... | - 35 - |
| 3.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL MÓPTAAA..... | - 44 - |
| 3.2.4 HIGIENE Y SANIDAD | - 55 - |
| 3.2.5 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA..... | - 62 - |
| 3.2.6 SIEMBRA, MONITOREO PRODUCTIVO Y COSECHA..... | - 79 - |
| 3.2.7 ALIMENTACIÓN DE LAS TILAPIAS..... | - 85 - |
| 3.2.8 MATANZA, PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN..... | - 88 - |
| 3.2.9 MANEJO DE RESIDUOS..... | - 94 - |
| 3.2.10 ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL MÓPTAAA | - 95 - |
| 4.CONCLUSIONES..... | - 114 - |
| REFERENCIAS..... | - 115 - |
| ANEXOS..... | - 139 - |

FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 3.1.1 | Crecimiento acumulado de crías mixtas de tilapia del Nilo del Estanque 1 del MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM. | 23 |
| 3.1.2 | Crecimiento acumulado de machos de tilapia del Nilo del Estanque 2 del MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM. | 24 |
| 3.1.3 | Crecimiento acumulado de peces de engorda de tilapia, Estanque 3 del MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM. | 26 |
| 3.1.4 | Concentración quincenal de amonio con respecto a los factores que lo alteran: azúcar, alimento, levadura y temperatura. | 30 |
| 3.3.1 | Estructura general del MóPTAAA. El esquema se encuentra diferenciado por código de colores: la estructura de concreto está señalada con color amarillo, el suministro de oxígeno con color rojo, la instalación hidráulica de color verde y la instalación eléctrica de color azul. | 44 |
| 3.3.2 | Fotografía del MóPTAAA del señor Salvador Díaz, ubicado a 500 m del CEIEGT. | 45 |
| 3.3.3 | Diagrama de la estructura de concreto del MóPTAAA. | 48 |
| 3.3.4 | Fotografía del señor Salvador Díaz delimitando los estanques. | 49 |
| 3.3.5 | Fotografía de la construcción de los estanques, se muestra la instalación hidráulica de salida atravesando las cadenas del base perimetral previo a su relleno con cemento. | 49 |
| 3.3.6 | Fotografía del señor Salvador Díaz pegando los blocks para construir las paredes de los estanques. | 50 |
| 3.3.7 | Diagrama de la instalación hidráulica del MóPTAAA. | 51 |
| 3.3.8 | Diagrama de la instalación hidráulica de salida. | 52 |
| 3.3.9 | Diagrama de la instalación hidráulica de recirculación. | 53 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.3.10 | Diagrama de la instalación hidráulica de entrada, los elementos que la conforman están señalados con números, a la derecha se aprecia el nombre de cada uno. | 53 |
| 3.3.11 | Fotografía de una piedra difusora conectada a una manguera de oxígeno dentro de un estanque. | 54 |
| 3.5.1 | Termómetro análogo. | 63 |
| 3.5.2 | Vista de tres temperaturas diferentes: a) baja (23°C), b) óptima (29°C), c) alta (33°C). | 64 |
| 3.5.3 | Equipo para medir el oxígeno disuelto (OD) del estanque. | 66 |
| 3.5.5 | Representación gráfica del ciclo del nitrógeno en el agua. | 69 |
| 3.5.6 | Kit colorimétrico para determinar la concentración total de nitrógeno amoniacal, reactivos indicadores y tabla colorimétrica. | 70 |
| 3.5.7 | Muestras de agua con diferentes concentraciones de TAN. a) Concentración ideal de TAN (0 mg/l); b) Concentración tolerable de TAN (0.25mg/l) c) Concentración excesiva de TAN (1.0 mg/l). | 72 |
| 3.5.8 | Kit colorimétrico para determinar la concentración de nitritos, reactivos indicadores y tabla colorimétrica. | 74 |
| 3.5.9 | Concentración ideal de nitritos para la producción de tilapia (0 mg/l) | 76 |
| 3.6.1 | Fotografía de la tara de una caja de plástico de rejillas, a la derecha se muestra el peso total de la caja mientras que a la izquierda se muestra la tara de la caja. | 82 |
| 3.9.1 | Ubicación del cerebro de una tilapia a través de una fotografía y rayos X. | 89 |
| 3.9.2 | Identificación del corte ventral de branquias para provocar el desangrado del pez. | 90 |
| 3.9.3 | Identificación del corte dorsal de branquias previo a su desprendimiento del pez. | 91 |
| 3.9.4 | Ilustración del corte ventral del pez previo a su evisceración. | 92 |

CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 3.1.1 | Desempeño productivo de crías mixtas de tilapia del Nilo en el Estanque 1 del MóPTAAA. | 22 |
| 3.1.2 | Desempeño productivo de crías mixtas de tilapia del Nilo en el Estanque 2 del MóPTAAA. | 24 |
| 3.1.3 | Desempeño productivo del Estanque 3 del MóPTAAA del MEIA, con peces en etapa de engorda de diferentes especies de Tilapia. | 25 |
| 3.1.4 | Determinación de la depreciación quincenal de los conceptos de inversión de la propuesta teórica del MóPTAAA. | 26 |
| 3.1.5 | Evaluación de la eficiencia económica del ciclo productivo total y por estanque, sin considerar la depreciación estimada. | 27 |
| 3.1.6 | Evaluación de la eficiencia económica del ciclo productivo total y por estanque, considerando los costos totales de producción. | 28 |
| 3.1.7 | VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA DEL MÓPTAAA A LO LARGO DE SIETE QUINCENAS DE CULTIVO. | 29 |
| 3.1.8 | Gasto de agua agregada intencionalmente para la producción de tilapia en el MóPTAAA. | 30 |
| 3.2.1 | Aporte nutricional promedio del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de pescado fresco. | 36 |
| 3.2.2 | Aporte de ácidos grasos del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de peso fresco en relación con el contenido total de lípidos. | 37 |
| 3.2.3 | Contenido de vitaminas en el filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de peso fresco. | 39 |
| 3.2.4 | Contenido mineral del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de peso fresco. | 40 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.5 | Aporte de nutricional de macronutrientes en 100 g el filete de tilapia en relación con la ingesta diaria recomendada por grupo de personas. | 41 |
| 3.2.6 | Contenido de los principales grupos de ácidos grasos en 100 gramos de filete fresco de tilapia y su aporte recomendado diario recomendado (RDI) para personas por edades y género. | 41 |
| 3.2.7 | Aporte de vitaminas de filete fresco de tilapia en 100 g, sobre la ingesta diaria recomendada (RDI) para personas por grupo de edades y género. | 42 |
| 3.2.8 | Aporte de minerales en 100 g de filete fresco de tilapia, sobre la ingesta diaria recomendada (RDI) para personas por grupo de edades y género. | 43 |
| 3.3.1 | Límites máximos de sustancias químicas en el cultivo de peces. | 46 |
| 3.3.2 | Materiales necesarios para la construcción de un MóPTAAA. | 46 |
| 3.4.1 | Ejemplo de manual POES. | 59 |
| 3.4.2 | Posibles causas de estrés en los peces durante la producción acuícola y acciones correctivas. | 60 |
| 3.5.1 | Intervalo óptimo de las propiedades fisicoquímicas del agua en el cultivo de tilapia. | 62 |
| 3.5.2 | Relación de la temperatura con el estado productivo de los peces. | 64 |
| 3.5.3 | Acciones correctivas a implementar en función de la temperatura del agua. | 65 |
| 3.5.4 | Relación de colores del disco de transparencia con la proporción de oxígeno disuelto en el agua y su efecto en la respiración de los peces. | 67 |
| 3.5.5 | Relación de colores del disco de transparencia con las medidas de control de transparencia del estanque. | 68 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.5.6 | Relación de la concentración de TAN con el estado productivo de los peces. | 71 |
| 3.5.7 | Determinación de la cantidad de carbohidratos que se tienen que agregar al sistema en función de la concentración de TAN. | 73 |
| 3.5.8 | Relación entre la concentración de nitritos y el estado productivo del cultivo. | 75 |
| 3.5.9 | Acciones correctivas por emplear en función de la concentración de nitritos del estanque. | 76 |
| 3.5.10 | Horario recomendado para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua. | 77 |
| 3.5.11 | Ejemplo de bitácora de parámetros fisicoquímicos del agua. | 77 |
| 3.6.1 | Ejemplo de bitácora de la recepción de los peces. | 80 |
| 3.6.2 | Ejemplo de bitácora del monitoreo productivo del MóPTAAA. | 83 |
| 3.7.1 | Ejemplo de bitácora de la alimentación de las tilapias. | 87 |
| 3.9.1 | Tiempo de almacenamiento recomendado. | 92 |
| 3.10.1 | Descripción de las instalaciones que se utilizarán en el MóPTAAA. | 97 |
| 3.10.2 | Descripción de la maquinaria y el equipo que se utilizan en el MóPTAAA. | 97 |
| 3.10.3 | Desarrollo de hato y desglose de las etapas del ciclo productivo del MóPTAAA. | 99 |
| 3.10.4 | Conceptos de inversión del MóPTAAA. | 101 |
| 3.10.5 | Conceptos de operación para un ciclo productivo en el MóPTAAA. | 104 |
| 3.10.6 | Clasificación de costos según su variación acorde al volumen producido. | 106 |
| 3.10.7 | Estimación de la depreciación del ciclo productivo del MóPTAAA. | 107 |
| 3.10.8 | Determinación del costo de la electricidad durante el ciclo productivo. | 108 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.10.9 | Determinación del costo de la medición paramétrica durante el ciclo productivo. | 108 |
| 3.10.10 | Estimación del costo de mano de obra durante el ciclo productivo. | 110 |
| 3.10.11 | Determinación del costo de azúcar estándar durante el ciclo productivo del MóPTAAA. | 110 |
| 3.10.12 | Estimación del costo de alevines hormonados usados en un ciclo productivo del MóPTAAA. | 111 |
| 3.10.13 | Determinación del precio del alimento peletizado que se utilizará en un ciclo productivo del MóPTAAA. | 111 |
| 3.10.14 | Determinación del costo unitario considerando la mano de obra como costo explícito. | 112 |
| 3.10.15 | Determinación del costo unitario considerando la mano de obra como costo implícito. | 112 |

RESUMEN

ZURITA ARIAS AURA IXCEHEL. Manual para la implementación y operación de un MóPTAAA (bajo la dirección de: MVZ, PhD Mario Garduño Lugo)

Para contribuir a mitigar las crisis alimentarias y ambientales del siglo XXI, el PhD Mario Garduño Lugo diseñó el Módulo de Producción de Tilapia para la Autosuficiencia Alimentaria y el Autoempleo (MóPTAAA) en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), este sistema permite la pronta obtención de alimento de alto valor nutricional a bajo costo y con un gasto mínimo de agua.

Para garantizar la óptima operación de este tipo de proyectos se requiere de un soporte técnico-educativo, que le permita a cualquier persona interesada conocer los aspectos productivos indispensables que aseguren su éxito y permanencia.

En esta tesis se diseñó un manual para la implementación y operación de un MóPTAAA a partir de la evaluación de un cultivo experimental en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del CEIEGT-FMVZ-UNAM, en el que se evaluó la producción, eficiencia económico y el uso de agua del sistema durante los meses de marzo a junio del 2022, además se realizó una revisión y análisis de información relacionada con la producción y manufactura de tilapia, la cual se obtuvo de diferentes bases de datos académicas, institucionales y legislativa.

A partir del cultivo experimental se concluye que el sistema tiene un gran potencial para mejorar la seguridad alimentaria y la economía de las personas operadoras con un gasto mínimo de agua. Con la información obtenida del cultivo experimental y de la revisión bibliográfica se elaboró el manual escrito con diez capítulos que van desde la calidad nutricional de la carne de tilapia hasta la matanza, procesamiento y conservación.

1. INTRODUCCIÓN

El derecho individual a la alimentación se reconoce desde 1948 en la Declaración Universal de Derecho Humanos (1), desde entonces la ONU ha convocado en diversas ocasiones a los países miembros para que reafirmen su compromiso en la reducción de la subalimentación. Durante la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 se establece la primera meta para disminuir la prevalencia de inseguridad alimentaria en el mundo en el 2015 (1,2).

Según datos de la FAO se observó una tendencia decreciente de la subalimentación global del año 2002 al 2014, no obstante, a partir de ese año dicha tendencia se revirtió progresivamente (3), a causa de esto, en el año 2015 se incluye como Objetivo de Desarrollo Sostenible erradicar la subalimentación en el mundo dentro del plan de acción "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" (4,5).

El aumento progresivo de la inseguridad alimentaria en el mundo prevalece hasta la fecha (3), lamentablemente la pandemia del COVID-19 agravó esta problemática, ya que del 2019 al 2020 la incidencia de subalimentación pasó de 8 a 9.3 por ciento y para el 2021 de 9.8 por ciento (3). Dos de las principales causas descritas por la FAO en el 2021 son: la recesión económica y el elevado costo de las dietas saludables (6), ambos acrecentados por la pandemia del COVID-19; éstas ocasionan en la población una disminución de la calidad de sus dietas en función de posibilitar el acceso a alimentos básicos.

Las dietas de calidad deficiente contribuyen al desarrollo de la malnutrición en todas sus formas, siendo el principal factor de riesgo de muerte por enfermedades no transmisibles (6); esto genera, además, grandes pérdidas económicas en la asistencia sanitaria, pérdida de la productividad y cuidados indirectos a personas con dichos padecimientos.

Otra gran preocupante es el impacto ambiental del sistema agroalimentario (6), ya que conduce el cambio de uso de suelo, la pérdida de la biodiversidad, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la acidificación del océano, el uso de agua dulce y las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos (7); estos procesos son fundamentales para la estabilización del Sistema Tierra y se encuentran

catalogados como límites planetarios, por lo que traspasarlos supone una gran amenaza para la vida en nuestro planeta (7,8).

Ambas problemáticas son denominadas por la FAO como costos indirectos del sistema agroalimentario (6); en este sentido, se hace un llamado hacia la implementación de dietas saludables y asequibles que tengan consideraciones de sostenibilidad. El modelo base de este tipo de dietas es el descrito por la comisión de expertos EAT-Lancet, que se dedica a desarrollar objetivos científicos para dietas saludables y producción sostenible de alimentos (9). A partir de las recomendaciones de esa comisión se elaboran y analizan cuatro hábitos alimenticios alternativos en el Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo del 2020, uno de ellos es la dieta a base de pescado derivada de la acuicultura sostenible; en el análisis se estima que se podrían evitar en promedio 13,2 millones de muertes a nivel mundial (6).

Si bien la acuicultura tiene ventajas sostenibles sobre los demás sectores pecuarios, debido a las características propias de los organismos acuícolas: eficiencia alimenticia, poiquilotermia, entre otros (10); la intensificación de esta actividad ha traído consigo impactos ecológicos preocupantes (11), los cuales contribuyen a la presión ya ejercida sobre los límites planetarios.

La FAO ha evaluado los efectos de la acuicultura a pequeña escala, la cual en algunas regiones es la principal fuente de abastecimiento de alimentos de alto valor nutricional; este tipo de producciones mejoran considerablemente la seguridad alimentaria de las localidades, además de beneficiar la economía y el desarrollo rural (11,12); así mismo, tienden a ser más amigables con el ambiente debido a varias implicaciones zootécnicas como el uso de especies omnívoras y herbívoras y la reutilización de todos los subproductos del sistema de cultivo (13).

Una alternativa desarrollada por el Dr. Mario Garduño Lugo en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión (CEIEGT) de la UNAM, son los Módulos de Producción de Tilapia para la Autosuficiencia Alimentaria y el Autoempleo (MóPTAAA). Estos se basan en la implementación de tres estanques de 3 x 2 x 0.8 metros, conectados entre sí a través de un sistema de recirculación de agua. El ciclo productivo inicia con 1500

tilapias que después de dos meses se cosechan quincenalmente 186 individuos que presenten el menor rendimiento productivo, esto permite aprovechar dichos organismos en la dieta de la familia operadora y conservar a los organismos más eficientes al final del ciclo productivo.

Aunado al sistema de recirculación de agua se adiciona diariamente azúcar estándar para promover el crecimiento de bioflocs que permitan controlar la calidad del agua y así reducir el gasto (14). Este sistema puede ser operado por cualquier miembro de la familia, desde infantes hasta personas mayores e incluso con capacidades diferentes debido a que el diseño, las dimensiones de los estanques y el equipo empleado lo hace completamente seguro.

Hay que señalar que los excedentes productivos pueden comercializarse en la localidad, lo que mejoraría el desarrollo económico tanto de la familia operadora como de su entorno. Debido a esto, se estima que el MóPTAAA no sólo mejora la seguridad alimentaria de la familia operadora, sino que además contribuye al desarrollo local y a la sostenibilidad ambiental, cuando se lleva a cabo de una manera apropiada.

Para garantizar la óptima operación de este tipo de proyectos se requiere de un soporte técnico-educativo que le permita a cualquier persona interesada conocer los aspectos productivos indispensables que aseguren su éxito y permanencia (15), a fin de sustentar de dietas saludables, asequibles y sustentables.

Es así como se elabora este manual para la implementación y operación de un MóPTAAA a partir de la evaluación de un cultivo experimental en el MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM; además de realizar una revisión y análisis de información científica, normativa y bibliográfica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 CULTIVO EXPERIMENTAL DE TILAPIA EN EL MÓPTAAA DEL MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM.

Para sustentar tanto el MóPTAAA como las recomendaciones que se ofrecen en el manual, se llevó a cabo un cultivo experimental de tilapia en el que se sondearon diferentes estrategias productivas para mejorar la eficacia del sistema; con la información recabada se realizó una evaluación en tres dimensiones: rendimiento productivo, eficiencia económica y manejo de la calidad del agua; con esto se pretende ofrecer al operador una gama de herramientas que pueda adaptar en su sistema, según el contexto en el que se encuentre, para que el proyecto sea exitoso. El cultivo se llevó a cabo en 98 días, durante los meses de marzo a junio del 2022, en el MóPTAAA del Módulo de Extensión e Investigación Acuícola del Centro de Educación, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el Kilómetro 5.5 de la Carretera Federal Martínez de la Torre–Tlapacoyan, Veracruz, México; en las coordenadas geográficas : 19° 58' de latitud, 97° 13' de latitud y 151 MSNM de altitud, la región tiene un clima cálido húmedo con una temperatura media de 24 ° C y precipitación media anual de 1,840 mm (16).

Este MóPTAAA se construyó aproximadamente hace 30 años, en él han participado diferentes alumnos con programas de servicio social y titulación a lo largo del tiempo. El sistema se compone de cuatro estructuras: tres estanques excavados de concreto, cada uno con un volumen de 1.49 m³; una pre-trampa con salida a drenaje y volumen de 0.06 m³; una trampa de sólidos suspendidos con un volumen inicial de 0.38 m³; finalmente, la fuente de distribución que consta de un volumen de 0.16 m³; éstas se encuentran conectadas con tubería de PVC hidráulico cédula 40 para la recirculación del agua, la cual se desplaza gracias a una bomba de agua sumergible de 65 watts. La aireación está conectada al sistema de un soplador eléctrico del MEIA de 2 caballos de fuerza (HP); llega a cada estanque a través de una manguera con una piedra difusora de 15 x 3.3 x 3.5 cm.

2.1.1 DESEMPEÑO PRODUCTIVO.

Para reducir a la mitad el tiempo del ciclo productivo de la tilapia y poder evaluar distintas poblaciones simultáneamente, se contempló sembrar 500 peces de 1g, 50g y 100g en cada uno de los estanques del MóPTAAA, para lo cual se utilizaron 305 peces de tilapia.

La población de menor tamaño se conformó de 205 peces de sexo mixto de tilapia gris del Nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes del área de Crianza 1 del MEIA, estos contaban con un peso promedio de 13.1 ± 0.9 g, los cuales se sembraron a una densidad de 67 peces/m³ en el estanque 1; la población intermedia se compuso de 50 peces machos, sexados manualmente, provenientes del área de preengorda del MEIA, estos eran de la misma especie de tilapia (*O. niloticus*) y tenían un peso promedio de 61.4 ± 2.6 g, se sembraron a una densidad de 34 peces/ m³ en el estanque 2; para la población de mayor tamaño se utilizaron 50 peces provenientes del área de Biofloc del MEIA, estos fueron de sexo y especie mixtos: 35 peces tilapia gris del Nilo (*O. niloticus*), 10 peces de la especie PARGO-UNAM y 5 peces del híbrido Rocky mountain (*O. niloticus* x *O. aureus*), el peso promedio fue de 216.95 ± 37.6 g, y se sembraron a una densidad de 34 peces/ m³ en el estanque 3.

La alimentación consistió en la administración de pellet extruido, hasta las primeras cinco quincenas del alimento comercial: Campi Alimentos Balanceados, Aquaplus ®, Comitán, Chiapas, y las últimas dos del alimento comercial: Alimentos El Pedregal, Silver Cup ®, Toluca, Estado de México, ambos con 32% de proteína cruda y 3.5 mm de diámetro, no se diferenció la dieta por etapa fisiológica.

Durante todo el cultivo se empleó el régimen de saciedad aparente una vez al día de lunes a sábado (17,18), a excepción de la quinta quincena en la que se restringió el alimento con base en el promedio de consumo diario que se había registrado: 50g para los estanques 1 y 3; 100 g para el estanque 2, esto se suministró una vez al día cada tercer día, sin embargo, después de evaluar el rendimiento productivo se optó por regresar al régimen de saciedad aparente una vez al día de lunes a sábado.

El desempeño productivo se evaluó quincenalmente a través de siete parámetros técnico-productivos: supervivencia, peso promedio por individuo, peso por estanque, ganancia de peso, ganancia diaria de peso, porcentaje de peso ganado e índice de conversión alimenticia.

La supervivencia se refiere al porcentaje de peces vivos que se contabilizan al final del cultivo con respecto al número inicial; el peso promedio por individuo se estimó al dividir el peso de la captura entre el número de animales capturados; el peso por estanque se calculó con el pesaje total de los organismos del estanque o al multiplicar el peso promedio por individuo por el número de organismos en el estanque; la ganancia de peso se estimó con la resta del peso final menos el inicial; la ganancia diaria de peso se obtuvo al dividir la ganancia de peso entre el número de días del cultivo; el porcentaje de peso ganado es la expresión en porcentaje de la ganancia de peso con base al peso inicial; el índice de conversión alimenticia se calculó al dividir el alimento consumido entre la ganancia de peso (19).

Las cosechas parciales que se proponen en el MÓPTAAA para retirar a los individuos con menor rendimiento productivo, iniciaron a partir de la segunda quincena para los estanques 1 y 3, ya que ambos tenían poblaciones de sexo mixtas, lo que reduce significativamente el desempeño productivo de la engorda (20,21). Debido a que el estanque 2 se conformaba de una población "ideal", monosexo machos, las cosechas parciales iniciaron a partir de la quinta quincena.

2.1.2 EFICIENCIA ECONÓMICA.

Para evaluar la eficiencia económica se utilizó la ratio de eficiencia económica, el cual se obtiene al dividir los egresos sobre los ingresos, este indica el porcentaje de los egresos ejecutados con respecto a los ingresos obtenidos (22). Para este estudio se realizaron cuatro ejercicios: dos de ellos contemplan únicamente los costos variables de producción ya que no se cuenta con los costos fijos del MÓPTAAA del MEIA, sin embargo, para hacer una proyección con los costos totales de producción se determinó la depreciación de los insumos de la propuesta teórica

del MóPTAAA. Así mismo, se dividieron en función de la mano de obra, ya que para las producciones familiares a pequeña escala este suele ser un costo implícito (23).

Para calcular la depreciación se utilizó el método lineal (23), a partir de los datos presentes en el **Cuadro 2.3.4**, estos se clasificaron en: estructura de concreto, instalación eléctrica, conexiones y tuberías, equipo con motor y equipo sin motor, en el **Cuadro 2.4** se observa la determinación de la depreciación.

El resto de los costos de producción se determinaron a través de los insumos utilizados durante el cultivo: crías de tilapia, alimento peletizado, azúcar estándar, mediciones paramétricas, electricidad y mano de obra. El costo del alimento consumido se calculó utilizando el precio por kg del bulto de 20 kg de Alimentos El Pedregal, Silver Cup®, Toluca, Estado de México; El costo del azúcar se estimó con el precio por kg de azúcar estándar del bulto de 50 kg, según el precio promedio nacional de marzo 2022 del Sistema Nacional de Integración e Información de Mercados (SNIIM)(24).

El costo de las mediciones paramétricas de la calidad del agua se determinó con el precio unitario de las pruebas colorimétricas según el precio de internet (25–27) y la frecuencia de uso quincenal recomendada: 4 veces para TAN, 2 veces para nitritos y 2 veces para dureza; la electricidad se estimó con el gasto de watts quincenales de las bombas de agua y aire según la tarifa de marzo de 2022 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)(28), en las últimas dos quincenas la bomba de agua se apagó durante las 12 horas luz del día, por lo que su gasto quincenal se dividió a la mitad.

Para la mano de obra se calcularon 30 minutos de manejo diario, considerando actividades de alimentación y medición paramétrica de la calidad del agua, en cuanto al manejo quincenal, que incluye medición de biometrías y cosechas parciales, se calculó una hora y media, el costo se estimó con base en el salario mínimo que se estableció para el año 2022 (29), el cual se dividió entre las ocho horas laborales para obtener el costo unitario por hora; por último, se determinó el porcentaje que representa cada concepto de costo sobre los egresos del sistema.

El pescado cosechado se obtuvo de la suma total de las cosechas parciales del ciclo productivo; de igual forma, los egresos se calcularon con la sumatoria de los costos variables y fijos de producción; los ingresos se determinaron al multiplicar el pescado cosechado por el precio promedio nacional de venta al menudeo de tilapia en marzo del 2022 según el SNIIM, \$83 MXN el kilogramo (30); el ratio de eficiencia se estimó a través del cociente entre los egresos sobre los ingresos (22); finalmente, el costo unitario del kilogramo de tilapia se calculó al dividir los egresos entre el pescado cosechado (23).

2.1.3 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Se evaluaron las variables fisicoquímicas del agua a través de la medición paramétrica de: la dureza, compuestos nitrogenados, oxígeno disuelto, transparencia y sólidos suspendidos; además, se exploraron tres métodos para reducir los compuestos nitrogenados con el objetivo de reducir el gasto de agua.

La medición paramétrica se realizó diariamente para las variables: dureza (KH), total de nitrógeno amoniacal (TAN)(NH_3/NH_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3) y temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), ésta última se evaluó dos veces al día, a las 9:00 y 17:00 horas con un termómetro análogo calibrado en agua helada, mientras que el resto de parámetros sólo se midieron a las 8:30 horas a través de pruebas colorimétricas de la marca API ®; se utilizó un oxímetro electrónico de la marca YSI ® modelo 550^a para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, esta medición se realizó dos veces por semana a las 7:00 y 13:00 horas.

Durante las últimas dos quincenas se evaluó el volumen de sólidos suspendidos para obtener la concentración de alimento natural disponible, se utilizaron dos conos Imhoff en los que se colocó 1 L de cada estanque y de la cámara de distribución, con un tiempo de sedimentación de 15 minutos (19), esto se repitió dos veces por semana antes de apagar la bomba de agua y después de encenderla, a las 7:30 y 19:30 horas respectivamente.

La dureza se corrigió con el método de Mendoza (31), el cual consiste en obtener los gramos de calhidra necesaria para alcanzar la dureza deseada, esto se obtiene a través de una regla de tres multiplicando la diferencia de la dureza deseada menos

la dureza del estanque por los gramos de calhidra, posteriormente se divide entre los miligramos de carbonatos por litro que brinda dicha medida; esto fue: $((100 \text{ mg/L} - 53.7 \text{ mg/L}) * 2.78 \text{ g}) / 805.5 \text{ mg/L}$, lo que dio un resultado de 808.6 g, esto se administró en ocho dosis de 100 g cada 12 horas, al final del manejo se generó una dureza de 125 mg/L.

Por otra parte, se evaluaron tres métodos para el control de los compuestos nitrogenados tóxicos: dos de ellos encaminados a mantener una relación Carbono: Nitrógeno (C:N) adecuada para que el microbiota del agua regule las concentraciones de compuestos nitrogenados tóxicos (32); mientras que el tercero se basó en el agregado simultáneo de una fuente de microorganismos inmovilizadores de nitrógeno amoniacal (31,33).

La primer estrategia consistió en la adición diaria de una fuente de carbono para mantener una relación 20 C :1 N (32) , esta suele ser melaza, sin embargo, debido a que no siempre es accesible se propuso el uso de azúcar estándar; la dosis se estimó a partir del límite de TAN, 0.5 mg/L, utilizando una relación 10:1 con el supuesto de que el alimento peletizado brindaría el 50% de carbono faltante (34), el resultado fueron 50 g cada 24 horas, empero, se modificó al incrementarse el TAN, estableciéndose a mitad del cultivo una dosis de 100 g cada 12 horas, y al final del cultivo 50 g cada 12 horas para reducir los costos de operación.

Otra estrategia para regular la relación C:N fue la restricción de alimento durante la quinta quincena, esto a modo de reducir la principal fuente de nitrógeno en el estanque, sin embargo, se retiró ya que durante la evaluación del desempeño productivo se observó la menor ganancia de peso del cultivo, esto porque el volumen de sólidos suspendidos o biofloc era mínimo, por lo que se decidió apagar la bomba de agua durante 12 horas luz del día, es decir, de las 7:30 a las 19:30 horas, en las dos últimas quincenas, para este manejo se dividió cualitativamente la primer dosis de azúcar y levadura entre los tres estanques, la cual se administró en cada uno después de apagar la bomba de agua.

También se examinó el uso de levadura instantánea de la marca NEVADA® (*Saccharomyces cerevisiae*) (31,33), la cual se agregó desde la tercera quincena hasta el final del cultivo. La determinación de la dosis fue cualitativa usando de

referencia la experiencia del PhD. Garduño, esta fue de 30 g de levadura cada 24 horas, tanto en la tercera como en la cuarta quincena se activó en conjunto con agua del estanque y la primera dosis de azúcar durante 5 minutos, sin embargo, a partir de la quinta quincena se agregó directamente al MóPTAAA, es decir, sin activación previa; en la última quincena se aplicaron 15 g cada 12 horas. Todas las estrategias se emplearon paralelamente.

La determinación de agua agregada intencionalmente se hizo por el cambio de volumen en la cámara trampa de sólidos, al reponer las pérdidas por evaporación o filtración, este manejo se hizo aproximadamente cada tercer día. Al final del cultivo se sumó el volumen de agua agregado intencionalmente con el volumen de agua inicial para obtener el volumen total, este se dividió entre el pescado producido para obtener el volumen de agua agregada intencionalmente por kilogramo de tilapia producido (31).

2.2 MANUAL ESCRITO.

Para desarrollar el manual escrito se realizó una revisión y análisis de información sobre la producción y manufactura de la tilapia. Para las publicaciones académicas se utilizaron los buscadores electrónicos: TESIUNAM, PubMed y Web of Science. Por otra parte, se consultaron las bases de datos de organismos nacionales como el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), la Secretaría de Economía, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), Así mismo, se consultó la información disponible de instancias internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Con la información obtenida de las diferentes referencias bibliográficas (libros, artículos científicos, artículos de divulgación, tesis, normas oficiales y normas mexicanas) y del cultivo experimental, se redactaron los diez capítulos que conforman el manual escrito.

3. RESULTADOS

3.1 CULTIVO EXPERIMENTAL DE TILAPIA EN EL MÓPTAAA DEL MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM.

3.1.1 DESEMPEÑO PRODUCTIVO.

ESTANQUE 1.

