

Año 10. Número 20. Julio - Diciembre de 2024
ISSN: 2395 - 8944

ACTA PESQUERA



Revista de la Unidad Académica
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

Universidad Autónoma de Nayarit

Directorio

Dra. Norma Liliana Galván Meza
Rector

Dra. Margarete Moeller Porraz
Secretario de Rectoría

Lic. Ana Cristina Álvarez Castañeda
Dirección de Fomento Editorial

Dr. Saúl Hernán Aguilar Orozco
Coordinador del Área Biológico Agropecuaria y Pesquera

Dr. Juan Carlos Bautista Covarrubias
Director de la Unidad Académica de Ingeniería Pesquera

ACTA PESQUERA, Año 10, No. 19, Enero – Julio de 2024. Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura “Amado Nervo”, Tepic, Nayarit, México. C. P. 63155. Correo electrónico: actapesquera@gmail.com, Director/ Editor Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra. Número de reserva de derechos al uso exclusivo 04 - 215 - 012609390000 - 102 otorgada por el INDAUTOR. ISSN: 2395-8944. Impresa en el Taller de Artes Gráficas de la UAN. Ciudad de la Cultura “Amado Nervo” C. P. 63190. Tepic, Nayarit, México.

Los contenidos firmados son responsabilidad de los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

Acta Pesquera

Comité Editorial

- Dr. Guillermo Compean. Director del CIAT Comisión Interamericana del atún tropical.
Dr. Luis Galán Wong. Universidad Autónoma de Nuevo León.
Dra. Mariana Fernández Facultad de ciencias de la UNAM
Dr. Javier de la Garza. CIEES
Dr. Fabio Germán Cupul Magaña. CUC U de G
Dr. Libertad Leal Lozano. Facultad de Ciencias Biológicas UANL.
Dra. Gilda Velásquez Portillo SAGARPA CONAPESCA
Dra. Guadalupe de la Lanza Espino Instituto de Biología UNAM
Dra. Teresa Rayno Trujillo Instituto de Geografía de la UNAM
Dra. Fernando Jiménez Guzmán Facultad de Ciencias Biológicas UANL
Dr. Mario Oliva S. Universidad de la Habana Cuba
Dr. Arturo Ruiz Luna. CIAD
Dr. Adrián Arredondo Álvarez. Secretario de Medio Ambiente del C.E.N. del P.R.I.
Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus. CUC. U de G.

Directorio de la Revista

Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra
Director / Editor

Dr. Juan Carlos Bautista Covarrubias
Subdirector

Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus
Coeditor

Dr. Oscar Iram Zavala Leal
Coordinador Científico

Dra. Jasmín Granados Amores
Coordinador de Contenido

Dr. Juan Pablo González Hermoso
Editor Ejecutivo

Dr. Francisco Javier Valdez González
Coordinadora de Edición

LDI Gabriela Ulloa García
Lic. Francisco Rafael Martínez Inosense
Coordinador de Diseño Grafico

Índice

		Pag
1	Editorial	0
2	Maricultura en Jaulas 4.0 No es opción del futuro, sino un reto del presente	1 – 06
3	Dilemas éticos en la acuicultura intensiva: Impacto Ambiental y Bienestar Animal	07 - 14
4	Efectos y evaluación del estrés sobre la reproducción en peces.	15 - 28
5	Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león, <i>Nodipecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835)	29 - 44
6	Uso del análisis numérico para representar el Crecimiento de la Trucha Blanca (<i>Haemulon flaviguttatum</i> Gill, 1863)	45 - 64
7	Tipos de anzuelos para la pesca de lobina (<i>Micropterus, spp</i>) con señuelo y caña en Nayarit, México	65 - 77
8	Concentración de oxígeno disuelto en un sistema de cultivo experimental de tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> usando jaulas flotantes	78 - 83
9	A los autores	84 – 85





EDITORIAL

La presente edición de nuestra revista semestral Acta Pesquera de investigación pesquera y acuícola aborda temas cruciales que reflejan los desafíos y avances en el sector. Los artículos seleccionados ofrecen una visión integral sobre la maricultura, la acuicultura intensiva, el bienestar animal y las técnicas de pesca, contribuyendo al conocimiento y la práctica en estas áreas.

Carlos Humberto Hernández nos comparte sobre la Maricultura en Jaulas 4.0. Este artículo examina la implementación de tecnologías avanzadas en la maricultura, destacando que no es solo una opción futura, sino un reto actual que requiere adaptación y mejora continua en las prácticas de cultivo.

Por su parte Josué Ernesto López no habla sobre los dilemas éticos en la acuicultura intensiva en el que se analizan los impactos ambientales y el bienestar animal en la acuicultura intensiva, abordando la necesidad de equilibrar la producción con la sostenibilidad y la ética en el manejo de los recursos acuáticos.

Se cuenta también con el escrito que menciona los Efectos y evaluación del estrés sobre la reproducción en peces, en el que Andrea Botello, Claudia Azucena González y Oscar Iram Zavala, este estudio investiga cómo el estrés afecta la reproducción en diversas especies de peces, proporcionando datos sobre la gestión del estrés para optimizar la producción acuícola y mejorar la salud de los organismos cultivados.

Armando López Sánchez y colaboradores nos comparten el reporte: Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león. Presentan hallazgos sobre cómo las variaciones en la temperatura influyen en el acondicionamiento reproductivo de la almeja

mano de león, un aspecto crítico para su cultivo exitoso.

Se presenta además otra contribución del grupo de modelación del cuerpo académico de matemática educativa sobre el uso del análisis numérico para representar el crecimiento de la Trucha Blanca. Este artículo continúa con la utilización de métodos de análisis numérico para modelar el crecimiento de la trucha blanca, ofreciendo herramientas valiosas para la investigación y la gestión de esta especie.

