



Acuicultura en Chalpicote, ribera del lago de Chapala



Claudia Alvarado Osuna
Editora

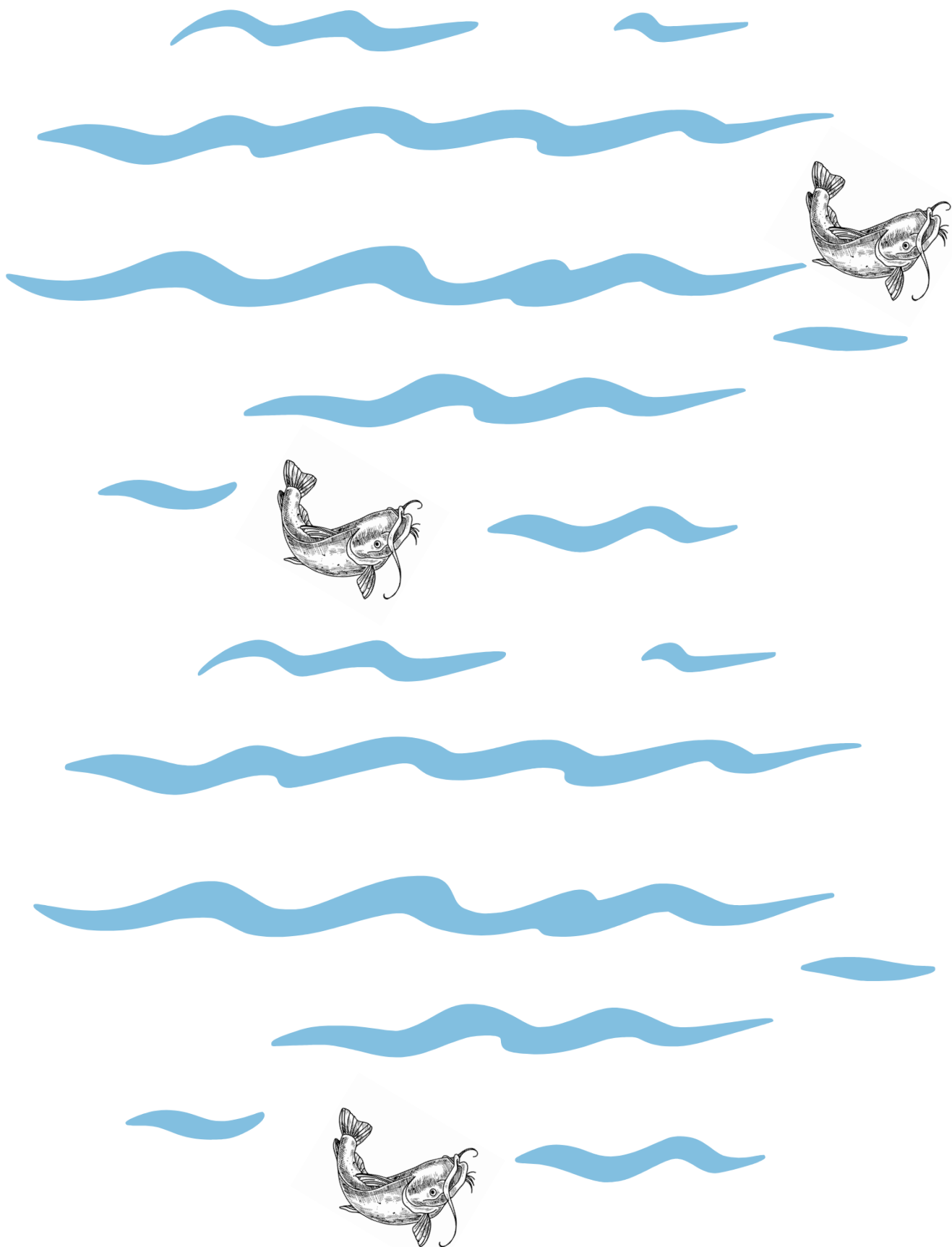


COECYTJAL
Consejo Estatal de Ciencia
y Tecnología de Jalisco



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación





Acuicultura en Chalpicote, ribera del lago de Chapala

Claudia Alvarado Osuna^{1*}, José de Jesús Hernández López²,
José de Jesús Arriaga Varela³, Judith Berenice Valentín Sánchez⁴,
Rafael Alfonso González Mejía⁴

1 Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

2 El Colegio de Michoacán A.C.

3 Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales 01

4 Universidad de Guadalajara

*Autor de correspondencia: calvarado@ciatej.mx



COECYTJAL
Consejo Estatal de Ciencia
y Tecnología de Jalisco



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



Acuicultura en Chalpicote, ribera del lago de Chapala

Editora: Claudia Alvarado Osuna

1ª. Edición

47 pp.; 21.5 x 28 cm

ISBN impresión: 978-607-8734-96-2

ISBN electrónico: 978-607-8734-97-9

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17782645>

Clasificación Dewey: 636 Producción animal

Clasificación THEMA: TVT Acuicultura y piscicultura:
prácticas y técnicas

México: Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.

Primera edición, 2025

Obra realizada con el apoyo del COECYTJAL
proyecto 11424-2024: Acuicultura en Chalpicote,
ribera del lago de Chapala

Claudia Alvarado Osuna, José de Jesús
Hernández López, José de Jesús Arriaga Varela,
Judith Berenice Valentín Sánchez, Rafael Alfonso
González Mejía

D.R. © 2025, Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.
Av. Normalistas 800, Colinas de La Normal,
44270 Guadalajara, Jal.

Tel: (33) 33455200 ext. 2130

<http://www.ciatej.mx>

Está permitido descargar y compartir esta obra
citando y acreditando correctamente a la misma,
más no está permitido cambiarla de forma
alguna ni usarla comercialmente. Atribución-
NoComercial-SinDerivadas: CC BY-NC-ND }

Código legal: <https://creavecommons.org>

Maqueta de la edición: Alfredo Gutiérrez / Acento

Impreso y hecho en México



COECYTJAL
Consejo Estatal de Ciencia
y Tecnología de Jalisco



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



Contenido

7

AGRADECIMIENTOS

9

PRÓLOGO

Dra. Lorena Amaya Delgado

11

1. INTRODUCCIÓN

El PROYECTO y sus beneficios
para la comunidad



15

2. CHAPALA Y EL MERCURIO EN PECES



19

3. GENERALIDADES DE LOS PECES

- 3.1. Ciclo de vida del pez
- 3.2. Alimentación en acuicultura

23

4. CULTIVO EN ESTANQUE

- 4.1 Calidad de agua para estanque
- 4.2 Oxígeno disuelto
- 4.3 pH y amoníaco
- 4.4 Salinidad del agua
- 4.5 Siembra de la cría
- 4.6 Causas de muerte en los peces de estanque
- 4.7 Traslado del estanque al lago

34

5. CULTIVO EN LAGO

- 5.1 Jaulas flotantes
- 5.2 Seguimiento durante el cultivo en lago
- 5.3 Biometrías en los peces
- 5.4 Manejo de infecciones

40

6. MANEJO HIGIÉNICO DEL PESCADO PARA CONSUMO

- 6.1 Inocuidad en el consumo de pescado
- 6.2 Del lago a la mesa

44

7. CONCLUSIONES

45

8. BIBLIOGRAFÍA



Agradecimientos

Este libro se materializó gracias al apoyo del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL), a través de los apoyos de la convocatoria del Programa de Difusión y Divulgación de la Ciencia, Tecnología e Innovación (DyD) 2024. El proyecto apoyado tiene la clave 11424-2024.

El material reunido representa el trabajo conjunto entre academia y sociedad, y agradecemos la participación de la comunidad de Chalpicote, Jocotepec, Jal. De manera particular el esfuerzo incansable de la familia Santiago: Luis Miguel, Diana, José Isabel, Doña Lety y Don Marciano, así como de Lucía Alejandra de los Santos. También agradecemos a quienes nos apoyaron de manera desinteresada durante el cultivo de peces: Javier Díaz y su hijo Rodrigo Días, así como Luciano Flores. Este trabajo es por y para ustedes.

La aventura en Chalpicote fue posible gracias a la invitación del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) a través del Dr. Humberto González Chávez a quien agradecemos la confianza depositada.

Agradecemos a Enrique Rentería Méndez que a través de su trabajo dedicado y minucioso dentro del Consejo Editorial de CIATEJ, nos apoyó para lograr la mejor versión de la obra.



Prólogo

El presente libro es un claro testimonio de como la ciencia, el trabajo colaborativo y el compromiso social pueden unirse para lograr un impacto positivo en las comunidades con necesidades reales. Comunidades como San Pedro Itzicán, Agua Caliente y Chalpicote, situadas a orillas del lago de Chapala, enfrentan grandes desafíos cotidianos, como altos índices de insuficiencia renal, marginación y pobreza. Fue así, como este contexto adverso motivó la acción conjunta entre investigadores, instituciones de educación superior y habitantes locales para encontrar soluciones sustentables para el bien social.

La obra *Acuicultura en Chalpicote*, ribera del lago de Chapala, concentra los principales resultados del trabajo colaborativo en el subproyecto *Acuicultura en Chalpicote (CHALPIBAGRE)*, coordinado por la Dra. Claudia Alvarado Osuna investigadora del CIATEJ, con la colaboración del Dr. José de Jesús Hernández López del COLMICH. Gracias a este esfuerzo, pescadores y sus familias fueron capacitados en el cultivo del bagre (*Ictalurus dugesii*), construyeron su propio estanque y lograron desarrollar

una producción sustentable de peces para consumo local. Hoy, el proyecto continúa de forma autónoma, sin apoyo económico externo, demostrando la apropiación social del conocimiento generado por los Centros Públicos de Investigación en México.

El subproyecto *Acuicultura en Chalpicote* surgió en el marco del proyecto “Reconfiguración Agroecológica, Alimentaria y de Salud (RAAS)”, liderado por el Dr. Humberto González Chávez del CIESAS y financiado por el CONACYT (ahora SECIHTI). El propósito del proyecto RAAS fue claro, vincular la investigación científica con acciones concretas que mejoraran la alimentación y la salud de la población infantil.

Es por ello, que más allá de los resultados técnicos, el subproyecto CHALPIBAGRE transformó una realidad; demostrando que la multidisciplinariedad, aunque necesaria, es insuficiente para abordar problemas complejos como los de salud ambiental y social. El trabajo conjunto entre científicos, tecnólogos y antropólogos permitió construir puentes entre la academia y la comunidad, a través del respeto y el reconocimiento

de los ritmos y valores locales, para fomentar el aprendizaje desde la experiencia colaborativa. Esta interacción no solo fortaleció las capacidades de los pobladores, sino que también enriqueció la práctica científica, demostrando que la ciencia puede y debe tener rostro humano.