El desempeño productivo de este estanque se presenta en el **Cuadro 3.1.1**, en él se aprecia que la supervivencia de este lote fue total. Durante la segunda quincena el desempeño productivo decayó de modo considerable, esto se atribuyó al elevado porcentaje de hembras en el estanque, las cuales en su mayoría presentaban incubación de huevos y embriones en su cavidad bucal, en consecuencia se vio afectada negativamente la ganancia de peso, **Figura 3.1.1**, notándose incluso una ganancia diaria de peso individual menor al reportado por Ramírez-Paredes(20) para poblaciones de tilapia nilótica de sexo mixtas, esto repercutió en la conversión alimenticia, la cual llegó a una relación abismal de 30:1; por tanto, se decidió realizar la mayor extracción de individuos con bajo rendimiento productivo, de los cuales, alrededor del 90% eran hembras, éstas se seleccionaron a través de sexado manual; el 10% restante se escogió conforme a su talla; en total se extrajeron 96 ejemplares. Como resultado de la primera remoción, se observó al final de la tercera quincena un crecimiento significativo y subsecuentemente un índice de conversión alimenticia 150 veces menor al determinado en la segunda quincena. Posterior a este manejo, se pudo observar un crecimiento ascendente y un índice de conversión alimenticia aceptable (35), en tres de las cinco quincenas restantes.

Cuadro 3.1.1 Desempeño productivo de crías mixtas de tilapia del Nilo en el Estanque 1 del MóPTAAA.

| Parámetro | Quincena | | | | | | | Total |
|-----------------------------|----------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Desempeño productivo | | | | | | | | |
| Número inicial | 205 | 205 | 85 | 65 | 56 | 38 | 32 | 205 |
| Número final | 205 | 85 | 65 | 56 | 38 | 32 | 0 | 0 |
| Supervivencia (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| PI por estanque (Kg) | 2.69 | 3.39 | 1.42 | 2.82 | 2.87 | 2.17 | 2.14 | 2.69 |
| PII promedio (g) | 13.1 | 16.5 | 16.7 | 43.4 | 51.3 | 57.2 | 66.9 | 13.1 |
| PF por estanque (Kg) | 3.39 | 3.42 | 3.69 | 3.07 | 3.07 | 2.48 | 2.50 | 6.81* |
| PFI promedio (g) | 16.5 | 16.7 | 43.4 | 47.3 | 54.9 | 65.3 | 78.1 | 78.1 |
| PPG promedio (%) | 25.9 | 1.0 | 160.1 | 8.9 | 7.1 | 14.0 | 16.8 | 495.4 |
| Días de cultivo | 6 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 90 |
| GDPI promedio (g/día) | 0.57 | 0.01 | 1.91 | 0.28 | 0.26 | 0.57 | 0.80 | 0.72 |

| Eficiencia alimenticia | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Alimento consumido (Kg) | 0.51 | 1.14 | 0.58 | 1.40 | 0.41 | 0.37 | 0.56 | 4.97 |
| GP por estanque (Kg) | 0.70 | 0.03 | 2.27 | 0.25 | 0.20 | 0.31 | 0.36 | 4.1 |
| ICA | 0.73 | 33.1 | 0.26 | 5.58 | 2.00 | 1.21 | 1.56 | 1.21 |

Abreviaciones: PI: Peso inicial; PII: Peso inicial individual; PF: Peso final; PFI: Peso final individual; PPC: Porcentaje de peso ganado; GDP: Ganancia diaria de peso; GP: Ganancia de peso ICA: Índice de conversión alimenticia.

* Sumatoria total de las cosechas del ciclo productivo.

Fuente: Elaboración propia.

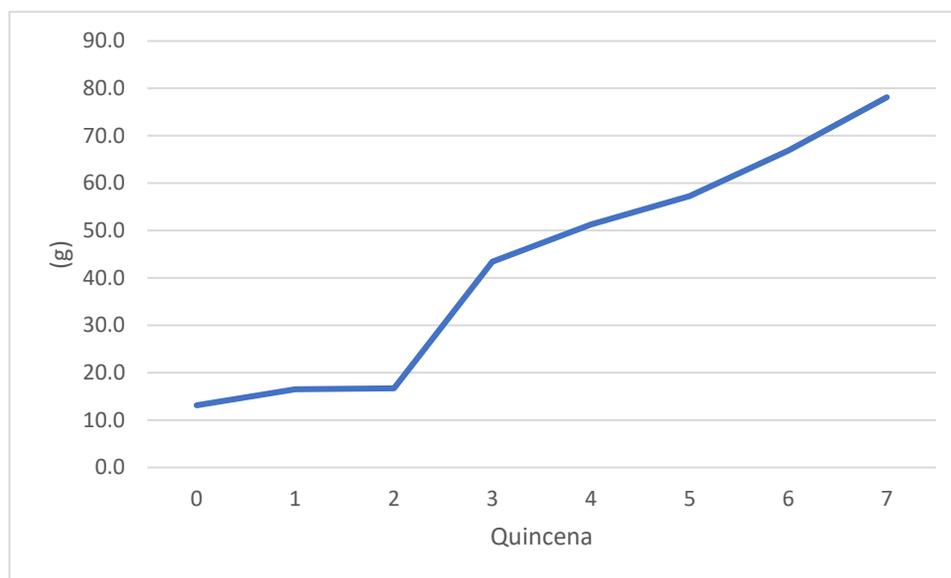


Figura 3.1.1 Crecimiento acumulado de crías mixtas de tilapia del Nilo del Estanque 1 del MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM.

Fuente: Elaboración propia.

ESTANQUE 2.

Como se percibe en el **Cuadro 3.1.2** y la **Figura 3.1.2**, este estanque presentó el mejor rendimiento productivo en comparación con los demás, ya que, tanto la ganancia de peso diario como el índice de conversión alimenticia tuvieron un comportamiento favorable a lo largo del cultivo; la ganancia diaria de peso fue superior al gramo en cuatro quincenas y el índice de conversión alimenticia fue igual o menor a 1.5 en cinco quincenas; éste último presentó el peor desempeño durante la cuarta quincena, probablemente relacionado al aumento de la temperatura del agua asociado al incremento en la temperatura ambiental (35).

Cuadro 3.1.2. Desempeño productivo de crías mixtas de tilapia del Nilo en el Estanque 2 del MÓPTAAA.

| Parámetro | Quincena | | | | | | | Total |
|-------------------------------|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Desempeño productivo | | | | | | | | |
| Número inicial | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 38 | 29 | 50 |
| Número final | 50 | 50 | 50 | 50 | 38 | 29 | 0 | 0 |
| Supervivencia (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| PI por estanque (Kg) | 3.07 | 3.87 | 4.80 | 5.46 | 6.61 | 5.52 | 4.58 | 3.07 |
| PII promedio (g) | 61.4 | 77.3 | 96.1 | 109.1 | 132.2 | 145.4 | 157.9 | 61.4 |
| PF por estanque (Kg) | 3.87 | 4.80 | 5.46 | 6.61 | 7.06 | 6.01 | 5.28 | 8.25* |
| PFI promedio (g) | 77.3 | 96.1 | 109.1 | 132.2 | 141.3 | 158.2 | 182.1 | 182.1 |
| PPG promedio (%) | 26.0 | 24.2 | 13.6 | 21.2 | 6.8 | 8.8 | 15.3 | 196.5 |
| Días de cultivo | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 98 |
| GDPI promedio (g/día) | 1.14 | 1.34 | 0.93 | 1.65 | 0.65 | 0.91 | 1.72 | 1.23 |
| Eficiencia alimenticia | | | | | | | | |
| Alimento consumido (Kg) | 0.93 | 1.24 | 0.80 | 2.51 | 0.68 | 0.85 | 0.735 | 7.73 |
| GP por estanque (Kg) | 0.80 | 0.94 | 0.65 | 1.15 | 0.45 | 0.49 | 0.70 | 5.2 |
| ICA | 1.16 | 1.3 | 1.23 | 2.17 | 1.50 | 1.74 | 1.05 | 1.49 |

Abreviaciones: PI: Peso inicial; PII: Peso inicial individual; PF: Peso final; PFI: Peso final individual; PPC: Porcentaje de peso ganado; GDP: Ganancia diaria de peso; GP: Ganancia de peso ICA: Índice de conversión alimenticia.

* Sumatoria total de las cosechas del ciclo productivo.

Fuente: *Elaboración propia.*

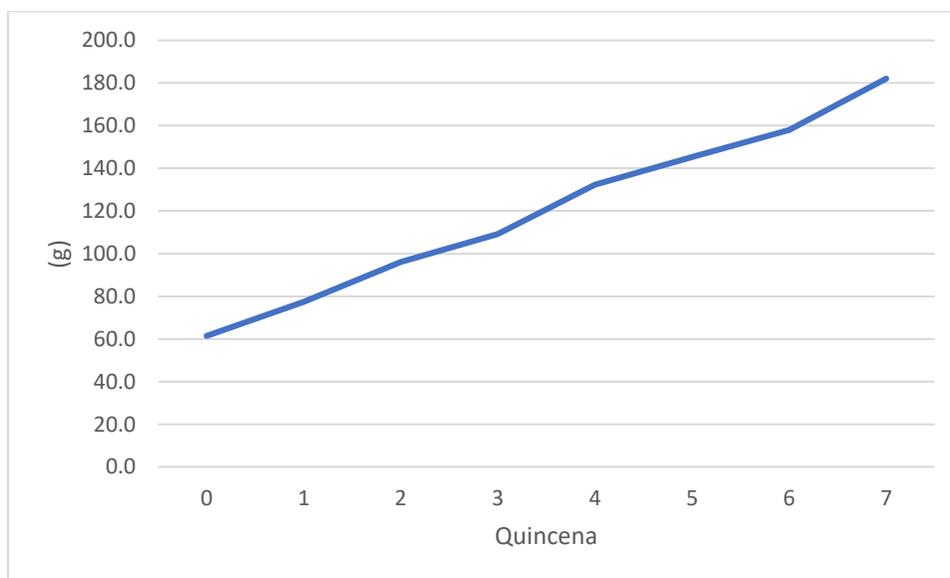


Figura 3.1.2. Crecimiento acumulado de machos de tilapia del Nilo del Estanque 2 del MÓPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM.

Fuente: Elaboración propia.

ESTANQUE 3.

Este estanque, además de tener una población de sexo y especie mixta, contenía a los individuos menos uniformes del sistema, observándose incluso una desviación estándar del peso inicial promedio individual de 37.6 g, esto afectó considerablemente el desempeño productivo, ya que como se aprecia en el **Cuadro 3.1.3**, la ganancia de peso fue escaso después de la primer quincena, **Figura 3.1.3**, cabe mencionar que contrario a las indicaciones del MÓPTAAA, durante la primer cosecha se extrajeron individuos con un peso vivo notable, esto afectó la estimación del estudio, ya que, al no realizarse cosechas totales del estanque, y en consecuencia manejar pesos promedio, se percibió una disminución de peso en la tercer quincena, sin embargo, recalcamos que probablemente se debió a dicho manejo y no a una pérdida de peso real de los organismos. En general, el desempeño productivo fue muy similar al estanque 1, ya que en cuatro de las siete quincenas la conversión alimenticia fue menor a dos, esto se atribuyó al porcentaje de hembras que comenzó un ciclo reproductivo dentro del estanque.

Cuadro 3.1.3. Desempeño productivo del Estanque 3 del MÓPTAAA del MEIA, con peces en etapa de engorda de diferentes especies de Tilapia.

| Parámetro | Quincena | | | | | | | Total |
|-------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Desempeño productivo | | | | | | | | |
| Número inicial | 50 | 50 | 31 | 23 | 20 | 16 | 12 | 50 |
| Número final | 50 | 31 | 23 | 20 | 16 | 12 | 0 | 0 |
| Supervivencia (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| PI por estanque (Kg) | 10.73 | 12.08 | 6.75 | 5.34 | 5.14 | 4.36 | 3.56 | 10.73 |
| PII promedio (g) | 214.6 | 241.7 | 217.8 | 232.0 | 257.0 | 272.8 | 296.7 | 214.6 |
| PF por estanque (Kg) | 12.08 | 12.48 | 7.19 | 5.91 | 5.18 | 4.49 | 3.85 | 13.95 * |
| PFI promedio (g) | 241.7 | 249.6 | 232.0 | 257.0 | 258.9 | 280.6 | 320.8 | 320.8 |
| PPG promedio (%) | 12.6 | 3.3 | 6.5 | 10.8 | 0.7 | 2.9 | 108.1 | 149.5 |
| Días de cultivo | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 98 |
| GDPI promedio (g/día) | 1.93 | 0.57 | 1.01 | 1.78 | 0.13 | 0.56 | 1.73 | 1.08 |
| Eficiencia alimenticia | | | | | | | | |
| Alimento consumido (Kg) | 1.87 | 1.36 | 0.67 | 0.94 | 0.36 | 0.38 | 0.393 | 5.97 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GP por estanque (Kg) | 1.35 | 0.40 | 0.44 | 0.57 | 0.04 | 0.13 | 0.29 | 3.2 |
| ICA ⁵ | 1.38 | 3.4 | 1.52 | 1.63 | 9.56 | 3.05 | 1.36 | 1.85 |

Abreviaciones: PI: Peso inicial; PII: Peso inicial individual; PF: Peso final; PFI: Peso final individual;

PPC: Porcentaje de peso ganado; GDP: Ganancia diaria de peso; GP: Ganancia de peso ICA:

Índice de conversión alimenticia.

* Sumatoria total de las cosechas del ciclo productivo.

Fuente: Elaboración propia.

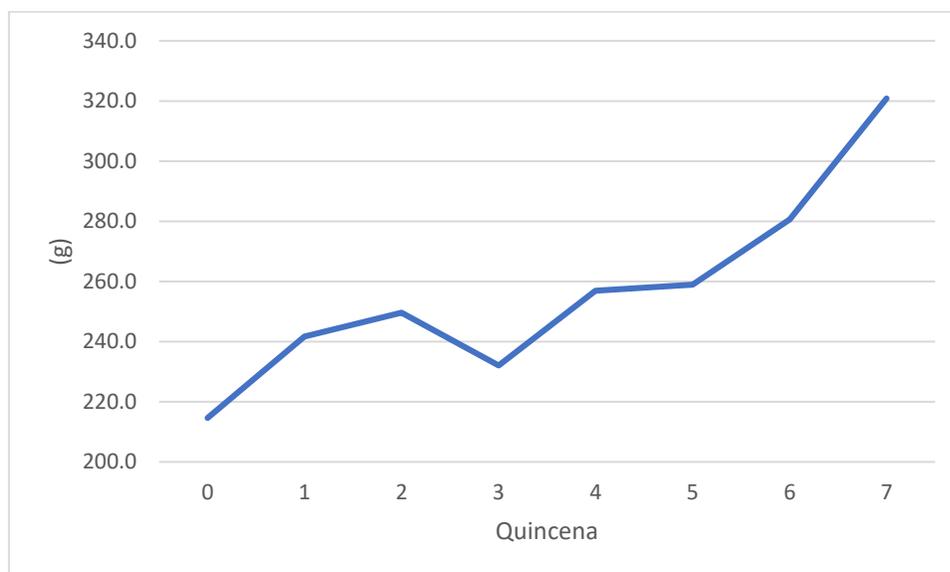


Figura 3.1.3. Crecimiento acumulado de peces de engorda de tilapia, Estanque 3 del MóPTAAA del MEIA-CEIEGT-FMVZ UNAM.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 EFICIENCIA ECONÓMICA.

Cuadro 3.1.4 Determinación de la depreciación quincenal de los conceptos de inversión de la propuesta teórica del MóPTAAA.

| Concepto | Valor inicial | Valor de recuperación | Vida útil (años) | Depreciación anual | Depreciación quincenal |
|------------------------|---------------|-----------------------|------------------|--------------------|------------------------|
| Costos fijos | | | | | |
| Estructura de concreto | \$16,131.79 | 0% | 30 | \$537.73 | \$22.41 |
| Conexiones y tubería | \$4,549.61 | 0% | 7 | \$649.94 | \$27.08 |

| | | | | | |
|-----------------------|------------|-----|----|------------|----------|
| Equipo con motor | \$8,475.00 | 10% | 5 | \$1,525.50 | \$63.56 |
| Equipo sin motor | \$7,571.00 | 10% | 10 | \$681.39 | \$28.39 |
| Instalación eléctrica | \$747.92 | 0% | 6 | \$124.65 | \$5.19 |
| Total | | | | \$3,519.21 | \$146.63 |

Fuente: Elaboración propia con datos del **Cuadro 2.3.4**.

Cuadro 3.1.5 Evaluación de la eficiencia económica del ciclo productivo total y por estanque, sin considerar la depreciación estimada.

| Parámetro | Con mano de obra | | | | | Sin mano de obra | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|--------|--------|------|------------------|-------|--------|--------|------|
| | Estanques | | | | | Estanques | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Total | %* | 1 | 2 | 3 | Total | %* |
| Costos fijos | | | | | | | | | | |
| MP (\$) | 35.9 | 35.9 | 35.9 | 107.8 | 4% | 35.9 | 35.9 | 35.9 | 107.8 | 4% |
| E (\$) | 124.9 | 124.9 | 124.9 | 374.7 | 13% | 124.9 | 124.9 | 124.9 | 374.7 | 15% |
| MO (\$) | 140.7 | 140.7 | 140.7 | 422.1 | 15% | | | | | |
| Costos variables | | | | | | | | | | |
| | | | | | %* | | | | | %* |
| CP | 307.5 | 230.3 | 804.8 | 1342.5 | 47% | 307.5 | 230.3 | 804.8 | 1342.5 | 55% |
| Alimento (\$) | 89.1 | 139.4 | 106.2 | 334.7 | 12% | 89.1 | 139.4 | 106.2 | 334.7 | 14% |
| Azúcar (\$) | 90.2 | 90.2 | 90.2 | 270.5 | 9% | 90.2 | 90.2 | 90.2 | 270.5 | 11% |
| | | | | | 100% | | | | | 100% |
| Balance económico | | | | | | | | | | |
| PC (kg) | 6.8 | 8.3 | 13.9 | 29.0 | | 6.8 | 8.3 | 13.9 | 29.0 | |
| Egresos (\$) | 788.3 | 761.3 | 1302.6 | 2852.2 | | 647.6 | 620.6 | 1161.9 | 2430.1 | |
| Ingresos (\$) | 565.3 | 684.8 | 1157.5 | 2407.5 | | 565.3 | 684.8 | 1157.5 | 2407.5 | |
| REE | 139% | 111% | 113% | 118% | | 115% | 91% | 100% | 101% | |
| CU ⁶ (\$/kg) | 115.8 | 92.3 | 93.4 | 98.33 | | 95.1 | 75.2 | 83.3 | 83.8 | |

Abreviaciones: MP: Medición paramétrica; E: Electricidad; MO: Mano de obra; CP: Cría de pescado; PC: Pescado cosechado; REE: Ratio de eficiencia económica; CU: Costo unitario.

* Porcentaje que representa de los egresos.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.1.6 Evaluación de la eficiencia económica del ciclo productivo total y por estanque, considerando los costos totales de producción.

| Parámetro | Con mano de obra | | | | | Sin mano de obra | | | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|------|------------------|--------|--------|--------|------|
| | Estanques | | | | | Estanques | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Total | %* | 1 | 2 | 3 | Total | %* |
| Costos fijos | | | | | | | | | | |
| DP | 341.37 | 341.37 | 341.37 | 1024.1 | 26% | 341.37 | 341.37 | 341.37 | 1024.1 | 30% |
| MP (\$) | 35.93 | 35.93 | 35.93 | 107.80 | 3% | 35.93 | 35.93 | 35.93 | 107.80 | 3% |
| E (\$) | 124.9 | 124.9 | 124.9 | 374.7 | 10% | 124.9 | 124.9 | 124.9 | 374.7 | 11% |
| MO (\$) | 140.7 | 140.7 | 140.7 | 422.1 | 11% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | | |
| Costos variables | | | | | | | | | | |
| CP | 307.5 | 230.3 | 804.8 | 1342.5 | 35% | 307.5 | 230.3 | 804.8 | 1342.5 | 39% |
| Alimento (\$) | 89.1 | 139.4 | 106.2 | 334.7 | 9% | 89.1 | 139.4 | 106.2 | 334.7 | 10% |
| Azúcar (\$) | 90.17 | 90.17 | 90.17 | 270.51 | 7% | 90.17 | 90.17 | 90.17 | 270.51 | 8% |
| | | | | | 100% | | | | | 100% |
| Balance económico | | | | | | | | | | |
| PC (kg) | 6.8 | 8.3 | 13.9 | 29.0 | | 6.8 | 8.3 | 13.9 | 29.0 | |
| Egresos (\$) | 1129.7 | 1102.7 | 1644.0 | 3876.3 | | 989.0 | 962.0 | 1503.3 | 3454.2 | |
| Ingresos (\$) | 565.3 | 684.8 | 1157.5 | 2407.5 | | 565.3 | 684.8 | 1157.5 | 2407.5 | |
| REE | 200% | 161% | 142% | 161% | | 175% | 140% | 130% | 143% | |
| CU (\$/kg) | 165.9 | 133.7 | 117.9 | 133.6 | | 145.2 | 116.6 | 107.8 | 119.1 | |

Abreviaciones: DP: Depreciación; MP: Medición paramétrica; E: Electricidad; MO: Mano de obra; CP: Cría de pescado; PC: Pescado cosechado; REE: Ratio de eficiencia económica; CU: Costo unitario.

* Porcentaje que representa de los egresos.

Fuente: Elaboración propia.

En todos los ejercicios, **Cuadro 3.1.5** y **Cuadro 3.1.6**, se aprecia que, para este cultivo, las crías de tilapia representan el mayor costo de los egresos, seguido de la depreciación, la mano de obra, la electricidad, el alimento, el azúcar y por último la medición paramétrica; contrario a lo que suele suceder en las producciones acuícolas donde el alimento representa el 60% de las erogaciones (35). Durante la comparación entre la inclusión o exclusión de la mano de obra, se observó que esta

incrementa en más del 10% los egresos totales, una fracción a considerar por la persona operadora.

En general, la prominente ratio de eficiencia económica y el elevado costo unitario se relaciona directamente con la cantidad de pescado producido y el precio de venta, empero se pretende que el sistema opere con un mayor número de animales para producir al menos cuatro veces más de lo que se obtuvo en este cultivo piloto, así, se busca que el mayor número de unidades producidas diluyan los costos fijos y en consecuencia se reduzca el costo de producción (36), para disminuir tanto el costo unitario como la ratio de eficiencia; de igual forma, las características del producto: mínimo consumo de agua, método correcto de matanza e inocuidad; permitirían mejorar el precio de venta.

3.1.3 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Cuadro 3.1.7 Variables fisicoquímicas del agua del MóPTAAA a lo largo de siete quincenas de cultivo.

| Variable | Frecuencia | Horario | Mínimo | Máximo | Promedio | Optima |
|------------------------|----------------------|------------|--------|--------|------------|----------------|
| OD (%) | Dos veces por semana | 7:00,13:00 | 41.6 | 171.8 | 80.4±31.8 | 100(37) |
| T (°C) | Diario | 9:00,17:00 | 19 | 35 | 27±3.4 | 27-32(35) |
| KH (ppm) | Diario | 09:00 | 53.7 | 196.9 | 153.3±26.6 | 75.0-150.(19) |
| SS (ml) | Dos veces por semana | 7:30,19:30 | 2 | 58 | 14.1±14.4 | 25-50 (14) |
| TAN (mg/l) | Diario | 09:00 | 0 | 3 | 0.3±0.5 | 0.00-0.25(19) |
| NO ₂ (mg/l) | Diario | 09:00 | 0 | 0 | 0.0±0.0 | 0.30-0.80 (19) |
| NO ₃ (mg/l) | Diario | 09:00 | 0 | 0 | 0.0±0.0 | 20.0-50(19) |

Abreviaturas: OD: Oxígeno disuelto; T: Temperatura; KH: Dureza; **SS**: Sólidos suspendidos; TAN: Total de nitrógeno Amoniacal; NO₂: Nitritos; NO₃: Nitratos.

Fuente: Elaboración propia.

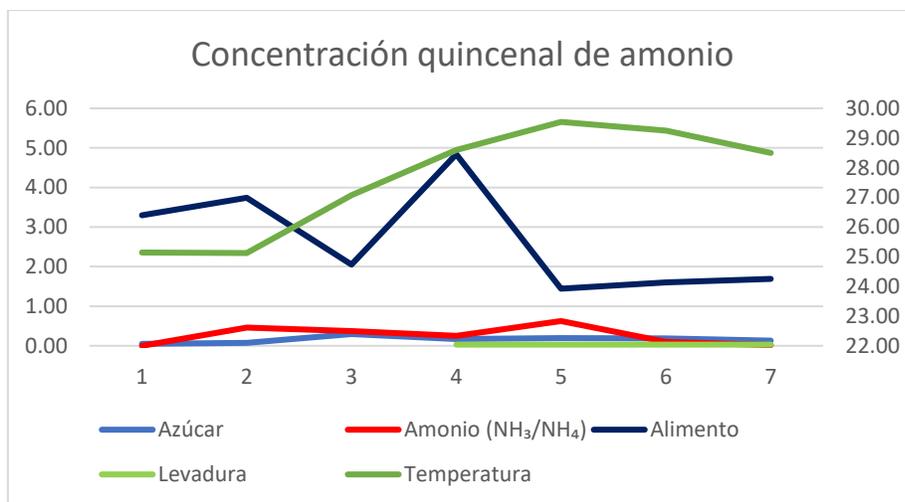


Figura 3.1.4 Concentración quincenal de TAN con respecto a los factores que lo alteran: azúcar, alimento, levadura y temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.1.8 Gasto de agua agregada intencionalmente para la producción de tilapia en el MóPTAAA.

| Parámetro | Estanque | | | MóPTAAA |
|-------------------------|----------|------|-------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| VI (m ³) | 1.49 | 1.49 | 1.49 | 5.06 |
| VAI (m ³) | 2.13 | 2.13 | 2.13 | 6.38 |
| VT (m ³) | 3.62 | 3.62 | 3.62 | 11.44 |
| PT (kg) | 6.81 | 8.25 | 13.95 | 29.01 |
| VKP(m ³ /kg) | 0.53 | 0.44 | 0.26 | 0.39 |

Abreviaturas: VI: Volumen inicial; VAI: Volumen agregado intencionalmente; VT: Volumen total; PT: Producción total; VKP Volumen por kilogramo producido.

Fuente: Elaboración propia.

En el **Cuadro 3.1.7** se muestran las variables fisicoquímicas del agua durante el ciclo productivo, el oxígeno disuelto presentó valores considerables fuera del intervalo óptimo, sin embargo, el promedio es aceptable para la producción (37). Al inicio del cultivo se presentaron los últimos frentes fríos del año, lo que se reflejó en las bajas temperaturas que presentó el MóPTAAA, de igual forma, al final del cultivo los huracanes Agatha y Blas redujeron la temperatura ambiental de la zona.

En cuanto a la dureza, después del primer manejo con calhidra se apreció un aumento constante durante todo el cultivo, sobrepasando al final de éste el intervalo óptimo recomendado (19). Así mismo, el mecanismo que se empleó para aumentar los sólidos suspendidos permitió obtener un volumen recomendado en los estanques 1 y 3, sobrepasando incluso el volumen máximo recomendado en el estanque 1, sin embargo, en el estanque 2 este nunca alcanzó el volumen mínimo recomendado, suponemos que se debió a que este estanque presentaba la mayor biomasa del sistema(14).

Por otra parte, en la **Figura 3.1.4** se muestra el comportamiento quincenal del TAN en relación a los factores que lo intervienen, se aprecia que la temperatura del agua y la adición de azúcar estándar son los principales conductores de su comportamiento, particularmente, en la quinta quincena donde se presentó la mayor temperatura del agua y se proporcionó la menor cantidad de azúcar estándar se observó un pico en la concentración de TAN, durante la misma quincena se realizó la restricción de alimento y se determinó que no contribuía de manera significativa a reducir las concentraciones de compuestos nitrogenados tóxicos.

De igual manera, el uso de levadura instantánea no mostró cambios relevantes en la concentración de compuestos nitrogenados tóxicos, dado que su adición no permitió reducir la dosis de azúcar estándar, sin embargo, se considera un probiótico que podría generar beneficios en la salud de los peces (38,39) además de contribuir a reducir las concentraciones de compuestos nitrogenados tóxicos. Durante todo el cultivo no se presentaron concentraciones superiores a cero de nitritos.

Si bien, se observaron algunos picos en las concentraciones de TAN, estos no superaron los 1.5 mg/l, a excepción de una ocasión en la se registraron 3 mg/l, ni se presentaron más de seis días en cada quincena, por lo que fue posible llevar el cultivo sin necesidad de realizar recambios de agua, como se aprecia en el **Cuadro 3.1.8**, el sistema completo utilizó 0.39 metros cúbicos para producir un kilogramo de tilapia, también se observa que a mayor cantidad de pescado se reduce el gasto de agua, ya que el estanque 3 tuvo la menor relación de gasto de agua por kilogramo

producido, mientras que el estanque 1 tuvo la mayor cantidad de volumen empleado.

Este tema se vuelve relevante, ya que en México sólo se han publicado dos acuerdos de carácter general de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el primero se publicó en agosto del 2021 y concluyó en abril del 2022; el 12 de julio, solo dos meses después, se publicó el segundo inicio de emergencia por ocurrencia de sequías en el DOF (40), éste es un hecho preocupante para el uso doméstico y agropecuario del agua.

Particularmente en el estado de Veracruz, el Monitor de Sequía de México registró a partir de la primera quincena de abril parte del territorio con sequía severa (41), incluso con el paso del huracán Agatha, que permitió las primeras lluvias de la temporada, permanecieron municipios con sequía severa hasta mediados de junio (42–47), sin embargo, con estas lluvias fue posible prescindir del uso de agua del pozo del CEIEGT para reponer pérdidas por evaporación o filtración en el MÓPTAAA.

3.2 MANUAL ESCRITO.

3.2.1 GENERALIDADES DE LA TILAPIA

Después de las carpas, las tilapias son el grupo de peces que más se producen a nivel mundial, su popularidad se debe principalmente a características zootécnicas como su gran adaptabilidad a diferentes sistemas productivos; sus hábitos alimenticios omnívoros y filtradores que les permiten aprovechar tanto la proteína vegetal como la microbiana (48), esto abarata considerablemente los costos de producción al diversificar la fuente de alimento y no depender de los alimentos comerciales; tienen alta resistencia a enfermedades y a la baja calidad del agua; los machos presentan una tasa de crecimiento muy favorable a comparación de las hembras, debido a esto se opta por la reversión sexual de hembras durante la etapa de crianza para obtener poblaciones monosexo macho que pueden pesar 500 g en 6 meses (49–51).

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es, por mucho, la especie más cultivada, según la FAO en el año 2020 se registró una producción de 5,477.1 miles de toneladas de tilapia, de las cuales el 80% provienen de la tilapia del Nilo (52). Así mismo, se ha observado un aumento progresivo de la producción de estos peces, particularmente la producción de tilapia del Nilo se ha cuadruplicado en los últimos veinte años (52). Actualmente, China es el país líder en producción acuícola de tilapia seguido de Indonesia, Egipto, Bangladesh y Brasil (53).

En la escala de países productores de tilapia, México ocupa el lugar número 13 con una producción registrada en el 2018 de 52,748 toneladas; en sincronía con el panorama mundial la producción de tilapia en el país se ha incrementado en los últimos años, puesto que del 2010 al 2018 las toneladas de tilapia aumentaron más del 600% (53), así mismo, es el segundo grupo de organismos acuáticos que más se cultiva después del Camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) (51). Alrededor del 60% de los productores de tilapia en México operan a escala micro, con una producción anual menor a 500 kg. Según diversos autores, este tipo de producciones contribuyen a mitigar la pobreza a partir del aumento de ingresos a la familia y mejorando la dieta con del consumo directo de pescado o con la compra

de alimentos con dichos ingresos (51,54–56); en los estados que presentan la mayor incidencia de pobreza en México: Oaxaca, Chiapas y Veracruz, se encontró que la acuacultura de tilapia a este nivel no sólo mejoró los ingresos familiares, sino que aumentó en un 26% el consumo de pescado (56). Así mismo, las características de las producciones a nivel micro favorecen la participación y el empoderamiento de las mujeres (51).