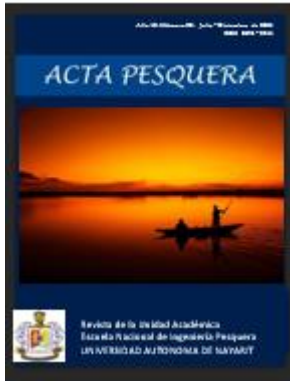
Edgar Gabriel Hernández, José Armando López y Juan Carlos Covarrubias presentan el trabajo sobre los tipos de anzuelos para la pesca de se discuten los diferentes tipos de anzuelos utilizados en la pesca de lobina en Nayarit, México, proporcionando información práctica para pescadores y profesionales del sector.

Finalmente Elifonso y Arlis en su contribución nos comparten información sobre la concentración de oxígeno disuelto en un sistema de cultivo experimental de tilapia y su influencia sobre el organismo.

Esperamos que estos artículos enriquezcan el diálogo y la investigación en el ámbito de la pesca y acuicultura, promoviendo prácticas más sostenibles y éticas.

¡Les invitamos a revisar el contenido de esta edición!

**Atentamente,
El equipo editorial**



Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio – Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 1 - 6
Recibido: agosto 22 de 2024
Aprobado: septiembre 28 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.139

Maricultura en Jaulas 4.0
No es opción del futuro, sino un reto del presente

Cage aquaculture 4.0
It is not an option for future, but a challenge for present

Carlos Humberto Hernández López
Investigación y Tecnología para la Acuicultura
Instituto Tecnológico de Mazatlán
carlos.hl@mazatlan.tecnm.mx
<http://orcid.org/0000-0002-6938-0502>

Maricultura en Jaulas 4.0
No es opción del futuro, sino un reto del presente

Cage aquaculture 4.0
It is not an option for future, but a challenge for present

Resumen

La maricultura en jaulas se ha convertido en una actividad de producción de alimentos para consumo humano directo, está viviendo una transformación tecnológica, expandiéndose a desarrollo de sistemas inteligentes de gestión acuícola, impulsados por la innovación tecnológica y la inteligencia artificial. Este artículo da a conocer los avances más recientes de desarrollo tecnológico para la maricultura en jaulas, cuyas nuevas tecnologías son prometedoras para maximizar la producción de proteína marina, incluso en regiones oceánicas de mayor profundidad.

Palabras clave: maricultura en jaulas, desarrollo tecnológico, innovación, sustentabilidad.

Abstract

Cage aquaculture has become a food production activity for direct human consumption; it is undergoing a technological transformation, expanding to the development of intelligent aquaculture management systems, driven by technological innovation and artificial intelligence. This article presents the most recent advances in technological development for cage aquaculture, whose new technologies are promising to maximize the production of marine protein, even in deeper ocean regions.

Keywords: cage aquaculture, technological development, innovation, sustainability.

Introducción

No existe duda de la importancia de la acuicultura en la seguridad alimentaria, datos de FAO indican que, por primera vez en la historia, la acuicultura superó la producción de captura (FAO, 2024). Ante esta situación los retos son mayores, sobre todo porque ya no debemos de producir por producir si no más bien producir con calidad. Mantener éstos niveles de producción obligaran a todos los acuicultores a aceptar que el futuro tecnológico nos ha alcanzado, aquellas maquinas, software que veíamos en otros sectores agroalimentarios han y seguirán dentro de la próxima década llegando a la maricultura, el reto es hoy, las limitaciones tecnológicas al parecer han desaparecido, el sector está en desafío, el reto es aceptar el presente y adaptarse a los cambios para que la producción sea de mayor calidad, eficiente y remunerada y por supuesto que sea amigable con el medio ambiente, solo así podemos mantener la producción acuícola a niveles que la población nos ha demandado.

El desarrollo tecnológico está revolucionando el mundo de la maricultura en jaulas, hoy más que nunca la revolución azul cuenta con un panorama hacia la sustentabilidad y sobre todo podemos saber lo que realmente está pasando bajo el agua. Es ya conocida la demanda global de proteína de productos marinos y se prevé que ésta aumente en los próximos años. En ese sentido, la innovación científica y tecnológica y el soporte de la ingeniería están enfrentando grandes desafíos para hacer de la maricultura en jaulas el vivo ejemplo de cómo un modelo de producción y de negocios puede adaptar las nuevas tecnologías para satisfacer de manera sustentable la demanda de alimento global. Este documento pretende describir algunas de las herramientas tecnológicas que en su conjunto abren el camino hacia la inteligencia de las jaulas para cultivos acuícolas.

Desarrollo Tecnológico en la Maricultura en Jaulas

Los modernos desarrollos tecnológicos han sido impulsados por la acuicultura de precisión, los principales sistemas desarrollados a través de la inteligencia artificial, machine learning y analítica de big data son (Figura 1): sistemas de alimentación inteligentes, sistemas de monitorización y control, sistemas ROVS para inspecciones subacuáticas, incluyendo el desarrollo de hardware y software para el control de las operaciones, haciendo que éstas sean más eficientes y económicas y lo último, barcas que incorporan sistemas de jaulas de mayor profundidad. En su reporte del año 2021, Global Newswire menciona que el incremento del uso de componentes tecnológicos en las jaulas de cultivo está impulsando la investigación y las inversiones privadas, por ello se prevé que este mercado supere los 700 MDD en 2026 con un crecimiento anual del 14.3%.