Este libro también invita a una reflexión más amplia, la necesidad de revisar los indicadores de desempeño académico que predominan en el ámbito científico; ya que, aunque los informes técnicos, las publicaciones y las patentes, son esenciales, no siempre reflejan el impacto real de la investigación en la vida de las comunidades. De tal modo que es indispensable avanzar hacia esquemas que reconozcan los procesos de diálogo de saberes, la enseñanza comunitaria y

la apropiación social del conocimiento como resultados igualmente valiosos.

El proyecto RAAS y su subproyecto CHALPIBAGRE confirman que la investigación pública es un bien común, capaz de generar bienestar social cuando se orienta al servicio de las personas. Este libro pone de manifiesto nuestra convicción, la de una ciencia mexicana que escucha, comparte y transforma, porque sabe que el conocimiento solo cobra sentido cuando mejora vidas.

Dra. Lorena Amaya Delgado
Directora General Interina
CIATEJ AC

1. Introducción: El Proyecto y sus beneficios para la comunidad

San Pedro Itzicán, Agua Caliente y Chalpicote son comunidades de la ribera del lago de Chapala donde se encuentran las tasas de insuficiencia renal más alta del país (Figura 1). La suma de la población de las tres comunidades es de 9,100 habs., tiene un porcentaje de analfabetismo del 22%, primaria trunca 48% y pobreza multidimensional del 47%. De acuerdo a evaluaciones de orina en niños entre 6 a 17 años, el 47% mostraron algún grado de inflamación renal, de acuerdo a datos de la Universidad de Guadalajara.

La enfermedad renal es multifactorial, pero los avances en investigación de los profesionales del área de salud están de acuerdo en que una dieta con alto contenido de proteínas y de alimentos orgánicos o libres de pesticidas contribuye a mejorar las condiciones de salud de las personas. Uno de los sectores de la población más vulnerables es la población infantil, por ello en 2022 se implementó un proyecto denominado “Reconfiguración Agroecológica, Alimentaria y de Salud para revertir un probable daño renal y neurocognitivo asociados a la presencia de plaguicidas en niños de localidades rurales de Jalisco” (RAAS). El proyecto estuvo a cargo del Dr. Humberto González Chávez, del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y fue financiado por el Consejo Nacional de



Figura 1. Ubicación de la comunidad de Agua Caliente, municipio de Poncitlán, Jal. dentro de la ribera de Chapala y en relación a la zona metropolitana de Guadalajara, Jal. Elaboración propia.

Ciencia y Tecnología de México (CONACYT).

Se consideró exclusivamente a las comunidades de Chalpicote y Agua caliente, y entre las estrategias se incluyeron desayunos escolares en primarias y la secundaria de dichas comunidades.

Dentro de los objetivos, el proyecto global pretendía desarrollar un sistema sustentable que permitiera mejorar la alimentación de las comunidades, ya que se detectaron niveles de desnutrición considerables. A través de un colaborador del proyecto, el Dr. José de Jesús Hernández López de El Colegio de Michoacán (COLMICH), se encontró a la familia Santiago de la localidad que estaba interesada en aprender a cultivar bagre (*Ictalurus dugesii*), especie muy apreciada en la región. El paso final fue la invitación para participar a la Dra. Claudia Alvarado Osuna del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), quien contaba ya con una jaula experimental dentro del lago de Chapala y el conocimiento del cultivo de peces en esa región.

Cabe mencionar que desde el inicio del proyecto se planteaba la duda sobre la presencia de metales pesados en el agua y los peces del lago. Chapala se ha señalado previamente con problemas de eutrofización y contaminación de aguas, ¿se puede obtener pescado inocuo y libre de metales pesados haciendo acuicultura en sus aguas? La Dra. Claudia Alvarado tiene una trayectoria de más de 10 años en el estudio de la acumulación de metales pesados en los peces del lago de Chapala, tanto en peces silvestres como peces cultivados, su distribución en los

diferentes órganos de los animales y en diferentes etapas de vida, permitió confirmar la posibilidad de contar con producto de calidad y saludable para consumo humano. Con esta información se llevó a cabo el subproyecto Acuicultura en Chalpicote dentro del macroproyecto RAAS.

Acuicultura en Chalpicote tuvo como objetivo desarrollar las capacidades para el cultivo de bagre en las comunidades a fin de mejorar su nutrición, específicamente mejorar el consumo de proteína de origen animal mediante la producción de pescado. En un inicio el proyecto RAAS aportó el recurso para el arranque del cultivo, alimento, alevines, suplementos, redes, implementos y gasolina para las lanchas que deben alimentar a los peces en la jaula.

Los logros alcanzados por el subproyecto han sido múltiples, entre ellos la colaboración interinstitucional, la construcción de conocimiento a partir del reconocimiento y valorización de los saberes locales, la transferencia tecnológica con respeto a las costumbres, tradiciones y ritmos de los interlocutores locales. Esto se tradujo en estrategias para garantizar un acceso a la población de las investigaciones científicas a fin de garantizar la apropiación y aplicación de los mismos, de tal suerte que se transitara de un escenario original menos ventajoso a otro con mejores condiciones.





2. Chapala y el mercurio en peces

El lago de Chapala es el más extenso de México. Se encuentra ubicado entre los estados de Jalisco (86%) y Michoacán (14%). En su ribera existen cerca de 2500 familias que se dedican directamente a la pesca para venta y autoconsumo, siendo este tipo de proteína la principal, pero en muchos casos la única.

En la región las actividades piscícolas mantienen un desempeño rústico, sin especialización ni modernización; la captura de pescado sigue métodos tradicionales, no tecnificados, con pocos implementos como son las redes tipo nasa charalera, la red agallera, el palangre, e incluso algunas artes ilegales como la atarraya y la manguadora. La productividad, debida en parte a las tecnologías utilizadas, es

baja, además de promoverse la captura de peces pequeños que no se han reproducido, conduciendo de esta manera a la disminución de la población de estos.

Las principales especies capturadas para consumo son tilapia (55%), carpa (34%) y el restante de charal y bagre (11%) (SAGARPA, 2014). Numerosos reportes mencionan una reducción en la producción acuícola, motivo por el cual existen programas de resiembra de

peces por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del estado de Jalisco (SADER) y de la Universidad de Guadalajara, aunque no se cuenta con estudios sobre la sobrevivencia de estos, ni tampoco con respecto al éxito alcanzado con dichas acciones (Moncayo *et al.* 2012; Panorama acuícola 2017; UdeG, 2023).

El pescado posee cualidades alimenticias extraordinarias, excelente fuente de proteína de

alta calidad, muy bajo contenido de grasa saturada dañina, pero alto en ácidos grasos saludables omega-3, cuyo consumo ha demostrado beneficios en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, posee actividad antiinflamatoria y favorece el desarrollo neurológico del cerebro humano (Fonseca *et al.*, 2012; Mozaffarian y Rimm, 2006). En paralelo, el pescado tiene como aspecto de vigilancia en el área de inocuidad alimentaria la presencia de

Las principales especies capturadas para consumo son tilapia (55%), carpa (34%) y el restante de charal y bagre (11%) (SAGARPA, 2014)

mercurio (Hg). El Hg a elevadas concentraciones es tóxico ya que ocasiona serias afectaciones al desarrollo psicomotriz y la memoria. La etapa de mayor riesgo para la población consumidora de pescado es

durante la gestación (FDA, 2014). En México la NOM-242-SSA1-2009 establece que los límites permisibles de Hg en pez, dependiendo de la especie, son entre 0.5 a 1.0 partes por millón (ppm).



Figura 2. Ciclo de transformación química, bioacumulación y biomagnificación del mercurio a través del medio ambiente y hasta llegar a los peces. Fuente: Elaboración propia.

Mercurio inorgánico Hg (0). Mercurio inorgánico valencia 2+ Hg(II). Mercurio orgánico metil-mercurio MeHg.

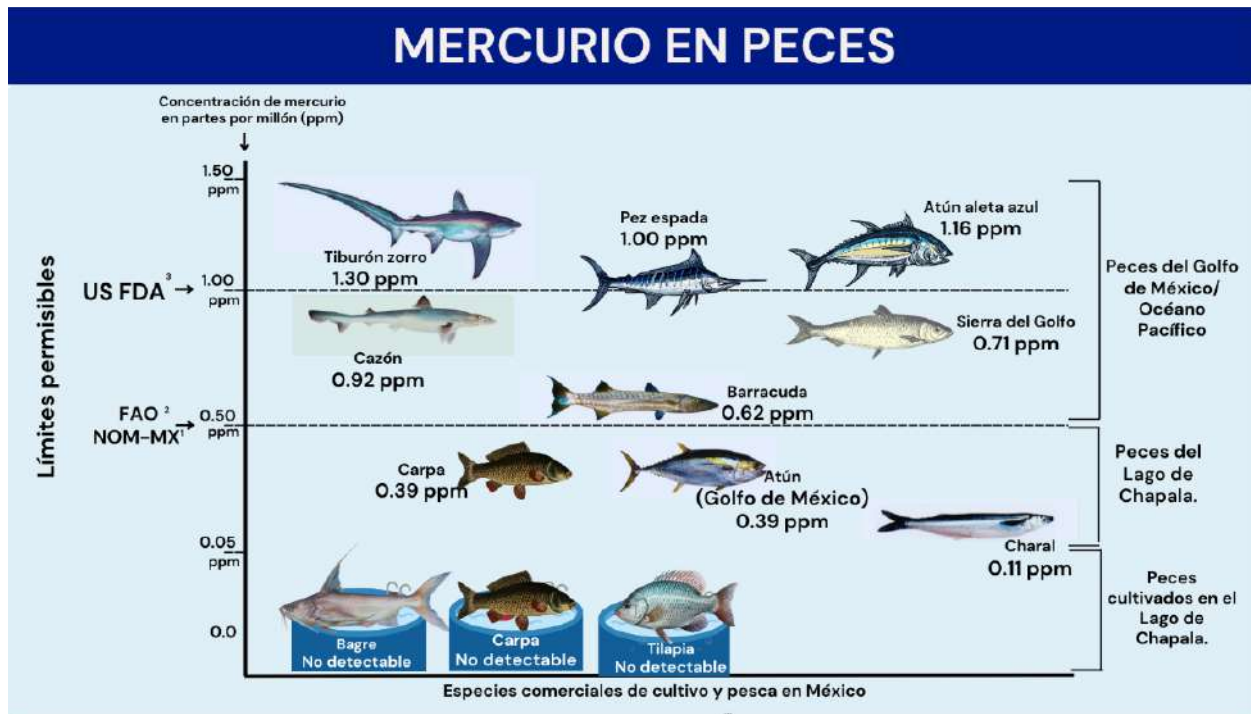


Figura 3. Concentraciones de mercurio en ppm para peces capturados en aguas del Pacífico mexicano, del Golfo de México y del lago de Chapala. Fuente: elaboración propia.