3.2.2 APORTE NUTRICIONAL DE LA CARNE DE TILAPIA.

El consumo de pescado forma parte del conjunto de alimentos que conforman los patrones de alimentación saludable, se recomienda su consumo de dos a tres veces por semana debido a que tienen efectos positivos a la salud como favorecer el desarrollo del cerebro de los niños durante el embarazo, la lactancia y la infancia; también disminuye el riesgo de padecer sobrepeso u obesidad, así como de cáncer de colon o recto (57). En este sentido, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (*FDA por sus siglas en inglés*) emitió un aviso donde enlista las mejores especies de pescado para consumo humano según sus niveles de mercurio (58).

De la gran diversidad de pescados se puede decir que los más conocidos son la carpa, la tilapia, el bagre, la trucha y el salmón, todas ellas se encuentran en el listado de “mejores opciones” que elaboró la FDA, a excepción de las carpas que se encuentran dentro del listado de “buenas opciones”. Sin embargo, debido a la popularidad de las tilapias su precio en el mercado es de los más asequibles, sobre todo cuando se compara al de la trucha o el salmón, ya que son especies cuyos costos productivos son considerablemente elevados por sus hábitos alimenticios carnívoros que requieren dietas con alto porcentaje de proteína.

Así pues, el objetivo del presente capítulo es describir la composición nutricional de la carne de tilapia comparada con cinco peces comerciales disponibles en México: trucha, carpa, bagre y salmón; se realizó a través de una revisión sistemática de información científica del contenido nutricional del filete, se recopiló de publicaciones generadas en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, así como de otras instituciones.

3.2.2.1 CONTENIDO NUTRICIONAL DEL FILETE DE TILAPIA

En el **Cuadro 3.2.1.** se muestra la composición nutricional del filete de los cinco pescados estudiados, se aprecia que, a pesar de ser omnívora, la tilapia presenta un porcentaje de proteína cercano al del salmón o la trucha. Respecto a los lípidos, la tilapia cuenta con el menor porcentaje, por lo que algunos autores clasifican su

carne como magra (59). Los niveles de minerales, al igual que las proteínas, son cercanas al porcentaje del salmón y la trucha; finalmente, los azúcares se encuentran en cantidades apropiadas, similar al resto de los pescados.

Cuadro 3.2.1. Aporte nutricional promedio del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de pescado.

| Nutriente (%) | Tilapia (59–64) | Carpa (59,64–67) | Bagre (63,64,68,69) | Trucha (63,70–74) | Salmón (59,63,75–77) |
|---------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Agua | 77.7 | 78.0 | 79.1 | 74.9 | 72.1 |
| Proteína | 17.9 | 16.9 | 16.7 | 18.5 | 20.7 |
| Lípidos | 3.10 | 3.58 | 3.17 | 4.85 | 6.34 |
| Minerales | 1.50 | 0.56 | 1.16 | 1.93 | 0.98 |
| Carbohidratos | 0.50 | 1.00 | 0.04 | 0.20 | 0.13 |

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 CONTENIDO DE LÍPIDOS.

De manera general, las grasas o lípidos sirven como fuente de energía, sin embargo, tienen otras funciones importantes, por ejemplo, participan en la formación de nuevas células y proteínas, sin embargo, el exceso de algunos tipos de grasas tiene efectos negativos en la salud.

En el presente estudio, los lípidos que se evaluaron fueron el colesterol y los ácidos grasos. El colesterol es un compuesto graso que se encuentra de manera normal en las células y en la sangre, este es necesario para producir hormonas y transformar la vitamina D2 a su forma activa D3, sin embargo, en altas cantidades, es peligroso para la salud humana, predisponiendo al padecimiento de enfermedades cardiovasculares.

Los otros lípidos que se evaluaron fueron los ácidos grasos, estos pueden dividirse en tres grupos según la cantidad de enlaces libres o saturados que presenten: ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Aunque todos son importantes en la dieta, los más

benéficos para la salud son los que cuentan con un mayor número de enlaces libres, por lo que los ácidos grasos saturados deben consumirse con medida (78), estos se encuentran principalmente en las grasas que a temperatura ambiente son sólidas como la manteca o la mantequilla, y se relacionan con enfermedades no transmisibles (ENT) como la diabetes, cardiopatías u obesidad.

En este sentido, los ácidos grasos que se debe procurar consumir son los ácidos grasos poliinsaturados, presentes sobre todo en semillas y alimentos acuícolas como el pescado o los mariscos, estos ácidos grasos a su vez se dividen en omega 3 (ω 3) y omega 6 (ω 6) según la ubicación del primer enlace doble que tengan, a grosso modo, de los ω 3 se derivan los compuestos antiinflamatorios y de los ω 6 se derivan los inflamatorios, de tal forma que se debe procurar que los alimentos que se consumen tengan una relación de 1:1, es decir, un ácido ω 3 por cada ácido ω 6(79).

En el **Cuadro 3.2.2** se muestra la concentración de lípidos en los pescados que se evaluaron, se puede observar que la tilapia tiene la menor concentración de colesterol comparada con el resto de los pescados. En cuanto a los AGS, si bien, la tilapia cuenta con la mayor cantidad de estos es importante recordar que cuentan con el menor porcentaje de lípidos. Para los AGMI, el bagre y el salmón tienen el mayor porcentaje, mientras que en la tilapia y la carpa es menor. Finalmente, sobre la relación AGPI ω 3/ ω 6, el salmón tiene la mejor relación seguida de la trucha, la tilapia, la carpa y el bagre, cabe resaltar que esta relación en la tilapia es muy cercana a 1 a pesar de ser un pescado económico.

Cuadro 3.2.2. Aporte de colesterol y ácidos grasos del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de pescado en relación con el contenido total de lípidos.

| Nutriente | Tilapia (59,63,64,80–83) | Carpa (59,64–66,83–87) | Bagre (63,64,88–91) | Trucha (63,70,72–74,92) | Salmón (59,63,93–95) |
|---|-----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Colesterol (mg) | 56.2 | 74.9 | 58.3 | 70.1 | 63.9 |
| Ácidos grasos saturados (AGS) % sobre su contenido total | | | | | |
| 14:0 | 3.80 | 1.77 | 1.63 | 3.14 | 1.89 |

| | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15:0 | ND | 0.95 | ND | 0.27 | 0.20 |
| 16:0 | 28.5 | 17.8 | 18.0 | 19.3 | 11.6 |
| 18:0 | 9.55 | 5.92 | 4.89 | 4.44 | 3.16 |
| 20:0 | 1.20 | 0.73 | ND | 0.15 | 0.25 |
| 22:0 | 0.10 | 0.21 | ND | 1.85 | 0.10 |
| 24:0 | ND | 0.56 | ND | 1.39 | ND |
| Total AGS (%) | 43.2 | 27.9 | 24.5 | 30.6 | 17.2 |
| Ácidos grasos mono-insaturados (AGMI) % sobre su contenido total | | | | | |
| 14:1 | 0.60 | 0.78 | ND | 0.03 | ND |
| 16:1 n-7 | 4.20 | 4.57 | 5.28 | 4.18 | 3.37 |
| 18:1 n-9 | 22.9 | 22.8 | 40.0 | 23.6 | 27.8 |
| 20:1 n-9 | 0.60 | 0.95 | 1.34 | 3.09 | 5.99 |
| 22:1 | 0.16 | 0.15 | 2.78 | 2.49 | 4.10 |
| 24:1 | ND | 0.02 | ND | 0.66 | 0.45 |
| Total AGMI (%) | 28.5 | 29.3 | 49.4 | 34.0 | 41.7 |
| Ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) % sobre su contenido total | | | | | |
| 18:2 (ω6) | 8.10 | 15.2 | 9.84 | 12.6 | 12.0 |
| 20:4 (ω6) | 1.30 | 3.04 | 1.77 | 1.01 | 0.62 |
| 18:3 (ω3) | 0.84 | 2.52 | 0.81 | 1.92 | 5.76 |
| 20:5 (ω3) | 0.71 | 2.98 | 0.71 | 2.87 | 3.18 |
| 22:5 (ω3) | 2.40 | 2.23 | 1.20 | ND | 0.91 |
| 22:6 (ω3) | 4.10 | 7.05 | 3.67 | 11.5 | 8.22 |
| Total: ω6 | 9.39 | 18.2 | 11.6 | 14.3 | 12.6 |
| Total: ω3 | 8.01 | 14.8 | 6.38 | 16.3 | 18.1 |
| Relación ω3/ ω6 | 0.85 | 0.81 | 0.55 | 1.20 | 1.43 |

Nombres de los ácidos grasos: (14:0) Mirístico; (15:0) Pentadecanóico; (16:0) Palmítico; (18:0) Esteárico; (20:0) Araquídico; (22:0) Behémico; (24:0) Lignocérico; (4:1) Miristoleíco; (16:1 n-7) Palmitoleico; (18:1) n-9 Oleico; (22:1) Erútico; (24:1) Nervónico; (18:2) Linoleico; (18:3) Alfa linolénico; (20:5) Eicosapentaenoico; (22:5) Docosapentaenoico; (22:6) Docosahexaenoico.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3 CONTENIDO DE VITAMINAS Y MINERALES.

Una de las formas de malnutrición descrita por la OMS está asociada a la deficiencia de micronutrientes, vitaminas y minerales (96), estos tienen funciones cruciales en el cuerpo por lo que es necesario consumir alimentos que contengan cantidades suficientes de ambos. En lo relacionado al aporte de vitaminas, en el **Cuadro 3.2.3** se observa que tanto la tilapia como el resto de los pescados contienen todas las vitaminas. De igual manera, la concentración de minerales se presenta en el **Cuadro 3.2.4**, se aprecia que la tilapia contiene la menor concentración de sodio, elemento que puede aumentar la presión arterial, mientras que el bagre cuenta con la mayor concentración de ese mineral. Por otra parte, las concentraciones de hierro son las más elevadas en el filete de tilapia, este elemento está relacionado con la formación de hemoglobina en la sangre, por lo que, la deficiencia de este mineral desencadena anemia.

Cuadro 3.2.3. Contenido de vitaminas en el filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos pescado.

| Nutriente (mg) | Tilapia (59,64,83, 97-99) | Carpa (59,64,83,99, 100) | Bagre (63,64,99) | Trucha (63,99) | Salmón (59,63,99) |
|----------------|---------------------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Vit B1 | 0.65 | 0.11 | 0.02 | 0.10 | 0.12 |
| Vit B2 | 0.11 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.09 |
| Vit. B3 | 5.20 | 1.64 | 2.10 | 3.82 | 8.77 |
| Vit B5 | 0.58 | 0.75 | 0.67 | 1.60 | 1.54 |
| Vit B6 | 0.11 | 0.19 | 0.15 | 0.19 | 0.63 |
| Vit B12 (µg) | 1.47 | 1.53 | 2.88 | 2.65 | 2.41 |
| Colina | 140 | 65.0 | 65.0 | 65.0 | 78.5 |
| Vit A (µg) | 8.50 | 19.7 | 7.50 | 41.4 | 58.0 |
| Vit C | 11.6 | 9.45 | ND | 1.40 | 3.90 |
| Vit D (µg) | 4.70 | 24.7 | 20.0 | 7.65 | 11.0 |
| Vit E | 1.42 | 3.07 | 0.81 | 0.77 | 3.55 |
| Vit K (µg) | 1.40 | 0.10 | 2.10 | 0.10 | 0.50 |

Nombres de las vitaminas: (Vit B1) Tiamina; (Vit B2) Riboflavina; (Vit. B3) Niacina; (Vit B5) Ác. Pantoténico; (Vit B6) Piridoxina; (Vit B12) Cobalamina; (Vit A Retinol); (Vit C) Ác. Ascórbico; (Vit D) Colecalciferol; (Vit E) Tocoferol; (Vit K) Filoquinona.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.2.4. Contenido mineral del filete de tilapia y otros peces de agua dulce y salada, por cada 100 gramos de pescado.

| Nutriente (mg) | Tilapia (63,64,83,101–103) | Carpa (64,83,104–106) | Bagre (63,64,107) | Trucha (63,108–110) | Salmón (63,92) |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Macrominerales. | | | | | |
| Ca | 33.9 | 51.5 | 39.9 | 27.7 | 25.0 |
| K | 313 | 302 | 1141 | 319 | 338 |
| P | 161 | 335 | 584 | 267 | 206 |
| Na | 40.1 | 60.8 | 125 | 49.2 | 55.3 |
| Mg | 39.6 | 39.3 | 76.7 | 24.0 | 22.8 |
| Microminerales | | | | | |
| Mn | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.01 | 0.01 |
| Se (µg) | 21.6 | ND | ND | 20.7 | 12.8 |
| Cu | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.06 |
| Fe | 2.06 | 1.90 | 0.73 | 0.54 | 0.30 |
| Zn | 0.56 | 1.83 | 1.76 | 0.33 | 0.62 |

Minerales: (Ca) Calcio; (K) Potasio; (P) Fósforo; (Na) Sodio; (Mg) Magnesio; (Mn) Manganeso; (Se) Selenio; (Cu) Cobre; (Fe) Hierro; (Zn) Zinc.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.4 RELACIÓN ENTRE EL APORTE NUTRICIONAL DE LA CARNE DE TILAPIA SOBRE EL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE LAS PERSONAS.

Los organismos internacionales han estimado la ingesta diaria recomendada (IDR) (111) de los nutrientes que necesita el cuerpo humano, estos se recopilaron y siguiendo la clasificación Olveira y Marín (111) se agruparon por sexo y edad: niños, de entre 1 a 8 años, adultos de sexo femenino y masculino de entre 9 a >70 años,

la IDR de cada grupo se relacionó con el contenido nutricional descrito previamente de la tilapia y se estimó el porcentaje que se cubre con 100 g de filete de tilapia.

En el **Cuadro 3.2.5**, se observa que 100 g de filete aportan más del 100% de proteína de la IDR para niños de 1 a 2 años y el 34% para adolescentes de 18 años, mientras que en adultos se cubre más del 30% tanto para mujeres como para hombres. El aporte de lípidos se encuentra alrededor del 3 al 5 % para todos los grupos de personas. Finalmente, en la mayoría de los grupos se cubre más del 10% del IDR de minerales.

Cuadro 3.2.5 Aporte nutricional de macronutrientes en 100 gramos el filete de tilapia en relación con la ingesta diaria recomendada por grupo de personas.

| Nutriente | Grupos de personas por edad y sexo | | | | | |
|---------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Jóvenes (1 – 18) | | Mujeres (19 – 70) | | Hombres (19 – 70) | |
| | IDR (111) (g) | A± (%) | IDR (111) (g) | A± (%) | IDR (111) (g) | A± (%) |
| Proteína | 13.0 - 52.0 | 138 - 34.0 | 46 | 39 | 56 | 32 |
| Lípidos | 68.0 - 90.0 | 5.10 - 3.90 | 55.0 – 96.0 | 6.40 - 3.60 | 65.0 - 114 | 5.40 - 3.10 |
| Minerales | 6.60 - 11.5 | 22.8 - 13.0 | 10.1 - 10.7 | 14.9 - 14.1 | 10.0-10.6 | 15.0-14.2 |
| Carbohidratos | 130 | 2.6 | 130 | 2.6 | 130 | 2.6 |

Abreviaciones: (IDR) Ingesta diaria recomendada; (A) Aporte.

*Estimación con base en la información del **Cuadro 3.2.1**

Fuente: *Elaboración propia.*

De igual forma en el **Cuadro 3.2.6** se compara el aporte de ácidos grasos y lípidos con la IDR de las personas, se aprecia que para cada grupo el aporte se encuentra por debajo de los valores de riesgo que desencadenan las ENT.

Cuadro 3.2.6. Contenido de los principales grupos de ácidos grasos en 100 gramos de filete de tilapia y su aporte a la IDR de personas por edad y género.

| Nutriente | Grupos de personas por edad y sexo | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Jóvenes (1 – 18) | | Mujeres (19 – 70) | | Hombres (19 – 70) | |
| | IDR(112) (g) | A± (g) | IDR(113) (g) | A± (g) | IDR(113) (g) | A± (g) |
| AGS | < 23.0 | < 1.00 | < 27.0 | < 1.00 | < 33.0 | < 1.00 |
| AGPI | 11.0 - 34.0 | < 1.00 | 16.0 - 30.0 | < 1.00 | 30.0 -36.0 | < 1.00 |

ω 3/ ω 6 1.00 85% 1.00 85% 1.00 85%

Abreviaciones: (IDR) Ingesta diaria recomendada; (A) Aporte;(AGS) Ácidos grasos saturados; (AGPI) Ácidos grasos poliinsaturados; (ω 3/ ω 6) Relación omega 3 sobre omega.

*Estimación con base en la información del **Cuadro 3.2.2**

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, se realizó el mismo ejercicio con vitaminas y minerales, los resultados se muestran en el **Cuadros 3.2.7** y **3.2.8** respectivamente, en ellos se observa que la carne de tilapia cuenta con todos los elementos vitamínicos y minerales que requiere el ser humano para diferentes grupos de edades y género.

Cuadro 3.2.7 Aporte de vitaminas de filete de tilapia en 100 g, sobre la IDR para personas por edad y género.

| Grupos de personas por edad y sexo | | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | Jóvenes (1 – 18) | | Mujeres (19 – 70) | | Hombres (19 – 70) | |
| Vitamina | IDR (111) (mg) | A [±] (%) | IDR (111) (mg) | A [±] (%) | IDR (111)(mg) | A [±] (%) |
| Vit B1 | 0.50-1.20 | 130-54.1 | 1.10 | 59.0 | 1.20-1.30 | 54.1-50.0 |
| Vit B2 | 0.50-1.30 | 22.0-8.46 | 1.10 | 10.0 | 1.30 | 8.46 |
| Vit. B3 | 6.00-16.0 | 86.6-32.5 | 14.0 | 37.1 | 16.0 | 32.5 |
| Vit B5 | 2.00-5.00 | 29.0-11.6 | 5.00 | 11.6 | 5.00 | 11.6 |
| Vit B6 | 0.50-1.30 | 22.0-8.46 | 1.30-1.50 | 8.46-7.36 | 1.30-1.70 | 8.46-6.47 |
| Vit B12 (µg) | 0.90-2.40 | 163-61.2 | 2.40 | 61.2 | 2.4 | 61.2 |
| Colina | 200-500 | 70.0-28.0 | 425 | 32.9 | 550 | 25.4 |
| Vit A (µg) | 300-900 | 2.72-0.91 | 700 | 1.16 | 900 | 0.91 |
| Vit C | 15.0-75.0 | 67.3-15.4 | 75.0 | 15.4 | 90 | 12.8 |
| Vit D (µg) | 5.00 | 94.0 | 5.00-15.0 | 94.0-31.3 | 5.00-15.0 | 94.0-31.3 |
| Vit E | 6.00-15.0 | 23.6-9.47 | 15.0 | 9.47 | 15 | 9.47 |
| Vit K (µg) | 30.0-75.0 | 4.67-1.87 | 90.0 | 1.56 | 120 | 1.17 |

*Estimación con base en la información del **Cuadro 3.2.3**

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 3.2.8. Aporte de minerales en 100 g de filete fresco de tilapia, sobre la ingesta diaria recomendada (RDI) para personas por grupo de edades y género.

| Grupos de personas por edad y sexo | | | | | | |
|---|-------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Mineral | Jóvenes (1 – 18) (111) | | Mujeres (19 – 70) | | Hombres (19 – 70) | |
| | IDR (111) (mg) | A± (%) | IDR (111) (mg) | A± (%) | IDR (111) (mg) | A± (%) |
| Calcio | 500-1300 | 6.78-2.61 | 1000-1200 | 3.39-2.83 | 1000-1200 | 3.39-2.83 |
| Potasio | 1000-1500 | 4.01-2.67 | 1500-1200 | 2.67-3.34 | 1500-1200 | 2.67-3.34 |
| Fósforo | 3000-4700 | 10.4-6.66 | 4700 | 6.66 | 4700 | 6.66 |
| Sodio | 460-1250 | 35.0-12.8 | 700 | 23.0 | 700 | 23.0 |
| Magnesio | 80.0-410 | 49.5-9.66 | 310-320 | 12.7-12.3 | 400-420 | 9.90-9.43 |
| Manganeso | 1.20-2.20 | 2.50-1.36 | 1.80 | 1.67 | 2.30 | 1.30 |
| Selenio (µg) | 7.00-11.0 | 29.4-18.7 | 8.00-18.0 | 25.7-11.4 | 8.0 | 25.7 |
| Cobre | 20.0-55.0 | 108-39.3 | 55.0 | 39.2 | 55.0 | 39.2 |
| Hierro | 0.34-0.89 | 17.6-6.74 | 0.90 | 6.67 | 0.90 | 6.67 |
| Zinc | 3.00-11.0 | 18.6-5.09 | 8.00 | 7.00 | 11.9 | 5.09 |

*Estimación con base en la información del **Cuadro 3.1.4**

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL MÓPTAAA

El MóPTAAA está diseñado para ser un sistema de producción familiar que pueda operarse de una manera fácil y segura; se pretende que esté ubicado en la vivienda, para lo cual se necesita disponer de una superficie de aproximadamente 24 m². Como se aprecia en la **Figura 3.3.1**, el MóPTAAA se compone de una estructura de concreto con tres estanques y el soporte para el centro de distribución, un tinaco de 450 Litros (L) que sirve como trampa de sólidos que se encuentra a un desnivel de 20 cm de profundidad, un tinaco de 250 L que funciona como centro de distribución y una salida al drenaje; todo el sistema está conectado con tubería de PVC hidráulico, el agua se mueve con una bomba eléctrica de 65 watts y se oxigena con una bomba de aire eléctrica de 120 voltios, estas se alimentan de la instalación eléctrica del sistema. En la **Figura 3.3.2** se muestra la fotografía del MóPTAAA del señor Salvador Díaz.

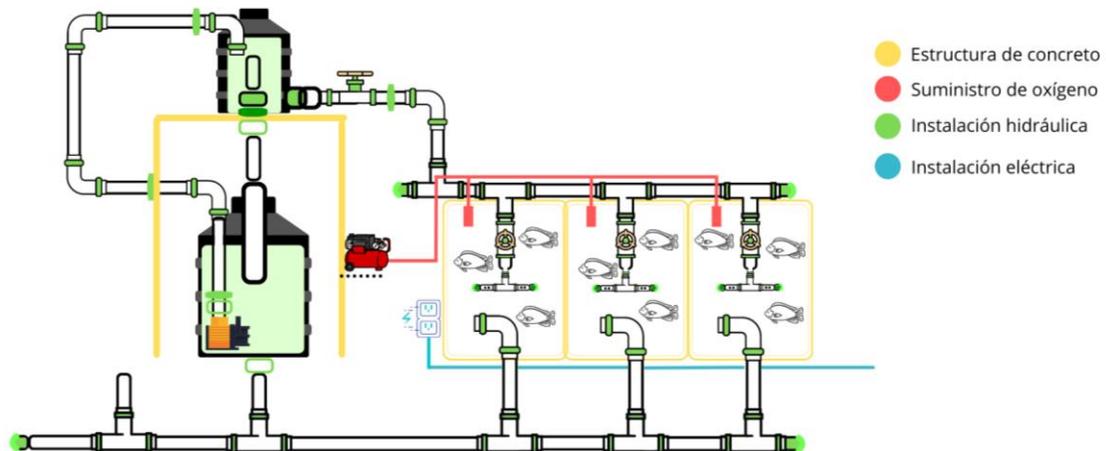


Figura 3.3.1. Estructura general del MóPTAAA. El esquema se encuentra diferenciado por código de colores: la estructura de concreto está señalada con color amarillo, el suministro de oxígeno con color rojo, la instalación hidráulica de color verde y la instalación eléctrica de color azul.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.3.2. Fotografía del MóPTAAA del señor Salvador Díaz, ubicado a 500 m del CEIEGT.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.1 SELECCIÓN DEL SITIO DE UBICACIÓN

Antes de iniciar con la construcción del MóPTAAA se debe hacer una evaluación técnica para verificar su viabilidad, esta debe coincidir con los lineamientos de las Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia (BPPATi) para garantizar un producto inocuo y de calidad.

El primer paso es asegurar que haya disponibilidad de agua potable en cantidad y calidad suficiente para el cultivo, para esto se deben realizar análisis microbiológicos y químicos del agua para valorar el riesgo de peligros biológicos, como bacterias o parásitos, y químicos, como metales pesados o agroquímicos; estos se llevan a cabo en laboratorios certificados y autorizados por dependencias oficiales.

El directorio de laboratorios se puede consultar en la página web de la Comisión Nacional del Agua a través de la siguiente liga: <https://laboratorios.conagua.gob.mx:8446/LABORATORIOS/Pages/Laboratorios.aspx>. En el **Cuadro 3.3.1** se observan los límites máximos de contaminantes químicos en el cultivo de peces, cuando el resultado de los análisis del agua muestre

valores superiores a los límites máximos será necesario cambiar la toma de agua hacia zonas no contaminadas.

Cuadro 3.3.1. Límites máximos de sustancias químicas en el cultivo de peces.

| Sustancia | Límite máximo |
|------------------------|---------------|
| Metales pesados | |
| Mercurio (Hg) | 0.05 /L |
| Plomo (Pb) | 0.03mg/L |
| Cadmio | 0.004 mg/L |
| Cobre (Cu) | 0.1 mg/L |
| Arsénico (As) | 0.05 mg/L |
| Manganeso (Mn) | < 8 mg/L |
| Agroquímicos | |
| Bifenilos policlorados | 14 ng/L |
| DDT | 1.0 ng/L |
| Lindano (v-HCH) | 80 ng/L |
| Fenoles | 6-17 ng/L |
| Petróleo | 0.3 mg/L |
| Gasolina | 1.0 mg/L |

Fuente: García y Calvario, 2008.

Posteriormente se debe planear la circulación del agua en el sistema, de tal forma que el flujo de entrada y salida de agua no se mezclen, además se debe evitar la entrada de especies de peces no deseadas. De igual forma, la ubicación del MóPTAAA debe ser tal que no se encuentre expuesto a agroquímicos.

3.2.3.2 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Primero se construye la estructura de concreto, respetando la instalación hidráulica de salida del sistema, posteriormente, se monta la instalación hidráulica restante y al final la instalación eléctrica. En el **Cuadro 3.3.2** se desglosan los materiales que se requieren.

Cuadro 3.3.2. Materiales necesarios para la construcción de un MóPTAAA.

| Material | Unidad | Cantidad |
|-------------------------------|----------------|----------|
| Estructura de concreto | | |
| Block Macizo (12x20) | Pieza | 300 |
| Armex (15x20x4) | Pieza (6m) | 10 |
| Cemento Portland gris | Costal (50kg) | 22.5 |
| Grava | Viaje 6m3 | 0.75 |
| Cal Hidratada | Costal (25 kg) | 15 |

| | | |
|---|-------------|---|
| Alambre Recocido Calibre 16 | Kg | 1 |
| Molde Castillo | Pieza | 4 |
| Pintura Vinimex® Total Antiviral y Antibacterial Blanco | Galón | 1 |
| Lija para Yeso Grado 150 | Pieza | 1 |
| Varilla | Pieza (12m) | 3 |
| Instalación hidráulica | | |
| Adaptador Hembra 1" | Pieza | 1 |
| Adaptador Hembra 2" | Pieza | 2 |
| Adaptador Macho 3/4" | Pieza | 1 |
| Adaptador Macho 1/2" | Pieza | 7 |
| Adaptador Macho 1.5" | Pieza | 1 |
| Adaptador Macho 1" | Pieza | 2 |
| Adaptador Macho 2" | Pieza | 3 |
| Bomba de agua 65W | Pieza | 1 |
| Cemento para pvc 473ml | Pieza | 1 |
| Codo 90° 1" | Pieza | 7 |
| Codo 90° 2" | Pieza | 3 |
| Conector Macho 1/2" con salida de manguera | Pieza | 3 |
| Conexión T 1" | Pieza | 4 |
| Conexión T 1/2" | Pieza | 3 |
| Conexión T 2" | Pieza | 5 |
| Empaque (O-ring) 2" | Pieza | 1 |
| Reducción T 1" - 1/2" roscada | Pieza | 3 |
| Reducción 1" - 3/4" | Pieza | 1 |
| Reducción 1" - 1/2" | Pieza | 3 |
| Reducción 1 1/2" - 1" | Pieza | 1 |
| Tapón Hembra 1" | Pieza | 2 |
| Tapón Hembra 2" | Pieza | 2 |
| Tapón Hembra 1/2" | Pieza | 6 |
| Tinaco 250 L | Pieza | 1 |
| Tinaco 450 L | Pieza | 1 |
| Tubo PVC hidráulico ced 40 1" | Pieza (3m) | 4 |
| Tubo PVC hidráulico ced 40 1/2" | Pieza (3m) | 1 |
| Tubo PVC hidráulico ced 40 2" | Pieza (3m) | 3 |
| Tubo PVC sanitario 4" | Pieza (1m) | 2 |
| Tuerca unión 1" | Pieza | 5 |
| Válvula 1/2" roscable | Pieza | 1 |
| Válvula 1" cementable | Pieza | 4 |
| Oxigenación de los estanques | | |

| | | |
|--|------------|----|
| Blower Resun 1/16 hp | Pieza | 1 |
| Mangueras de oxígeno 1/4" | Pieza | 1 |
| Piedra Difusora 3.5cm X 15 cm | Pieza | 3 |
| Protección de los estanques | | |
| Malla antipájaros 5 m x 20 m | Pieza | 1 |
| Malla sombra poliuretano 1.83m x 6.10m | Pieza | 1 |
| Instalación eléctrica | | |
| Cable POT duplex no.14 | Pieza (1m) | 6 |
| Contacto sobreponer | Pieza | 1 |
| Cinta de aislar | Pieza | 1 |
| Tornillos y taquetes | Pieza | 2 |
| Canaletas | Pieza | 3 |
| Grapas | Pieza | 12 |

Fuente: Elaboración propia.

ESTRUCTURA DE CONCRETO.

La estructura de concreto se compone de tres estanques y una plataforma de sostén para el centro de distribución; cada estanque mide 2 m de ancho por 3 m de largo y las paredes tienen una altura de 1 m; mientras que la plataforma se eleva 2 metros, el soporte es una base cuadrada de 1.35 m en cada lado, por debajo de esta se encuentra un desnivel de 20 centímetros de profundidad que forma un cuadro de 1 m de cada lado donde se ubicará la trampa de sólidos, como se muestra en la **Figura 3.3.3.**

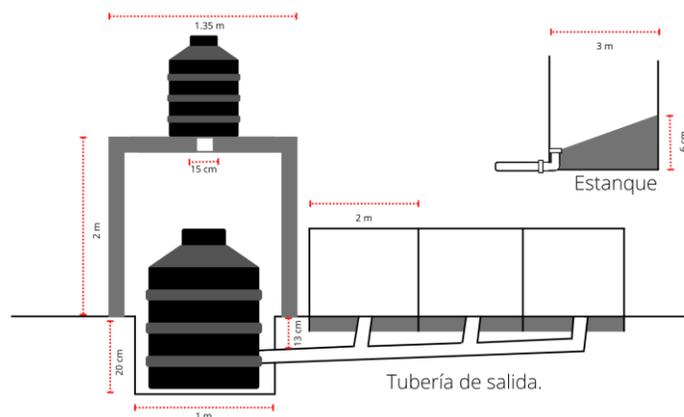


Figura 3.3.3. Diagrama de la estructura de concreto del MÓPTAAA.