La implementación de los procesos de la maricultura 4.0 en los sistemas de producción incorpora herramientas de inteligencia artificial que permite recoger, analizar e interpretar datos e información que permite bajo una serie de estándares programados y automatizados, maximizar la producción y mejorar la calidad del producto de manera responsable. Diversos han sido los foros de discusión donde los investigadores proponen un nuevo concepto de jaulas marinas inteligentes, mediante la aplicación de la tecnología de la información y la ingeniería. Un primer acercamiento de la acuicultura 4.0 se realizó en el First International Meeting on Knowledge and Blue Growth, celebrado en Cádiz en 2018 (Fuentes, 2018). En primera instancia definen a la acuicultura 4.0 como una industria que surge en la feria alemana de Hannover, la cual se basa en la digitalización y uso de máquinas en los procesos de producción, incluyendo las tecnologías de la información y comunicación (ordenadores, servidores y servicios en la nube) así como técnicas operacionales (PLC's y sensores).

Durante muchos años, el sector acuícola ha dependido de la generación de datos e información recopilados de manera manual, incluso hoy en día al estar escribiendo este documento, un gran número de acuicultores siguen realizando estas prácticas. Si bien es cierto que existe tecnología de captura y almacenamiento de datos, el plano económico de muchos acuicultores no les permite acceder aún, por lo que los costos de estas tecnologías deberán de ser más accesibles para tecnificar a la industria en esta evolución. No obstante, paso a paso la maricultura sigue avanzando hacia un camino de mayor precisión, cerrando

la brecha entre decisiones empíricas y decisiones basadas en ciencia, lo que permite una mayor sostenibilidad.

Algunas de las soluciones tecnológicas para la maricultura 4.0 se describen a continuación:

1. Sensores automáticos de monitorización

Este tipo de infraestructuras obtiene a través de sistemas de sensores automatizados información sobre la calidad del agua, captura y datos del movimiento de los peces además de la demanda de alimento requerida (Wang et al., 2021). Así mismo, las jaulas marinas emplean cámaras de videograbación HD y ROVS submarinos para obtener datos e información en tiempo real y posterior almacenamiento (Big data) para conocer y analizar el comportamiento y las estimaciones de la biomasa.

2. Tecnologías de la información (El internet de las cosas)

Integra tecnología de almacenamiento en la nube sobre datos operativos y de control, además de almacenar datos del medio ambiente y variables como oxígeno, temperatura, salinidad, pH y nutrientes.

3. Uso de drones

Alimentar a los peces dos o más veces al día cuando las jaulas se encuentran alejadas de los puertos (offshore) y sumando a ello las condiciones climáticas en lugares expuestos, dificulta la operatividad de los técnicos y a su vez puede provocar interrupciones en la alimentación rutinaria (Reshma and Kumar, 2016). El uso de drones combinados con GPS y sensores visuales está siendo ampliamente discutido principalmente para optimizar la alimentación en sitios lejanos o expuestos, sin limitantes para cualquier instalación de jaulas.

4. Alimentadores inteligentes

Otra forma automatizada para la alimentación de los peces es a través del “machine learning”. Sistemas automatizados con inteligencia artificial para predecir, detectar y administrar la alimentación de forma remota, lo cual permite a los productores alimentar a sus organismos aún cuando no están presentes físicamente en las jaulas. Los algoritmos basados en inteligencia artificial juegan un rol interesante, a través de un indicador de apetito (Fish Appetite Index, FAI), permite saber si los peces están satisfechos o requieren más alimento lo que permite optimizar el proceso de alimentación y hacer de esta una actividad más responsable.

Una de las soluciones recientes en UMITRON CELL, un alimentador inteligente de peces con capacidad cercana a la media tonelada de alimento, el cual incluye un sistema alimentado por energía solar, sensores de peso, dispensador y una cámara subacuática para observar y grabar en tiempo real a los peces las 24 horas del día. Este dispositivo ha sido instalado en jaulas donde los productores pueden ajustar la configuración de tiempo y cantidad de alimento a suministrar, además de generar datos históricos para ver la cantidad de alimento suministrado durante los últimos días, semanas o meses.

5. Software y hardware

Los pronósticos globales del mercado tecnológico y de ingeniería acuícola estiman que los hardware tendrán la mayor parte del mercado en 2026. Se espera que los servicios como sensores, dispositivos de monitoreo y control, alimentadores inteligentes, ROVS operados a distancia y reparadores de mallas incrementen su uso debido a la transición de sistemas automatizados para incrementar la rentabilidad y promover el uso responsable de los sistemas de producción de alimento a través de jaulas marinas.

6. Tecnología artificial de Google

Google X anunció durante el 2020 su proyecto Tidal, con el objetivo de conocer lo que pasa bajo el agua y así promover una mejor alimentación humana a través de la acuicultura. Tidal usará un sistema de cámaras submarinas y herramientas de conocimiento fácil (pez por pez) para monitorear a millones de peces, registrar su comportamiento con el medio ambiente, con la finalidad de proporcionar al productor herramientas para conocer la trazabilidad de sus organismos, evitar la sobrealimentación y generar proteína de calidad ambientalmente amigable reduciendo la huella de carbono.

Conclusión

La tecnología hace que la maricultura en jaulas genere un futuro más prometedor con producciones sustentables, no obstante falta esperar que estas tecnologías sean adoptadas para maximizar beneficios. Se sabe también, que al menos un gran número de instalaciones de jaulas no podrán acceder a estas tecnologías, al menos de manera inmediata, pues los flujos económicos no lo permiten.

En México, la adopción de las tecnologías modernas en la maricultura en jaulas es ya conocida, sin embargo, su aplicación y/o adopción está sujeta a una amplia gama de desafíos que paso a paso se irán resolviendo.