¿Cómo llega el Hg a los peces? ¿Cuánto Hg tienen los peces de Chapala? La **Figura 2** ilustra los mecanismos generales por los cuales el Hg llega a los peces en todo el planeta. El Hg se encuentra presente en la atmósfera, en las emisiones volcánicas y también es producto de actividad humana a través de la industria minera, metal-mecánica, industria papelera, tratamiento de desechos y producción de carbón. Al principio el Hg inorgánico (Hg 0) llega a ríos, lagos y mares, pero no se absorbe por los seres vivos. Este Hg inorgánico entra al agua y se asienta en el fondo de lagos y mares, donde puede permanecer en los sedimentos. Los microorganismos en el

sedimento transforman el Hg (0) en Hg (II) y posteriormente a metil-mercurio (Me-Hg). Este paso se llama metilación del Hg y es clave para convertir al Hg en una forma orgánica absorbible para animales superiores. Algo importante a considerar es que la vía de entrada de Hg a los peces es mediante el alimento, dentro del organismo el metil-mercurio se acumula en tejidos comestibles del pez a lo largo de su vida, lo que se denomina bioacumulación. También ocurre otro proceso, la biomagnificación, que es cuando un pez que come peces que tienen Me-Hg en sus tejidos suma el contenido de Hg que trae su comida y lo acumula, como se ilustra en la **Figura 2**. Como

resultado de esta biomagnificación, la concentración de Hg total en carnívoros es superiores que la de peces herbívoros de su alrededor, pero cientos de veces mayores que las concentraciones de Hg del agua en la que viven (Morel *et al.*, 1998).

La **Figura 3** ilustra las concentraciones de Hg reportadas en peces de mares mexicanos, así como de diferentes especies pescadas en el lago de Chapala. El grupo de investigación de CIATEJ ha realizado estudios en los peces y los resultados se resumen en dicha figura.

Se han realizado diferentes estudios tanto de capacidad de carga, como sobre metales pesados en el lago de Chapala, en peces, agua y sedimentos. De esta manera se ha determinado que existen regiones dentro del lago con condiciones apropiadas para la acuicultura (SAGARPA, 2014; Stong *et al.*, 2013; Alvarado *et al.*, 2018). Entre estas encuentra la ribera del municipio de Poncitlán, que incluyen las comunidades Chalpicote y Agua Caliente (Figura 1), donde se ejecutó el proyecto.

La **Figura 3** ilustra que los peces “cultivados” en Chapala están libres de Hg, porque fueron alimentados con una

dieta balanceada y sin Hg. La región donde se ha incursionado en acuicultura hasta el momento abarca la ribera norte, desde el poblado de Chapala y hasta la comunidad de Chalpicote.

La primera incursión sobre acuicultura dentro del lago de Chapala fue propuesta por la asociación civil Luz de Malla durante los años 2011-2012, en la cual se prestaron a comodato cuatro jaulas flotantes para la comunidad de Mezcala (Luz de Malla, 2017). Una segunda iniciativa estuvo a cargo de investigadores de CIATEJ durante 2014, mediante la cual se instaló una jaula flotante experimental frente a la comunidad de Chapala, con el fin de realizar estudios de metales pesados en peces: bagre, carpa y tilapia (Alvarado *et al.*, 2018; Alvarado *et al.*, 2021). A partir de estos estudios, se pudo demostrar la posibilidad de obtener producto libre de metales pesados en el lago de Chapala.

El presente documento contiene una síntesis de los aprendizajes en el cultivo de peces en Chapala y su replicabilidad a unidades familiares para contribuir a la reducción de la desnutrición y mejoras en la economía.

3. Generalidades de los peces

El cuidado adecuado de los peces cultivados es fundamental para garantizar un crecimiento saludable, minimizar las pérdidas y obtener un producto de calidad de manera rentable. Las experiencias de acuicultura en el Lago de Chapala han incluido incorporación directa de los alevines a jaulas dentro del lago, como fue el caso de la experiencia de Luz de Malla en Mezcala. La experiencia de CIATEJ es una etapa de cultivo previa a la introducción de los peces al lago, lo cual incrementa la sobrevivencia de los mismos. Por tal motivo, se describirá en el presente libro una etapa corta de crecimiento en estanque donde se introducen alevines de aproximadamente 1 a 3 pulgadas, para posteriormente trasladar

al lago cuando alcanzan los 30 g de peso corporal.

Dentro del lago se han introducido diversas especies exóticas como carpa (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis aureus* y *niloticus*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y lobina (*Micropterus salmoides*) (Moncayo et al., 2012). Las tres primeras se han intentado cultivar en jaula o bien en estanque alrededor del lago, pero solo el bagre ha demostrado ser financieramente costeable, debido a los gastos de producción asociados a compra de alevines, alimentación, gastos de luz para aireación de estanque, gasolina para lanchas, así como adquisición de suplementos y medicamentos. La información del presente libro puede ser utilizada para la acuicultura de cualquiera de las especies mencionadas.



3.1 Ciclo de vida del pez

En el cultivo de peces es esencial conocer las etapas de vida del pez para brindarles un ambiente adecuado y satisfacer sus necesidades en cada fase. La **Figura 4** resume el ciclo de vida del pez desde el huevo hasta la adultez.

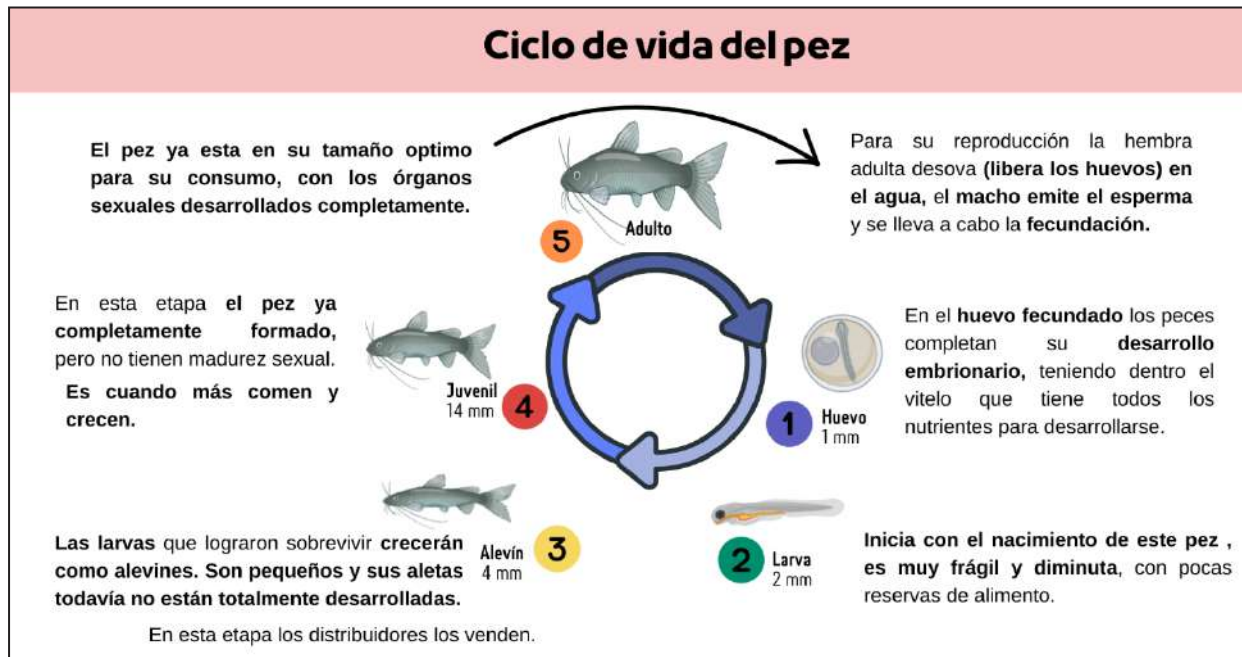


Figura 4. Ciclo de vida del pez. Fuente elaboración propia.



3.2 Alimentación en acuicultura

El concepto de acuicultura consiste en contener organismos acuáticos en un espacio confinado e incluye una amplia gama de estilos, incluso se considera la siembra de peces en lagos y presas como acuicultura sin jaula. Para los fines del presente libro, se considerará la acuicultura como el cultivo de peces en estanque y en jaula dentro del lago.

Debido a que en nuestro sistema los peces se mantienen confinados, es indispensable proveer de alimento, mismo que debe estar balanceado para sostener un crecimiento óptimo, fortalecer el sistema inmune y la resistencia a las agresiones ambientales. La **Figura 5** presenta las recomendaciones nutricionales de acuerdo a la fase del pez, desde alevines hasta adultos. La dieta comercial está diseñada para prio-

rizar el crecimiento y la salud del pez y se presentan las proporciones de macronutrientes ideales por etapa. La proteína es el mayor y más importante elemento en las etapas iniciales del desarrollo del pez, considerando una moderada, pero necesaria ingesta de carbohidratos y grasas en cada período (Carta Nacional Acuícola, 2012; Robinson et al., 2001).

Los pescadores de la región suelen utilizar tortilla como carnada para atraer

Adicionalmente cabe señalar que los bagres necesitan de cuevas, naturales o artificiales, para su reproducción. Las hembras ponen fresas de hueva que es fertilizada por el macho y es cuidada por la hembra hasta su eclosión. Esta especie no se reproduce en jaulas.

peces a las nasas con las que captura charal. Se ha observado que proponen con frecuencia la sustitución del alimento balanceado por

tortilla argumentando que engordan más rápido; sin embargo, la **Figura 5** muestra que esta es deficiente en proteína, grasa y minerales, por lo que no se recomienda en acuicultura.