Fuente: Elaboración propia.

El primer paso es despejar, limpiar y nivelar la zona donde se construirá el MóPTAAA, posteriormente, se delimita la estructura de concreto, como se aprecia en la **Figura 3.3.4.**, y se realiza el desnivel de la trampa de sólidos.



Figura 3.3.4. Fotografía del señor Salvador Díaz delimitando los estanques.

Fuente: Cortesía de David Mendoza.



Figura 3.3.5. Fotografía de la construcción de los estanques, se muestra la instalación hidráulica de salida atravesando las cadenas del base perimetral previo a su relleno con cemento.

Fuente: Cortesía de David Mendoza.

Se procede a colocar los castillos o cadenas en las esquinas de cada estanque y en la base perimetral de los mismos, así como en cada pilar de la plataforma de sostén, previo a llenar de cemento las cadenas de la base perimetral de los estanques se coloca la instalación hidráulica de salida, como se muestra en la **Figura 3.3.5**.

Es importante mencionar que tanto el piso del estanque como la instalación hidráulica de salida deben tener una pendiente de 2° para permitir el flujo de agua en sincronía con la tubería, además, para que tenga mayor vida útil debe colocarse subterráneamente, como se muestra en la **Figura 3.3.3**.

Una vez que se define la ubicación de la instalación hidráulica de salida, se procede a colar los castillos y cadenas con cemento, después se colocan los blocks y finalmente se le da un aplanado a las paredes para que puedan pintarse, **Figura 3.3.6**. Como se muestra en la **Figura 3.3.3**, la plataforma de soporte tiene una perforación al centro de 15 centímetros de diámetro para conectar el estanque de distribución con la trampa de sólidos.



Figura 3.3.6. Fotografía del señor Salvador Díaz pegando los blocks para construir las paredes de los estanques.

Fuente: Cortesía de David Mendoza.

INSTALACIÓN HIDRÁULICA

La instalación hidráulica se conforma de conexiones y tubería, en su mayoría de PVC hidráulico cédula 40, además de dos tinacos: la trampa de sólidos (450 litros) y el centro de distribución (250 litros). La instalación hidráulica permite la recirculación del agua del sistema, por lo que puede dividirse en tres fracciones: instalación hidráulica de entrada, de salida y de recirculación, **Figura 3.3.7**.

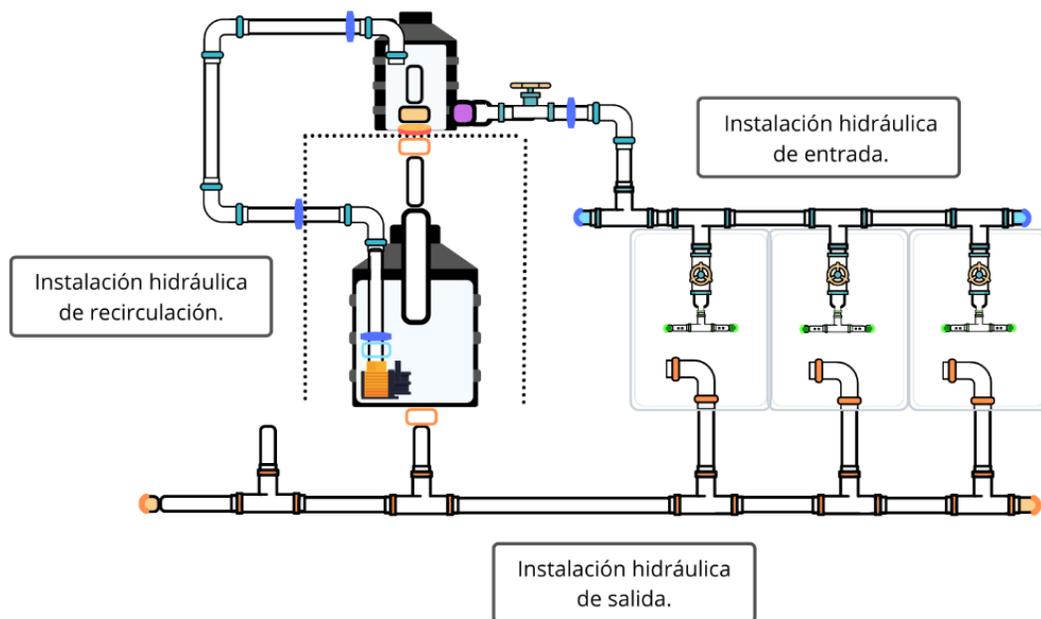


Figura 3.3.7. Diagrama de la instalación hidráulica del MóPTAAA. En el que se señalan tres fracciones: instalación hidráulica de entrada, instalación hidráulica de salida e instalación hidráulica de recirculación

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó, la instalación hidráulica de salida se coloca simultáneamente a la estructura de concreto, para asegurar tanto el desagüe de los estanques hacia la trampa de sólidos o al drenaje como su instalación subterránea. Esta fracción se compone de un tubo de 2 pulgadas de PVC hidráulico cédula 40 en cada estanque, los cuales aseguran un nivel de 60 cm de agua, estos se conectan con codos de 90° y conexiones "T" del mismo calibre para dirigir el agua ya sea hacia la trampa de sólidos o al drenaje, **Figura 3.3.8**.

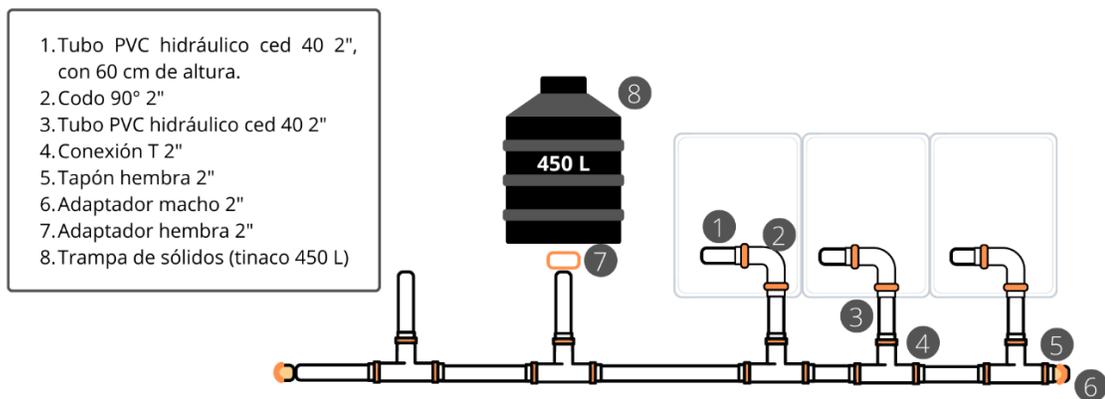
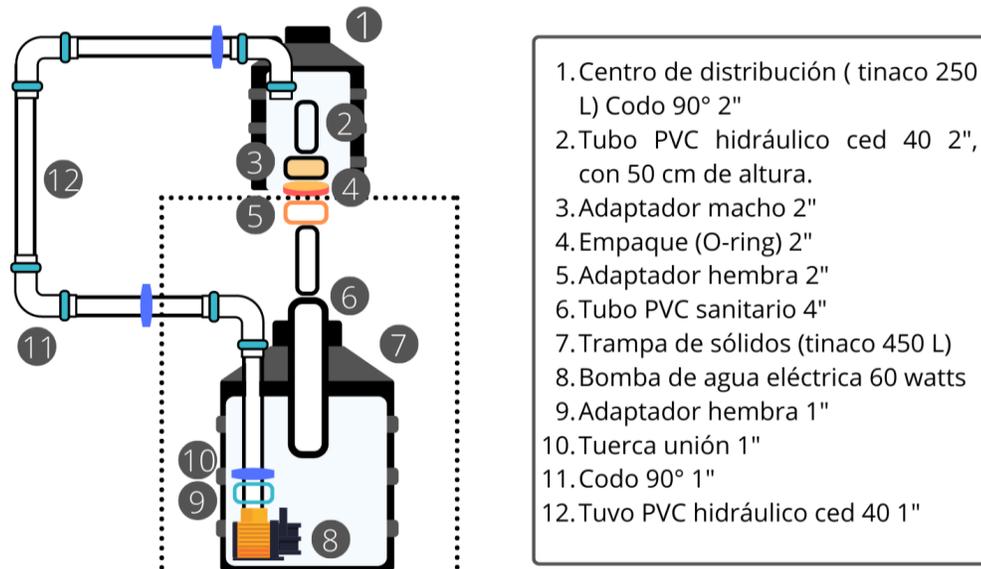


Figura 3.3.8. Diagrama de la instalación hidráulica de salida. Los elementos que la conforman están señalados con números, a la izquierda se aprecia el nombre de cada uno.

Fuente: Elaboración propia.

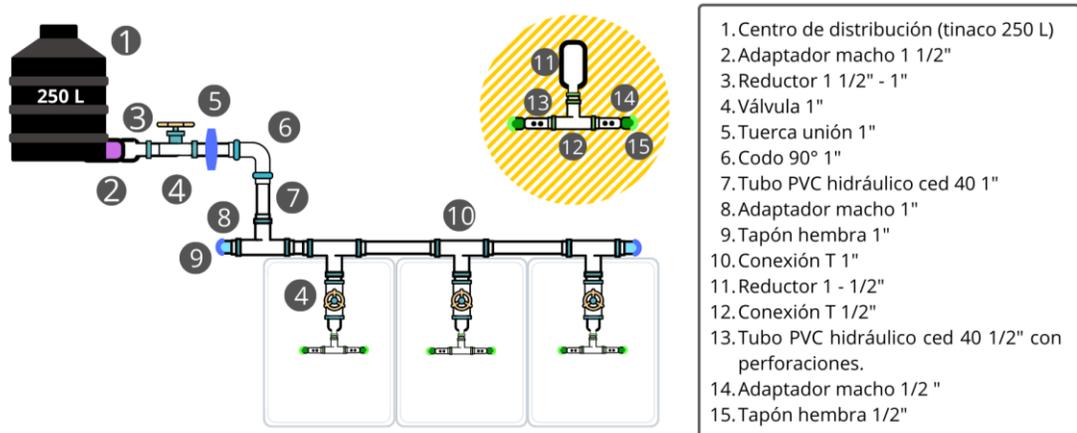
En la **Figura 3.3.9.** se aprecia la instalación hidráulica de recirculación, la cual permite que el agua continúe su transcurso de la trampa de sólidos al centro de distribución, gracias a una bomba eléctrica de 60 watts que se conecta a través de un adaptador hembra, una válvula roscable y tubos de PVC hidráulico cédula 40, todo esto con calibre de 1 pulgada. El centro de distribución también cuenta con un tubo de 2 pulgadas que mantiene el agua a un nivel de 50 cm; para vaciarlo, este se conecta con otro tubo de PVC sanitario de 4 pulgadas que dirige el agua hacia la trampa de sólidos.

Finalmente, el agua retorna a los estanques desde el centro de distribución a través de la instalación hidráulica de entrada, la cual se conecta con un adaptador macho de 1 ½ pulgada, seguida de un reductor de 1 ½ pulgadas a 1 pulgada, para continuar con tubos de PVC hidráulico, codos y conexiones T del mismo calibre, en los estanques se reduce el calibre de 1 a ½ pulgada para que el agua pueda moverse con mayor rapidez, **Figura 3.3.10.**



1. Centro de distribución (tinaco 250 L) Codo 90° 2"
2. Tubo PVC hidráulico ced 40 2", con 50 cm de altura.
3. Adaptador macho 2"
4. Empaque (O-ring) 2"
5. Adaptador hembra 2"
6. Tubo PVC sanitario 4"
7. Trampa de sólidos (tinaco 450 L)
8. Bomba de agua eléctrica 60 watts
9. Adaptador hembra 1"
10. Tuerca unión 1"
11. Codo 90° 1"
12. Tuvo PVC hidráulico ced 40 1"

Figura 3.3.9. Diagrama de la instalación hidráulica de recirculación. Los elementos que la conforman están señalados con números, a la derecha se aprecia el nombre de cada uno.
Fuente: Elaboración propia.



1. Centro de distribución (tinaco 250 L)
2. Adaptador macho 1 1/2"
3. Reductor 1 1/2" - 1"
4. Válvula 1"
5. Tuerca unión 1"
6. Codo 90° 1"
7. Tubo PVC hidráulico ced 40 1"
8. Adaptador macho 1"
9. Tapón hembra 1"
10. Conexión T 1"
11. Reductor 1 - 1/2"
12. Conexión T 1/2"
13. Tubo PVC hidráulico ced 40 1/2" con perforaciones.
14. Adaptador macho 1/2 "
15. Tapón hembra 1/2"

Figura 3.3.10. Diagrama de la instalación hidráulica de entrada. Los elementos que la conforman están señalados con números, a la derecha se aprecia el nombre de cada uno.
Fuente: Elaboración propia.

SUMINISTRO DE OXIGENO.

Por otra parte, la oxigenación de los estanques se proporciona a través de una bomba de aire eléctrica de 1/16 hp de fuerza, se conecta con una manguera de oxígeno a las piedras difusoras que se colocan en cada estanque, **Figura 3.3.11.**



Figura 3.3.11. Fotografía de una piedra difusora conectada a una manguera de oxígeno dentro de un estanque.

Fuente: Elaboración propia.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Por último, en la instalación eléctrica se debe procurar que los cables no estén a la intemperie, por lo que se recomienda usar canaletas para su protección. Debido a que se utilizarán dos equipos eléctricos, un contacto es suficiente para abastecerlos de energía, se recomienda colocarlo al alcance de estos equipos, como se muestra en la **Figura 3.3.1.**

3.2.4 HIGIENE Y SANIDAD

Según la FAO, la seguridad alimentaria se logra cuando *“todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”* (1), es así que el principal objetivo del Módulo de Producción de Tilapia para la Autosuficiencia Alimentaria y el Autoempleo (MóPTAAA) es mejorar la seguridad alimentaria tanto de la familia operadora como de las personas en su entorno, para alcanzar dicho objetivo se necesita producir tilapia y que sea apta para consumo humano, es decir, que se encuentre libre de cualquier sustancia que represente un peligro para la salud del consumidor (114), para esto es indispensable cuidar la higiene, el manejo del producto en cada etapa del cultivo y la sanidad acuícola.

A continuación, se elabora un glosario de conceptos que permiten comprender con mayor facilidad el capítulo:

Agua para uso y consumo humano. - Aquella que no causa efectos nocivos a la salud y que no presenta propiedades objetables o contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles y que no proviene de aguas residuales tratadas (115).

Inocuidad: Garantía de que un alimento no causará daños a la salud de quien lo consume si se prepara correctamente (116).

Conservación: Acción de mantener un producto alimenticio en buen estado, guardándolo cuidadosamente, para que no pierda sus características a través del tiempo (116).

Contaminación: Elemento ajeno al producto que en ciertas cantidades puede afectar la inocuidad del alimento (116).

Contaminación cruzada: Es la contaminación que se produce por la presencia de materia extraña, sustancias tóxicas o microorganismos procedentes de una etapa, un proceso o un producto diferente (116).

Desinfección: Reducción, mediante agentes químicos (cloro, alcohol, etc.) y/o métodos físicos (ebullición), del número de microorganismos presentes en el medio ambiente hasta un nivel que no ponga en riesgo la inocuidad del alimento (116).

Limpieza: La eliminación de tierra, residuos de alimentos, grasa, entre otros(116).

Peligro: Agente biológico, químico o físico presente en el alimento, bebida o suplemento alimenticio o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud (116).

Riesgo: La probabilidad de que un factor biológico, químico o físico, cause un daño a la salud del consumidor (116).

Sanidad acuícola: El estudio de las enfermedades que afectan a los organismos acuáticos cultivados, silvestres y de ornato, así como al conjunto de prácticas encaminadas a la prevención, diagnóstico y control. (114)..

3.2.4.1 REQUISITOS PREVIOS.

Para garantizar la higiene y sanidad del sistema se debe prever que los elementos que intervienen en el MÓPTAAA, instalaciones, utensilios y personas operadoras, cumplan con los requisitos que se desglosan a continuación:

INSTALACIONES.

- Estanques.
 - Se debe controlar el crecimiento de malezas alrededor de los estanques, esto sin hacer uso de agroquímicos que contaminen a los peces.
 - Deben evitar el contacto de los peces con otros animales.
- Almacén de alimento
 - Su estructura debe facilitar la limpieza.
- Instalaciones de procesamiento del producto:
 - No deben estar a una distancia mayor a 20 m de los estanques, con el fin de reducir el estrés en los animales.
 - Deben impedir el paso de corrientes de aire.
 - La mesa de trabajo debe estar alejada de otros alimentos o utensilios que no se utilicen en el manejo del pescado para evitar contaminación cruzada.
 - Los componentes de las instalaciones: la mesa, los pisos, paredes y techos; deben estar construidos de materiales de fácil limpieza y

desinfección, es posible hacer adecuaciones como colocar cortinas y/o manteles de plástico en caso de que no sea posible lo anterior.

UTENSILIOS.

- Los utensilios como: la báscula, la red de captura, el cuchillo, la tabla de cortar y la hielera, deben conformarse de materiales de fácil limpieza y desinfección, se recomienda evitar materiales de madera o metales oxidables, se prefieren los materiales de plástico o acero inoxidable.
- En el caso de los trapos de tela para limpiar y manejar a los animales, es preferible tener al menos dos, uno que sea exclusivo del manejo de animales y otro exclusivo para la limpieza, aunque es recomendable tener uno para cada etapa.

PERSONAS OPERADORAS.

- Deben estar aseadas y sanas, si presentan algún malestar como tos o diarrea es preferible postergar las actividades o que estas sean realizadas por personas sanas.
- Deben utilizar ropa limpia, de preferencia contar con ropa exclusiva para las actividades del cultivo y para el procesamiento del pescado.
- Durante el procesamiento usar mandil que pueda lavarse fácilmente.
- Evitar usar aretes, pulseras, anillos, relojes, esmalte de uñas o maquillaje;
- Recoger el pelo de preferencia con una cofia, se puede utilizar una gorra limpia si no se cuenta con cofia que sea de uso exclusivo para el manejo del pescado.
- Si es posible, utilizar lentes de protección para evitar contaminar el producto con pestañas.

3.2.4.2 PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.

El programa de limpieza y desinfección abarca los mismos elementos que se mencionaron antes: instalaciones, utensilios y personas operadoras. Existe una gran diversidad de productos en el mercado que podemos usar para la limpieza y desinfección, en el Anexo I se detallan las concentraciones, funciones y limitantes

de los agentes que se utilizan en la industria alimenticia. Una vez que seleccionamos el agente a usar, es importante revisar cuál es la dosis que especifica cada producto para que cumpla su función, para esto recomendamos tener una jeringa de 5 o 10 ml y un medidor de litro, además de respetar el tiempo de acción que se indique.

Para llevar a cabo el programa de limpieza y desinfección se deben seguir los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Sanitización (POES), estos permitirán que cualquier persona que implemente el programa lo haga correctamente.

A continuación, se describirá un ejemplo de POES para el uso de un desinfectante químico comercial (CLORALEX®) en un utensilio como el cuchillo:

- Antes de comenzar con el procedimiento de desinfección es importante lavar con agua y jabón tanto el cuchillo como las manos del operador.
- Posteriormente, es necesario revisar la dosis que especifica la marca para la desinfección de utensilios, en el caso de CLORALEX® y otros productos, es posible encontrar la dosis en el empaque del producto y en su página web.
- Una vez que se obtiene la dosis se prepara el volumen a utilizar, por ejemplo, el producto dice que se tienen que usar 120 ml en una cubeta de 9 litros, pero sólo se utilizará un aspersor de 1 litro para rociar el cuchillo entonces se realiza la siguiente división:

$$\text{Dosis a utilizaren el aspersor} = \frac{120 \text{ ml}}{9 \text{ litros}} = 13.3 \text{ ml/litro}$$

- Una vez que se prepara el volumen a utilizar se rocía el cuchillo.
- El producto indica que pasados 5 minutos se debe enjuagar con agua potable.
- Después de enjuagar el cuchillo se encuentra listo para usarse.

Es importante aplicar el programa de higiene a todos los elementos que intervienen en esta actividad, sin embargo, por las propiedades y cercanía que tendrán con el producto la forma en la que se aplica el programa varía de acuerdo con el elemento en cuestión (116, 117). En el **Cuadro 3.4.1** se describe un ejemplo de manual POES.

Cuadro 3.4.1. Ejemplo de manual POES.

| Elemento | POES | Frecuencia |
|--|--|--|
| Instalaciones: paredes, piso y techo. | <ul style="list-style-type: none"> • Retirar suciedad con escoba o trapo húmedo. • Lavar con agua y jabón. • Enjuagar • Aplicar desinfectante, esperar tiempo de acción. • Enjuagar | <ul style="list-style-type: none"> • Preoperacional. |
| Instalaciones: mesa de trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • Retirar suciedad con trapo húmedo. • Lavar con agua y jabón. • Enjuagar. • Aplicar desinfectante, esperar tiempo de acción. • Enjuagar | <ul style="list-style-type: none"> • Preoperacional. • Operacional: Aplicar cada hora. |
| Utensilios: red de captura y trapo de manejo de animales. | <ul style="list-style-type: none"> • Retirar suciedad con agua. • Lavar con agua y jabón. • Enjuagar. • Aplicar desinfectante, esperar tiempo de acción. • Enjuagar. | <ul style="list-style-type: none"> • Preoperacional. • Operacional: cada 10 peces. |
| Utensilios: báscula, cuchillo, tabla de cortar, hielera y trapo de limpieza. | <ul style="list-style-type: none"> • Retirar suciedad con trapo húmedo. • Lavar con agua y jabón. • Enjuagar. • Aplicar desinfectante, esperar tiempo de acción. • Enjuagar. | <ul style="list-style-type: none"> • Preoperacional. • Operacional: Aplicar cada 30 minutos. |
| Persona operadora | <ul style="list-style-type: none"> • Lavar manos con agua y jabón. • Enjuagar. • Aplicar gel desinfectante con alcohol al 70%. | <ul style="list-style-type: none"> • Preoperacional. • Operacional: cada 10 minutos. |

Preoperacional: Antes y después de cada actividad.

Operacional: Durante las actividades.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.3 SANIDAD ACUÍCOLA.

Mantener la salud de los organismos es indispensable para obtener un producto apto para el consumo humano. La mejor forma de procurar la salud de los peces es

a través del manejo correcto de los factores que intervienen en el ciclo productivo para evitar o reducir su estrés, ya que este disminuye la actividad del sistema inmunológico, cuando los peces se encuentran en un estado libre de estrés disminuye el riesgo de padecer enfermedades, así como la necesidad de aplicar algún producto químico que represente un peligro para la salud humana. Según el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), los animales sufren estrés cuando no se encuentran en las condiciones óptimas de su cultivo (ver **Cuadro 3.4.2**).

Cuadro 3.4.2. Posibles causas de estrés en los peces durante la producción acuícola y acciones correctivas.

| Factor | Causa | Acciones correctivas |
|---------------------------------------|---|---|
| Nutrición inadecuada | Falta de vitaminas, aminoácidos esenciales y minerales en el alimento. Exceso o falta de proteína, lípidos o carbohidratos. | Administrar alimento balanceado. |
| Prácticas de alimentación deficientes | Alimentación de los peces durante periodos de baja concentración de oxígeno en el agua. Alimentación antes del transporte. | Alimentar en horas luz. No alimentar antes del transporte de organismos vivos. |
| Mal manejo | Manipulación descuidada de los peces. Mantenimiento prolongado de los peces a muy altas densidades. | Evitar el contacto directo de los peces con las manos, sujetarlos con una franela. Transportarlos con agua. Realizar cosechas parciales quincenalmente. |
| Efectos negativos de químicos | Dosificación inadecuada y uso inapropiado de químicos durante un tratamiento. Aplicación inadecuada del tratamiento químico. Aplicación accidental de agroquímicos. Residuos químicos en el suelo o en los alimentos balanceados. | La aplicación de fármacos debe realizarse por Médicos Veterinarios Zootecnistas. |

| | | |
|-----------------------|---|--------------------------|
| Baja calidad del agua | Incrementa el número de organismos patógenos. Se reduce la capacidad de los peces para resistir infecciones. | Ver Capítulo 3.5. |
|-----------------------|---|--------------------------|

Fuente: Elaboración propia con datos de García-Ortega y Calvario-Martínez, 2008.

3.2.5 MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

El agua tiene propiedades fisicoquímicas y biológicas que modulan muchos de los procesos orgánicos de la tilapia, debido a esto se considera un componente crucial del MóPTAAA al que se le debe dar un manejo adecuado para obtener un producto de calidad y óptimo para consumo humano; estas propiedades físicas y químicas, como la temperatura o la concentración de oxígeno disuelto respectivamente, pueden variar en función de diversos factores como la temperatura del ambiente o la densidad de pescados cultivados.

La tilapia tiene la ventaja productiva de soportar dichas variaciones, sin embargo, para hacerlo necesita energía, esto significa que deja de enfocar su energía en el crecimiento y la utiliza para adaptarse a los cambios de su entorno, este estado causa estrés en los peces y en consecuencia aumentan los costos productivos, en virtud de esto se debe procurar mantener al mínimo dichas variaciones.

Antes de iniciar el cultivo se debe garantizar el uso de agua para el cultivo por lo que es necesario realizar análisis microbiológicos y químicos del agua como se mencionó en el **Capítulo 3.3**. Por otra parte, para facilitar el monitoreo y control de la calidad del agua en el MóPTAAA en el presente capítulo sólo se abordan las propiedades fisicoquímicas fundamentales para llevar a cabo el cultivo correctamente. En el **Cuadro 3.5.1** se muestran los valores óptimos en los que la tilapia presenta el mejor desarrollo.

Cuadro 3.5.1. Intervalo óptimo de las propiedades fisicoquímicas del agua en el cultivo de tilapia.

| Variable | Intervalo | | |
|---|-----------|--------|--------------|
| | Mínimo | Máximo | Óptimo |
| Físicas | | | |
| Temperatura (°C) | 11 | 40 | 27 – 32 (35) |
| Químicas | | | |
| Oxígeno disuelto | 10 | >120 | 90-100(37) |
| Total de Nitrógeno Amoniacal (TAN) (mg/l) | 3.7 | 11 | 0-0.5(19) |
| Nitritos NO ₂ mg/l | | | 0-0.5(19) |

| | | | |
|-----------------------------|--|--|-------------|
| Biológicas | | | |
| Transparencia del agua (cm) | | | 30- 35 (19) |

Fuente: Elaboración propia con datos de Pandal, 2019; Mengistu et al, 2020; Boyd et al, 2010.

A continuación, se describirán las variables fisicoquímicas y biológicas citadas en el **Cuadro 3.5.1**, además de los procedimientos de medición y acciones correctivas.

3.2.5.1 TEMPERATURA.

Es importante mencionar que a comparación con los seres humanos los peces no regulan su temperatura corporal, por lo que se adaptan a la temperatura del agua donde viven. En relación con lo anterior, se puede decir que la velocidad de la sangre, la velocidad en la que llegan los nutrientes a los tejidos corporales, se maneja en función de la temperatura del agua, para que el proceso se de en favor del crecimiento de la tilapia la temperatura del agua se debe mantener en el intervalo óptimo de 27 a 32°C.

MÉTODO DE MEDICIÓN



Figura 3.5.1. Termómetro análogo.

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

MATERIALES.

Termómetro análogo (**Figura 3.5.1**). Se adquieren fácilmente a bajo costo.

PROCEDIMIENTO.

El método de medición es sencillo y rápido, a continuación, se enlistan los pasos a seguir:

1. Introducir el termómetro al agua del estanque a una distancia de 30 cm de las paredes de este.
2. Dejar el termómetro dentro del estanque hasta que la barra indicadora se mantenga fija, lo cual ocurre en aproximados 20 segundos, dependiendo del tipo de termómetro.

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO.

En la **Figura 3.5.2** se muestran tres temperaturas diferentes: una por debajo del óptimo, la segunda en el intervalo óptimo y la tercera superior a este.

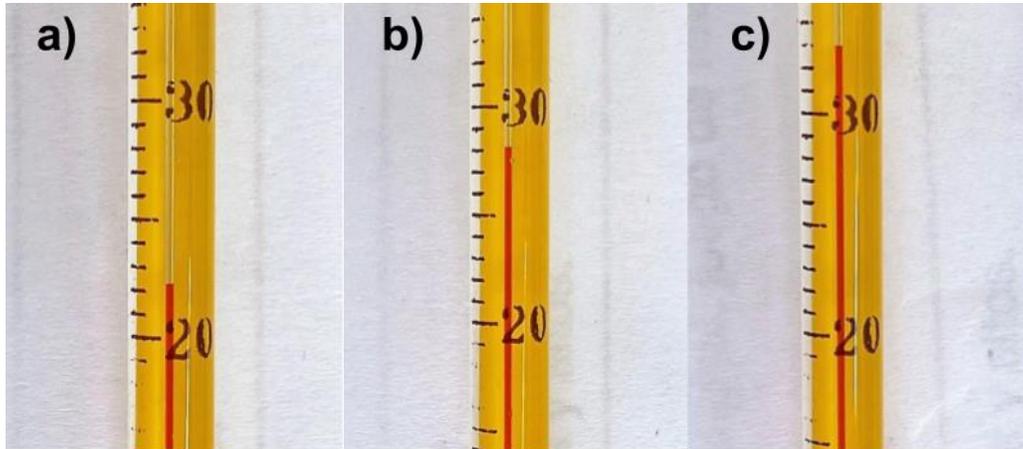


Figura 3.5.2. Vista de tres temperaturas diferentes: **a)** baja (23°C), **b)** óptima (29°C), **c)** alta (33°C).

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

En el **Cuadro 3.5.2**, se observa la interpretación del estado de los peces según el valor obtenido.

Cuadro 3.5.2. Relación de la temperatura con el estado productivo de los peces.

| Temperatura | Interpretación |
|--------------|---|
| Menor a 27°C | Conforme descienda la temperatura del agua en el estanque, la sangre de los peces viajará a menor velocidad, lo que a su vez reducirá la velocidad de crecimiento y por ende el rendimiento productivo. Se observan peces más delgados, lo que representa menor rendimiento de filete. |
| 27 a 32°C | En este intervalo de temperatura los peces tienen el mejor rendimiento con el menor consumo de alimento, esto se refleja en menores costos productivos. |
| Mayor a 32°C | Cuando la temperatura se encuentra por encima del intervalo óptimo, la sangre de los peces circula a mayor velocidad, esto genera mayor gasto energético, por lo que consumen más cantidad de alimento, esto aumenta los costos productivos. |

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

ACCIONES CORRECTIVAS.

En el **Cuadro 3.5.3** se enlistan las acciones correctivas que pueden emplearse para mantener la temperatura del agua en el intervalo óptimo.

Cuadro 3.5.3. Acciones correctivas por implementar en función de la temperatura del agua.

| Temperatura | Acciones correctivas |
|--------------|--|
| Menor a 27°C | Colocar un plástico para invernadero sobre el estanque. Esto permite conservar el calor que se genere dentro de los estanques. |
| 27 a 32°C | Procurar y revisar periódicamente con el termómetro que la temperatura del agua se mantenga en este intervalo. |
| Mayor a 32°C | Colocar malla sombra o plantas acuáticas para disminuir la radiación solar y proveer a los peces de un lugar para resguardarse del sol, la sombra puede ser parcial o total, es importante removerla durante la tarde hasta el siguiente día, además de verificar con el termómetro que la temperatura ha mejorado. Realizar un cambio parcial del agua*. |

**El agua a desechar se puede aprovechar en plantas terrestres.
Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.*

3.2.5.2 OXÍGENO.

Los organismos vivos producen energía a través del oxígeno, de ahí que sea uno de los elementos indispensables a considerar en el cultivo. Este se encuentra en el agua como oxígeno disuelto (OD), la saturación óptima de OD en el estanque se encuentra entre el 90 y el 100%, al mantener este intervalo se previene la deficiencia o el exceso de oxígeno disuelto, estos pueden causar asfixia por falta de OD en el agua o causa de una embolia cuando los peces padecen la enfermedad de la burbuja.