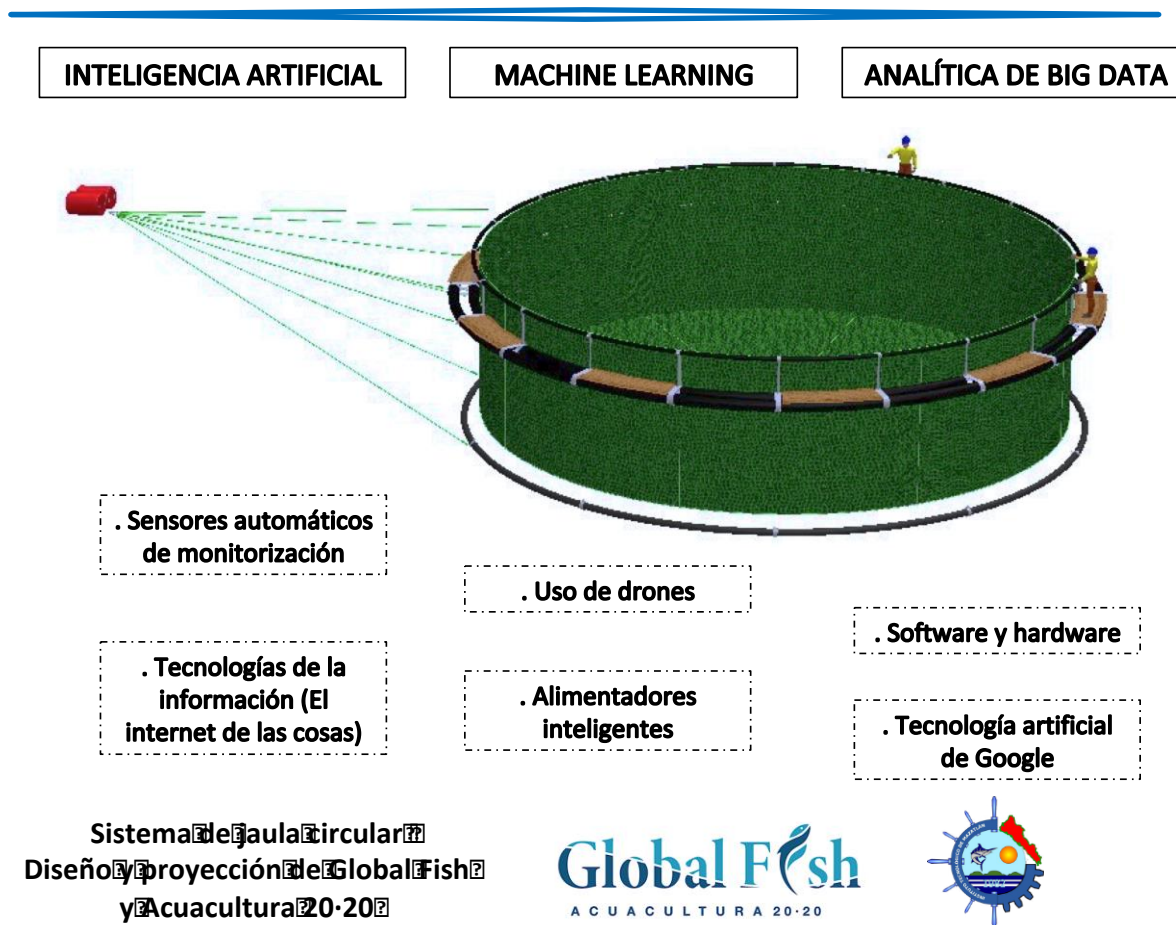


Figura 1. Desarrollos tecnológicos que impulsan el crecimiento responsable de la maricultura en jaulas.

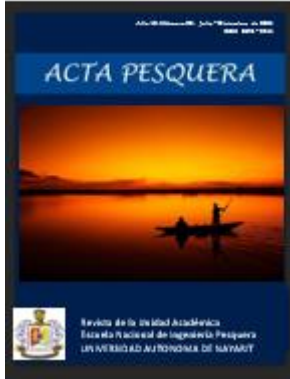
Literatura citada

- FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome.
- Fuentes, A. 2018. Acuicultura 4.0. www.mispecies.com
- Reshma B., and Kumar S. S. 2016. Precision aquaculture drone algorithm for delivery in sea cages. 2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH).
- Wang C., Li Z., and Wang T. 2021. Intelligent fish farm, the future of aquaculture. *Aquacult Int.* <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00773-8>.

Consultas en la red

www.globenewswire.com





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio – Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 7 - 14
Recibido: octubre 02
Aprobado: diciembre 04
DOI: 10.60113/ap.v10i20.140

Dilemas éticos en la acuicultura intensiva: Impacto Ambiental y Bienestar Animal

Ethical dilemmas in intensive aquaculture: Environmental Impact and Animal Welfare

Josué Ernesto López Camarena
ENIP - UAN
acua.lopez.camarena@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-8384-4682>

Dilemas éticos en la acuicultura intensiva: Impacto Ambiental y Bienestar Animal

Ethical dilemmas in intensive aquaculture: Environmental Impact and Animal Welfare

Resumen:

El trabajo aborda los dilemas éticos en la acuicultura intensiva, señalando que, aunque esta industria genera importantes beneficios económicos y oportunidades de empleo para las comunidades locales, también presenta serios desafíos ambientales y de bienestar animal. Se enfatiza la necesidad de priorizar medidas éticas basadas en evidencia empírica y valores morales, equilibrando el bienestar animal con otros factores como la salud pública. Además, se destaca que la acuicultura aún no ha resuelto problemas clave. La solución requiere más investigación científica y la implementación de prácticas sostenibles para garantizar una producción acuícola ética y responsable.

Abstract:

The text addresses ethical dilemmas in intensive aquaculture, noting that, although this industry generates important economic benefits and employment opportunities for local communities, it also presents serious environmental and animal welfare challenges. The need to prioritize ethical measures based on empirical evidence and moral values is emphasized, balancing animal welfare with other factors such as public health. Furthermore, it is highlighted that aquaculture has not yet solved key problems. The solution requires more scientific research and the implementation of sustainable practices to ensure ethical and responsible aquaculture production.