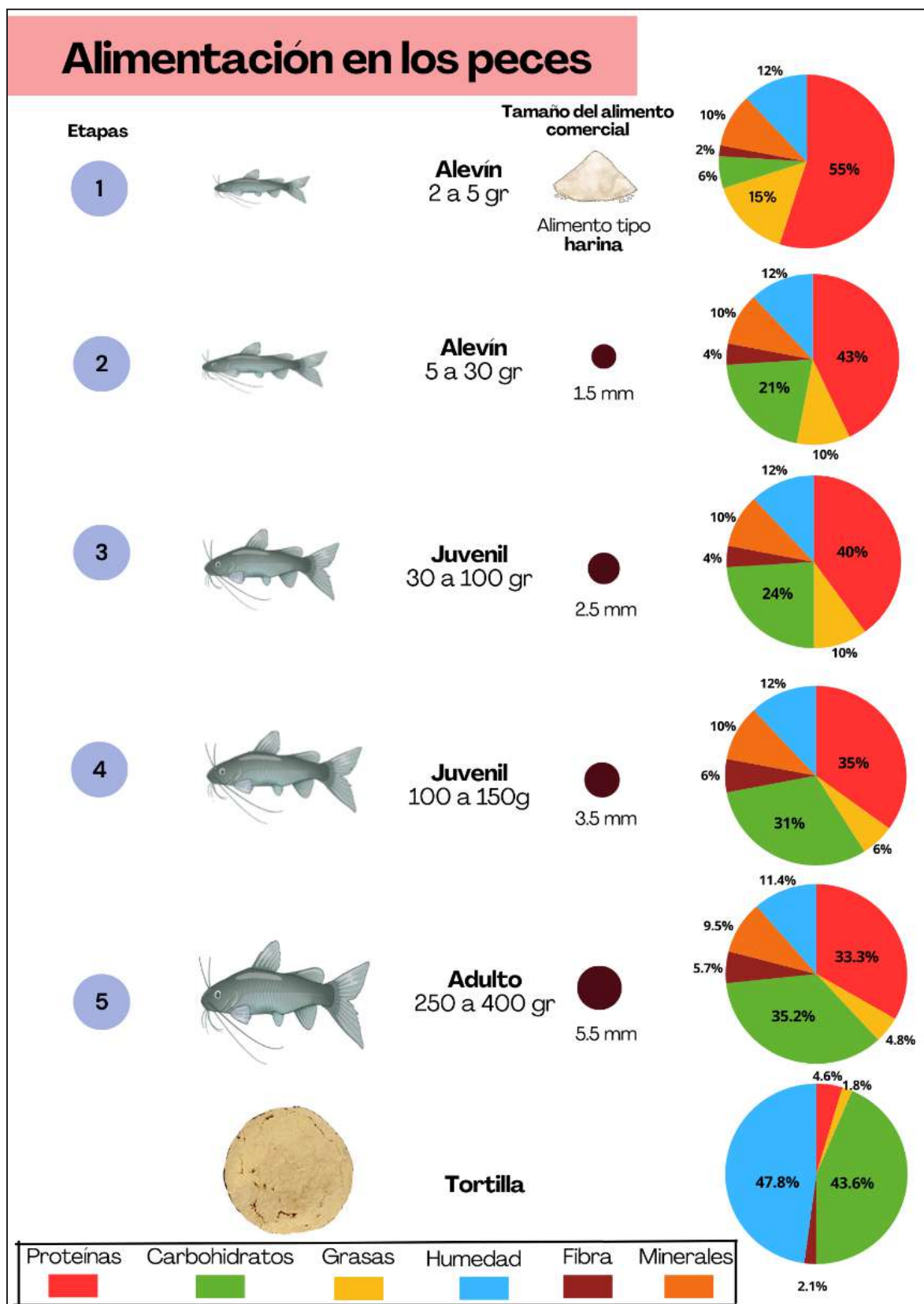


Figura 5. Comparativo de macronutrientes en la alimentación balanceada para peces por etapa en contraste con los contenidos en la tortilla. Fuente: Muñoz et al., 1996; Robinson et al., 2001.

4. Cultivo en estanque

El cultivo de peces en estanques es una técnica que permite controlar algunos elementos ambientales como la calidad del agua, a fin de optimizar el crecimiento y la salud de los peces. De manera particular, para el lago de Chapala, que forma parte de una cuenca muy extensa denominada Lerma-Santiago, se trata de un lago retador, por lo que el monitoreo de algunos parámetros de la calidad del agua debe evaluarse, ya que se han reportado compuestos contaminantes que pueden comprometer la vida acuática.

El río Lerma desemboca directamente sus aguas en el lago aportando contaminantes, pero también las poblaciones humanas que habitan en las márgenes del lago contribuyen a su contaminación, principalmente cuando no hay plantas de tratamiento en la zona o cuando ésta no tiene un funcionamiento adecuado. En particular, los estudios realizados en el lago frente a Chapala, Mezcala y Chalpicote, donde CIATEJ ha participado, han mantenido monitoreo de metales pesados, fisicoquímicos y microbiológicos, encontrándose dentro de los parámetros de protección a la vida acuática en México (Ley Federal de Derechos, 2024).

En términos generales, el lago es retador no solo por las condiciones ambientales y climáticas, sino por los contaminantes que llegan con las descargas del río Lerma, así como los escurrimien-

tos de la ribera que, aunque se diluyen en el lago, deben mantenerse monitoreados. En el caso particular del cultivo de bagre (*Ictalurus punctatus*), siendo una especie que carece de escamas, trabajos previos realizados por CIATEJ han mostrado que el realizar una etapa de crecimiento y fortalecimiento de peces en edades tempranas para fortalecer los organismos e introducirlos al lago en un peso de 50 g aproximadamente incrementa notablemente la sobrevivencia y el rendimiento. Las ocasiones en que se han introducido alevines directamente en el lago, la tasa de sobrevivencia ha sido inferior al 50%. Por tal motivo, se incluyen los apartados 4 y 5 referentes al cultivo de bagre.

En la **Figura 6** se resumen los aspectos esenciales que deben monitorearse para la acuicultura en estanque. Se incluyen niveles de oxígeno disuelto, temperatura, pH, amoníaco, nitritos y nitratos, los cuales son cruciales para prevenir problemas como el estrés o enfermedades. Además, se especifican las recomendaciones para la alimentación en función del tamaño de los peces y las estrategias recomendadas de limpieza del estanque para garantizar un ambiente saludable. Esta infografía resalta la importancia del monitoreo constante y la gestión responsable del estanque para maximizar la calidad de vida de los peces.

4.1 Calidad del agua para estanque

Cultivo en estanque

Es la siembra y cuidado de peces en condiciones controladas, se alimenta, protege y controla temperatura y calidad de agua para incrementar la producción.



Se recomienda que la primera etapa de cultivo se lleve a cabo en estanque, sobre todo cuando las condiciones del agua en lago estén en el límite microbiano. El objetivo es el aumento de tamaño que mejora la oportunidad de sobrevivencia del pez ante un medio ambiente retador.

Parámetros a monitorear

- Medición de oxígeno:** Medir de 2-3 veces al día y cuando se observe a los peces boquear. Vigilar que el oxígeno este mínimo a 4ppm. Debajo de este nivel es necesario oxigenar el agua.
- Medición de temperatura:** Solo para monitoreo. Cuando la temperatura esta debajo de 15°C los peces no comen y su crecimiento no es rápido.
- pH/Amoníaco:** El amonio se relaciona con el pH:
 - Cuando el pH este entre 7-7.5 el amonio toxico es a partir de 5 ppm.
 - Cuando el pH se encuentre entre 8-9, el amonio toxico es a partir de 2.5 ppm.
 - Cuando el pH sea mayor a 9.5 el amonio toxico es a partir de 1 ppm y se deberá de reducir el pH con acido cítrico, en caso de que supere 1 ppm.



Medidor de oxígeno
Potenciómetro



Kit para pruebas de amonio en agua

Alimentación en peces

Esta será de acuerdo al tamaño del pez en gramos y se les proporcionara por el pescador de 2 a 4 veces al día.

| Tamaño del pez (gr) | Tamaño del alimento comercial |
|--|-------------------------------|
| Alevín 2 a 5 gr | Tipo harina |
| Alevín 5 a 30 gr | 1.5 mm |
| Alevín - Juvenil 30 a 100 gr | 2.5 mm |

Limpieza del estanque

- Recambio ligero. Mantenimiento. Retiro de una cubeta de agua del fondo del estanque con excretas del pez, 2 a 3 veces por semana.
- Recambio fuerte. Recambio de agua potable: 10% de su capacidad.

Agua del estanque

El estanque se debe llenar con agua de pozo. Puede ser con agua potable pero checar el cloro que no esté alto. Cuando se utilice agua del lago se tienen que medir los Coliformes fecales: menores a 1000 (NMP/100 ml).

Figura 6. Aspectos relevantes a considerar para el cultivo en estanque durante la primera etapa del cultivo.

Fuente: Arriaga J.J. 2014.

El agua que se recomienda para el crecimiento de alevines en estanque es la de pozo que cumpla los lineamientos de calidad de agua de la Ley Federal de Derechos (LFD, 2024) para Uso 1: Fuente de abastecimiento para uso público urbano. Cuando no se dispone de agua de pozo, podría considerarse agua potable de la red municipal siempre y cuando el cloro residual libre se mantenga a concentraciones por debajo de 1.5 mg/L para que sea compatible con los peces y que cumpla con la NOM-127-SSA1-2021.

Cuando no se cuente con agua suficiente para el llenado del estanque y solo se pueda utilizar agua del lago, deberán cumplirse mínimamente las especificaciones sanitarias físicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados que se mencionan en la LFD para uso 3: Protección a la vida acuática. La **Tabla 1** muestra los parámetros que deben cumplir los diferentes tipos de agua a emplearse en la etapa de estanque.

Tabla 1. Selección de parámetros de calidad de agua para utilización en estanque.

| Parámetro | Uso urbano (LFD uso 1) ^{*1} | Agua potable NOM-127 ^{*2} | Agua dulce (LFD uso 3) ^{*1} | Lago de Chapala (2010-2020) ^{*3} |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| pH | 6.5 – 9.0 | 6.5 – 8.5 | 6.5 – 8.5 | 8.0-8.9 |
| Dureza (mg CaCO ₃) | 400 | 500 | >20 | 213 - 442 |
| Cloruro o Cloro residual libre (mg/l) | Cl ⁻ 250 | Cl residual 0.2 - 1.5 | Cl ⁻ 250 | < 0.1 |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | 5 | 11.0 | -- | 0.22 – 0.62 |
| NO ₂ ⁻ (mg/l) | 0.05 | 0.9 | -- | < 0.02 – 0.04 |
| NH ₄ ⁺ (N-NH ₃) mg/l | -- | 0.5 | 0.06 | < 0.5 |
| Sólidos disueltos | 500 | 1000 | -- | 424 - 696 |
| SO ₄ ²⁻ (mg/l) | Lfd 250 | 400 | -- | 98 - 341 |
| Cu (mg/l) | 1.0 | 2.0 | 0.05 | <0.010 – 0.029 |
| Cd (mg/l) | 0.1 | 0.003 - 0.005 | 0.004 | 0.00001-0.000019 |
| Fe (mg/l) | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 0.291 – 0.609 |
| As (mg/l) | 0.05 | 0.01 - 0.025 | 0.2 | 0.009 - 0.015 |
| Hg (mg/l) | 0.001 | 0.006 | 0.0005 | <0.001 – 0.003 |
| Pb (mg/l) | Lfd 0.05 | 0.01 | 0.03 | 0.00033-0.0004 |
| Coliformes fecales (ufc/100 ml) | 1000 | < 1 | 1000 | 2 - 1600 |

*1 Ley Federal de Derechos Lineamientos de calidad de agua

*2 NOM-127-SSA1-2021

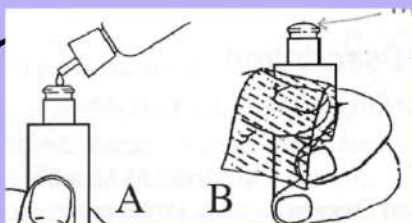
*3 Histórico de monitoreos realizados por CIATEJ sobre agua del Lago de Chapala.