Existen dos métodos de estimar el oxígeno disuelto en el estanque: **Directo e Indirecto**. El primer método mide la saturación de OD exacta utilizando un oxímetro, **Figura 3.5.3**, mientras que el método indirecto la estima a través de la actividad del plancton en el estanque, ya que estos microorganismos producen OD durante las horas luz con la fotosíntesis, pero durante la noche consumen OD y producen dióxido de carbono (CO₂), estos generan un color verdoso en el agua lo que produce

turbidez de la misma, con esto se puede estimar su concentración al evaluar la transparencia del agua mediante el disco de Secchi o disco de transparencia **Figura 3.5.3.**

Por las características del MóPTAAA, únicamente se describirá el método indirecto de medición de oxígeno. Así mismo, se hace hincapié en complementar el método de medición con la observación continua de los peces, dado que su comportamiento puede indicar la deficiencia o el exceso de oxígeno, el comportamiento anormal se manifiesta cuando no comen ávidamente, boquean en la superficie o presentan burbujas en su cuerpo, cuando esto se presente se deben poner en marcha las acciones correctivas para reestablecer el intervalo óptimo de OD.



Figura 3.5.3. Equipo para medir el oxígeno disuelto (OD) del estanque. A la derecha se presenta un oxímetro, este permite medir directamente el OD; a la izquierda se presenta el Disco de Secchi graduado en 15, 20, 25, 30 cm con los colores rojo, naranja, amarillo y verde respectivamente.

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

MÉTODO DE MEDICIÓN

MATERIALES.

Se mide a través del disco de transparencia, también conocido como disco de Secchi (**Figura 3.5.3**) normalmente está conformado por un disco circular pintado en cuadrantes, dos blancos y dos negros, y un tubo perpendicular que permite

introducir el disco al agua, éste puede graduarse en escala de centímetros (cm). En la **Figura 3.5.3** se muestra una modificación de la graduación del disco en forma de colores, para facilitar su comprensión y manejo: de 0 a 15 cm se encuentra el color rojo, de 15 a 20 cm el amarillo, y de 25 a 35 cm el verde, este último es el valor óptimo de transparencia.

PROCEDIMIENTO

A continuación, se enlistan los pasos a seguir:

1. Introducir el disco de transparencia hasta que no se puedan diferenciar los cuadrantes entre sí.
2. Registrar la profundidad en cm o colores en la que se encuentra sumergido el plato.

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO

Una vez que se obtiene el resultado se procede a revisar el **Cuadro 3.5.4** para su interpretación.

Cuadro 3.5.4. Relación de colores del disco de transparencia con la proporción de oxígeno disuelto en el agua y su efecto en la respiración de los peces.

| Color (cm) | Saturación de OD al amanecer | Interpretación |
|------------------|------------------------------|---|
| Rojo (0-15) | Menor al 20% | Concentración excesiva de plancton, este produce una saturación exacerbada de OD durante las horas luz y por la noche consume la mayor cantidad de OD, esto aumenta el riesgo de asfixia de los peces, principalmente durante las últimas horas de la noche previo al amanecer. |
| Naranja (15-20) | 20-30% | El agua presenta menor concentración de plancton en comparación con el anterior. Se reduce el riesgo de mortalidad por asfixia durante la mañana, pero los peces pueden carecer de suficiente oxígeno para crecer y se encuentran en riesgo si se permite que la transparencia pase a color rojo. |
| Amarillo (20-25) | 30-40% | El agua presenta un mejor nivel de transparencia apreciable sin el disco de Secchi. |

| | | |
|---------------|------------|---|
| | | Los peces presentan mejor crecimiento, pero aún podría ser deficiente para el cultivo. Se debe de evitar pasar de amarillo a naranja. |
| Verde (25-35) | Más de 40% | El color verde significa que el plancton presente en el agua se encuentra en una concentración moderada, este produce oxígeno en cantidades óptimas para el cultivo tanto en el día como en la noche. |

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

ACCIONES CORRECTIVAS.

En el **Cuadro 3.5.5** se presentan las principales acciones para mantener y corregir la transparencia en el intervalo óptimo.

Cuadro 3.5.5. Relación de colores del disco de transparencia con las medidas de control de transparencia del estanque.

| Color/cm | Acciones correctivas |
|------------------|---|
| Rojo (0-15) | Si se presentan anomalías en el comportamiento o apariencia de los peces se debe realizar un recambio parcial de agua*, agregando agua transparente, lo suficiente para regresar al color verde o amarillo. Suspender la alimentación hasta corregir la transparencia, para evitar generar sustrato para el plancton. Implementar cosechas parciales de los peces más pequeños. |
| Naranja (15-20) | Si los peces presentan anomalías en su comportamiento o apariencia realizar un cambio parcial del agua* hasta restablecer el color verde o amarillo. Vigilar el empleo de buenas prácticas de alimentación en cantidad y horarios adecuados, ver Capítulo 3.7. |
| Amarillo (20-25) | Vigilar las buenas prácticas de alimentación. |
| Verde (25-35) | Mantener el color verde en el disco de transparencia manteniendo buenas prácticas de alimentación. |

**El agua a desechar se puede aprovechar en plantas terrestres.*

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

3.2.5.3 COMPUESTOS NITROGENADOS.

Los compuestos nitrogenados son uno de los mayores retos en la acuicultura (32), debido a que dos de ellos, amoníaco y nitritos, son altamente tóxicos y hasta el momento sólo existen dos formas de controlarlos: por recambio de agua, donde simplemente se desecha el agua con altas concentraciones de compuestos tóxicos y se cambia por agua libre de estos, esto provoca un uso irracional del agua y pone en riesgo los cuerpos de agua; o a través del procesamiento de estos compuestos por los microorganismos del agua, ya sea porque aprovechan estos compuestos en su organismo o porque llevan a cabo el ciclo del nitrógeno (**Figura 3.5.5**).

Estos compuestos nitrogenados se producen durante el ciclo del nitrógeno que se da dentro del agua, el cual inicia con el amoníaco y el amonio, derivados tanto del metabolismo de proteínas de los peces como de la descomposición de la materia orgánica presente en el estanque, estos se transforman en nitritos y posteriormente en nitratos gracias a la actividad de ciertas bacterias como se muestra en la **Figura 3.5.5**.

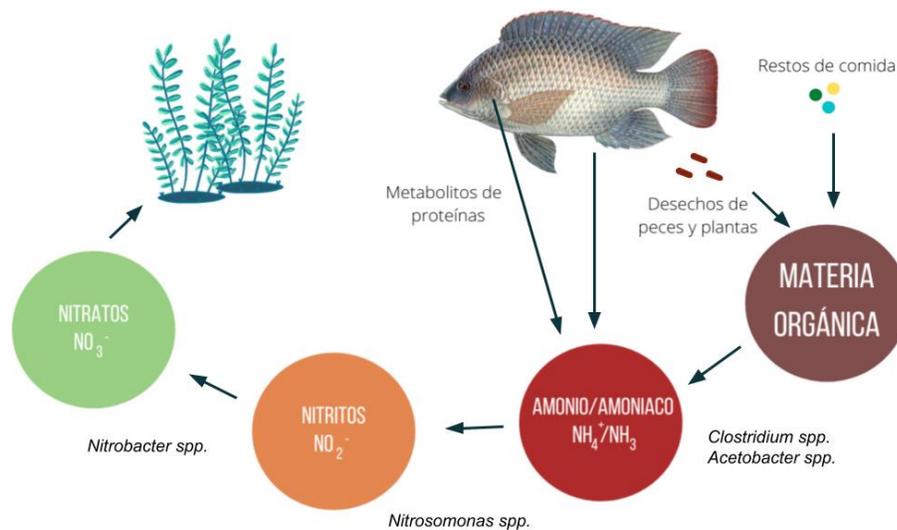


Figura 3.5.5. Representación gráfica del ciclo del nitrógeno en el agua.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.3.1 AMONIACO.

El amoníaco se produce como residuo del metabolismo de proteínas en los peces, al ser un compuesto tóxico lo desechan por las branquias mediante un proceso denominado osmosis, el cual consiste en el movimiento de partículas de mayor a menor concentración por lo que se da sin necesidad de utilizar energía. En este sentido, es indispensable mantener la mínima concentración de amoníaco en el agua, de lo contrario el pez empezará a eliminar el amoníaco a través de la orina lo que implica demasiado gasto de energía, además, la toxicidad de este compuesto puede generar problemas severos en la salud de los peces provocando incluso la mortandad.

MÉTODO DE MEDICIÓN.

MATERIALES



Figura 3.5.6. Kit colorimétrico para determinar la concentración total de nitrógeno amoniacal, reactivos indicadores y tabla colorimétrica.

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

La medición puede realizarse a través de colorimetría con un kit como se observa en la **Figura 3.5.6**, generalmente miden la concentración total de nitrógeno amoniacal (TAN) en miligramos (mg) por litro (L).



Antes de realizar cualquier medición que implique usar reactivos, asegúrese de revisar las indicaciones del producto, utilizar guantes de protección, pueden ser de látex o de hule y asegurarse de que los reactivos no rebasen las fechas de caducidad del producto.

Revisar el **Capítulo 3.9** para el manejo de residuos.

PROCEDIMIENTO.

Los pasos a seguir son:

1. Enjuagar el tubo de medición que viene en el equipo con agua del estanque varias veces.
2. La muestra, al igual que con los parámetros anteriores, debe tomarse a 30 cm de distancia de las paredes del estanque, el tubo de muestreo se llena hasta la marca señalada.
3. Se colocan las gotas del o los reactivos correspondientes, siguiendo cuidadosamente las recomendaciones.
4. Se cierra el tubo de muestreo con su tapón y se agita hasta mezclar bien.
5. Esperar el cambio de color según las indicaciones del reactivo.
6. Comparar el color obtenido de la muestra de agua con la escala de colores correspondiente y observar su concentración, como se muestra en la **Figura 3.5.7.**

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO

Una vez que tenemos la concentración de TAN, podemos observar en el **Cuadro 3.5.6** el estado de los peces según el resultado obtenido.

Cuadro 3.5.6. Relación de la concentración de TAN con el estado productivo de los peces.

| Concentración de TAN (mg/L) | Interpretación |
|-----------------------------|---|
| 0.00 | Valor ideal para obtener el mejor rendimiento productivo. |
| 0.25 | Valor aceptable para el rendimiento productivo. |
| 0.50 | Valor límite en el que el rendimiento productivo puede disminuir. |

| | |
|------|--|
| 1.00 | Valor crítico en el que se aprecia moco en las escamas de los peces, se reduce el rendimiento productivo. |
| 2.00 | Valor crítico en el que se disminuye marcadamente el rendimiento productivo, pueden presentarse enfermedades en los peces, alta concentración de moco en los mismos. |
| 4.00 | Valor crítico en el que se disminuye marcadamente el rendimiento productivo, se presentan enfermedades y una alta concentración de moco en las escamas. |
| 8.00 | Valor crítico en el que se puede presentar mortalidad de los peces. |

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

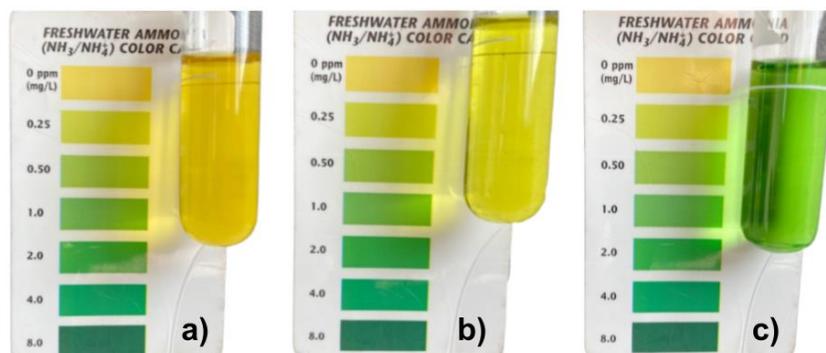


Figura 3.5.7. Muestras de agua con diferentes concentraciones de TAN. **a)** Concentración ideal de TAN (0 mg/l); **b)** Concentración tolerable de TAN (0.25mg/l) **c)** Concentración excesiva de TAN (1.0 mg/l).

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

ACCIONES CORRECTIVAS

Como se mencionó, este es uno de los compuestos más problemáticos de la acuicultura debido a que es altamente tóxico y su eliminación resulta complicada, el MÓPTAAA busca reducir al mínimo el gasto de agua por lo que la forma que se presenta para controlar el amoníaco y los nitritos es a través del fomento del procesamiento de este compuesto por los microorganismos del agua, los cuales también sirven como alimento natural para la tilapia y brindan efectos probióticos. Para que esto suceda se deben agregar 20 gramos (g) de un carbohidrato (CH),

azúcar o melaza, para que los microorganismos del agua procesen 1 g de nitrógeno amoniacal (NA).

Es difícil saber con exactitud cuánto nitrógeno tiene el estanque para calcular la cantidad de carbohidratos a suministrar, sobre todo porque hay muchos factores que intervienen, por ejemplo, la temperatura, ya que conforme aumenta también se acelera el metabolismo de los peces, esto a su vez provoca que excreten más nitrógeno amoniacal, sin embargo, la medición de TAN puede orientar a la cantidad de carbohidratos por agregar al estanque.

Se hace hincapié en el monitoreo constante del estanque, ya que si se presenta un aumento en el TAN se tiene que reajustar la dosis de los carbohidratos según lo requiera el sistema.

En el **Cuadro 3.5.7.** se muestra el procedimiento para calcular los carbohidratos que requiere el MÓPTAAA en función de la concentración de TAN. Para iniciar hay que saber: 1 gramo (g) tiene 1000 miligramos (mg); los litros totales del MÓPTAAA: cada estanque tiene 3,600 litros, más los tinacos de 250 y 450 litros nos da un total de 11,500 litros; la relación siempre debe ser 20g CH: 1g NA. El procedimiento para calcular los gramos de carbohidratos se enlista a continuación:

1. Multiplicar la concentración de TAN por el volumen total del MÓPTAAA para obtener la concentración de TAN en el estanque.
2. Dividir el resultado entre 1000 para pasar la concentración de TAN de mg a g.
3. Multiplicar el resultado anterior por 20 para la relación 20g CH: 1g NA, así se obtiene la cantidad de azúcar o melaza por agregar al estanque.

Cuadro 3.5.7. Determinación de la cantidad de carbohidratos que se tienen que agregar al sistema en función de la concentración de TAN.

| TAN (mg/L) | Volumen total del MÓPTAAA (L) | Concentración de TAN en el estanque (mg) | Concentración de TAN en el estanque (g) | CH por agregar cada 12 h (g) |
|------------|-------------------------------|--|---|------------------------------|
| 0 | 11500 | 0 | 0 | 20* |
| 0.25 | 11500 | 2875 | 2.875 | 57.5 |
| 0.5 | 11500 | 5750 | 5.75 | 115 |
| 1 | 11500 | 11500 | 11.5 | 230 |
| 2 | 11500 | 23000 | 23 | 460 |
| 4 | 11500 | 46000 | 46 | 920 |

| | | | | |
|---|-------|-------|----|------|
| 8 | 11500 | 92000 | 92 | 1840 |
|---|-------|-------|----|------|

* Aunque el TAN se encuentre en 0 se recomienda aplicar 20 g de CH cada 24 horas para mantener la comunidad de microorganismos del agua activa.

Fuente: Elaboración propia con datos de Avnimelech, 1999.

3.2.5.3.2 NITRITOS.

Al igual que el amoniac, los nitritos son compuestos altamente tóxicos para los peces, ya que afecta el transporte de oxígeno al cambiar la estructura química de la hemoglobina a metahemoglobina, impidiendo el transporte y aprovechamiento de oxígeno, cuando se encuentra en concentraciones elevadas provoca asfixia y mortalidad de los organismos.

MÉTODO DE MEDICIÓN.



Figura 3.5.8. Kit colorimétrico para determinar la concentración de nitritos, reactivos indicadores y tabla colorimétrica.

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.



Antes de realizar cualquier medición que implique usar reactivos, asegúrese de revisar las indicaciones del producto, utilizar guantes de protección, pueden ser de látex o de hule y asegurarse de que los reactivos no rebasen las fechas de caducidad del producto.

Revisar el **Capítulo 3.9** para el manejo de residuos.

MATERIALES

Se emplea un kit colorimétrico como el que se observa en la **Figura 3.5.8**, para determinar la concentración de nitritos en mg/L.

PROCEDIMIENTO

Los pasos a seguir son:

1. Enjuagar el tubo de medición que viene con el juego con agua del estanque varias veces.
2. La muestra, al igual que con los parámetros anteriores, debe tomarse a 30 cm de distancia de las paredes del estanque, el tubo de muestreo se llena hasta la marca señalada (5 ml).
3. Se colocan las gotas del o los reactivos correspondientes, siguiendo cuidadosamente las recomendaciones.
4. Se cierra el tubo de muestreo con su tapón y se agita hasta mezclar bien.
5. Esperar el cambio de color según las indicaciones del reactivo.
6. Comparar el color obtenido de la muestra de agua con la escala de colores correspondiente y observar su concentración, como se muestra en la **Figura 3.5.9**.

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO

Después de medir la concentración de nitritos de nuestro estanque se procede a consultar el **Cuadro 3.5.8** para interpretar el resultado obtenido.

Cuadro 3.5.8. Relación entre la concentración de nitritos y el estado productivo del cultivo.

| Concentración de nitritos (mg/l) | Interpretación |
|---|---|
| 0.00 | Valor ideal para obtener el mejor rendimiento productivo. |

| | |
|------|---|
| 0.25 | Valor aceptable para el rendimiento productivo |
| 0.50 | Valor crítico en el que el rendimiento productivo disminuye ligeramente. |
| 1.00 | Valor crítico en el que el rendimiento productivo disminuye ligeramente. |
| 2.00 | Valor crítico en el que se aprecian signos de asfixia (boqueo). |
| 5.00 | Valor crítico en el que se presenta mortalidad por asfixia de los organismos. |

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

ACCIONES CORRECTIVAS



Figura 3.5.9. Concentración ideal de nitritos para la producción de tilapia (0 mg/L)

Fuente: Fotografía cortesía del PhD Mario Garduño Lugo.

En caso de que la concentración de nitritos se encuentre por encima del valor óptimo es necesario seguir las indicaciones del **Cuadro 3.5.9** para restablecerlo y alcanzar el mejor rendimiento productivo.

Cuadro 3.5.9. Acciones correctivas por emplear en función de la concentración de nitritos del estanque.

| Concentración de nitritos (mg/l) | Acciones correctivas |
|----------------------------------|---|
| 0.00-0.50 | Vigilar las buenas prácticas de alimentación. |

| | |
|--------------|--|
| | Añadir azúcar estándar como se indica en el Cuadro 3.5.9 |
| Mayor a 0.50 | Extraer los peces más pequeños para aprovecharlos. Realizar un cambio parcial del agua* |

*El agua a desechar se puede aprovechar en plantas terrestres.

Fuente: Elaboración propia con datos de Garduño-Lugo, 2021.

3.2.5.4 FRECUENCIA Y HORARIO DE MONITOREO.

Realizar las mediciones dos veces por semana es suficiente para llevar a cabo el cultivo correctamente, en el **Cuadro 3.5.10** se muestran los horarios ideales para el monitoreo de la calidad del agua.

Cuadro 3.5.10. Horario recomendado para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua.

| Parámetro | Horario |
|---------------|--------------------|
| Temperatura | 8:00 y 15:00 horas |
| Transparencia | 15:00 horas |
| TAN | 15:00 horas |
| Nitritos | 15:00 horas |

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.5 BITÁCORA.

Es indispensable llevar un registro constante de todas las operaciones que se llevan a cabo en el cultivo, la mejor manera de hacerlo es a través de una bitácora como la que se muestra en el **Cuadro 3.5.11**. Esto permitirá por una parte llevar el registro de los gastos que emplea en el cultivo y por otra brindará un panorama más acertado.

Cuadro 3.5.11 Ejemplo de bitácora de parámetros fisicoquímicos del agua.

| Día | Hora | Temperatura | Transparencia | TAN | Nitritos | Azúcar agregada (g) |
|------------|-------------|--------------------|----------------------|------------|-----------------|------------------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 SIEMBRA, MONITOREO PRODUCTIVO Y COSECHA.

Realizar un manejo adecuado de las tilapias es crucial para que el cultivo sea exitoso, de lo contrario pasan por estados elevados de estrés que afectan negativamente tanto el cultivo como la calidad e inocuidad de la carne.

Algunas pautas para el manejo correcto son: transportarlos con agua, ya que en seco pueden lastimarse; evitar manipularlos con las manos, es preferible hacerlo con la red de captura o con franelas previamente lavadas y desinfectadas; evitar someterlos a periodos prolongados, más de una hora, bajo el sol directo sin sombra y/o sin oxigenación. Durante el ciclo productivo se llevan a cabo cuatro manejos: la siembra, los pesajes y cosechas quincenales, así como la matanza; en el presente capítulo sólo se abordarán los primeros tres, ya que el último se describe en el **Capítulo 3.8.**

Por otra parte, el monitoreo productivo frecuente permitirá evaluar el desempeño del MóPTAAA y tomar decisiones prontas en caso de que se requiera corregir algo del sistema, para esto es indispensable llevar un registro minucioso de todo lo que sucede, por tanto, se recomienda apoyarse de bitácoras como las que se muestran más adelante.

3.2.6.1 SIEMBRA

Es importante adquirir alevines de tilapia de fuentes certificadas para garantizar la calidad genética, la inversión sexual y la ausencia de cualquier contaminación biológica o química, para esto se puede consultar el padrón de proveedores de semilla acuícola del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA).

Una vez que se tiene la semilla o alevines de tilapia, se debe llevar correctamente el proceso de siembra, ya que esta etapa es la más delicada del ciclo productivo, porque se puede presentar una mortalidad considerable si no se realiza adecuadamente (118).

Previo a la siembra se prepara el agua de los estanques aplicando azúcar estándar para promover el crecimiento de los microorganismos del agua, lo cual nos ayudará a mantener la calidad del agua en óptimas condiciones; además, se debe oxigenar el agua antes para que al momento de la siembra la saturación sea adecuada para

los alevines. El manejo de la siembra consiste en igualar la temperatura del agua de donde vienen a la de los estanques, puesto que los cambios rápidos de temperatura provocan shock térmico y muerte en los peces (119). Finalmente, es importante anotar la fecha, el número de peces y su origen, para llevar un registro de la recepción de los peces, **Cuadro 3.6.1.**

Cuadro 3.6.1. Ejemplo de bitácora de la recepción de los peces.

| Fecha | Número de peces | Origen |
|-------|-----------------|--------|
| | | |

Fuente: Elaboración propia.

Materiales:

- Bolsas de plástico con alevines limpias y desinfectadas.
- Termómetro análogo limpio y desinfectado.
- Vasija de plástico limpia y desinfectada.
- Carbohidratos, azúcar estándar o melaza (210 g).

Procedimiento pre-siembra:

1. Aplicar diariamente 15 g de azúcar estándar dos semanas antes de la siembra, con esto favorecemos el desarrollo de los microorganismos del agua que ayudarán a mantener la calidad de esta.
2. Cuatro horas antes de la siembra encender la bomba de oxígeno.

Procedimiento de siembra:

1. Lavar con agua y jabón el exterior de las bolsas de plástico, posteriormente aplicar un desinfectante, ver **Capítulo 3.4.**
2. Colocar las bolsas de plástico cerradas en los estanques por 15 minutos.
3. Pasados los 15 minutos abrir las bolsas sin liberar a los alevines y medir la temperatura tanto del agua de la bolsa como de los estanques, si esta es diferente vaciar agua del estanque a la bolsa cada 5 minutos hasta igualar ambas temperaturas.
4. Una vez que se alcanza la misma temperatura es posible liberar a los peces dentro de los estanques.

3.2.6.2 PESAJES QUINCENALES.

El monitoreo productivo consiste en el pesaje quincenal de los peces para obtener y evaluar tres parámetros técnico-productivos: supervivencia, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia (ICA). La supervivencia es el número de peces vivos al final del ciclo; la ganancia de peso es el aumento de peso en un tiempo determinado, se obtiene restando el peso final menos el inicial; por último, el índice de conversión alimenticia, que es el alimento utilizado para producir un kilogramo de pescado, se obtiene al dividir la ganancia de peso entre el alimento consumido en el mismo tiempo (19). Se reitera la importancia de llevar un registro minucioso del desempeño productivo del MóPTAAA, en el **Cuadro 3.6.2** se muestra el ejemplo de la bitácora donde se pondrán los parámetros técnico-productivos.

Para tener una buena organización de los registros se anota el número de quincena y la fecha en la que llevó a cabo la medición. Así mismo, se registra el número inicial de peces en cada estanque, ya que a partir de la cuarta quincena se realizan cosechas parciales por lo que este se reduce. Si se presentó mortalidad en algún estanque deben sacarse inmediatamente y se anota cuántos peces murieron, estos se restan al número inicial de peces para obtener el número de peces vivos al final del ciclo, para calcular la supervivencia se multiplica el resultado anterior por 100 y se divide entre el número inicial de peces (19).

No siempre será posible extraer todos los peces para saber el peso exacto por estanque, por lo que es posible hacer una estimación con base al peso promedio individual, para esto se pesa la mayor cantidad de peces que es posible extraer, este peso se divide entre el número de individuos que se extrajeron, así se obtiene el peso final individual, este se multiplica por el número de peces vivos al final del ciclo para obtener el peso final por estanque. Para evaluar y analizar la ganancia de peso se debe restar al peso final el peso inicial (19), tanto individual como por estanque.

El índice de conversión alimenticia (ICA) es uno de los parámetros técnico-productivos más importantes del ciclo, debido a que con él se puede evaluar la eficiencia productiva del sistema. El ICA indica cuántos kilogramos (kg) de alimento se necesitan para producir un kg de pescado, se calcula al dividir el alimento

peletizado que se administró al estanque entre la ganancia de peso por estanque. En acuicultura un ICA ideal es igual o menor a 1.5, el límite es 2, mientras que un valor superior a este significa que el cultivo es ineficiente(19).

Finalmente, se debe registrar el número y el peso de los peces que se cosecharon, esto se le resta tanto al número de peces vivos al final del ciclo como al peso final por estanque para obtener el número inicial de peces y el peso inicial por estanque de la siguiente quincena.

Materiales:

- Báscula limpia y desinfectada.
- Red de captura limpia y desinfectada.
- Caja de plástico con rejillas limpia y desinfectada.
- Libreta
- Lápiz

Procedimiento:

1. Tarar la caja de plástico con rejillas como se muestra en la **Figura 3.6.1**



Figura 2.6.1 Fotografía de la tara de una caja de plástico de rejillas, a la derecha se muestra el peso total de la caja mientras que a la izquierda se muestra la tara de la caja.

Fuente: Elaboración propia.

2. Mover a los peces con ayuda de la red de captura de la cubeta con agua a la caja de plástico con rejillas.
3. Anotar el peso en una bitácora como la que se muestra en el **Cuadro 2.6.2**

Cuadro 3.6.2 Ejemplo de bitácora del monitoreo productivo del M6PTAAA.

| Quincena | | | |
|--|---|---|---|
| Fecha | | | |
| Estanque | 1 | 2 | 3 |
| Número inicial de peces | | | |
| Número de peces muertos | | | |
| Supervivencia (%) | | | |
| Número de peces vivos al final del ciclo | | | |
| Peso inicial por estanque | | | |
| Peso inicial promedio por individuo | | | |
| Número de peces capturados | | | |
| Peso total de peces capturados | | | |
| Peso promedio de peces capturados | | | |
| Peso final por estanque | | | |
| Ganancia de peso por estanque | | | |
| Ganancia de peso individual | | | |
| Alimento Total | | | |
| Índice de conversión alimenticia (ICA) | | | |
| Número de peces cosechados | | | |
| Peso de peces cosechados | | | |
| Número total de peces en el estanque | | | |
| Peso final | | | |

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6.3 COSECHAS QUINCENALES.

A partir de la cuarta quincena comienzan las cosechas parciales, en cada una se extraen 186 individuos, es decir, 62 peces por estanque. Las cosechas parciales permiten, además de obtener alimento para la familia operadora, disminuir la presión sobre la calidad del agua y seleccionar a los organismos más eficientes para que terminen el ciclo productivo con la mayor masa muscular posible.

Materiales:

- Red de captura
- Cubeta con agua.

Procedimiento:

1. Capturar a los peces con la red de captura.
2. Colocarlos en la cubeta con agua.
3. Llevarlos hacia el pesaje.
4. Seleccionar a los 62 individuos de menor tamaño de cada estanque, registrar su peso en la bitácora, **Cuadro 3.6.2**, proceder a su matanza, ver **Capítulo 3.8**.

3.2.7 ALIMENTACIÓN DE LAS TILAPIAS.

La mayoría de las especies cultivadas de tilapia son omnívoras, es decir, pueden aprovechar la proteína animal, vegetal y microbiana, debido a esto se observan en cultivos extensivos donde consumen el alimento natural que se forma en el estanque o en cultivos intensivos en los que la alimentación se basa exclusivamente en pellet extruido. En el MóPTAAA, la alimentación se conforma principalmente de pellet extruido y se complementa con el alimento natural que se forma al agregar constantemente los carbohidratos.

El alimento peletizado suele representar el mayor porcentaje de los costos variables del cultivo (ver **Capítulo 3.10**), por lo que el manejo se debe dar conforme a las buenas prácticas de alimentación para eficientizar el manejo y reducir costos de producción, estas se emplean desde la recepción y almacenamiento hasta el suministro en los estanques.

3.2.7.1 SELECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO.

Para garantizar que el alimento peletizado es inocuo y contiene los nutrientes que requiere la tilapia, es preferible utilizar alimentos comerciales producidos a nivel industrial (114). Si bien, el porcentaje de proteína cruda (PC) del alimento puede variar según la etapa fisiológica de los peces: alevín (0.5 g – 5 g) 50% PC, crianza (5 g– 50 g) 45% PC, engorda (50 g – 500 g) 32% PC; para el MóPTAAA se recomienda utilizar alimentos con 32% PC durante todo el cultivo, ya que se encuentra a menor precio y los peces presentan un crecimiento aceptable.

Se debe destinar un espacio exclusivo para el almacenamiento del alimento, debe estar ventilado, debe contar con paredes y techo a prueba de goteras para proveer un ambiente fresco y seco, además, debe estar protegido contra plagas, para esto se requiere realizar limpieza constante del lugar.

El alimento no puede estar en contacto directo con el suelo o paredes, para lo que se pueden emplear tarimas, estas se pueden separar del alimento a través de un plástico, así mismo, se debe evitar apilar más de diez bultos de alimento en una sola columna. El almacén no puede estar cerca o en contacto con plaguicidas,

herbicidas, combustibles u otros agentes químicos que representen un riesgo para la inocuidad de los alimentos(114).

3.2.7.2 MÉTODO DE ALIMENTACIÓN.

ALIMENTO PELETIZADO.

Debido a las características y objetivos del MóPTAAA, el régimen alimenticio que se recomienda es el de “saciedad aparente”, porque es sencillo de implementar y se observa un mayor crecimiento comparado con otros métodos (18). Éste consiste en suministrar alimento peletizado al estanque hasta que los peces dejen de subir efusivamente a la superficie para consumirlo, es importante detener la alimentación en ese momento, puesto que si se dejan restos de alimento peletizado en el estanque se producirá un aumento en la concentración de compuestos nitrogenados tóxicos y será necesario implementar más carbohidratos para reestablecer los valores óptimos.