Palabras Clave: Dilemas éticos, Acuicultura intensiva, Bienestar animal, Prácticas responsables, Impactos ambientales

Keywords: Ethical dilemmas, Intensive aquaculture, Animal welfare, Responsible practices, Environmental impacts

Introducción:

La acuicultura intensiva ha surgido como una de las industrias de producción animal de más rápido crecimiento en el mundo, impulsada por la creciente demanda de pescado y la disminución de las poblaciones de peces silvestres. Sin embargo, este crecimiento plantea una serie de dilemas éticos y ambientales que deben ser abordados para garantizar la sostenibilidad y el bienestar de los peces criados en estos sistemas. La diversidad de sistemas de producción y factores de estrés asociados dificulta la evaluación precisa de los impactos ambientales, que pueden variar a distintas escalas, desde locales hasta globales. Además, la dependencia de la acuicultura de piensos industriales ricos en productos pesqueros y las intervenciones artificiales en el ciclo de vida de los peces generan preocupaciones sobre el bienestar animal y la preservación de los ecosistemas marinos. Por lo tanto, es esencial encontrar un equilibrio entre la expansión de la producción acuícola y la implementación de prácticas éticas y sostenibles que minimicen los efectos negativos en el medio ambiente y aseguren la calidad de vida de los peces.

Los métodos de cría intensiva en acuicultura y sus implicaciones éticas
La diversidad de sistemas de producción y factores de estrés dificultan evaluar la presión ambiental general de la acuicultura. Al igual que otras actividades agrícolas, interactúa con los ecosistemas que proveen insumos y los afectados por la liberación de productos. Estas interacciones ocurren de manera acumulativa y sinérgica en Múltiples escalas espaciales (granja, tierra, mar y global), generando tanto impactos negativos como positivos (Chary, 2024).

La producción de alimentos actual genera alrededor del 17% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, una cifra que debe reducirse considerablemente para afrontar el cambio climático. Además, los recursos naturales, como las reservas pesqueras y las tierras cultivables, son limitados y ya están siendo explotados en exceso (Kaiser, 2012).

Cada año, la cantidad de peces sacrificados para consumo humano sigue aumentando, impulsada por la creciente demanda de pescado y el rápido crecimiento de la población mundial. A medida que las poblaciones de peces silvestres disminuyen por la pesca insostenible, la cría de peces en granjas ha experimentado un aumento significativo en las últimas décadas. (Bergqvist et al., 2013).

La acuicultura, aunque relativamente reciente, es el sector de producción animal de más rápido crecimiento en el mundo (Bostock et al. 2010). Si bien es un sector global dominado por países asiáticos, responsables del 89% de la producción (Subasinghe, 2009), el debate sobre el bienestar de los peces se ha centrado mayormente en los países occidentales, donde se ha trabajado más en la interacción entre ética y ciencia. El gran incremento en la producción de peces cultivados, junto con las experiencias de sectores tradicionales de producción animal, plantea la necesidad de asegurar el bienestar de los peces criados en acuicultura (Bovenkerk, et al., 2013).

Los depredadores de alto valor como el salmón, la trucha marina, el bacalao y el atún, populares en platos como el sushi, son carnívoros que dependen de piensos ricos en harina y aceite de pescado. Esto requiere una gran cantidad de pesca de especies de bajo valor alimentario, como el capelán, destinada a la producción industrial de piensos, lo que agrava la presión sobre los recursos marinos (Kaiser, 2012).

La alimentación con piensos industriales plantea interrogantes sobre el bienestar y la autonomía del organismo. En un escenario ideal, los piensos cubrirían de manera precisa las necesidades nutricionales de los peces y se administrarían en el momento en que su organismo lo requiera. Sin embargo, en la práctica, no solo se ajusta el alimento a las necesidades del organismo, sino que también el organismo se adapta al alimento, lo que puede generar preocupaciones sobre el control externo y la capacidad de los peces para regular su ingesta de forma natural, afectando su bienestar y autonomía (Grigorakis, 2010).

Una cuestión ética central en la acuicultura es su impacto ambiental. La expansión de esta industria suele provocar la alteración de hábitats, contaminación y riesgos de interacciones

genéticas con poblaciones silvestres. Es esencial implementar prácticas responsables que minimicen la degradación ambiental y protejan la biodiversidad para lograr una acuicultura ética y sostenible. A su vez una preocupación ética importante es equilibrar las necesidades de producción con el bienestar de los peces, garantizando que las prácticas de cría, manejo y sacrificio prioricen su salud y calidad de vida (Ciliberti, 2023).

Otra cuestión ética clave en la acuicultura es si la mejora del desarrollo mediante métodos artificiales representa una violación de la autonomía del organismo, y en qué medida ocurre. Mientras que algunos métodos son menos invasivos, como la maduración a través de la regulación del fotoperíodo artificial, otros son más agresivos, como las inyecciones hormonales

La intervención directa en la maduración gonadal probablemente implique una mayor violación de la autonomía del organismo, aunque es más difícil evaluar si lo mismo ocurre con técnicas más suaves, como el fotoperíodo. Además, las técnicas más agresivas no solo afectan la autonomía, sino que también generan preocupaciones sobre el bienestar animal, ya que parecen tener efectos negativos en su calidad de vida (Grigorakis, 2010).

Además, es importante cuestionar el bienestar del organismo cuando, debido a las condiciones de confinamiento, se ve expuesto a un mayor riesgo de enfermedades y depredación. Estas circunstancias pueden afectar negativamente su calidad de vida. Asimismo, otras actividades humanas vinculadas a la acuicultura, como el manejo y la intervención en los ecosistemas acuáticos, también pueden reducir significativamente el bienestar de los peces, exacerbando el impacto sobre su salud y bienestar general (Arechavala, 2022).