4.2 Oxígeno disuelto

Oxímetro y su cuidado

Cuando el oxímetro marque el error 4. 6 o falta de calibración es tiempo de hacer mantenimiento en el sensor del oxímetro:

- Reemplazo de membrana
- Cambio de la solución de Cloruro de Potasio (KCl)

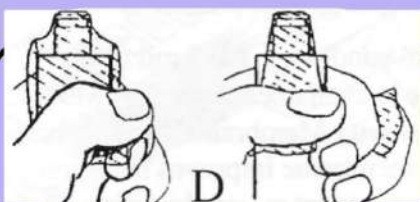
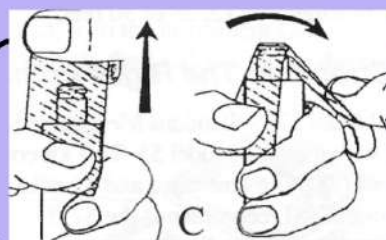


Paso 1

Agregue la solución saturada de Cloruro de Potasio al sensor hasta cubrirlo por completo. Enseguida tome la membrana sosteniéndola con apoyo del pulgar y el dedo índice tomando el extremo libre de la membrana.

Paso 2

Estire la membrana hacia arriba por encima del sensor hasta tapar por completo la punta del sensor



Paso 3

Asegure el extremo de la membrana, manteniéndola fija.

Paso 4

Coloque el empaque de hule sobre el extremo del sensor, teniendo cuidado de no tocar la superficie de la membrana y de que no se le vean burbujas de aire. Por último recorte el exceso de la membrana, quedando solo cubierta la parte externa del sensor y enjuague con agua limpia, sin tocar.

- Vuelva a colocar el protector del sensor y verifique que si este funcionando y calibrando correctamente.

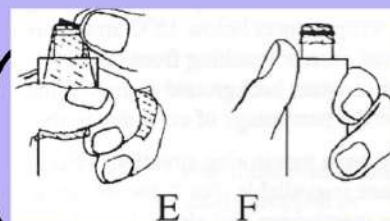


Figura 7. Infografía del oxímetro y su cuidado e instrucciones para el reemplazo de la membrana del sensor. Fuente: instructivo de uso de oxímetro YSI modelo 55.

El monitoreo continuo de O₂ disuelto en el estanque varias veces al día es indispensable para la supervivencia de los peces en estanque, a diferencia del lago en donde el oleaje constante mantiene una concentración adecuada de O₂. El instrumento para medición de oxígeno (O₂) disuelto en el agua se llama oxímetro y se muestra un ejemplo en la **Figura 6**. El resultado de O₂ se expresa en dos escalas: partes por millón (ppm) y porcentaje de saturación (%), que se define como el porcentaje de oxígeno disuelto en un litro de agua. El valor mínimo de O₂ en estanque debe de ser de 4 ppm o 59 % de saturación, debajo de ese nivel será necesario oxigenar el agua mediante aereación.

Existen circunstancias en las que el oxímetro deja de funcionar y aparecen errores en la pantalla del equipo. Entre las causas más frecuentes se encuentra la ruptura de la membrana del sensor y es indispensable realizar un cambio. La **Figura 7** muestra los pasos para el cambio de membrana.

4.3 pH y amoníaco

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. La escala de pH se expresa en un rango entre 0 a 14 en el cual 7 representa la neutralidad.

Valores por debajo de 7 son ácidos, y por arriba de 7 son alcalinos. El rango óptimo para realizar acuicultura se encuentra entre 6.5 a 9.0, fuera de este rango los peces pueden tener cambios de comportamiento como la pérdida del apetito, la cual retrasaría su crecimiento (García y Clavario, 2008). El pH del lago de Chapala es entre 8.5 a 9.7, es decir, muy alcalino y representa una de las razones por las cuales el lago es retador. A pesar de esto, los organismos acuáticos logran adaptarse siempre y cuando sean fuertes.

El nombre del aparato utilizado para medir el pH es el potenciómetro. Debajo de un pH 5 y arriba de 10 se afecta la integridad de las mucosas de los peces y comienzan a presentarse lesiones. La **Figura 6** muestra un ejemplo del equipo utilizado en su medición.

El amonio (NH₄⁺) y el amoníaco (NH₃) son las sustancias tóxicas más peligrosas en el cultivo en estanque. Estos compuestos provienen de las heces fecales de los peces, de peces muertos, del alimento no consumido y de la descomposición de toda materia orgánica que llega al estanque. Por tal razón es indispensable mantener un monitoreo continuo a fin de determinar el momento en que podría resultar tóxico para los peces.

El análisis de amonio se realiza en campo, con un kit de reactivos que utilizan la reacción de Nessler para desarrollar un color amarillo de intensidad directamente proporcional a la cantidad de amonio. La reacción es muy sencilla y consiste en adicionar el reactivo de Nessler directamente al agua a analizar, mezclar, dejar que la reacción se efectúe y se compara el color del resultado con un patrón colorido contenido en el kit que indica la concentración de amonio. Existen numerosas marcas, la experiencia de los autores es el kit HI 3824 de Hanna.

La **Figura 6** en el recuadro de “parámetros a monitorear” muestra un resumen para determinar la toxicidad del amonio. La remoción del amonio se logra mediante retiros de las heces en el fondo del estanque, lo que se denomina recambios de agua. Otras acciones que promueven el control del amoníaco son la aireación del estanque y el retiro de basura. La **Figura 6** en el apartado “limpieza del estanque” muestra un resumen de las acciones.

La limpieza del estanque debe de realizarse de forma cotidiana. Inicialmente cuando se observe una elevación

de la concentración de amonio, se debe retirar al menos una cubeta de las heces fecales en el fondo diariamente, para un estanque de entre 6 a 9 m de diámetro o de largo. Entonces antes de alimentar a los peces por la mañana, abrir los registros de cada estanque (flushing) durante 1 minuto para permitir la salida de los sólidos sedimentados y evitar que los desechos se acumulen e intoxiquen a los peces. Algunos expertos también indican que en cada toma de alimento debe eliminarse este fondo para mejorar la calidad de agua en estanques. Adicionalmente a lo anterior, se recomienda realizar cada semana un recambio de agua de entre 10 al 30% del volumen total del estanque.

4.4 Salinidad del agua

El empleo de sal en grano (NaCl) tiene grandes beneficios para el control de microorganismos en el estanque, promueve la estabilidad de las mucosas y reduce las infecciones en los peces, contribuyendo de manera general a la salud de los organismos. La **Tabla 2** resume algunos beneficios de la incorporación de sal en grano al agua en función de la concentración (Kubitza, 2016).

Tabla 2. Beneficios de la incorporación de sal al agua en la acuicultura.

| Durante qué situación se utiliza | (ppm o g/L) | Tiempo de exposición |
|--|-------------|--|
| En el agua de transporte | 5 a 8 | Indefinido. Durante el tiempo entero de transporte. |
| Para tratar una infección ya establecida de <i>Flavobacterium</i> (deterioro de aletas / boca de algodón) y / o <i>Saprolegnia</i> (hongos). | 20 a 30 | Baños cortos (10 a 30 minutos, dependiendo de la tolerancia de los peces). |
| Para el control de algunos parásitos y trematodos de branquias y piel. | 50 | Inmersiones muy cortas (30 segundos a 3 minutos). Para infecciones severas en las que será difícil repetir el tratamiento. |

4.5 Siembra de la cría

La adquisición de crías (alevines) de entre 1 a 2 pulgadas, para el caso de bagre, se recomienda realizar a más tardar en julio, a fin de que los peces tengan buen tamaño antes de la llegada de los meses fríos. En la **Tabla 3** se mencionan los distribuidores de bagre que se conocen, seguramente la oferta crecerá con

el tiempo. En el caso de cría de tilapia para engorda, se debe buscar hormonada o revertida. Una vez que se acuerde con el proveedor la fecha de llegada, los lotes deben recibirse a pie de granja, envasados en bolsas de plástico o en cisternas con equipo auxiliar de oxigenación (ver **Figura 8**).

| Distribuidor | Tipo de cría | Ubicación | Contacto |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|--|
| Aquamol Fish Farm | Bagre y Tilapia | Jamay, Jal. | 3337198590 https://www.aquamol.mx/ |
| Ventarrón Tilapia | Tilapia | Tlajomulco de Zuñiga, Jal. | https://www.facebook.com/share/1EyJigFuSn/ |
| Saúl Ruiz Martínez | Tilapia y Bagre | Guadalajara, Jal. | |
| PINAGRO | Tilapia | Tototlán, Jal. | www.pinagromx.com |
| Francisco Arregui | Bagre | Ixtlán de los Hervores, Mich. | |
| Centro Acuícola Tizapán el Alto | Bagre y Tilapia | Tizapán el Alto, Jal. | 3330300600 ext. 56166 56173 y 56169 https://sader.jalisco.gob.mx/centros-acuicolas |
| Centro Acuícola Clavellinas | Tilapia | Tuxpán, Jal. | 3330300600 ext. 56166 56173 y 56169 https://sader.jalisco.gob.mx/centros-acuicolas |
| Centro Acuícola El Nogal | Carpa y Lobina | Tapalpa, Jal. | 3330300600 ext. 56166 56173 y 56169 https://sader.jalisco.gob.mx/centros-acuicolas |

Tabla 3. Distribuidores de cría de pez de agua dulce para producción acuícola de consumo humano cercano a la región de Chapala.