En cuanto a la frecuencia de alimentación, durante los primeros dos tercios de cultivo se deben alimentar dos veces al día, preferentemente a las 7:00 y 14:00 horas, mientras que en el último tercio es posible hacerlo una sola vez a las 7:00 horas. Si se utilizan las manos para administrar el alimento, deben lavarse previamente con jabón neutro.

ALIMENTO NATURAL.

Como se mencionó, la tilapia puede aprovechar en su dieta a los microorganismos del agua que se aglomeran en grupos llamados bioflocs (48), esto permite complementar la alimentación y mejorar la transparencia del agua. Para esto se recomienda apagar la bomba de agua a las 7:00 horas y encenderla a las 19:00 horas.

3.2.7.3 BITÁCORA

Se debe llevar un registro del alimento peletizado que se proporciona a las tilapias diariamente, para esto se puede utilizar una bitácora como la que se muestra en el **Cuadro 3.7.1**. Debido a que el régimen alimenticio es el de “saciedad aparente”, el cálculo de la cantidad de alimento peletizado se obtiene con ayuda de un bote limpio

donde se pesa el alimento peletizado antes y después de suministrarlo a los estanques, al restar el peso final del bote al peso inicial del bote se obtiene el alimento suministrado.

Cuadro 3.7.1. Ejemplo de bitácora de la alimentación de las tilapias.

| Quincena | | | | | | | | | |
|----------|------------|-----|---|------------|-----|---|------------|-----|---|
| | Estanque 1 | | | Estanque 2 | | | Estanque 3 | | |
| N Fecha | PIB | PFB | A | PIB | PFB | A | PIB | PFB | A |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Total | | | Total | | | Total | | |

Abreviaciones: (PIB) Peso inicial del bote, (PFB) Peso final del bote, (A) Alimento.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8 MATANZA, PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN.

Para que el pescado pase del estanque a la mesa tienen que suceder tres cosas: darle matanza al pez; procesarlo, es decir, quitar las partes que no se van a consumir o que pueden descomponer nuestro producto más rápido como las vísceras; y, finalmente, si se consumirá en otro momento se tiene que guardar de tal forma que cuando se consuma siga siendo un producto seguro, a esto se le denomina conservación. Es importante seguir los lineamientos del **Capítulo 3.4** para obtener un producto inocuo y de calidad.

3.2.8.1 MATANZA.

Llevar a cabo la matanza correcta de los peces implica evitar en lo posible el sufrimiento (120), no sólo porque se trata de seres vivos, sino porque el estrés que puedan vivir pone en riesgo la inocuidad y la calidad de la carne. Esto debe cuidarse desde su captura, su movilización al área de matanza hasta la matanza, considerar emplear el menor tiempo en cada momento reducirá sustancialmente su estrés.

No existe en las normas mexicanas un método de matanza para peces, sin embargo, en el Código Sanitario para Animales Acuáticos de la Organización Mundial de sanidad animal (fundada como OIE) (121,122) se prohíbe la matanza por asfixia y decapitación, pero se describen otros métodos permitidos, de ellos se eligió el método de matanza por macerado de cerebro, es el que se explica a continuación debido a que es el más rápido y fácil de emplear..

MATERIALES.

1 red de captura

1 franela

1 tabla de cortar

1 cuchillo fino

1 cubeta con agua potable.

1 cubeta con agua potable fría, 250 gramos de hielo por cada litro de agua.

PROCEDIMIENTO.

1. Lavar y desinfectar tanto los materiales como las manos de las personas que realizarán la matanza.

2. Capturar a los peces que se matarán, verificar que se encuentren sanos y colocarlos en la cubeta con agua limpia, para reducir el estrés en los animales procurar que no estén “amontonados”, es preferible realizar varios viajes con pocos individuos para no afectar la inocuidad del producto final.
3. Transportarlos al área de matanza y colocarlos bajo sombra.
4. Sacar al pez que se matará con la red de captura, posteriormente sujetar al pez con ayuda de la franela, después se recuesta sobre la tabla de corte de manera lateral.
5. Ubicar el cerebro ligeramente atrás y arriba del ojo, **Figura 3.9.1**, introducir el cuchillo en este punto y realizar movimientos circulares dentro del cerebro.
6. Verificar la muerte del pez con la ausencia de signos vitales:
 - a. Respiración, movimientos de branquias o en el cuerpo lateral.
 - b. Movimiento de ojos.

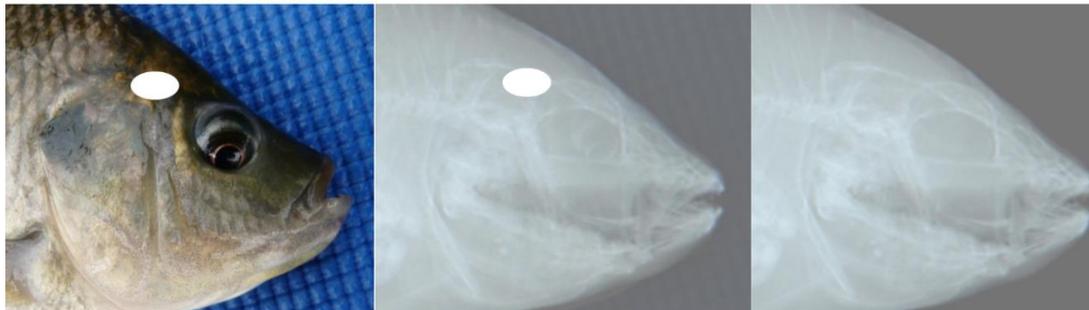


Figura 3.9.1. Ubicación del cerebro de una tilapia a través de una fotografía y rayos X.

Fuente: https://www.ikijime.com/fish/tilapia/?mode=standard®ion=South%20America&state=Atlantic%20Coast&water_type=Freshwater&fish_group=Tilapias&fish=tilapia .

7. En caso de que se perciba que el pez se encuentra con vida se debe repetir el número 4.
8. Inmediatamente después de que el pescado se encuentra muerto, se procede a enjuagarlo con agua potable fría.
9. Posteriormente, se realiza un corte total de las branquias en la unión ventral por ambos lados, como se muestra en la **Figura 3.9.2**, y se coloca el pescado en la cubeta con agua potable fría para que se desangre por 5 minutos.

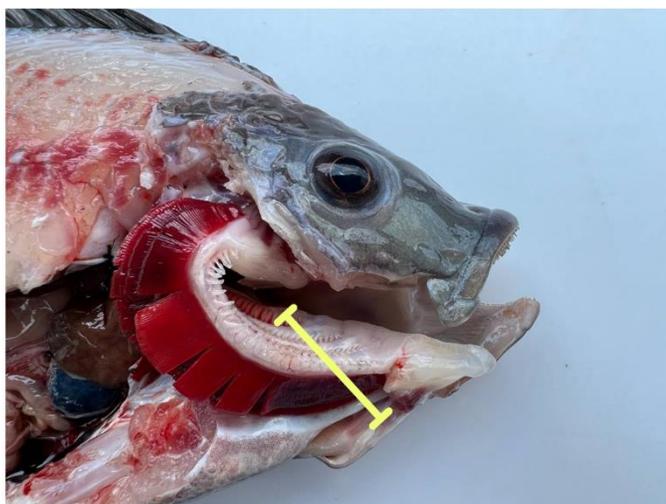


Figura 3.9.2 Identificación del corte ventral de branquias para provocar el desangrado del pez.
Fuente: Elaboración propia.

10. Finalmente, se enjuaga el cuchillo con agua potable previo a la matanza del siguiente pez.

3.2.8.2 PROCESAMIENTO.

Es posible vender el pescado entero, es decir, con escamas y vísceras, sin embargo, en esta sección se explica el descamado y eviscerado del pescado.

MATERIALES.

1 tabla de cortar.

2 cuchillos, uno será para uso exclusivo del eviscerado mientras que el segundo se utilizará en todo lo demás.

1 hielera con 1 kilogramo de hielo por cada litro de agua.

Agua potable fría, preparación de 250 gramos de hielo por litro de agua.

PROCEDIMIENTO.

1. Lavar y desinfectar tanto los materiales como las manos de las personas que realizarán el procesamiento.

2. Después de desangrarse se procede a retirar las branquias con ayuda de otro corte dorsal en las mismas, **Figura 3.9.3**, al terminar se enjuaga el cuchillo con agua potable fría.



Figura 3.9.3. Identificación del corte dorsal de branquias previo a su desprendimiento del pez.

Fuente: Elaboración propia.

3. A continuación, se retiran las escamas con ayuda del cuchillo, colocándolo debajo de las mismas y recorriendo el cuerpo del pescado desde la cola hacia la cabeza, al terminar se enjuaga tanto el pescado como el cuchillo con agua potable fría.
4. Posteriormente, se eviscera el pescado con el cuchillo exclusivo para esta actividad, se realiza un corte inicial detrás del ano, este corte se continúa rodeando el ano hasta la inserción de las branquias; **Figura 3.9.4**, con este corte será posible retirar todos los órganos internos del pescado, una vez que se retiran se procede a enjuagar tanto el pescado como el cuchillo para hacer un último corte en la vejiga natatoria, al terminar se vuelve a enjuagar al pescado y se coloca al pescado en la hielera por 10 minutos.
5. Por último, se enjuagan los cuchillos para continuar con el siguiente pescado.



Figura 3.9.4. Ilustración del corte ventral del pez previo a su evisceración.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.8.3 CONSERVACIÓN.

El pescado entero puede conservarse en refrigeración (de 0°C a 4°C) o en congelación (al menos -18°C o temperaturas inferiores), para cualquier método es importante asegurarse de que la temperatura sea la indicada (116), ya que de lo contrario el pescado puede deteriorarse rápidamente, esto puede revisarse periódicamente con un termómetro. Además, se recomienda comprar bolsas de plástico grado alimenticio para guardar los productos (123), se puede aplicar alcohol al 70% para desinfectarlas antes de su uso. En el **Cuadro 3.9.1** se muestra el tiempo de almacenamiento recomendado bajo estos métodos:

Cuadro 3.9.1. Tiempo de almacenamiento recomendado.

| Método de conservación. | Temperatura de conservación. | Tiempo de almacenamiento recomendado. |
|--------------------------------|--|--|
| Refrigeración | De 0°C a 4°C | 1 a 2 días. |
| Congelación | Al menos -18°C o temperaturas inferiores | 6 a 8 meses. |

Fuente: Elaboración propia con datos de la FDA (124).

3.2.8.4 CALIDAD DEL PRODUCTO.

Según la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) la calidad se define como “*el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos*”. Existen dos normas mexicanas que establecen requisitos para evaluar la calidad de la tilapia fresca refrigerada y congelada, la **NMX-F-578-SCFI-2001** (125) y la **NMX-F-579-SCFI-2001** (126) respectivamente, en ambas se establece un sistema de deducción de puntos relacionado a características cualitativas del pescado, estas se suman en función de las características encontradas en el producto y se restan al puntaje máximo de 100, la calificación mínima para ambas normas es de 85, ver ANEXO I.

Así mismo, en la **NOM-242-SSA1-2009** (127) se especifican los límites de contaminantes biológicos y químicos para productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Todas estas se pueden consultar en el catálogo electrónico de normas del Sistema Integral de Normas y Evaluación de la Conformidad (SINEC).

3.2.9 MANEJO DE RESIDUOS.

Es importante manejar correctamente los residuos del MÓPTAAA para evitar contaminar tanto al sistema productivo como al ambiente, para esto se pueden seguir las pautas que se enlistan en el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia:

- Los residuos inorgánicos sólidos que se generen en el MÓPTAAA deben colocarse en bolsas cerradas y depositarse en contenedores con tapa para su posterior remoción de acuerdo con los requerimientos locales.
- Los desechos líquidos de las pruebas colorimétricas se deben verter en frascos de plástico con tapa para su remoción de acuerdo con los requerimientos municipales.
- Los contenedores de basura y materiales de desecho deberán mantenerse limpios y en buenas condiciones.
- La descarga de desechos no debe representar un riesgo de contaminación en el MÓPTAAA.
- Los desechos orgánicos como los cadáveres de peces o las vísceras se deben enterrar en un lugar donde no representen un riesgo de contaminación. Estos deben cubrirse con cal y tierra u otro material adecuado para evitar su dispersión por aves u otros animales.
- Cuando se requiera realizar recambios de agua, el agua desechada se puede utilizar para fertilizar plantas terrestres.

3.2.10 ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL MÓPTAAA

Siempre que se desea algo se requiere invertir, al menos, uno de los recursos con los que se dispone, ya sea dinero, tiempo, trabajo, entre otros; así, se vuelve fundamental saber administrarlos para obtener el mayor beneficio posible de aquello en lo que se invirtió.

En este caso, se trata de un sistema pecuario cuya meta principal es la autosuficiencia alimentaria, una vez que este aspecto se satisface es posible comercializar los excedentes productivos para obtener ingresos extra que contribuyan a mejorar la economía de la familia operadora. Es importante recalcar lo anterior, ya que no se trata de un proyecto mercantil sino de un proyecto social, dado que el objetivo principal de los MÓPTAAA es aportar alternativas que permitan mitigar la malnutrición en todas sus formas. En el presente capítulo se brindarán herramientas administrativas y económicas que permitan la óptima operación de un MÓPTAAA.

Generalmente los proyectos mercantiles parten de la elaboración de proyectos de inversión para determinar sus probabilidades de éxito en el mercado, este se compone de cuatro elementos: estudio de mercado, estudio técnico, estudio administrativo y estudio financiero (128). De manera muy general se puede decir que el estudio de mercado establece qué se va a vender, cuánto y a quién; el estudio técnico define cómo se va a elaborar esa cantidad de producto; el estudio administrativo indica el personal necesario y sus funciones para llevar a cabo la producción; y, el estudio financiero evalúa los flujos de efectivo a través de indicadores de rentabilidad.

En este caso no será necesario abordar los estudios de mercado, administrativos ni financieros debido a que el manual está basado en una cantidad determinada de pescado que la familia consumirá para mejorar su seguridad alimentaria, la cual será de 150 kg en un ciclo; por otro lado, el tamaño del MÓPTAAA permite que las funciones de manejo sean simples y mínimas por lo que cualquier persona es capaz de operarlo y no se requieren cargos específicos; finalmente, al ser un proyecto prioritariamente de autosuficiencia alimentaria no se evaluará la rentabilidad, ya que no es el objetivo del presente trabajo. Sin embargo, lo que sí es necesario saber, es

cómo y con qué se producirán los 150 kg de pescado, de tal suerte que se abordará el estudio técnico y una sección de economía que dará pautas para la comercialización de los excedentes.

3.2.10.1 ESTUDIO TÉCNICO DEL MÓPTAAA

MACROLOCALIZACIÓN.

La macrolocalización dependerá de la persona interesada, pero hay que mencionar que la tilapia es una especie de aguas cálidas (27-32°C), por lo que se prefieren climas tropicales; sin embargo, es posible adaptar las condiciones de cultivo a otros climas con ayuda de equipamiento térmico, por ejemplo: recubrimientos tipo invernadero para aumentar la temperatura o balsas de plantas para disminuirla.

MICROLOCALIZACIÓN.

Se recomienda que la instalación se encuentre cerca de la casa familiar para mayor practicidad durante el manejo, ya que, además de alimentarse dos veces al día durante las primeras 8 quincenas, es importante que la distancia de los estanques al área de matanza sea lo más corta posible.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

El sistema productivo del MóPTAAA es semi-intensivo, ya que es un modelo de producción acuícola a pequeña escala, pero con las instalaciones y el equipo necesario para obtener un producto de alta calidad (119). Se cuenta con estanques de cemento, maquinaria eléctrica y se realiza un monitoreo constante de la calidad del agua. La alimentación se compone principalmente de alimento peletizado pero se pretende que el pez también aproveche el alimento natural del estanque. El manejo del agua se realiza con sistemas de recirculación y biofloc, permitiendo el máximo aprovechamiento de ésta, por lo que sólo es necesario reponer el agua que se evapora. Además, las densidades de producción son: siembra 84 peces/m², **pre engorda** 60 peces/m² y engorda 25 peces/m².

INSTALACIONES.

En el Cuadro **3.10.1** se enlistan y describen las instalaciones que se utilizan en el MóPTAAA.

Cuadro 3.10.1 Descripción de las instalaciones que se utilizarán en el MóPTAAA.

| CONCEPTO | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------------|----------|--|
| Terreno | 26 m2 | Superficie necesaria para instalar los estanques de engorda y el sistema de recirculación de agua. |
| Estanque de engorda | 3 | Estanques de cemento con dimensiones de: 3 x 2 x 0.6 m, cuentan con drenaje de pvc hidráulico. |
| Sistema de recirculación de agua | 1 | Se compone de dos tinacos, uno a nivel de suelo y otro sobre una estructura de cemento elevada a dos metros del suelo. |

Fuente: Elaboración propia.

MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDOS.

Cuadro 3.10.2. Descripción de la maquinaria y el equipo que se utilizan en el MÓPTAAA.

| CONCEPTO | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN |
|--|----------|---|
| Bomba eléctrica de oxígeno (1/16 HP) | 1 | Bomba de aire de 1/16 caballos de fuerza, utiliza 120 Watts. Permite el suministro de oxígeno a los estanques. |
| Bomba eléctrica de agua (65 W) | 1 | Bomba de agua de 65 watts, tiene un alcance de 4 m de altura. Permite el suministro y circulación del agua en el sistema. |
| Conexiones y tubería | 81 | Conexiones y tubería varios, de PVC CED 40 hidráulico de ¼, ½, ¾, 1 y 2 pulgadas. Tubo PVC sanitario de 4 pulgadas. Se utilizan para la instalación hidráulica y para el suministro de oxígeno del MÓPTAAA. |
| Piedras difusoras y mangueras de oxígeno | 3 | Piedra difusora de oxígeno de 3.5 cm x 15 cm y mangueras oxigenadoras de ¼ de pulgada. Permiten la difusión de oxígeno en el estanque y reducen la sedimentación en el mismo. |
| Malla antipájaros | 1 | Evita la depredación de animales externos sobre los estanques. |
| Malla sombra | 1 | Brinda sombra a los peces reduciendo el estrés calórico. |

| | | |
|--|------|---|
| Malla mosquitera de plástico con pesas de plomo. | 1 | Se utiliza durante la pesca de los organismos, ya sea para obtención de biometrías y/o matanza. |
| Franela | 1 | La franela de tela permite un manejo menos agresivo para los peces, lo cual favorece el rendimiento productivo de los mismos. |
| Cuchillo de carnicero | 1 | Cuchillo carnicero para realizar una adecuada matanza de los peces. |
| Báscula digital | 1 | Báscula digital que mide de 1g a 10kg, para evaluar el rendimiento productivo de los peces. |
| Hielera | 1 | Hielera de unicel de 4.5 L, la cual permitirá transportar a los peces de manera más práctica y segura, además de favorecer el aturdimiento para su posterior matanza. |
| Termómetro análogo | 1 | Termómetro análogo para acuario, necesario para monitorear la temperatura de los estanques. |
| Instalación eléctrica | 1 | Instalación de corriente eléctrica para abastecer a las bombas de agua y aire; se compone de cables, contactos, tornillos y taquetes. |
| Pruebas de calidad del agua | 1 | Pruebas colorimétricas de la calidad del agua: Total de Nitrógeno Amoniacal (TAN) y Nitritos. |
| Carbohidratos: Azúcar estándar o melaza. | 45 g | Será la fuente de carbono para que los microorganismos del agua realicen el proceso de nitrificación, así, se controlarán los compuestos de nitrógeno tóxicos para el óptimo desarrollo de los peces. |

Fuente: Elaboración propia.

PARÁMETROS TÉCNICO-PRODUCTIVOS.

Los parámetros técnico-productivos permiten visualizar el panorama de la producción, indican si se está llevando de forma adecuada o no, esto sólo se logra con buenos registros, sobre todo de los gastos económicos, del alimento que consumen y de los pesajes quincenales.

Como se mencionó en el capítulo 3.6, en el MóPTAAA se evalúan: supervivencia, que es el número de peces vivos al final del ciclo; ganancia de peso, este es el aumento de peso en un tiempo determinado, se obtiene restando el peso final menos el inicial; por último, el índice de conversión alimenticia, que es el alimento utilizado para producir un kilogramo de pescado, se obtiene al dividir la ganancia de peso entre el alimento consumido en el mismo tiempo (19), ver **Capítulo 3.6**.

DESARROLLO DE HATO

En el **Cuadro 3.10.3** se puede observar tanto el desarrollo de hato por quincena como la duración de cada etapa, el número de peces que inician y finalizan en cada una. La primera etapa consiste en la siembra de organismos y tiene una duración de un día, debido a que la tasa promedio de mortalidad en el cultivo de tilapia es del 10% (129) se siembran 150 individuos más para obtener la cosecha proyectada; la etapa de preengorda dura 2 meses; finalmente, la etapa de engorda tiene una duración de 120 días en la que se realizan 7 cosechas parciales de 186 individuos, la última cosecha es de 198 peces, es decir de 62 y 66 peces por estanque respectivamente, esto con el fin de obtener de alimento para la familia operadora, disminuir la presión sobre la calidad del agua y seleccionar a los organismos más eficientes.

Cuadrado 3.10.3. Desarrollo de hato y desglose de las etapas del ciclo productivo del MóPTAAA.

| Etapa | Quincena | | | | | | | | | | | | D (días) | M (%) | Inician | Finalizan | |
|------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----------|-------|---------|-----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | |
| Siembra | | | | | | | | | | | | | | 1 | 10 | 1650 | 1500 |
| Preengorda | | | | | | | | | | | | | | 60 | <1 | 1500 | 1500 |
| Engorda | | | | | | | | | | | | | | 135 | <1 | 1500 | 150 |
| Cosecha 1 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 1500 | 1314 |
| Cosecha 2 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 1314 | 1128 |
| Cosecha 3 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 1128 | 942 |
| Cosecha 4 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 942 | 756 |
| Cosecha 5 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 756 | 570 |
| Cosecha 6 | | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 570 | 384 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|-----|
| Cosecha 7 | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 384 | 198 |
| Cosecha 8 | | | | | | | | | | | | | 15 | <1 | 198 | 0 |

Abreviaciones: (D) Duración; (M) Porcentaje de mortalidad.

Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMAS ZOTÉCNICOS DE TRABAJO

Los programas zotécnicos de trabajo se describen a detalle en los capítulos del manual.

Programa de alimentación y nutrición.

El programa consiste en la alimentación de lunes a sábado, dos veces al día durante las primeras 8 quincenas, posteriormente sólo se realizará una vez al día, ésta será por saciedad aparente. Diariamente se registrará el peso del alimento que se brindó, ver **Capítulo 3.7**.

Programa de monitoreo de la calidad del agua.

Se evaluará la calidad del agua cada semana, si no se encuentra en condiciones óptimas se realizarán ajustes en el sistema para restablecerlas, ver **Capítulo 3.5**.

Programa de monitoreo productivo.

Quincenalmente se realizará el pesaje de peces para evaluar su eficiencia productiva y se tomarán los registros respectivos para la medición de los parámetros técnico-productivos, ver **Capítulo 3.6**.

Programa de procesamiento y conservación.

A partir de los dos meses, se extraerán quincenalmente organismos para su consumo o venta, esto implica la ejecución correcta de matanza, procesamiento y conservación para cuidar la inocuidad del producto final, ver **Capítulo 3.8**.

CONCEPTOS DE INVERSIÓN DEL MÓPTAAA

Los conceptos de inversión se refieren a los insumos necesarios para montar el proyecto, también conocidos como preoperacionales. En el **Cuadro 3.10.4** se enlistan los insumos necesarios para instalar un MóPTAAA, los cuales están separados en cuatro categorías: Estanques, que contempla materiales de construcción; conexiones y tubería, tanto para el flujo de agua como de oxígeno; equipo con motor, el equipo de este apartado necesita corriente eléctrica; equipo

sin motor; instalación eléctrica; y, medición paramétrica, que son las pruebas para monitorear la calidad del agua.

Cabe resaltar que según las condiciones de cada interesado el equipo puede variar, así como los precios de referencia, los que se muestran a continuación fueron recopilados durante el mes de marzo del año 2022, principalmente de internet, tanto de la tienda departamental *OfficeDepot* como de la tienda *MercadoLibre*.

Cuadro 3.10.4 Conceptos de inversión del MóPTAAA.

| Estanques | | | | |
|---|----------------|------|-----------------|------------|
| Block Macizo (12x20) | Pieza | 300 | \$12.70(130) | \$3,810.00 |
| Armex (15x20x4) | Pieza (6m) | 10 | \$223.00(131) | \$2,230.00 |
| Cemento Portland gris | Costal (50kg) | 22.5 | \$185.00(132) | \$4,162.50 |
| Grava | Viaje 6m3 | 0.75 | \$3,220.00(133) | \$2,415.00 |
| Cal Hidratada | Costal (25 kg) | 15 | \$80.00(134) | \$1,200.00 |
| Alambre Recocido Calibre 16 | Kg | 1 | \$39.10(135) | \$39.10 |
| Molde Castillo | Pieza | 4 | \$144.00* | \$576.00 |
| Pintura Vinimex® Total Antiviral y Antibacterial Blanco | Galón | 1 | \$686.00(136) | \$686.00 |
| Lija para Yeso Grado 150 | Pieza | 1 | \$8.19(137) | \$8.19 |
| Varilla | Pieza (12m) | 3 | \$335.00(138) | \$1,005.00 |
| Conexiones y tubería | | | | |
| Adaptador H 1" | Pieza | 1 | \$17.40(139) | \$17.40 |
| Adaptador H 2" | Pieza | 2 | \$25.80(140) | \$51.60 |
| Adaptador M 3/4" | Pieza | 1 | \$6.39(141) | \$6.39 |
| Adaptador M 1/2" | Pieza | 7 | \$6.50(142) | \$45.50 |
| Adaptador M 1.5" | Pieza | 1 | \$19.20(143) | \$19.20 |
| Adaptador M 1" | Pieza | 2 | \$11.70(144) | \$23.40 |
| Adaptador M 2" | Pieza | 3 | \$24.40(145) | \$73.20 |
| Cemento para pvc 473ml | Pieza | 1 | \$115.00(146) | \$115.00 |
| Codo 90° 1" | Pieza | 7 | \$14.10(147) | \$98.70 |
| Codo 90° 2" | Pieza | 3 | \$38.80(148) | \$116.40 |

| | | | | |
|--|------------|---|-----------------|------------|
| Conector M 1/2" con salida de manguera | Pieza | 3 | \$6.50(149) | \$19.50 |
| Conexión T 1" | Pieza | 4 | \$18.20(150) | \$72.80 |
| Conexión T 1/2" | Pieza | 3 | \$7.90(151) | \$23.70 |
| Conexión T 2" | Pieza | 5 | \$47.40(152) | \$237.00 |
| Empaque (O-ring) 2" | Pieza | 1 | \$7.60(153) | \$7.60 |
| Reducción T 1" - 1/2" roscada | Pieza | 3 | \$21.60(154) | \$64.80 |
| Reducción 1" - 3/4" | Pieza | 1 | \$18.20(155) | \$18.20 |
| Reducción 1" - 1/2" | Pieza | 3 | \$12.70(156) | \$38.10 |
| Reducción 1 1/2" - 1" | Pieza | 1 | \$10.00(157) | \$10.00 |
| Tapón H 1" | Pieza | 2 | \$11.30(158) | \$22.60 |
| Tapón H 2" | Pieza | 2 | \$19.60(159) | \$39.20 |
| Tapón H 1/2" | Pieza | 6 | \$12.70(160) | \$76.20 |
| Tubo 1" | Pieza (3m) | 4 | \$155.20(161) | \$620.80 |
| Tubo 1/2" | Pieza (3m) | 1 | \$79.30(162) | \$79.30 |
| Tubo 2" | Pieza (3m) | 3 | \$339.60(163) | \$1,018.80 |
| Tubo 4" | Pieza (1m) | 2 | \$475.61(164) | \$951.22 |
| Tuerca unión 1" | Pieza | 5 | \$58.00(165) | \$290.00 |
| Válvula 1/2" roscable | Pieza | 1 | \$25.00(166) | \$25.00 |
| Válvula 1" cementable | Pieza | 4 | \$92.00(167) | \$368.00 |
| Equipo con motor | | | | |
| Báscula digital 10kg | Pieza | 1 | \$119.00(168) | \$119.00 |
| Blower Resun 1/16 hp | Pieza | 1 | \$5,800.00(169) | \$5,800.00 |
| Bomba de agua 65W | Pieza | 1 | \$1,278.00(170) | \$1,278.00 |
| Equipo sin motor | | | | |
| Caja de plástico con rejillas 52x35x31cm | Pieza | 1 | \$125.98(171) | \$125.98 |
| Cuchillo carnicero | Pieza | 1 | \$119.00(172) | \$119.00 |
| Franela | Pieza (1m) | 1 | \$14.99(173) | \$14.99 |
| Hielera de uniceL 4.5 L | Pieza | 1 | \$85.00(174) | \$85.00 |
| Malla antipájaros 5mx20m | Pieza | 1 | \$1,167.00(175) | \$1,167.00 |

| | | | | |
|--|------------|----|-----------------|-------------|
| Malla sombra poliuretano 1.83m x 6.10m | Pieza | 1 | \$339.00(176) | \$339.00 |
| Mangueras de oxígeno 1/4" | Pieza | 1 | \$383.03(177) | \$383.03 |
| Piedra Difusora 3.5cm X 15cm | Pieza | 3 | \$480.00(178) | \$1,440.00 |
| Red de captura | Pieza | 1 | \$209.00(179) | \$209.00 |
| Termómetro análogo | Pieza | 1 | \$45.00(180) | \$45.00 |
| Tinaco 250 L | Pieza | 1 | \$1,479.00(181) | \$1,479.00 |
| Tinaco 450 L | Pieza | 1 | \$1,999.00(182) | \$1,999.00 |
| Instalación eléctrica | | | | |
| Cable POT duplex no.14 | Pieza (1m) | 6 | \$21.82(183) | \$130.92 |
| Contacto sobreponer | Pieza | 1 | \$49.00(184) | \$49.00 |
| Cinta de aislar | Pieza | 1 | \$12.00(185) | \$12.00 |
| Tornillos y taquetes | Pieza | 2 | \$5.00* | \$10.00 |
| Canaletas | Pieza | 3 | \$28.00* | \$84.00 |
| Grapas | Pieza | 12 | \$1.00* | \$12.00 |
| Medición paramétrica. | | | | |
| Api Ammonia Test Kit 130 Prebas | Pieza | 1 | \$269.00(25) | \$269.00 |
| Api Nitrite Test Kit 180 Prebas | Pieza | 1 | \$299.00(26) | \$299.00 |
| | | | Total | \$36,150.32 |

*Precio de venta marzo 2022 tlapalería "Mariana" Martínez de la Torre, Veracruz.

Fuente: Elaboración propia.

CONCEPTOS DE OPERACIÓN DEL MÓPTAAA

Los conceptos de operación se refieren a los insumos que se utilizan cuando ya está en marcha el proyecto. En el caso del MóPTAAA, los conceptos que se utilizan durante un ciclo productivo se enlistan en el **Cuadro 3.10.5**. Al igual que con los conceptos de inversión, los precios de referencia fueron recopilados principalmente de internet, durante el mes de marzo del año 2022.