El debate sobre el sufrimiento de los peces y otros organismos acuáticos

La ética en torno a los peces ha emergido recientemente como un tema de debate, a pesar de que otros animales han sido objeto de investigación y preocupación pública durante décadas. Los peces parecen haber sido los últimos en ser incluidos en las discusiones morales, posiblemente debido a varias razones.

Una de ellas es la falta de interacción directa entre humanos y peces. Mientras que los humanos han desarrollado vínculos emocionales con otros animales a lo largo del tiempo, con los peces estos lazos son más difíciles de formar, principalmente por las barreras evidentes entre el agua y el aire, así como por la dificultad inherente para los humanos en interactuar con ellos (Bergqvist et al., 2013).

La producción acuícola enfrenta numerosos problemas, muchos de los cuales aún no se han resuelto. Sin embargo, muchos de estos desafíos no provienen tanto de la tecnología en sí, sino de prácticas de gestión deficientes y la falta de marcos regulatorios y normas de certificación adecuadas. Es crucial tomar decisiones a nivel local, regional, nacional e internacional para que la acuicultura desarrolle su potencial positivo. Mientras tanto, existen herramientas que pueden guiar a los responsables hacia decisiones y estrategias más informadas desde una perspectiva ética (Kaiser, 2012).

Al igual que otros vertebrados, los peces responden a factores estresantes biológicos y físicos con cambios bioquímicos y fisiológicos, conocidos como respuesta de estrés generalizado, dividido en tres fases Respuesta primaria

Implica la liberación rápida de hormonas del estrés, como catecolaminas y cortisol. Las catecolaminas se liberan del tejido cromafín del riñón anterior de los teleósteos, mientras que el cortisol se produce en el tejido interrenal en respuesta a la hormona adrenocorticotrófica. Respuesta secundaria Las hormonas del estrés activan rutas metabólicas que alteran la química sanguínea y la hematología. Los cambios en la glucosa plasmática son un indicador común de esta fase. Respuesta terciaria Refleja cambios en el organismo y la población, como disminución de la reproducción, debilitamiento del sistema inmune y menor crecimiento, afectando la biodiversidad (Iwama, 2007).

Tales factores Estresantes Pueden manifestar a largo plazo patrones alterados de natación, como cambios en velocidad y dirección, ante diversos factores estresantes. Pueden huir, esconderse o adoptar posturas sumisas, a menudo acompañadas de cambios en la coloración corporal. Frente a ataques de depredadores, responden formando bancos, congelándose o refugiándose, además de cambiar de color en estos contextos. Después de un encuentro con un depredador, la alimentación puede suprimirse, o los peces pueden adoptar estrategias de alimentación ineficientes y evitar las zonas donde fueron atacados. Asimismo, exhiben comportamientos adaptativos específicos en respuesta a enfermedades parasitarias o daño tisular (Huntingford, 2006).

No cabe duda de que los peces poseen nociceptores, lo que les permite percibir el dolor, aunque su forma de expresarlo difiere de la de los animales terrestres.

Por ello, es fundamental revisar de manera crítica todos los procedimientos de la piscicultura moderna para garantizar condiciones de cría, alimentación, manipulación, transporte, aturdimiento y sacrificio que sean éticamente aceptables. En este contexto, la profesión veterinaria debe asumir un rol más activo para promover el bienestar animal en la acuicultura, impulsando la creación y aplicación de legislación adecuada (Håstein, 2004).

Es fundamental desarrollar mejores prácticas para garantizar el bienestar de los peces durante la cría, el transporte y el sacrificio. Esto incluye establecer indicadores comunes, validados y específicos para cada especie, que sean medibles a lo largo de toda la cadena de producción, incluyendo transporte y sacrificio. Además, es necesario continuar con la investigación e innovación, especialmente en cuanto a los parámetros de bienestar y las necesidades nutricionales específicas de cada especie en distintos sistemas de cultivo. También se debe proporcionar formación y experiencia a piscicultores y operadores involucrados en la gestión de peces vivos (Ciliberti, 2023).

Comparación de prácticas éticas en diferentes países y culturas

Para asegurar el bienestar de los peces, es esencial comprender en profundidad la biología de cada especie, ya que cada una posee características anatómicas, fisiológicas y de

comportamiento únicas. Estas diferencias implican que cada especie tiene necesidades específicas en cuanto a condiciones físicas y químicas en su entorno, lo que debe ser tomado en cuenta para su manejo (Ciliberti, 2023).

En el ámbito de la ganadería, es habitual referirse a las cinco libertades del Consejo de Bienestar de los Animales de Granja para evaluar si el bienestar de un animal está comprometido. Estas libertades incluyen: la libertad de hambre y sed, la libertad de malestar, la libertad de dolor, lesiones o enfermedades, la libertad de miedo y angustia, y la libertad de expresar un comportamiento natural. De estas, solo la última implica la posibilidad de experiencias positivas para el animal, mientras que las demás se enfocan principalmente en evitar el sufrimiento. (Bovenkerk et al., 2013).

Håstein, T. (2004) hace énfasis en la implementación acuícola de las “Cinco libertades” descritas por Brambel y los dos adicionales agregados por Seamer según lo mencionado por Cawle: libertad para expresar patrones de comportamiento normales; ausencia de dolor, lesión o enfermedad; libertad del miedo y la angustia; ausencia de molestias térmicas o físicas; ausencia de sed, hambre y desnutrición; ausencia de estrés o sufrimiento durante el transporte; ausencia de estrés o sufrimiento durante el sacrificio

Además, el Consejo Canadiense sobre Cuidado Animal (CCAC) proporciona técnicas de evaluación para determinar la condición de los peces y también especifica las condiciones ambientales que deben cumplirse para mantener los peces en un estado bueno o aceptable. Por ejemplo, se dan criterios de calidad del agua para optimizar la salud de los peces para especies de peces de agua fría, agua cálida y marinos.