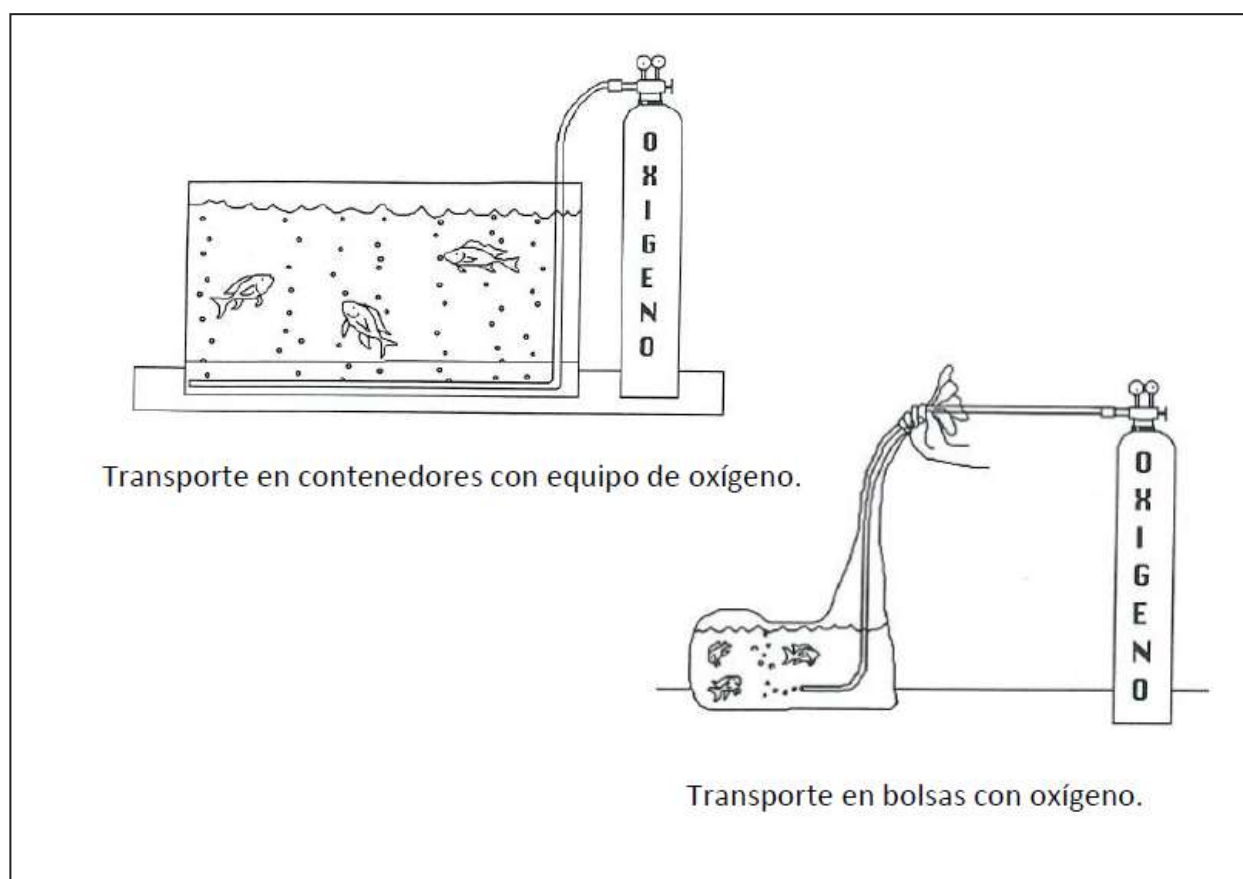


Figura 8. Ejemplos de transporte de peces con oxigenación, en contenedores o bolsas. Fuente: Arriaga, J.J. (2014).

Al momento de recibir las crías se deben revisar las condiciones generales de llegada. Se han observado numerosas deficiencias como bolsas con fugas de agua o falta de aire, lo que provoca mortalidad alta post transporte. Se deben inspeccionar los organismos en relación a determinar su movilidad y mortandad en caso de que exista.

Las bolsas o contenedores se colocan en los estanques donde deben permanecer entre 15-30 minutos al menos para aclimatación de la temperatura. Posteriormente, se abren las bolsas para su liberación. Es necesario contar la can-

tidad de organismos que llegan, puede ser contando una bolsa como muestra representativa o bien manualmente todos los peces. Esto dependerá de si la unidad de producción cuenta o no con personal experimentado en el manejo de peces a fin de no maltratar las crías. Hay que considerar que los bagres tienen una espina dorsal que se atora con facilidad en tela o redes y debe tenerse cuidado de no dañar al pez.

Con el fin de lograr la máxima sobrevivencia antes de sembrar, se recomienda aplicar un tratamiento preventivo de sal a concentraciones de hasta 10

ppm por 15 minutos en la cubeta donde se encuentran los peces y con el fin de eliminar parásitos de las agallas. Siempre se debe sembrar un 10-20% más de los peces que pretendamos cosechar, debido a la mortalidad.

4.6 Causas de muerte en los peces de estanque

La presencia de enfermedades en cualquier sistema de crianza de animales es de las principales causas de merma para la productividad. Las enfermedades originan una limitación del crecimiento de inicio, pero pueden llevar a la mortandad de los organismos si no son controladas de manera adecuada. La **Figura 9** resume las causas de muerte más observadas en las iniciativas acuícolas del lago de Chapala. Un deficiente monitoreo de las concentraciones de O₂ y amonio en el estanque incrementa la susceptibilidad de los animales para las infecciones ya que, adicionalmente, el estrés reduce la capacidad del sistema inmune.

Un manejo adecuado y una temperatura óptima de entre 24 a 28 °C, en el

caso del bagre, son imprescindibles para el mejor crecimiento y para evitar enfermedades (Carta nacional acuícola, 2012).

4.7 Traslado del estanque al lago

Es importante realizar el traslado de peces del estanque al lago cuando se alcance un peso de por lo menos 40 g por individuo, lo que asegura que el pez es lo suficientemente fuerte para sobrevivir al traslado y a las condiciones del lago.

El procedimiento general es reducir el volumen del estanque a un 10% de original, atrapar los peces con atarraya o con redes de cuchara, colocarlos en cubetas o tambos con acceso a aireación, meterlos a la lancha y conducir a la jaula dentro de la laguna donde se depositarán los especímenes.

El video de YouTube denominado *Acuicultura para comunidades de Chalpicote y Agua Caliente en la ribera de Chapala*, ilustra el procedimiento general de traslado del estanque al lago: <https://www.youtube.com/watch?v=qP-f4dC0PUDQ>.

CAUSA DE MUERTE EN LOS PECES

Diversas causas pueden originar la muerte de los peces en estanques como son falta de oxígeno, exceso de amonio o infecciones.

OXÍGENO

Cuando los niveles de oxígeno en los estanques disminuyen por abajo de 4 ppm los peces empiezan a boquear, dejan de comer, se estresan y comienzan a morir. Si esto pasa es necesario incrementar la oxigenación con difusores o burbujeo. Es indispensable usar el oxímetro para medir el oxígeno varias veces al día. El punto crítico es entre 2 a 3 de la madrugada, momento en el cual el oxígeno se agota.



AMONIO



El amonio es una sustancia tóxica producida por el aumento de materia orgánica y excremento de los peces. Cuando el amonio alcanza entre 1.5 - 4.0 ppm, los peces reducen su alimentación y empiezan a enfermarse. Se recomienda hacer recambio de agua: retirar las excretas del fondo del estanque y recuperar su volumen con agua limpia. Además, agregar sal de mesa (NaCl) a concentración de 3 kg/m³ para mejorar la resistencia de los peces al amoniaco.

ENFERMEDADES

Existen diferentes circunstancias que pueden afectar a los peces, entre las que están: infecciones o cambios ambientales, que pueden provocar problemas de salud.

1. Infecciones por organismos patógenos (bacterias, virus y hongos), estas pueden ser: Infecciones en la piel o Infecciones internas. Si esto pasa será necesario contactar a Sanidad Acuícola.
2. Estrés causado a los peces por exposición a un factor ambiental externo: cuando se cambian del estanque al lago y cuando se reducen los niveles de agua por manejo del amoniaco.
3. Alimentación inadecuada de los peces.



Figura 9. Causas de muerte en peces en acuicultura de estanque y lago. Fuente. elaboración propia

5. Cultivo en Lago

5.1. Jaulas flotantes

Las jaulas flotantes son estructuras constituidas por una bolsa malla, un marco de soporte, flotadores, tapa (evitar la depredación de aves), lastre y un sistema de anclaje (fijación). La bolsa puede ser construida de paño pesquero o malla de nylon de $\frac{1}{2}$ pulgada y calibre 9. El marco, generalmente, es cuadrado o circular, hecho de tubería de PVC o manguera de poliducto. La tapa tiene un marco para sostener la malla plástica o el paño pesquero; su función es sellar la jaula evitando fugas o depredación por aves. El lastre sirve para mantener estirada la bolsa hasta su máxima capacidad. El sistema de anclaje o fijación se utiliza para evitar el desplazamiento o arrastre por efecto de las corrientes y pueden utilizarse bloques de concreto (Carta Nacional Acuícola, 2012).

Existen variaciones de jaulas flotantes, pero con la que se tiene mayor experiencia es con la que aparece en la **Figura 10**, la cual es circular y está constituida por tres aros de PVC y una malla de $\frac{1}{2}$ pulgada y calibre 9, lo que facilita la entrada constante de la corriente de agua que ayuda con una oxigenación adecuada y además evita la acumulación de excremento.

5.2. Seguimiento durante el cultivo en lago

Es importante mantener una vigilancia constante de los peces en lago, principalmente ante la presencia de señales de enfermedad o infección para poder intervenir en el momento oportuno. En la Tabla 4 se observa una comparativa entre los parámetros que se supervisan en estanque y lago.

Tabla 4. Comparativa de parámetros a supervisar en estanque y lago.

| Parámetro | Estanque | Lago |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Oxígeno | Sí | No |
| pH | Sí | No |
| Amonio | Sí | No |
| Temperatura | No | Sí, por debajo de 15° peligro |
| Salinidad | Sí, cuando hay infección | No |
| Cloro libre | Sí, antes de llenar el estanque | No |

Por otra parte, la alimentación es el punto principal que se debe seguir durante el desarrollo de los peces, si esta no es suficiente el crecimiento de los peces será deficiente y lento. En el capítulo 3.2 se mencionó el tema de la alimentación y la Figura 4 muestra un resumen de las características del alimento balanceado en relación a la edad del pez y el tamaño de la croqueta. Por ejemplo, en el caso de un pez de entre 100 - 230g, le corresponde una croqueta con un diámetro

Cultivo de peces

Cultivo en lago



Cuando los peces pasan a la etapa juvenil y han adquirido un peso mínimo de 50 g se transfieren del estanque al lago para su engorde y sean aptos para su consumo.



Alimentación en peces

La alimentación será de acuerdo al tamaño del pez en gramos y se les proporcionará por el pescador de 2 a 4 veces al día.

Se les da el alimento, se espera que se los coman y se les vuelve a dar alimento. Se les deja de aventar cuando ya no salen a comer.

| Tamaño del pez (gr) | Tamaño del alimento comercial |
|--|-------------------------------|
| Alevín - Juvenil 30 a 100 gr | 2.5 mm |
| Juvenil 100 a 250 gr | 3.5 mm |
| Adulto (Venta) 250 a 400 gr | 5.5 mm |

Cuando ya hay infección y se quiere saber la mortalidad, es necesario contar el número de peces muertos diarios y si el número va en aumento será necesario comunicarse con **Sanidad Acuicola** y dar antibiótico en el alimento.

Vigilancia de enfermedades

Infecciones de la piel

En el bagre son más frecuentes las infecciones en la piel debido a que no tienen escamas.



Acciones preventivas

- Baños de sal y sal con Sulfato de Cobre.
- Cuando hay llagas se debe usar antibiótico.

Infecciones internas

- Ojos reventados o saltados.
- Hematomas o hemorragias internas, estas se pueden observar en las branquias.