Cuadro 3.10.5. Conceptos de operación para un ciclo productivo en el MóPTAAA.

| Concepto | Unidad | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|-------------------------|---------------|----------|----------------|-------------|
| Calidad del agua | | | | |
| Azúcar estándar | Bulto (50 kg) | 1 | \$880.00(24) | \$880.00 |

| Alimento | | | | |
|---|--------------|-------|--------------|-------------------|
| Nutripec Engorda Tilapia 3.5 mm 32% proteína* | Bulto (20kg) | 11.25 | \$370.00* | \$4,162.50 |
| Alevines hormonados tilapia | | | | |
| Alevines hormonados tilapia | Pieza | 1650 | \$1.50* | \$2,475.00 |
| Electricidad | | | | |
| Blower 120W = 0.12 KW-h | KW - mes | 87.55 | \$0.84(28) | \$73.54 |
| Bomba de agua 65W = 0.065 KW-h | KW - mes | 47.42 | \$0.84(28) | \$39.83 |
| | | | Total | \$4,722.70 |

*Precio de venta por el PhD Mario Garduño Lugo.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.10.2 ECONOMÍA DEL MÓPTAAA

La economía es la ciencia que estudia la gestión de los recursos para satisfacer las necesidades de los individuos y sociedades. Tiene diversas ramas y teorías para explicar este fenómeno, pero lo que compete a este manual es el sistema de contabilidad de costos de producción de la Teoría de costos, con el que se puede determinar el valor de los insumos utilizados durante la misma (23,128), para establecer no sólo el precio de venta sino generar información para la toma de decisiones en el MÓPTAAA.

DEFINICIONES.

Al valor de los insumos que se utilizan en la producción se llama **costo** (23), pero se requiere definir otros conceptos antes de empezar con los cálculos.

- **Costos de producción**

Los desembolsos necesarios para generar un producto en un tiempo determinado, en este caso serían los que se invierten para obtener un kg de tilapia en un ciclo productivo, de dos a seis meses según el número de cosecha.

- **Costos totales**

Se refiere a los costos globales del proceso productivo, se obtiene de la sumatoria de costos fijos totales (CFT) y costos variables totales (CVT).

- **Costos fijos totales**

Como su nombre lo dice, son costos que no cambian a corto plazo, independientemente de si se produce o de la cantidad que se produce, por ejemplo: depreciación de las instalaciones y equipamiento, renta, entre otros.

- **Costos variables totales**

Son aquellos que dependen directamente de la producción y cambian a corto plazo, por ejemplo: alimento peletizado, crías de tilapia hormonadas, entre otras.

- **Costo unitario**

Es el costo por unidad de producto, en este caso por kg de tilapia, se obtiene de dividir los costos totales (CT) entre el número de unidades producidas.

- **Costos explícitos**

Es el desembolso que se realiza en los costos totales.

- **Costos implícitos**

Son los recursos invertidos que pueden no contabilizarse, como la mano de obra familiar, terrenos propios, entre otros; estos suelen ocultar el precio real de la unidad de producto, porque los está asumiendo la familia operadora.

- **Depreciación**

Pérdida del valor de un bien en un tiempo determinado.

- **Rentabilidad**

Beneficio económico real, resulta de restarle a las ventas los costos de producción.

- **Valor de recuperación**

Precio de venta al finalizar la vida útil de un producto.

CLASIFICACIÓN DE COSTOS.

Después de aclarar estos conceptos se procede a clasificar los costos, cabe mencionar que puede cambiar según las condiciones de cada operador u operadora. Como se observa en el **Cuadro 3.10.6** se colocaron los conceptos de inversión, la electricidad y la mano de obra de operación dentro de los costos fijos porque su valor no depende del volumen de producción. Por otra parte, el azúcar, necesaria para mantener la calidad del agua, el número de alevines hormonados y

el alimento sí cambian según la producción, por lo que se encuentran dentro de los costos variables.

Cuadro 3.10.6 Clasificación de costos según su variación acorde al volumen producido.

| Concepto |
|--|
| Costos fijos |
| Estanques |
| Conexiones y tubería |
| Equipo con motor |
| Equipo sin motor |
| Instalación eléctrica |
| Medición paramétrica. |
| Electricidad |
| Costos variables |
| Azúcar estándar |
| Nutripec Engorda Tilapia 3.5mm 32% proteína* |
| Alevines hormonados tilapia |

Fuente: Elaboración propia.

DETERMINACIÓN DE COSTOS.

COSTOS FIJOS

- **EQUIPO DE INVERSIÓN.**

Se debe calcular la depreciación del equipo en el que se invirtió: estanques, conexiones y tuberías, equipo con motor, equipo sin motor e instalación eléctrica (ver **Cuadro 3.10.7**). Este ejercicio se hizo con precios de marzo del 2022, por lo cual es necesario repetirlo con los precios reales de su inversión.

PROCEDIMIENTO:

1. Restar el valor de recuperación al valor inicial.
2. Dividir el resultado entre la vida útil del equipo, con esto se obtiene la depreciación anual.
3. Dividir la depreciación anual entre dos para obtener la depreciación por ciclo productivo (23).

Cuadro 3.10.7 Estimación de la depreciación del ciclo productivo del MóPTAAA.

| Concepto | Valor inicial | Valor de recuperación | Vida útil (años) | Depreciación anual | Depreciación del ciclo productivo |
|-----------------------|---------------|-----------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Estanques | \$16,131.79 | 0% | 30 | \$537.73 | \$268.87 |
| Conexiones y tubería | \$4,549.61 | 0% | 7 | \$649.94 | \$324.97 |
| Equipo con motor | \$8,475.00 | 10% | 5 | \$1,525.50 | \$762.75 |
| Equipo sin motor | \$7,571.00 | 10% | 10 | \$681.39 | \$340.70 |
| Instalación eléctrica | \$747.92 | 0% | 6 | \$112.19 | \$56.09 |
| | | | | Total | \$1,753.37 |

Fuente: Elaboración propia con datos del **Cuadro 3.3.4**.

- **ELECTRICIDAD.**

La electricidad se considera dentro de los costos fijos porque tanto la bomba como el aireador tienen una potencia estable de consumo de energía que no varía por el volumen de producción.

PROCEDIMIENTO:

1. Determinar el consumo de kilowatts por mes de los equipos multiplicando los kilowatts por hora que se emplean por el número de horas que tiene un mes (729.6).
2. Multiplicar el resultado por la cuota de consumo básico de la tarifa 1 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se utiliza esta cifra porque no se superan los 75 kilowatts por hora, esto se hizo con la tarifa de referencia del mes de marzo del 2022 (28).
3. A su vez, el resultado se multiplica por los seis meses del periodo, como se puede observar en el **Cuadro 3.10.8**.

Cuadro 3.10.8. Determinación del costo de la electricidad durante el ciclo productivo.

| Equipo | Kilowatts/hora | Horas del mes | Kilowatts / mes | Cuota CFE | Total mensual | Total por ciclo productivo |
|-------------|----------------|---------------|-----------------|-----------|---------------|----------------------------|
| Blower 120W | 0.12 | 729.6 | 87.55 | \$0.84 | \$73.11 | \$438.66 |

| | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------------|----------|
| Bomba de agua 65W | 0.065 | 729.6 | 47.42 | \$0.84 | \$39.60 | \$237.60 |
| | | | | | Total | \$676.26 |

Fuente: Elaboración propia con datos recopilados de la CFE marzo 2022.

- **MEDICIÓN PARAMÉTRICA.**

Al igual que la electricidad, esta se clasificó en los costos fijos porque el número de mediciones no dependen del volumen de producción.

PROCEDIMIENTO:

1. Dividir el precio del kit completo entre el número de pruebas que se pueden obtener de cada uno (25,26).
2. El resultado se multiplica por el número de mediciones que se realizan al mes.
3. A su vez, el resultado se multiplica por los seis meses del periodo (Ver **Cuadro 3.10.9**).

Cuadro 3.10.9. Determinación del costo de la medición paramétrica durante el ciclo productivo.

| Tipo de examen paramétrico | Precio del kit completo | Número de pruebas por kit | Precio de prueba | Número de pruebas al mes | Total por mes | Total del ciclo productivo |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|---------------|----------------------------|
| Api Ammonia Test Kit 130 Pruebas | \$269.00 | 130 | \$2.07 | 8 | \$16.55 | \$99.32 |
| Api Nitrite Test Kit 180 Pruebas | \$299.00 | 180 | \$1.66 | 4 | \$6.64 | \$39.87 |
| | | | | | Total | \$139.19 |

Fuente: Elaboración propia con datos del **Cuadro 3.3.4**.

- **MANO DE OBRA DE OPERACIÓN.**

Como se mencionó, la mano de obra de operación puede ser un gasto explícito o implícito, en este caso se contabilizó para mostrar el valor que asume la familia cuando no se considera como gasto explícito. Para hacer este ejercicio se tomó como referencia el salario mínimo general del año 2022, que es de \$172.87 pesos mexicanos (29)

PROCEDIMIENTO:

Salario diario

1. El salario mínimo se divide entre 8, el número de horas laborales de una jornada de trabajo, así se obtiene el salario por hora.
2. Debido a que el tiempo de operación de un MÓPTAAA es menor, sólo se contabilizó media hora de trabajo diario, por lo que el resultado anterior se divide entre 2.
3. Para obtener el número de días laborados en el ciclo productivo, se multiplican los días en promedio que tiene un mes (30.4) por 6.
4. El resultado se multiplica por el salario de media hora laborada.

Salario de días de cosecha y procesamiento.

1. El trabajo de cosecha y procesamiento se puede realizar en una hora y media, por lo que sumamos el salario de una hora de trabajo más el salario de media hora de trabajo.
2. El resultado se multiplica por 8 debido a que es el número de cosechas que se realizan durante el ciclo productivo (ver **Cuadro 3.3.10**).

Cuadro 3.10.10 Estimación del costo de mano de obra durante el ciclo productivo.

| Concepto | Salario mínimo general /hora | Horas de trabajo al día | Salario al día | Días laborados | Salario del ciclo productivo |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Salario diario | \$21.61 | 0.5 | \$10.80 | 182.4 | \$1,970.72 |
| Salario de la cosecha | \$21.61 | 1.5 | \$32.41 | 8 | \$259.31 |
| | | | | Total | \$2,230.02 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos de diciembre del 2021.

COSTOS VARIABLES.

- **CARBOHIDRATOS.**

En el **Capítulo 3.5** se profundiza sobre el uso de carbohidratos para mantener la calidad del agua en óptimas condiciones, en este se menciona que la cantidad de carbohidratos puede variar en función de diversos factores, por eso es necesario llevar un registro detallado de los carbohidratos que se emplean.

PROCEDIMIENTO:

1. Calcular el precio por kilogramo del carbohidrato, por ejemplo, si se usa azúcar estándar se puede comprar un costal de 50 kg, el precio de este se divide entre 50 para obtener el precio por kilogramo de azúcar estándar.
2. El resultado se multiplica por la cantidad total de carbohidratos que se agregaron al estanque durante el periodo productivo, por ejemplo, si se usaran 200 g de azúcar estándar diariamente, al final del ciclo se habrán usado 36.48 kg.

Cuadro 3.10.11 Determinación del costo de azúcar estándar durante el ciclo productivo del MóPTAAA.

| Concepto | Precio de costal (50 kg) | Precio por kg | Uso diario (g) | Total de carbohidratos usados (kg) | Costo total de carbohidratos |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|----------------|------------------------------------|------------------------------|
| Carbohidrato (Azúcar estándar) | \$880.00 (24) | 17.6 | 200 | 36.48 | \$642.05 |

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados de marzo del 2022.

- **ALEVINES HORMONADOS DE TILAPIA**

El costo total depende del número de peces que se introduzcan en el sistema, el modelo teórico plantea una densidad inicial de 1500 peces, a la cual se le suma el 10% debido al porcentaje de mortalidad que puede presentar el sistema, así el cultivo iniciaría con 1650 peces. Para determinar el costo total de alevines se multiplica el precio unitario de los alevines por el número de alevines a sembrar, como se aprecia en el **Cuadro 3.10.12**.

Cuadro 3.10.12 Estimación del costo de alevines hormonados usados en un ciclo productivo del MóPTAAA.

| Concepto | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|-----------------------------|----------|----------------|-------------|
| Alevines hormonados tilapia | 1650 | \$1.50 | \$2,475.00 |

Fuente: Elaboración propia usando de referencia el precio de venta del PhD Mario Garduño Lugo.

- **ALIMENTO PELETIZADO.**

El ejercicio se puede hacer con una aproximación del alimento peletizado que se usará en el sistema, sin embargo, es necesario repetirlo con la cantidad exacta del alimento peletizado empleado.

PROCEDIMIENTO:

1. Se utiliza de referencia el índice de conversión alimenticia esperado (1.5), este se multiplica por la cantidad de kg a producir.
2. Para obtener la cantidad de costales de alimento que se usarán el resultado se divide entre 20, ya que es el peso de los costales.
3. El resultado se multiplica por el precio unitario del bulto, como se observa en el **Cuadro 2.3.13.**

Cuadro 3.10.13 Determinación del costo del alimento peletizado que se utilizará en un ciclo productivo del MóPTAAA.

| Índice de conversión alimenticia esperado | Kg esperados durante el ciclo productivo | Total de Kg de alimento durante el periodo | Número de costales de alimento (20 kg) | Precio unitario del costal de alimento (20 kg) | Costo total del periodo. |
|---|--|--|--|--|--------------------------|
| 1.5 | 150 | 225 | 11.25 | \$370.00 | \$4,162.50 |

Fuente: Elaboración propia usando de referencia el precio de venta del PhD Mario Garduño Lugo.

DETERMINACIÓN DEL COSTO UNITARIO.

A continuación, se muestran dos ejercicios para determinar el costo de producción de un kilogramo de tilapia, en el primero se contemplan los costos explícitos de mano de obra y en el segundo se consideran como costos implícitos.

COSTOS EXPLÍCITOS DE MANO DE OBRA.

Una vez que se tiene el total de cada concepto se hará la suma y se divide entre los kilogramos esperados u obtenidos al final de la producción (23), como se muestra en el **Cuadro 3.10.14.**

Cuadro 3.10.14. Determinación del costo unitario considerando la mano de obra como costo explícito.

| Concepto | Total | KE | CU |
|---------------------|-------|----|----|
| Costos fijos | | | |

| | | | |
|---|--------------------|------------|----------------|
| Depreciación | \$1,753.37 | | |
| Medición paramétrica. | \$139.19 | | |
| Electricidad | \$676.26 | | |
| Mano de obra de operación | \$2,230.02 | | |
| Costos variables | | | |
| Azúcar estándar | \$642.05 | | |
| Nutripec Engorda Tilapia 3.5mm 32% proteína | \$4,162.50 | | |
| Alevines hormonados tilapia | \$2,475.00 | | |
| Total | \$12,078.39 | 150 | \$80.52 |

Abreviaciones: (KE) Kilogramos esperados; (CU) costo unitario.

Fuente: Elaboración propia.

COSTOS IMPLÍCITOS DE MANO DE OBRA.

Como se observa en el **Cuadro 3.10.15**, el procedimiento es similar al anterior, pero sin considerar la mano de obra de operación.

Cuadro 3.10.15. Determinación del costo unitario considerando la mano de obra como costo implícito.

| Concepto | Total | KE | CU |
|---|-------------------|------------|----------------|
| Costos fijos | | | |
| Depreciación | \$1,753.37 | | |
| Medición paramétrica. | \$139.19 | | |
| Electricidad | \$676.26 | | |
| Costos variables | | | |
| Azúcar estándar | \$642.05 | | |
| Nutripec Engorda Tilapia 3.5mm 32% proteína | \$4,162.50 | | |
| Alevines hormonados tilapia | \$2,475.00 | | |
| Total | \$9,848.37 | 150 | \$65.66 |

Fuente: Elaboración propia.

Este ejercicio sólo es una proyección de lo que puede llegar a costar el kg de pescado, por lo que debe repetirse con costos reales antes y después de cada periodo para comprobar el costo de producción. Con esta información se puede establecer el precio de venta que mejor convenga.

Es importante mencionar que sólo se están contemplando los costos de producción, para venta a pie de granja, ya sea vivo o muerto, si se desea agregar otro proceso

para su venta se tienen que agregar los costos necesarios para realizar correctamente la determinación del precio de venta.

4.CONCLUSIONES.

La evaluación del cultivo experimental en el MóPTAAA del CEIEGT-UNAM permite proyectar el potencial que tiene este sistema para mejorar la seguridad alimentaria y la economía local a través de un uso mínimo de agua. Se espera que al aumentar la producción la eficiencia económica mejore, de tal forma que el costo unitario pueda ser menor al promedio nacional, de ser así el sistema sería una gran alternativa para mitigar los estragos de la pandemia del Covid-19. Así mismo, la información generada permitió comprobar la eficacia de las estrategias que se brindan en el manual para el control de compuestos nitrogenados tóxicos.

Por otra parte, los temas que conforman el manual escrito representan una guía sólida para implementar el MóPTAAA de acuerdo con las Buenas Prácticas Pecuarias y de Manufactura. Esto le permite a la familia operadora obtener un producto inocuo y de calidad de acuerdo con las normas nacionales e internacionales vigentes, con esto no sólo se mejora la seguridad alimentaria de los consumidores, sino que se reduce el riesgo de incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos y se favorece la comercialización de los productos. Además, el último capítulo complementa el eje económico del enfoque sustentable necesario para asegurar la viabilidad de los proyectos productivos. Así se concluye que el material generado es suficiente para que cualquier persona interesada implemente y opere un MóPTAAA.

REFERENCIAS.

1. PESA, PFFH. Seguridad Alimentaria y Nutricional Conceptos Básicos Conceptos. Tegucigalpa; 2011.
2. FAO. Cumbre Mundial sobre la Alimentación [Internet]. Informe. 1996 [cited 2022 Dec 19]. Available from: <https://www.fao.org/3/x2051s/x2051s00.htm>
3. FAO. Indicador 2.1.1 - Prevalencia de la subalimentación [Internet]. Objetivos de Desarrollo Sostenible - Hambre Cero. 2021 [cited 2022 Dec 19]. Available from: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211/es/>
4. ONU. Objetivo 2: Poner fin al hambre [Internet]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. 2017 [cited 2022 Dec 19]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
5. ONU. Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 25 a 27 de septiembre de 2015, Nueva York. Conferencias-Medio ambiente y desarrollo sostenible [Internet]. 2015 [cited 2022 Dec 19]; Available from: <https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork2015>
6. FAO, FIDA, OMS, PMA, UNICEF. El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables. [Internet]. Roma: FAO; 2020. Available from: <http://www.fao.org/documents/card/es/c/cc0639es>
7. Campbell BM, Beare DJ, Bennett EM, Hall-Spencer JM, Ingram JSI, Jaramillo F, et al. Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*. 2017;22(4).
8. Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* (1979). 2015;347(6223).
9. Comisión EAT-Lancet. Alimentos Planeta Salud [Internet]. 2018 [cited 2021 Oct 11]. p. 32. Available from: <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report/>
10. Deweerdt S. Cultivating a sea change: Can aquaculture overcome its sustainability challenges to feed a growing global population? *Nature Outlook: Sustainable nutrition* [Internet]. 2020;588:S60–2. Available from:

<https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-03446-3/d41586-020-03446-3.pdf>

11. Bondad-Reantaso M g., Prein Mark. Measuring the contribution of small-scale aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, editor. Vol. 534, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Roma: FAO; 2009. 180 p.
12. Bondand-Reantaso MG, Subasinghe R. Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio- economic development. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, editor. Vol. 31, Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio- economic development. Roma: FAO; 2013. 255 p.
13. FAO. AÑO INTERNACIONALDE LAPESCA Y LA ACUICULTURA ARTESANALES 2022. PLAN DE ACCIÓN MUNDIAL. Roma; 2022.
14. Hargreaves JA. Biofloc Production Systems for Aquaculture Southern regional aquaculture center. Southern Regional Aquaculture Center. 2013;4503:1–11.
15. Frederick AJ. Science in Action: Tools for Teaching Urban Aquaculture Concepts. In: Costa-Pierce B, Desbonnet A, Edwards P, Baker D, editors. Urban Aquaculture. Inglaterra: CABI Publishing; 2005. p. 233–46.
16. FMVZ. C.E.I.E.G.T. - Tlapacoyan, Veracruz; Localización geográfica [Internet]. 2020 [cited 2022 Jun 24]. Available from: <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiegt/localizacion.html>
17. El-Sayed AFM. Nutrition and feeding. Tilapia Culture. 2020 Jan 1;135–72.
18. Cadorin DI, da Silva MFO, Masagounder K, Fracalossi DM. Interaction of feeding frequency and feeding rate on growth, nutrient utilization, and plasma metabolites of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. J World Aquac Soc. 2022 Apr 1;53(2):500–15.
19. Pandal E. Evaluación de parámetros productivos y composición química corporal de la tilapia gris del nilo (*Oreochromis niloticus*) durante el periodo de engorda bajo sistemas de cultivo tradicional y con tecnología biofloc [Licenciatura]. [Ciudad de México]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2019.

20. Ramírez-Paredes JG, Garduño-Lugo M, Muñoz-Córdova G. Productive performance of a new synthetic red tilapia population 'Pargo-UNAM' compared with that of wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac Res* [Internet]. 2012 May 1 [cited 2022 Aug 3];43(6):870–8. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2109.2011.02902.x>
21. Gómez-Márquez JL, Peña-Mendoza B, Alejo-Plata M del C, Guzmán-Santiago JL. Culture Mixed-Sex and Monosex of Tilapia in Ponds in Mexico City. *Agricultural Sciences* [Internet]. 2015 Feb 3 [cited 2022 Aug 3];06(02):187–94. Available from: <http://file.scirp.org/Html/>
22. Fernández J.A. Ratio de eficiencia [Internet]. *Economipedia*. 2020 [cited 2022 Aug 3]. Available from: <https://economipedia.com/definiciones/ratio-de-eficiencia.html>
23. Pesado A; PF; EV; GG; MJ; RJ; RC; VM. *Economía agropecuaria*. México: Omicrón; 2009.
24. SNIIM. Azúcar. 2022.
25. Aquabiomar. Api Ammonia Test Kit 130 Prebas [Internet]. Mercado Libre. 2022 [cited 2022 Aug 3]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-802521977-api-ammonia-test-kit-130-prebas-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=8d0ec9c3-c1f6-4361-864a-838337bf9c2a
26. Aquabiomar. Medidor De Nitrito Api Para Acuarios 180 Pruebas [Internet]. Mercado Libre. 2022 [cited 2022 Aug 3]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-802525323-medidor-de-nitrito-api-para-acuarios-180-pruebas-_JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2bc7f459-96fe-44d0-8731-0e63113ef56f
27. Aquabiomar. Medidor De Kh Api Par Acuarios De Agua Dulce Y Salada [Internet]. Mercado Libre. 2022 [cited 2022 Aug 3]. Available from: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-825266169-medidor-de-kh-api-par-acuarios-de-agua-dulce-y-salada->

_JM#position=7&search_layout=grid&type=item&tracking_id=ada0ea1f-a995-422c-8841-624b2c768ab0

28. CFE. Tarifa 1A Marzo [Internet]. Comisión Federal de Electricidad. 2022 [cited 2022 Aug 3]. Available from: <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1.aspx>
29. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos. Incremento a los Salarios Mínimos para 2022 [Internet]. Gobierno de México. 2021 [cited 2022 Aug 3]. Available from: <https://www.gob.mx/conasami/articulos/incremento-a-los-salarios-minimos-para-2022?idiom=es>
30. SNIIM. Precios de Menudeo - Pescados de Agua Dulce (\$/kg), Producto: Tilapia [Internet]. Secretaría de Economía Precios de Frutas, Hortalizas, Vegetales, Carnes, Pescados, Pecuarios, Pesqueros. 2022 [cited 2022 Aug 3]. Available from: http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=e_MenPes.asp
31. Mendoza D. 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*). [Licenciatura]. [ciudad de México]: UNAM; 2021.
32. Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 1999 Jun 15;176(3-4):227-35.
33. Sánchez MEM, Hoyos AA, Mendiola JLR, Ramos VM, Díaz BF, Garduño-Lugo M. Uso de *Saccharomyces cerevisiae* para el control de calidad y cantidad de agua en el cultivo de camarón blanco. *Rev Mex De Cienc Agric* [Internet]. 2018 Nov 8 [cited 2022 Aug 3];9(7):1339-49. Available from: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1669/1737>
34. Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 2006 Jun 30;257(1-4):346-58.

35. Mengistu SB, Mulder HA, Benzie JAH, Komen H. A systematic literature review of the major factors causing yield gap by affecting growth, feed conversion ratio and survival in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Rev Aquac* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Aug 3];12(2):524–41. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12331>
36. Corona C. Costos del ciclo de vida del producto. In: Báez R, editor. Apunte electrónico, Licenciatura en contaduría, Costos II. FCA. Ciudad de México: SUAyED; 2015.
37. Boyd C, Hanson T. Dissolved oxygen concentrations in pond aquaculture [Internet]. Global Seafood Alliance. 2010 [cited 2022 Jul 21]. Available from: <https://www.globalseafood.org/advocate/dissolved-oxygen-concentrations-pond-aquaculture/>
38. Quevedo DM, Ochoa JE, Corredor JR, Pulecio SL. Efectos de la adición de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* sobre histomorfología intestinal en pollos de engorde. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* [Internet]. 2021 Apr 19 [cited 2022 Aug 3];67(3):239–52. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/93931>
39. Oliveira G, González-Molero I. Actualización de probióticos, prebióticos y simbióticos en nutrición clínica. *Endocrinología y Nutrición* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2022 Aug 3];63(9):482–94. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-articulo-actualizacion-probioticos-prebioticos-simbioticos-nutricion-S1575092216301139>
40. CONAGUA, SEMARNAT. Acuerdo de carácter general de inicio de emergencia por ocurrencia de sequía severa, extrema o excepcional en cuencas para el año 2022. *Diario Oficial de la Federación México: DOF*; 2022.
41. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 2 Abril. México; 2022.
42. CONAGUA, SMN. Reporte del Monitor de Sequía de México: 1 Marzo. México; 2022.

43. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 2 Marzo. México; 2022.
44. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 1 Abril. México; 2022.
45. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 1 Mayo. México; 2022.
46. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 2 Mayo. México; 2022.
47. CONAGUA, SNM. Reporte del Monitor de Sequía de México: 1 Junio. México; 2022.
48. FAO. Tilapia del Nilo-Alimentación natural y hábitos alimenticios [Internet]. Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura. 2009 [cited 2022 Nov 18]. Available from: <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/alimentacion-natural-y-habitos-alimenticios/es/>
49. Rakocy JE. *Oreochromis niloticus*. In: Valerio Crespi, editor. Cultured aquatic species fact sheets. Roma: FAO; 2009.
50. Prabu E, Rajagopalsamy CBT, Ahilan B, Jeevagan IJMA, Renuhadevi M. Tilapia – An Excellent Candidate Species for World Aquaculture: A Review. *Annu Res Rev Biol*. 2019 Mar 29;1–14.
51. Martínez-Cordero FJ, Delgadillo-Tiburcio S, Sanchez-Zazueta E, Cai J. Tilapia aquaculture in Mexico: assessment with a focus on social and economic performance. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. 2021;1219:1–80.
52. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma; 2022.
53. FAO. Tilapia production and trade with a focus on India [Internet]. Roma; 2020. Available from: <http://unohrlls.org/about-sids/country-profiles/>.
54. Béné C, Arthur R, Norbury H, Allison EH, Beveridge M, Bush S, et al. Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence. *World Dev*. 2016 Mar 1;79:177–96.

55. FAO. Diagnóstico de la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y de la Acuicultura de la Micro y Pequeña Empresa (AMYPE) en América Latina. Serie Acuicultura en Latinoamérica. 2012;7:6–19.
56. Martinez-Cordero FJ, Sanchez-Zazueta E. Poverty and vulnerability assessment of tilapia farmers in the southwestern States of Oaxaca, Guerrero, and Chiapas in Mexico. *Aquaculture Economics and Management*. 2022;26(1):36–56.
57. FDA. Advice about Eating Fish [Internet]. 2022 [cited 2022 Nov 17]. Available from: <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>
58. FDA. La FDA y la EPA emiten recomendación final sobre el consumo de pescado. FDA NEWS RELEASE [Internet]. 2018 [cited 2023 Jan 9]; Available from: <https://www.fda.gov/news-events/comunicados-de-prensa/la-fda-y-la-epa-emiten-recomendacion-final-sobre-el-consumo-de-pescado>
59. Castro-González MI, Maafs-Rodríguez AG, Romo FPG. Evaluación de diez especies de pescado para su inclusión como parte de la dieta renal, por su contenido de proteína, fósforo y ácidos grasos. *Arch Latinoam Nutr*. 2012;62(2):127–36.
60. Grassi TLM, Paiva NM, Oliveira DL, Taniwaki F, Cavazzana JF, da Costa Camargo GCR, et al. Growth performance and flesh quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed low concentrations of *Rubrivivax gelatinosus*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Spirulina platensis*. *Aquaculture International*. 2020 Jun 1;28(3):1305–17.
61. Garduño-Lugo M, Granados-Alvarez I, Olvera-Novoa MA. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia × Stirling red *O. niloticus*) males. *Aquac Res*. 2003;34:1023–8.
62. Garduño-Lugo M, Herrera-Solís JR, Angulo-Guerrero JO, Muñoz-Córdova G, de La Cruz-Medina J. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and a red hybrid (Florida red tilapia × red *O. niloticus*). *Aquac Res*. 2007;38(10):1074–81.

63. Perea A, Gómez E, Mayorga Y, Triana CY. Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. *Arch Latinoam Nutr.* 2008;58(1):91–7.
64. Kawarazuka N, Béné C. The potential role of small fish species in improving micronutrient deficiencies in developing countries: Building evidence. Vol. 14, *Public Health Nutrition.* 2011. p. 1927–38.
65. Li S, Ji H, Zhang B, Tian J, Zhou J, Yu H. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture.* 2016 Dec 1;465:43–52.
66. Sobczak M, Panicz R, Eljasik P, Sadowski J, Tórz A, Źochowska-Kujawska J, et al. Quality improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat fortified with n-3 PUFA. *Food and Chemical Toxicology.* 2020 May 1;139.
67. Ashouri S, Keyvanshokoo S, Salati AP, Johari SA, Pasha-Zanoosi H. Effects of different levels of dietary selenium nanoparticles on growth performance, muscle composition, blood biochemical profiles and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture.* 2015 Sep 1;446:25–9.
68. Refaey MM, Tian X, Tang R, Li D. Changes in physiological responses, muscular composition and flesh quality of channel catfish *Ictalurus punctatus* suffering from transport stress. *Aquaculture.* 2017 Sep 1;478:9–15.
69. Meng HL, Edwin H. Robinson. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture.* 1998;163:297–307.
70. Ramezanzadeh S, Abedian Kenari A, Esmaeili M, Rombenso A. Effects of different forms of barberry root (*Berberis vulgaris*) on growth performance, muscle fatty acids profile, whole-body composition, and digestive enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J World Aquac Soc.* 2021 Apr 1;52(2):284–302.
71. Sheikhzadeh N, Mousavi S, Khani Oushani A, Firouzmandi M, Mardani K. *Spirulina platensis* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed: effects on

- growth, fillet composition, and tissue antioxidant mechanisms. *Aquaculture International*. 2019 Dec 1;27(6):1613–23.
72. Vranic D, Trbovic D, Djinovic-Stojanovic J, Baltic R, Milijasevic M, Lilic S, et al. The influence of nutrition on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meat quality. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2013;29(1):161–71.
73. Acar, Türker A. Response of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to unrefined peanut oil diets: Effect on growth performance, fish health and fillet fatty acid composition. *Aquac Nutr*. 2018 Feb 1;24(1):292–9.
74. Yildiz M, Köse I, Issa G, Kahraman T. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac Res*. 2015 Dec 1;46(12):2885–96.
75. Colombo SM, Mazal X. Investigation of the nutritional composition of different types of salmon available to Canadian consumers. *J Agric Food Res*. 2020 Dec 1;2.
76. Atanasoff A, Nikolov G, Staykov Y, Zhelyazkov G, Sirakov I. Proximate and mineral analysis of Atlantic salmon (*Salmo Salar*) cultivated in Bulgaria. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2013;29(3):571–9.
77. Exler J, Pehrsson P. Nutrient content and variability in newly obtained salmon data for USDA Nutrient Database for Standard Reference. Baltimore; 2010.
78. OMS. Alimentación sana [Internet]. Notas descriptivas. 2018 [cited 2022 Nov 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
79. Duan Y, Li F, Li L, Fan J, Sun X, Yin Y. N-6:n-3 PUFA ratio is involved in regulating lipid metabolism and inflammation in pigs. *British Journal of Nutrition*. 2014 Feb 14;111(3):445–51.
80. Petenuci ME, Schneider VVA, Lopes AP, Gonçalves RM, dos Santos VJ, Matsushita M, et al. Effect of Alpha-Linolenic Acid Sources in Diets for Nile Tilapia on Fatty Acid Composition of Fish Fillet Using Principal Component Analysis. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2018 Apr 21;27(4):464–76.