Propuestas para mejorar el bienestar animal sin comprometer la producción

Una de las principales afirmaciones de los defensores de la acuicultura es que el crecimiento de esta industria crea más oportunidades de empleo para las comunidades locales. Este factor debe considerarse al evaluar las implicaciones ambientales de las prácticas en las piscifactorías, ya que el impacto económico en las comunidades es un aspecto relevante en el balance general de la acuicultura (Bergqvist et al., 2013).

Primero, al implementar medidas de bienestar en la acuicultura, es crucial establecer prioridades, ya que los agricultores pueden decidir enfatizar ciertas medidas más que otras, basándose en una combinación de valores morales y evidencia empírica. Segundo, la implementación de estándares de bienestar implica que debemos saber cómo equilibrar el bienestar animal con otros valores, como la higiene o la salud pública. Tercero, para equilibrar estos valores, es fundamental tener una comprensión clara de lo que consideramos bienestar animal, ya que puede definirse de distintas formas dependiendo de compromisos morales y supuestos científicos. Cuarto, no solo es necesario definir y sopesar el bienestar, sino también ser capaces de medirlo adecuadamente. (Bovenkerk, et al., 2013).

La acuicultura de peces enfrenta desafíos éticos complejos que parecen difíciles de superar. Aunque las piscifactorías generan beneficios económicos y nutricionales, estos no se comparan con las grandes pérdidas ambientales y los problemas de bienestar animal que generan. Además, la industria no ha logrado resolver el problema de la disminución

de las poblaciones de peces silvestres, lo que agrava aún más las preocupaciones éticas y ecológicas asociadas a esta práctica (Bergqvist et al., 2013).

Es claro que esta es una cuestión compleja sin una solución sencilla. Los argumentos a favor y en contra son interesantes, pero aún no se han resuelto.

La respuesta más tentadora es: resolvamos primero las cuestiones científicas y eliminemos las incertidumbres. Solo cuando tengamos el conocimiento necesario, podremos establecer un nivel de acuicultura sostenible (Kaiser, 2012).

Conclusión

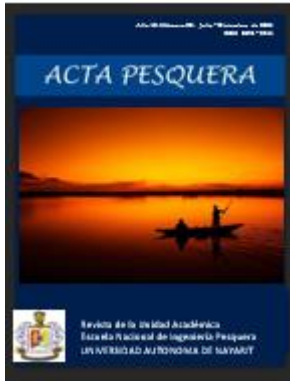
La acuicultura intensiva plantea un delicado equilibrio entre sus beneficios económicos, especialmente en la generación de empleo y recursos nutricionales, y los dilemas éticos que surgen por los impactos ambientales y el bienestar animal. Aunque se reconoce la importancia de este sector para las economías locales, los desafíos éticos relacionados con la sostenibilidad ecológica y el bienestar de los peces siguen sin resolverse. Para avanzar hacia una acuicultura verdaderamente sostenible, es necesario abordar primero las incertidumbres científicas, establecer definiciones claras de bienestar animal y desarrollar mecanismos de medición adecuados que permitan tomar decisiones informadas y éticas.

Literatura citada

- Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J. L. (2022). Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 704-728.
- Bergqvist, J., & Gunnarsson, S. (2013). Finfish aquaculture: Animal welfare, the environment, and ethical implications. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 26, 75-99.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., et al. (2010). Aquaculture: Global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2897-2912.
- Bovenkerk, B., & Meijboom, F. L. (2013). Fish welfare in aquaculture: Explicating the chain of interactions between science and ethics. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 26(1), 41-61.
- Chary, K., van Riel, A. J., Muscat, A., Wilfart, A., Harchaoui, S., Verdegem, M., ... & Wiegertjes, G. F. (2024). Transforming sustainable aquaculture by applying circularity principles. *Reviews in Aquaculture*, 16(2), 656-673.
- Ciliberti, R., Alfano, L., & Petralia, P. (2023). Ethics in aquaculture: animal welfare and environmental sustainability. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 64(4), E443.
- Grigorakis, K. (2010). Ethical issues in aquaculture production. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 23, 345-370.
- Håstein, T. (2004, February). Animal welfare issues relating to aquaculture. In *Global conference on animal welfare: an OIE initiative*. European Communities, Paris, France (pp. 212-221).

- Huntingford, F. A., Adams, C., Braithwaite, V. A., Kadri, S., Pottinger, T. G., Sandøe, P., & Turnbull, J. F. (2006). Current issues in fish welfare. *Journal of fish biology*, 68(2), 332-372.
- Iwama, G. K. (2007). The welfare of fish. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75(2), 155-158.
- Kaiser, M. (2012). The ethics and sustainability of aquaculture. *The philosophy of food*, 233-249.
- Subasinghe, R., Soto, D., & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in development. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 2-9.





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio - Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 15 - 28
Recibido: octubre 25 de 2024
Aprobado: diciembre 16 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.141

**EFFECTOS Y EVALUACIÓN DEL ESTRÉS SOBRE LA
REPRODUCCIÓN EN PECES.**

**EFFECTS AND EVALUATION OF STRESS ON REPRODUCTION IN
FISH**

Andrea Botello-Navarrete

ENIP - UAN

andrea.botello@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-8872-2248>

Claudia Azucena González-Huerta

ENIP - UAN

claudia.gonzalez@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3489-202X>

Oscar Iram Zavala-Leal*

ENIP - UAN

iram.zavala@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8581-5724>

:

EFFECTOS Y EVALUACIÓN DEL ESTRÉS SOBRE LA REPRODUCCIÓN EN PECES.