Acciones preventivas

- Se les coloca ajo en polvo o machacado con aceite de cocina y se bate con el alimento.
- Aceite esencial de orégano.

Estas son tomadas como estrategias profilácticas para fortalecer su sistema inmunológico, 1 vez cada 15 días.

Figura 10. Recomendaciones para el cultivo en lago. Fuente: Elaboración propia.

de 3.5 mm. La **Figura 11** muestra un promedio de la cantidad de alimento que se administra a 3000 bagres expresado diariamente, semanal y en costales por semana como ejemplo para una estimación gruesa para los productores. Una estimación más exacta se puede llevar a cabo realizando la biometría que se menciona en el siguiente apartado.

5.3 Biometrías a los peces

El principal indicador para conocer cuando está listo un pez para su recolección es el tamaño, por lo tanto, será importante realizar monitoreos constantes del peso. El objetivo es que los peces alcancen los 400 - 500g para capturarlos, ya que este sería un peso rentable, donde ya se podrá obtener un beneficio económico como resultado de todo el proceso. Al proceso de monitoreo de peso a los peces se le llama biometría.

Una muestra del cardumen que represente al menos entre el 1-2% de la población será capturada con la atarraya atómica. Por ejemplo, si tenemos 2,000 peces en el tanque, con una muestra entre 20 a 40 piezas se considera que tendrá validez estadística la biometría. Una vez que se captura la muestra, se pueden descargar en una tina con agua o ir tomando los peces uno a uno con una cuchara de red. Se toman, pesan y cuentan y se depositan de nuevo en el estanque o en el

lago, anotando el peso de cada uno en el formato de captura de datos.

Otro método de biometría es donde se pesan todos los organismos capturados para el muestreo en una caja previamente tarada y se divide entre el número de peces de la muestra para obtener el peso promedio y finalmente regresados al agua.

Estos procedimientos se deben realizar cada 15 a 30 días de preferencia, con el fin de determinar lo siguiente:

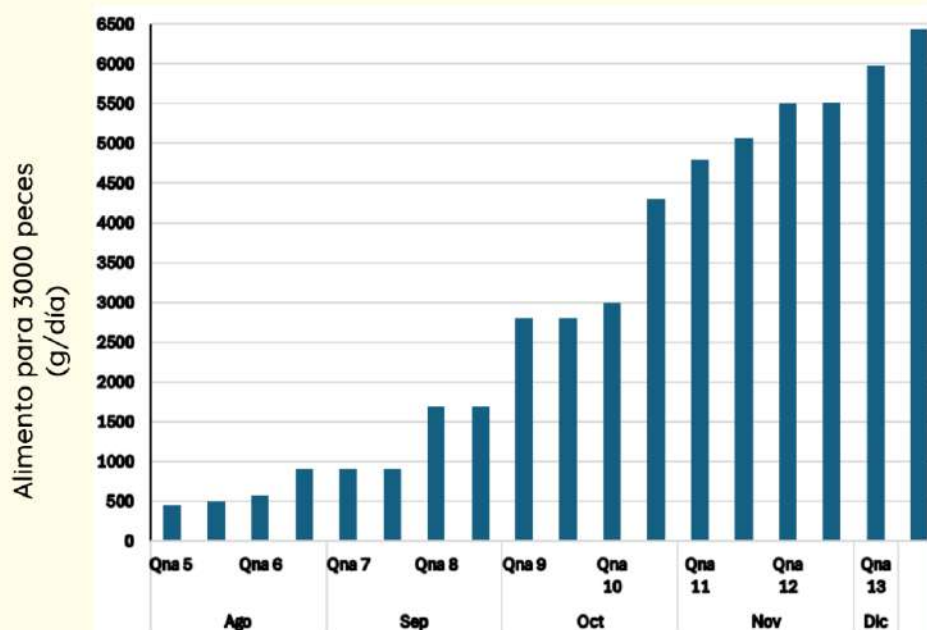
- Incrementos en la cantidad de alimento
- Cambios en el tipo de alimento conforme al valor proteínico mediante una tabla nutricional de acuerdo con el peso promedio de la biometría y mostrados en la Figura 4
- Estimación del volumen de biomasa que se tiene
- Elaboración de la tabla de crecimiento
- Identificación de posibles enfermedades en los peces
- Establecimiento de calendario de cosechas
- Cálculo del factor de conversión alimenticia y el costo por kilo de pescado producido

5.4 Manejo de infecciones

La exposición de eventos de infección ocurridos durante el trabajo de inves-

Consumo de alimento de 3000 bagres

El siguiente gráfico muestra la cantidad de alimento diario que consumen 3000 bagres dentro del lago, a partir de un peso del pez aproximado de 30 g.



| Semana vida | 1 Bagre (g) | Alimento diario (kg/día) | Alimento (kg/semana) | Costales (semana) |
|-------------|-------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Ago S10 | 6-18 g | 0.47 | 3.29 | 1/10 costal aprox |
| Ago S12 | 10-35 g | 0.74 | 5.18 | 1/5 costal aprox |
| Sep S14 | 16-50 | 0.9 | 6.3 | 1/4 costal aprox |
| Sep S16 | 25-60 | 1.7 | 11.9 | Medio costal aprox |
| Oct S18 | 35-100 | 2.8 | 19.6 | 3/4 costal aprox |
| Oct S20 | 75-118 | 3.65 | 25.55 | 1 costal aprox |
| Nov S22 | 48-124 | 4.9 | 34.3 | 1 costal + 1/3 costal aprox |
| Nov S24 | 43-142 | 5.51 | 38.57 | 1 costal y medio aprox |
| Dic S26 | 52-179 | 6.21 | 43.47 | 1 costal + 3/4 costal aprox |

Figura 11. Consumo aproximado de alimento de 3000 bagres entre la quincena 5 a 13 de edad. Elaboración propia con datos del proyecto en Chalpicote.

tigación permite adquirir aprendizajes valiosos, la anticipación de escenarios y la detección de señales oportunas para evitar enfermedad. La **Figura 12** resume algunos de los eventos infecciosos que se han observado en jaulas ubicadas dentro del lago de Chapala.

Durante noviembre de 2015 se presentó un evento infeccioso en bagre de cuatro meses de edad introducidos en el lago. La manifestación visible consistió en llagas en la piel que se propagaron rápidamente, ocasionando el 90% de la mortalidad de los peces (**Figura 10**). Los bagres no poseen escamas, lo que los hace mucho más susceptibles a infecciones en piel, en comparación con carpa y tilapia. Aunque se aplicaron procedimientos profilácticos en las etapas iniciales como son baños de sal y sulfato de cobre y posteriormente antibióticos, no fue posible detener el avance. Estudios detallados de cultivo de las lesiones de piel permitieron aislar los microorganismos de *Aeromonas veronii*, *Acinetobacter johnsonii*, *Enterobacter kobei* y *Pseudomonas hibiscicola* en las lesiones de la piel (Alvarado y Kirchmayr, 2016). El microbiológico del agua mostró la presencia de microorganismos coliformes, incluso *E. coli*; sin embargo, esta bacteria no apareció en los órganos internos de los peces (Alvarado, Kirchmayer, 2015). Una serie de factores contribuyeron a que se perdiera casi en su totalidad la producción, temperatura del agua adversa de 17 °C (óptimo para bagre 28-30° C), edad de los peces insuficiente

para las condiciones del lago, presencia de una comunidad de pelícanos que defecaban cerca de las jaulas originando microorganismos patógenos para peces. A partir de esta pérdida, se recomendó que la etapa inicial de cultivo fuese preferentemente en estanque con agua potable, previo a introducción a lago, pero sobre todo control de aves.

Otro evento se presentó durante los meses de mayo-junio 2015 en tilapia de 10 meses de edad que habían sido introducidas en el lago dos meses atrás. Se observó que la mortalidad que regularmente es entre 2 a 5 peces por semana, se incrementó a 15-20 por semana. Se apreciaron peces con nado errático, de costado y vientre en los últimos estadios de vida. La mortalidad se controló utilizando Oxitetraciclina a dosis de 5g/kg de alimento.

Durante mayo de 2024 se presentó un evento de mortalidad incrementada en los alevines de bagre recién recibidos del proveedor. En la entrega de alevines se observó que los peces se encontraban muy estresados. Adicionalmente fueron introducidos sin mediar el paso de ambientación en el que las bolsas se mantienen 30 min en contacto con el agua, previo a abrir estas. El resultado fue un incremento gradual del número de peces muertos por día, de 25, 38, 25, 34, 48, 98.... Por lo que, ante la falta de respuesta con tratamientos profilácticos, como la incorporación de ajo a la alimentación de los peces, se recurrió al apoyo de Sanidad

Acuícola de SADER. El personal a cargo recomendó aplicación de antibiótico, terramicina (oxitetraciclina) en polvo en una proporción de 5g/kg de alimento, así como incremento de la salinidad, añadiendo de 2-5 kilos de sal por m³.

Después de una mortalidad de alrededor 1500 peces, empezó a observarse una reducción de la mortalidad, por lo que cuando las maniobras profilácticas no respondan, la recomendación es acudir con los expertos de Sanidad Acuícola.



Figura 12. Detección de infecciones y acciones preventivas en casos de infecciones en peces.
Fuente elaboración propia.

6. Manejo higiénico del pescado para consumo

6.1 Inocuidad en el consumo de pescado

La inocuidad se define como la característica que garantiza que los alimentos que consumimos no causarán daño a nuestra salud, es decir, que durante su producción, transporte, distribución y almacenamiento se aplicaron medidas de higiene para reducir el riesgo de contaminación (NOM-251-SSA1-2009; Alvarado et al., 2017; Gob Mex, 2016).

El análisis de los riesgos en el consumo de alimentos, para el caso de la pesca y acuicultura en agua dulce, indica que debe ponerse especial cuidado en los niveles de mercurio, la presencia de patógenos como *E. coli* y la presencia de parásitos del género *Gnathostoma* (Alvarado y Kirchmayer, 2016; Alvarado et al., 2017).

En el Capítulo 2 se realizó una exposición de los aspectos relacionados a la concentración de mercurio, demostrándose que los peces “cultivados” en el lago de Chapala se encuentran libres de mercurio y otros metales pesados. En relación a la presencia de *E. coli*, esta bacteria se encuentra presente en el agua del lago; sin embargo, no excede las concentraciones permitidas para la vida acuática de acuerdo a la Ley Federal de Derechos. Cabe señalar que un manejo

adecuado y una cocción completa del pescado previo al consumo garantizan la inocuidad en referencia a dicho microorganismo.

Finalmente, en referencia a la presencia de parásitos, durante las diferentes investigaciones realizadas por CIATEJ se realizó observación del contenido intestinal de peces del lago, se notó la presencia de parásitos, mismos que fueron enviados para su identificación al Instituto de Biología de la UNAM.