81. Toyes-Vargas EA, Parrish CC, Viana MT, Carreón-Palau L, Magallón-Servín P, Magallón-Barajas FJ. Replacement of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil in diets for juvenile tilapia (var. GIFT *Oreochromis niloticus*) and its effect on growth, feed utilization and muscle lipid composition. *Aquaculture*. 2020 Jun 30;523.
82. Kayan A, Boontan I, Jaturssitha S, Wicke M, Kreuzer M. Effect of Slaughter Weight on Meat Quality of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015;5:159–63.
83. Bogard JR, Thilsted SH, Marks GC, Wahab MA, Hossain MAR, Jakobsen J, et al. Nutrient composition of important fish species in Bangladesh and potential contribution to recommended nutrient intakes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015 Sep 1;42:120–33.
84. Xu X, Ji H, Belghit I, Liland NS, Wu W, Li X. Effects of black soldier fly oil rich in n-3 HUFA on growth performance, metabolism and health response of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture*. 2021 Feb 25;533.
85. Ljubojević D, Radosavljević V, Puvača N, Živkov Baloš M, Dordević V, Jovanović R, et al. Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015 Feb 1;37:44–50.
86. Guler GO, Kiztanir B, Aktumsek A, Citil OB, Ozparlak H. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and ω 3/ ω 6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey). *Food Chem*. 2008 May 15;108(2):689–94.
87. Komprda T, Zelenka J, Fajmonová E, Bakaj P, Pechová P. Cholesterol Content in Meat of Some Poultry and Fish Species As Influenced by Live Weight and Total Lipid Content. *J Agric Food Chem*. 2003 Dec 17;51(26):7692–7.
88. Stowell SL, Gatlin III DM. Effects of dietary pantothenic acid and lipid levels on growth and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*.

89. Tidwell JH, Webster CD, Clark JA. EFFECTS OF FEEDING, STARVATION, AND REFEEDING ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF CHANNEL CATFISH, *ICTALURUS PUNCTATUS*, TISSUES. Vol. 103, *Biochem. Physiol.* 1992.
90. Wu' WH, Lillard DA. AND PROXIMATE COMPOSITION OF CHANGES FOLLOWING COOKDJG BY MICROWAVE CHAMVEL CATFISH (*ICTALURUS PUNCTATUS*) FILLETS-HEATING, DEEP-FAT FRYING, AND OVEN BAKING. Vol. 21, *Journal of Food Quality*. Press, Inc. I Trumbuii. Connecticut; 1998.
91. Li MH, Robinson EH, Tucker CS, Manning BB, Khoo L. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*. 2009 Jul 15;292(3–4):232–6.
92. Sprague M, Fawcett S, Betancor MB, Struthers W, Tocher DR. Variation in the nutritional composition of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets with emphasis on EPA and DHA contents. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020 Dec 1;94.
93. Hixson SM, Parrish CC, Xue X, Wells JS, Collins SA, Anderson DM, et al. Growth performance, tissue composition, and gene expression responses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of different lipid sources. *Aquaculture*. 2017 Jan 20;467:76–88.
94. Lerfall J, Bendiksen EÅ, Olsen JV, Østerlie M. A comparative study of organic-versus conventional Atlantic salmon. II. Fillet color, carotenoid- and fatty acid composition as affected by dry salting, cold smoking and storage. *Aquaculture*. 2015 Oct 3;451:369–76.
95. Davidson J, Kenney PB, Barrows FT, Good C, Summerfelt ST. Fillet Quality and Processing Attributes of Postsmolt Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Fed a Fishmeal-free Diet and a Fishmeal-based Diet in Recirculation Aquaculture Systems. *J World Aquac Soc.* 2018 Feb 1;49(1):183–96.

96. OMS. Malnutrición [Internet]. Notas descriptivas. 2021 [cited 2022 Mar 18]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
97. Nölle N, Genschick S, Schwadorf K, Hrenn H, Brandner S, Biesalski HK. Fish as a source of (micro)nutrients to combat hidden hunger in Zambia. *Food Secur.* 2020 Dec 1;12(6):1385–406.
98. Huang F, Jiang M, Wen H, Wu F, Liu W, Tian J, et al. Dietary vitamin C requirement of genetically improved farmed Tilapia, *Oreochromis Niloticus*. *Aquac Res.* 2016 Mar 1;47(3):689–97.
99. Sidwell VD, Loomis AL, Foncannon PR, Buzzell DH. Composition of the Edible Portion of Raw (Fresh or Frozen) Crustaceans, Finfish, and Mollusks. IV. Vitamins. *MFR PAPER.* 1978;1355.
100. Merdzhanova A, Panayotova V, Dobрева DA, Peycheva K. Product Quality and Safety Proximate composition, lipid quality and heavy metals content in the muscle of two carp species.
101. Farzad R, Kuhn DD, Smith SA, O’Keefe SF, Ralston NVC, Neilson AP, et al. Trace minerals in tilapia fillets: Status in the United States marketplace and selenium supplementation strategy for improving consumer’s health. *PLoS One.* 2019 Jun 1;14(6).
102. Huang F, Jiang M, Wen H, Wu F, Liu W, Tian J, et al. Dietary zinc requirement of adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed semi-purified diets, and effects on tissue mineral composition and antioxidant responses. *Aquaculture.* 2015 Mar 1;439:53–9.
103. Clement S, Lovell RT. Comparison of processing yield and nutrient composition of cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*).
104. Skąłeckı P, Florek M, Pyć A, Kaliniak A, Staszowska A. Comparison of physicochemical properties, fatty acid composition and mineral contents in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fillet and the native traditional product carp ham. *Pol J Food Nutr Sci.* 2016 Dec 1;66(4):311–9.

105. Farhat J, Aasma N, Syed MH. Chemical and mineral composition of *Cyprinus carpio*, *Labeo rohita* and *Wallago attu* inhabiting river Indus in Mianwali district. *International Journal of Biosciences (IJB)*. 2015 Mar 14;6(5):333–42.
106. Golgolipour S, Khodanazary A, Ghanemi K. Effects of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Iran J Fish Sci*. 2019;18(1):110–23.
107. Green BW, Schrader KK, Rawles SD, Webster CD, McEntire ME. Comparison of unused water and year-old used water for production of channel catfish in the biofloc technology system. *Aquaculture*. 2020 Mar 30;519.
108. Skąlecki P, Florek M, Kędzierska-Matysek M, Poleszak E, Domaradzki P, Kaliniak-Dziura A. Mineral and trace element composition of the roe and muscle tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with respect to nutrient requirements: Elements in rainbow trout products. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020 Dec 1;62.
109. Turchini GM, Hermon KM, Francis DS. Fatty acids and beyond: Fillet nutritional characterisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different dietary oil sources. *Aquaculture*. 2018 Apr 1;491:391–7.
110. Asghari L, Zeynali F, Sahari MA. Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: Changes in fatty acids, total protein, and minerals. *Journal of Applied Ichthyology*. 2013 Aug;29(4):847–53.
111. Oliveira Fuster G, Gonzalo Marín M. Update on nutritional requirements. *Endocrinología y Nutrición*. 2007 Jan 15;54(SUPPL. 2):17–29.
112. Uauy R, Dangour AD. Fat and fatty acid requirements and recommendations for infants of 0-2 years and children of 2-18 years. *Ann Nutr Metab*. 2009;55:76–9.
113. Elmadfa I, Kornsteiner M. Fats and fatty acid requirements for adults. Vol. 55, *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2009. p. 56–75.
114. García-Ortega A, Calvario-Martínez O. *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria*. 1era ed. Mazatlán: SAGARPA; 2008. 1–148 p.

115. Diario Oficial de la Federación. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2017 México; 2019.
116. Diario Oficial de la Federación. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009 México; 2010.
117. SENASICA. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura en el Procesamiento Primario de Productos Acuícolas. Cárdenas A, Noriega L, editors. Guaymas, Sonora: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Guaymas en Aseguramiento de Calidad y Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria; 2003.
118. Osorio-Lara A del R, Ramírez-Sánchez AG, Gómez-Mendoza GE. Aclimatación y siembra de alevines de mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*). 5° Congreso Juvenil de Ciencia y Tecnología del Mar en la Educación Media Superior. 2018;
119. Chavacán-Avila M de la L, Castro-Fuentes LA. Manual de la asignatura práctica de medicina y zootecnia acuícola. 2da ed. Correa-Benítez A, editor. CDMX: FMVZ; 2013.
120. Canadian Council on Animal Care. Guidelines on the care and use of fish in research, teaching and testing. Canadian Council on Animal Care; 2005. 86 p.
121. FAO, OMS. Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros. Roma; 2020.
122. OMSA. Aspectos relativos al bienestar en el aturdimiento y la matanza de peces de cultivo para consumo humano. In París; 2012.
123. del Carmen M, Sotelo R. Higiene y conservación del pescado. Hospitalidad ESDAI. 2015;(28):41–60.
124. FDA. Refrigerator Freezer Chart - Food Safety for Moms to Be [Internet]. 2018 [cited 2022 Oct 12]. Available from: <https://www.fda.gov/food/people-risk-foodborne-illness/refrigerator-freezer-chart-food-safety-moms-be>

125. CANAINPES, IPN, PROFECO, SAGARPA. NMX-F-578-SCFI-2001 PRODUCTOS DE LA PESCA - TILAPIA FRESCA REFRIGERADA - ESPECIFICACIONES . 639.222 Secretaría de Economía; 2001.
126. CANAINPES, IPN, PROFECO, SACARGPA. NMX-F-579-SCFI-2001 PRODUCTOS DE LA PESCA - TILAPIA FRESCA CONGELADA - ESPECIFICACIONES . 639.222 Secretaría de Economía; 2001.
127. SSA, COFEPRIS, CANAINPESCA, IPN, PESCADOS INDUSTRIALIZADOS SADCV, AHUMADOS NORUEGOS SADCV. NOM-242-SSA1-2009 Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Productos y servicios DOF; 2009.
128. Morales JA, Morales A. Proyectos de inversión: evaluación y formulación. CDMX: McGraw-Hill Interamericana; 2009. 402 p.
129. García-Sánchez AI. Factibilidad del proyecto de inversión del policultivo tilapia-langostino a través del flujo de caja descontado. [Maestría]. [Tepetates]: CP; 2019.
130. The Home Depot México. BLOCK MACIZO (5 PULGADAS) DE 12 X 20 CM [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/basicos-de-construccion/block/block-macizo-de-12-x-20-x-40-cm-262474>
131. The Home Depot México. CASTILLO 15X15X4 ELECTROSOLDADO DOBLADO 6 METROS [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/acero/castillos-mallas-y-alambre/castillo-15x15-306640>
132. The Home Depot México. CEMENTO PORTLAND GRIS 50 KG [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/basicos-de-construccion/cemento/cemento-portland-gris-50kg-754373>
133. The Home Depot México. CARGA COMPLETA DE GRAVA 6M3 [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from:

- <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/basicos-de-construccion/arenas-y-grava/carga-completa-de-grava-6m3-202879>
134. The Home Depot México. CAL HIDRATADA 25 KG [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/basicos-de-construccion/polvos-en-bolsa/cal-hidratada-25kg-568409>
 135. The Home Depot México. ALAMBRE RECOCIDO CALIBRE 16 1KG [Internet]. Materiales de construcción. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/acero/castillos-mallas-y-alambre/alambre-recocado-462843>
 136. Comex. Vinimex® TOTAL Antiviral y Antibacterial 4 Litros [Internet]. Productos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://tienda.comex.com.mx/Producto/?product1=19A0475177&colour1=Blco-01&finish1=Impermeable&capacity1=4%20L>
 137. The Home Depot México. LIJA PARA MATERIALES NO FERROSOS GRADO 150 DE 28 X 23 CM [Internet]. Herramientas y accesorios para pintar. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/pinturas/herramientas-y-accesorios-para-pintar/lijas/lija-para-tablaroca-gr-150-400788>
 138. Construrama. Varilla Corrugada 1/2" Doblada, Pieza [Internet]. Aceros. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.construrama.com/materiales-cinco/catalogo/aceros/varilla/varilla/varilla-corrugada-12-doblada-pieza/p/0204000227>
 139. Grainger México. Adaptador Hembra de PVC, 1" [Internet]. Aditamentos de Plástico y Sintéticos para Tubería . 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.grainger.com.mx/producto/GRAINGER-APPROVED-Adaptador-Hembra-de-PVC%2C-1%22%2C-Toma-x-HNTP/p/22FJ16>
 140. The Home Depot México. ADAPTADOR HEMBRA DE 2 PULGADAS BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Nov 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/adaptador-hembra-cedula-40-2-50-mm-332450>

141. Ferreteria Casa Myers. ADAPTADOR PVC C40 MACHO 3/4" [Internet]. Plomería y tubería. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.casamyers.com.mx/item/10201450>
142. The Home Depot México. ADAPTADOR MACHO DE 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tubería y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/adaptador-macho-cedula-40-1-2-13mm-337319>
143. The Home Depot México. ADAPTADOR MACHO DE 1 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/hidraulica/adaptador-macho-cedula-40-1-1-2-38-mm-332580>
144. The Home Depot México. ADAPTADOR MACHO DE 1 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tubería y Conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/adaptador-macho-cedula-40-1-25mm-337280>
145. The Home Depot México. ADAPTADOR MACHO DE 2 PULGADAS BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/adaptador-macho-cedula-40-2-50-m-332627>
146. The Home Depot México. CEMENTO PARA PVC DE 473 ML AZUL OATEY [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/soldadura-pastas-y-accesorios/pegamento-para-pvc-azul-para-humedad-16-oz-845215?gclid=Cj0KCCQjw5-WRBhCKARIsAAId9FI65Ucl1Ydk1HyU6SJdDjPfdcegggo-ol2MIYIj9q2ZPPVZ7Oi64IaAnLbEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
147. The Home Depot México. CODO 90 GRADOS DE 1 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/codo-90-liso-pvc-cedula-40-1-25mm-337946>

148. The Home Depot México. CODO 90 GRADOS DE 2 PULGADAS BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/codo-90-liso-pvc-cedula-40-2-50mm-334648>
149. The Home Depot México. CONECTOR INSERTO ROSCA EXTERIOR DE 1/2 PULGADA BLANCO [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/sanitarias/adaptador-macho-para-insertar-1-2-933456>
150. The Home Depot México. CONEXIÓN T DE PVC DE 1 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/te-liso-pvc-cedula-40-1-25mm-338340>
151. The Home Depot México. CONEXIÓN T DE PVC DE 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/te-liso-pvc-cedula-40-1-2-13mm-338324>
152. The Home Depot México. CONEXIÓN T DE PVC DE 2 PULGADAS BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/te-liso-pvc-cedula-40-2-147065>
153. Ferreteria Casa Myers. O RING 32-00138 IN 2 1/8, EX 2 5/16, G 3/32 5 PIEZAS 32-00138 [Internet]. Empaques, Hules y Mangueras industriales. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.casamyers.com.mx/item/00400280>
154. The Home Depot México. CONEXIÓN REDUCCIÓN T DE PVC DE 1 X 1 X 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/hidraulica/te-liso-rosca-interior-pvc-cedula-43-338403>
155. The Home Depot México. REDUCTOR BUSHING 1 X 3/4 DE PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20].

- Available from: <https://www.homedepot.com.mx/conexiones/reduccion-bushing-pvc-25x19-mm-1x3-4-351968>
156. The Home Depot México. REDUCTOR DE PVC 1 X 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/reduccion-bushing-pvc-25x13-mm-1-x-1-2-333005>
 157. Grupo Ferretero CHC. Reduccion bushing PVC de 1-1/2" a 1" [Internet]. Catálogo de productos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.grupoferreterochc.com.mx/products/detail/50552>
 158. The Home Depot México. TAPÓN CAPA DE 1 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/tapon-pvc-cachucha-liso-cedula-40-1-337607>
 159. The Home Depot México. TAPÓN CAPA DE 2 PULGADAS BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/tapon-pvc-cachucha-liso-cedula-40-2-333659>
 160. The Home Depot México. TAPÓN CAPA DE 1/2 PULGADA BLANCO DURA [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/conexiones/tapon-cachucha-pvc-cedula-40-1-2-13mm-333537>
 161. The Home Depot México. TUBO PVC HIDR CED 40 1 X 3 MTS [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/hidraulica/tubo-pvc-hidraulico-1-3-m-714861>
 162. The Home Depot México. TUBO PVC HIDR CED 40 1/2 X 3 MTS [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/hidraulica/tubo-pvc-hidraulico-1-2-3-m-714845>
 163. The Home Depot México. TUBO PVC HIDR CED 40 2 X 3 MTS [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from:

- <https://www.homedepot.com.mx/hidraulica/tubo-pvc-hidraulico-cedula-51-2-3m-714908>
164. Mercado libre. 1 Metro Tubo 4" Pvc Cedula 40 Tipo Hidraulico [Internet]. Accesorios de Herramientas. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-796471102-1-metro-tubo-4-pvc-cedula-40-tipo-hidraulico-_JM#position=1&search_layout=grid&type=item&tracking_id=5e44bc74-eb23-4342-839d-045c30899dfb
 165. The Home Depot México. TUERCA UNIÓN UNIV CED40 PVC LISA 1" [Internet]. Ferretería. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/ferreteria/ferreteria-general/tornillos-tuercas-y-arandelas/tuerca-union-univ-ced40-pvc-lisa-1-968204>
 166. Ferreterías FIX. Válvulas de esfera de PVC, roscables, [Internet]. Plomería y Grifería. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.fixferreterias.com/valvulas-de-esfera-de-pvc-roscables.html>
 167. The Home Depot México. VÁLVULA DE ESFERA DE 1 PULGADA BLANCO PVC [Internet]. Tuberías y conexiones. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/valvulas-y-llaves/valvula-de-esfera-pvc-cementar-1-549956>
 168. MercadoLibre. Bascula Digital Gramera De Cocina Pesa De 1 Gramo A 10 Kilos [Internet]. Electrodomésticos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-752887339-bascula-digital-gramera-de-cocina-pesa-de-1-gramo-a-10-kilos-_JM?searchVariation=49503219715#searchVariation=49503219715&position=37&search_layout=grid&type=item&tracking_id=7e1644c7-2d85-4560-9bac-61c1a7ab28df
 169. Mercado libre. Blower Vortex O Turbina Resun 1/16 Hp [Internet]. Peceras y accesorios. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-905900667-blower-vortex-o-turbina-resun-116-hp-tilapia-_JM

170. Mercado libre. Bomba Agua Sumergible Acuario Pecera Fuente 6500 L/h 4m [Internet]. Peces y peceras. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-630559530-bomba-agua-sumergible-acuario-pecera-fuente-6500-lh-4m-4221-_JM#position=53&search_layout=grid&type=item&tracking_id=2fde7161-eed8-4962-9014-af563c4e6c4f
171. In Plastic. VNO0027-1 Caja de Plastico Chapala Calada 52x35x31 cm [Internet]. Productos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://www.inplastic.mx/product-page/copia-de-vno0027-1-caja-de-plastico-chapala-calada-52x35x31-cm?gclid=Cj0KCQjwpcOTBhCZARIsAEAYLuWqiNWvPdGF8mxyERwHUbtPpD6j6Hhng2mQfQzuHvneXLgmW22RLak8aAn5AEALw_wcB
172. Mercado Libre. Cuchillo De Carnicero Chef De Acero Inox 8 PuLG [Internet]. Cuchillos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1338777036-cuchillo-de-carnicero-chef-de-acero-inox-8-pulg-_JM?searchVariation=173894881723#searchVariation=173894881723&position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=ce6465f4-8869-4572-909e-c0f742e85e8b
173. Parisina. FRANELA FRANELA LISO ROJO [Internet]. Productos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.laparisina.mx/franela-franela-liso-rojo/>
174. MercadoLibre. Hielera Paletera P/6 Latas De UniceL 4.5 Lts Cap [Internet]. Cubetas de Hielo. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-842345523-hielera-paletera-p6-latas-de-uniceL-45-lts-cap-_JM?searchVariation=68963715391#searchVariation=68963715391&position=3&search_layout=grid&type=item&tracking_id=75664447-a680-4459-be1c-d47752caf333
175. Mercado libre. Malla Antipájaro, Antimuercielago, Antipalomas 5m X 20m [Internet]. Protección para invernaderos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available

- from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-907069673-malla-antipajaro-antimuercielago-antipalomas-5m-x-20m-_JM#position=8&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=6735eeb0-9ae5-4360-9cc7-55da8772b8a5&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=8&ad_click_id=MGU5OGUzZGItnjYyYS00MzI3LTg4OTAtYTk3ZmNjMGY1MGZj
176. The Home Depot México. ROLLO DE MALLA PARA SOMBRA VERDE 1.83 X 6.10 M POLIETILENO | The Home Depot México [Internet]. Toldos, gazeos y malla sombra. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/jardin/muebles-de-jardin-y-accesorios/toldos-gazeos-y-malla-sombra/rollo-de-malla-para-sombra-verde-183-x-610-m-polietileno-160296>
177. The Home Depot Mexico. MANGUERA INDUSTRIAL 1/4 DE PULGADA TRANSPARENTE SURTEK [Internet]. Mangueras y conectores flexibles. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tuberias-y-conexiones/mangueras-y-conectores-flexibles/manguera-industrial-1-4-1-m-101332?gclid=Cj0KCQiA4OybBhCzARIsAlcfn9nCP5LTHUGbZ02kZ02XCp4goRVyFqbR1O_prMpYfZry-LmUZnqEG9caArnJEALw_wcB&gclidsrc=aw.ds
178. Mercado Libre. Piedra Difusor Para Tratar Aguas O Acuicultura 3.5cm X 15cm [Internet]. Difusores. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-788706950-piedra-difusor-para-tratar-aguas-o-acuicultura-35cm-x-15cm-_JM?matt_tool=28238160&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic
179. Mercado Libre. Red De Pesca Telescópica De 150 Cm [Internet]. Redes de pesca. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1451621772-red-de-pesca-telescopica-de-150-cm-_JM#is_advertising=true&position=2&search_layout=stack&type=pad&tracki

ng_id=cf98a803-970b-4a14-87fe-
d4cb52a46c49&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_po
sition=2&ad_click_id=Yzc4ZTM5MzctMDUyMS00ZDYxLWJiNjctZDE1ZjkyM
DAwZTkW

180. Mercado Libre. Termómetro Flotante Con Chupón Para Acuario [Internet]. Termómetros. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-793128490-termometro-flotante-con-chupon-para-acuario-_JM?searchVariation=59759811824#searchVariation=59759811824&position=16&search_layout=grid&type=item&tracking_id=6fe17752-1819-4569-9f3b-7952568074aa
181. The Home Depot México. Tamboplas 250 L [Internet]. Tinacos, cisternas y almacenamiento. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tinacos-y-cisternas/tinacos/tamboplas-250-l-536602>
182. The Home Depot México. TINACO TRICAPA 450 L CON ACCESORIOS [Internet]. Tinacos, cisternas y almacenamiento. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/plomeria/tinacos-y-cisternas/tinacos/tinaco-450-l-con-accesorios-133219>
183. Euroeléctrica. CABLE DUPLEX TIPO POT Y/O SPT DE 2 CONDUCTORES CAL. 14 AWG, BLANCO CONDULAC [Internet]. Productos. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://euroelectrica.com.mx/producto/cable-duplex-tipo-pot-y-o-spt-de-2-conductores-cal-14-awg-blanco-condulac/>
184. The Home Depot México. CONTACTO DÚPLEX DE 15 AMPERES MARFIL [Internet]. Interruptores y apagadores. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.homedepot.com.mx/electrico/apagadores-y-conectores/interruptores-y-apagadores/contacto-duplex-sobreponer-marfil-153454>
185. The Home Depot México. CINTA AISLANTE ELÉCTRICA DE VINILO 19 MM X 18 M NE [Internet]. Herramientas y accesorios para pintar. 2022 [cited 2022 Mar 20]. Available from:

<https://www.homedepot.com.mx/pinturas/herramientas-y-accesorios-para-pintar/cintas/cinta-electrica-320-negra-de-19mm-x-18m-267550>

ANEXOS

ANEXO 1. TIPOS, FUNCIONES Y LIMITACIONES DE AGENTES DE LIMPIEZA UTILIZADOS COMÚNMENTE EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS.

| Agentes líquidos y concentración de uso | Compuesto | Funciones | Limitaciones |
|---|--|---|--|
| Agua | Agua limpia, agua potable y agua de mar | Solvente para la mayoría de los limpiadores químicos y transportador de material arenoso | Las aguas duras (ricas en carbonatos) deja depósitos sobre las superficies y la humedad residual permite el crecimiento microbiano sobre las superficies lavadas |
| Alcalis fuertes (1 al 5 %) | Hidróxido de Sodio, Ortosilicato de Sodio, Sesquisilicato de sodio | Detergentes alcalinos. Actúan sobre grasas y proteínas, precipitan las aguas duras | Altamente corrosivos. La remoción total es difícil. Peligrosos. Irritante para la piel y membranas mucosas |
| Álcalis suaves (1 al 10 %) | Carbonato de Sodio. Tetraborato de Sodio (BORAX). Fosfato trisódico | Detergentes alcalinos Suavizadores de aguas | Medianamente corrosivos. Irritantes para la piel a altas concentraciones. En soluciones. calientes, pueden dañar el aluminio y estaño |
| Ácidos inorgánicos (0.5 %) | Acidos hidroclicóric, sulfúrico, nítrico y fosfórico | Detergentes ácidos. Disminuyen la cuenta microbiana. Produce un pH ácido de 2.5 o menor, remueve precipitados inorgánicos de las superficies. Excelentes para la limpieza de tanques de cultivo | Muy corrosivo para los metales, pero pueden ser parcialmente inhibido por agentes anticorrosivos. Irritantes para la piel y membranas mucosas |
| Ácidos orgánicos (0.1 a 2%) | Acidos glucónico acético, acético hidroxí-acético, láctico, cítrico, tartárico | Detergentes ácidos. Excelentes para la limpieza de tanques | Corrosivo en estaño y hierro. Moderadamente corrosivo, pero pueden ser parcialmente inhibido por agentes anticorrosivos |
| Agentes aniónicos (0.15 % o menos) | Jabones. Alcoholes sulfatados. Hidrocarburos sulfatados Amidas sulfuradas | Superficies húmedas, detergentes efectivos penetran en grietas y telas. Emulsificadores de aceites, grasas, ceras, y pigmentos. Compatibles con limpiadores alcalinos y ácidos | Algunos producen espuma en exceso. No son compatibles con agentes catiónicos |

FUENTE: GARCÍA-ORTEGA Y CALVARIO-MARTÍNEZ, 2008.

ANEXO 2. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CALIDAD PARA TILAPIA FRESCA REFRIGERADA.

| Factor | Variación de calidad | Deducción. |
|-------------------------------------|------------------------------|------------|
| Olor de las masas musculares | | |
| | Característico de la especie | 0 |

| | |
|---|----|
| Con presencia de olores que denoten descomposición o contaminación (fecaloide, amoniacal, rancio, pútrido) | 16 |
| Daños en la piel | |
| Ausencia | 0 |
| Daños en 5,0 % de la superficie corporal | 3 |
| Daños de 5,1 % a 10,0 % de la superficie corporal | 5 |
| Deducir un punto por cada 5,0 % adicional que se presente en el pescado | |
| Estado de los ojos | |
| Brillantes y transparentes | 0 |
| Ligeramente opacos, translúcidos | 3 |
| Deshidratados, opacos | 6 |
| Cóncavos, cuenta vacía | 12 |
| Estado de las branquias | |
| Rosado, rojo sangre o cambios debidos por el método de conservación, laminillas branquiales bien diferenciadas, olor característico | 0 |
| Rojo ladrillo, algunas laminillas branquiales se adhieren entre sí, olor característico | 1 |
| Púrpura, laminillas branquiales ligeramente deslavadas y algo aglutinadas, olor más fuerte que el característico | 4 |
| Blancuzcas, verdosas, cafés, laminillas ligeramente deslavadas y reunidas en grupos de diferente longitud, olor más fuerte que el característico | 8 |
| Color sucio deslavado (amarillo grisáceo, secas intenso olor a pescado, olor pútrido, laminillas branquiales completamente aglutinadas, en partes desprendidas y muy acortadas) | 16 |
| Consistencia de las masas musculares | |
| Resistencia a la presión digital ligeramente elástico | 0 |
| Las huellas de la presión digital desaparecen rápidamente | 2 |
| Las huellas de la presión digital desaparecen lentamente | 4 |
| Las huellas de la presión digital persisten por tiempos prolongados | 6 |
| Las huellas de la presión digital no desaparecen y se presentan flácidas | 16 |
| Aspecto general | |
| Apariencia de vivo | 0 |
| Pérdida de brillantes | 4 |
| Cenizo, opaco, poco brillante | 8 |
| Cenizo opaco sin brillo | 16 |

FUENTE: NMX-F-578-SCFI-2001 PRODUCTOS DE LA PESCA - TILAPIA FRESCA REFRIGERADA – ESPECIFICACIONES, 2001.

**ANEXO 3. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CALIDAD PARA TILAPIA
FRESCA CONGELADA.**

| Factor | Variación de calidad | Deducción. |
|--|--|-------------------|
| A) Congelado | | |
| Deshidratación | | |
| | Hasta 5,0 % de la superficie total de la muestra | 0 |
| | De 5,1 % al 15,0 % de la superficie total de la muestra | 2 |
| | Deducir dos puntos por cada 5,0 % adicional que se presenta en la superficie total de la muestra | |
| Deformación del cuerpo | | |
| | Ausencia | 0 |
| | Ligera curvatura respecto al eje longitudinal del pescado | 2 |
| | Mediana curvatura con respecto al eje longitudinal del pescado | 4 |
| | Marcada curvatura con respecto al eje longitudinal del pescado | 6 |
| Material de empaque | | |
| | El material de empaque está empapado reblandecido o deteriorado | 2 |
| B) Descongelado | | |
| Coloración objetable en la cavidad, cortes y/o músculo | | |
| | Ausencia | 0 |
| | Hasta 10,0 % de la superficie corporal del pescado | 4 |
| | Deducir dos puntos por cada 5,0 % adicional que se presente en el pescado | |
| Daños en la piel | | |
| | Ausencia | 0 |
| | Daño en 5,0 % de la superficie corporal del pescado | 5 |
| Color | | |
| | Característico de la especie | 0 |
| | Cambios en la coloración característica de la especie | 2 |
| | Falta de uniformidad en el color | 4 |
| | Decoloración de la carne oscura | 8 |
| | Color desagradable por contaminación o descomposición | 16 |

FUENTE: NMX-F-579-SCFI-2001 PRODUCTOS DE LA PESCA - TILAPIA FRESCA CONGELADA – ESPECIFICACIONES, 2001.