Los parásitos confirmados se muestran en bullets, los resultados no mostraron la presencia del parásito peligroso para el humano denominado *Gnathostoma*:

- Tilapia parásitos de *Goezia nonni-papillata*
- Bagre parásitos *Contracaecum sp*
- Carpa parásitos de *Schyzocotyle acheilognathi*

6.2 Del lago a la mesa

En el proceso de la pesca y hasta que el producto es consumido, se deben cuidar aspectos que permitan garantizar un alimento de calidad e inocuidad para el consumidor. La **Figura 13** ilustra las recomendaciones durante la captura, transporte, pesado, eviscerado y cocinado, enfatizando las condiciones para las comunidades ribereñas de Chapala.

Los procedimientos que ayudarán a disminuir riesgos para la salud por con-

sumir los peces recolectados son (NOM-251-SSA1-2009; NOM-242-SSA1-2012; Alvarado et al., 2017):

- Seguimiento de una cadena de frío desde la recolección de los peces (utilizar recipientes con hielo).
- Almacenamiento en equipos que aseguren una temperatura adecuada (refrigeración 4°C y congelación -18°C).
- Eviscerado de los peces.
- No consumir las vísceras
- Cocción sometida a una temperatura mínima de 63°C.



Figura 13. Cuidados del pescado desde la pesca hasta su consumo. Fuente Alvarado et al., 2017.

En el momento de la escritura del presente libro, se han concretado dos ciclos completos de producción de manera exitosa y se ha adquirido cría para el arranque del siguiente. La **Figura 14 a)** ilustra la llegada de alevines del primer ciclo, y en el b) la convivencia y enseñanza a la comunidad, situación

que ha mantenido la comunicación hasta la fecha. La mitad de la producción del primer ciclo, se destinó a los desayunos escolares, como se muestra en la **Figura 14 c) y d)**. El resto ha sido vendido por la familia quien ha podido reinvertir las ganancias y construyó un par de jaulas pequeñas para el lago.



a)



b)



c)



d)

Figura 14. Trabajo en la comunidad. a) Llegada de alevines a la comunidad, atemperamiento previo a la liberación en el estanque. b) Capacitación de la comunidad en las diversas actividades de acuicultura. c) Bagre de talla extraído de la jaula y eviscerado listo para cocinar. d) Comedores de la primaria consumiendo caldo Michi elaborado con bagre de la jaula. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se muestra con evidencia el desarrollo de éste proyecto aplicativo, transdisciplinario y sustentable, dando lugar a los que se denomina acceso

universal al conocimiento generado por los centros públicos de investigación para el pueblo de México.



7. Conclusiones

Al término de este libro se habrán concretado dos ciclos completos de producción de bagre que han beneficiado tanto a los comedores escolares y sus comensales, como a los productores. El proyecto Acuicultura en Chalpicote es muestra de la aplicación del conocimiento en las necesidades de las poblaciones vulnerables de México. Esa semilla de investigaciones científicas sembrada durante 10 años ahora germina, crece y da como fruto tangible pescado cultivado como parte de un proyecto de apropiación social del conocimiento

Los autores del libro desean enfatizar el diálogo entre comunidad y científicos, permitiendo la incorporación de saberes locales, el aprendizaje por la experiencia no por imposición y propiciando condiciones enfocadas en la obtención de resultados. El proyecto Acuicultura en Chalpicote fue un experimento social y durante su ejecución fueron notables las diferencias en las tradiciones formativas y lógicas-prácticas entre pobladores y profesionistas; sin embargo, la mancuerna tecnólogo-antropólogo en constante traducción y negociación del conocimiento fue decisiva. Los pobladores tienen sus ritmos, tiempos, concepciones de


la realidad, percepciones del riesgo e higiene, además de una dimensión emocional conectada con sus acciones, y actúan en consecuencia. La parte técnica, por su parte, también cuenta con principios metodológicos y formas de proceder que, como marcos de referencia, condicionan sus acciones. Se añade a ello la perspectiva de género y de generación, ya que los científicos eran de mayor edad que los actores comunitarios. Un logro fue la capacidad de negociar “la forma” en la cual correspondía realizar las acciones requeridas para el cumplimiento de los objetivos. Otro logro fue la posibilidad de construir acuerdos, al considerar las dinámicas locales y los recursos de los actores, así como la búsqueda y puesta en práctica de estrategias para que la asistencia técnica fluyera en una dirección, con un lenguaje accesible entendiendo el sentido de hacer las cosas de cierta manera. Al final, el aprendizaje de este ejercicio transdisciplinar fue incluir un intercambio de conocimientos y lógicas para la acción, además de la construcción de un sentido común para la ejecución de acciones. Solo el intercambio de saberes logra la compenetración de actores que se esfuerzan por construir un objetivo común.

8. Bibliografía

- Alvarado, C., & Kirchmayr, M. (2016). Microorganismos asociados a infección en peces cultivados en el lago de Chapala. En L. Orozco L, L. Garay L, & M. Torres M (eds.), *Estudios en Inocuidad y Microbiología Alimentaria* (pp. 182-185). Universidad de Guadalajara.
- Alvarado, C., Ausin, D., & Arriaga, J. (2017). Inocuidad en la acuicultura y pesca mexicana. En O. Y. Lugo, C. Alvarado & E. L. Ramírez (eds.), *Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos* (pp. 145-163). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnologías y Diseño el Estado de Jalisco.
- Alvarado, C., Cortez-Valladolid, D.M., Herrera-López, E.J., Godínez-Godínez, X., & Ramírez, J.M. (2021). Metal bioaccumulation by Carp and Catfish cultured in Lake Chapala, and weekly intake assessment. *Applied Sciences*, 11(13), 6087. <https://doi.org/10.3390/app11136087>
- Alvarado, C., Ramírez, G., Díaz J. J., & Cortez, D. (2018). Lack of correlation between mercury in sediments and fish muscle, Lake Chapala Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 53-56.
- Arriaga, J.J. (2014). *Manual Operativo Granja Acuicola*. Secretaría de Desarrollo Rural/ Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Fonseca-Madrigal, J., Pineda-Delgado, D., Martínez-Palacios, C., Rodríguez, C., & Tocher, D. R. (2012). Effect of salinity on the biosynthesis of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in silverside *Chirostoma estor*. *Fish physiology and biochemistry*, 38(4), 1047–1057. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9589-6>
- García, A. y & Calvario, O. (2008). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuicola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria. Primera Edición*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC/ Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/tilapia?state=published>
- Kubitza, F. (2016). La sal común es una herramienta útil en la acuicultura. *Global Seafood Alliance* <https://www.globalseafood.org/advocate/la-sal-comun-es-una-herramienta-util-en-la-acuicultura-parte-1/>
- Panorama Acuicola Magazine. (2017). *Lago de Chapala recibe una resiembra de 410 mil peces en Jalisco, México*. <https://panoramaacuicola>.

- com/2017/10/27/lago-de-chapala-recibe-una-resiembra-de-410-mil-peces-en-jalisco-mexico/?utm_source=chatgpt.com
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2024). Ley Federal de Derechos (30-12-2024). Diario Oficial de la Federación. Pp. 204. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFD.pdf>
- Luz de Malla. (2017). *Evolucionando de la pesca a la acuicultura en el lago de Chapala. Primera Edición*. Ediciones de la Noche.
- Moncayo-Estrada, R., Lyons, J., Escalera-Gallardo, C., & Lind, O. T. (2012). Long-term change in the biotic integrity of a shallow tropical lake: A decadal analysis of the Lake Chapala fish community. *Lake and Reservoir Management*, 28(1), 92–104. <https://doi.org/10.1080/07438141.2012.661029>
- Morel, M.M., A.M.L. Kraepiel, A.M.L. & M. Amyot, M. (1998). The Chemical cycle and Bioaccumulation of Mercury. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 543-566. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.543>
- Mozaffarian D., & Rimm, B. (2006). Fish intake, contaminants and human health. Evaluating the risks and the benefits. *JAMA*, 296(15), 1885-1899. doi:10.1001/jama.296.15.1885
- Miranda Ramírez P. (2023). *Siembran 12 mil alevines de tilapia en el Lago de Chapala*. Noticias Universidad de Guadalajara. <https://www.udg.mx/es/noticia/siembran-12-mil-alevines-de-tilapia-en-el-lago-de-chapala>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación -. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. (2014). *Ordenamiento acuícola en el Lago de Chapala. Primera Edición*.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2012). *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la carta nacional*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249902&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2009). *NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene*

- para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.* Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>
- Secretaría de Salud. (2012). *Modificación de los numerales 3.1, 4.2, 6.13.3, 7.1.1.1.2, 7.1.5.2.3, 7.1.7, 7.1.10 y eliminación del Apéndice normativo A de la Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.* Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5283479&fecha=27/12/2012#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2 de mayo de 2022). *NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.* Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2016). *Una definición clara de Inocuidad.* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/senasica/articulos/una-definicion-clara-de-inocuidad-70674?idiom=eshttps://www.gob.mx/senasica/articulos/una-definicion-clara-de-inocuidad-70674?idiom=es>
- Stong, T., Osuna, C. A., Shear, H., de Anda Sanchez, J., Ramírez, G., & de Jesús Díaz Torres, J. (2013). Mercury concentrations in common carp (*Cyprinus carpio*) in Lake Chapala, Mexico: A lakewide survey. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 48(14), 1835–1841. <https://doi.org/10.1080/10934529.2013.823340>
- U.S. Food & Drug Administration. (s. f.) *Mercury Levels in Commercial Fish and Shellfish (1990-2012).* Consultado el 1 de septiembre de 2016 de <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/mercury-levels-commercial-fish-and-shellfish-1990-2012>



*En la penumbra de la madrugada, cuando el sol aún no despierta,
El pescador se hace a las aguas del lago con su red y con su lancha,
para recibir cada vez menos peces, para cada vez más bocas...
¿habrá alguna esperanza?*

El presente material documenta el trabajo multidisciplinario realizado por tres centros públicos de investigación: CIATEJ, CIESAS y El Colegio de Michoacán que estudiosos de las problemáticas de las comunidades marginadas de la ribera de Chapala, se propusieron contribuir en la resolución. Gracias al interés, entusiasmo y dedicación de la familia Santiago de Chalpicote, Jal. se presentaron las condiciones para el desarrollo de una granja acuícola y la enseñanza de habilidades para el cultivo de bagre.

A través del diseño de láminas infografías se muestran no solo temas básicos de acuicultura como alimentación, manejo de estanques y utilización de instrumentos, sino casos específicos de prevención de enfermedades presentadas en peces cultivados en Chapala, cuidados post extracción de pescado, así como el resultado de 10 años de trabajo sobre monitoreo de metales pesados en peces del lago de Chapala, y la manera de obtener pescado libre de estos.

El presente texto queda como documento de consulta para las generaciones venideras, como legado para que esta iniciativa se propague en la región.