EFFECTS AND EVALUATION OF STRESS ON REPRODUCTION IN FISH

RESUMEN

Este trabajo de revisión aborda el estrés en los peces, como una respuesta esencial para mantener la homeostasis ante factores adversos (ambientales, físicos y biológicos), que pueden provocar estrés agudo o crónico, afectando negativamente el crecimiento, la fertilidad y aumentando la incidencia de enfermedades. Por ello se analizaron las respuestas al estrés categorizadas como primarias (liberación de hormonas como cortisol y catecolaminas), secundarias (cambios metabólicos) y terciarias (impactos en la reproducción y el crecimiento). Se consideró que los efectos del estrés son tanto directos, causando daños metabólicos, como indirectos, alterando el comportamiento y la competitividad de los peces. Por lo que se abordan metodologías de medición de estrés endocrinas, metabólicas y conductuales para obtener un panorama más amplio del alcance que cada una puede tener.

PALABRAS CLAVES: Estrés, hormonas, metabolismo

ABSTRACT

This review work addresses stress in fish, as an essential response to maintain homeostasis in the face of adverse factors (environmental, physical and biological), which can cause acute or chronic stress, negatively affecting growth, fertility and increasing the incidence of diseases. For this reason, stress responses were analyzed, categorized as primary (release of hormones such as cortisol and catecholamines), secondary (metabolic changes) and tertiary (impacts on reproduction and growth). It was considered that the effects of stress are both

direct, causing metabolic damage, and indirect, altering the behavior and competitiveness of the fish. Therefore, endocrine, metabolic and behavioral stress measurement methodologies are addressed to obtain a broader overview of the scope that each one can have.

KEY WORDS: Stress, hormones, metabolism

INTRODUCCIÓN

El estrés es un fenómeno biológico que se refiere a la suma de todas las respuestas fisiológicas que ocurren cuando los organismos intentan establecer o mantener la homeostasis frente a cambios ambientales (Rousseau *et al.*, 2021). En el contexto de organismos de cultivo, como los peces, el estrés puede generarse por factores como la alta densidad de población en espacios limitados, la calidad del agua o la introducción de nuevos individuos en el entorno (Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999). Estos factores se pueden clasificar en tres tipos: ambientales (calidad y composición química del agua), físicos (prácticas acuícolas por manejo humano) y biológicos (interacciones poblacionales) (Barton *et al.*, 2002).

El síndrome general de adaptación (estrés) influye en tasas de crecimiento, fertilidad y en la incidencia y frecuencia de enfermedades. Si bien estas respuestas adaptativas pueden ser esenciales para la supervivencia al enfrentar cambios en el ambiente, la exposición prolongada al estrés provoca efectos negativos en el desarrollo de los organismos (Adams, 1990), por ejemplo, los peces estresados presentan menores reservas de energía (Smolders *et al.*, 2005), trastornos en la conducta alimenticia y por lo tanto un crecimiento más lento (Bernier, 2006).

El estrés puede ser agudo (letal) o crónico (subletal) diferenciándose principalmente porque el primero es la respuesta a los cambios a corto plazo y de

forma inmediata por la introducción de contaminantes o cambios en los factores ambientales que alteran el equilibrio del cultivo como en la captura o en tratamientos profilácticos (Adams, 1990) y el segundo es el resultado de una exposición continua a bajas concentraciones de contaminantes o a la presencia constante de agentes causantes de estrés por largos periodos de tiempo como es el caso de mantener altas densidades de cultivo (Pickering, 1981; Larsson *et al.*, 1985; Laidley & Leatherland, 1988).

Así mismo los efectos del estrés se catalogan en directos (afectan el metabolismo del organismo, dañando los componentes activos de la célula como enzimas, membranas, o modifican la respiración, circulación, respuesta inmune, osmorregulación y regulación hormonal) y efectos indirectos (que alteran las actividades que realizan los organismos como la alimentación, reproducción y la capacidad de competencia (Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

EFECTO EN LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS

El estrés en peces afecta múltiples niveles fisiológicos, desde la respuesta hormonal inmediata hasta procesos reproductivos a largo plazo y para poder agrupar estos cambios se ha determinado la clasificación de respuestas primarias, secundarias y terciarias, las cuales están regidas por los niveles de organización de un organismo (Pérez, 2010).

Primarias: Implican la liberación de hormonas como catecolaminas (adrenalina, epinefrina y noradrenalina) y corticosteroides (cortisol). Las catecolaminas se liberan rápidamente para aumentar la respiración, la frecuencia cardíaca y movilizar energía, mientras que el cortisol tiene un efecto más lento y prolongado al activar el metabolismo energético (Sumpter, 1997; Reid *et al.*, 1998; Murugananthkumar & Sudhakumari, 2022). La exposición a agentes estresantes activa en este punto el Eje Simpático-Cromafín (responsable de la rápida liberación

de catecolaminas para enfrentar situaciones inmediatas) y el Eje Hipotálamo-Hipófisis-Interrenal (HHI) (produce cortisol en respuesta a estímulos estresantes, manteniendo niveles altos de glucosa para demandas prolongadas de energía) (Ortuño *et al.*, 2002; Pérez, 2010; Faught & Vijayan, 2018; Pamungkas, 2021).

Cuando los organismos enfrentan agentes estresantes agudos, el cortisol se incrementa rápidamente en pocos minutos, regresando a niveles basales en una o más horas. Estos aumentos pueden ser de 10 a 100 veces, alcanzando concentraciones entre 30-300 ng/ml (Barton & Iwama, 1991). En *Pagrus major* Biswas y colaboradores (2006) expusieron que el cortisol llegó a 190.1 ng/ml a los 30 minutos tras ser sometido a estrés por manejo y confinamiento, retornando a 10.9 ng/ml a las 24 horas. De manera similar, en *Acanthochromis polyacanthus*, los niveles más altos de cortisol (30 ng/ml) se registraron entre los 10 y 15 minutos después del confinamiento y nado forzado, recuperándose a 12 ng/ml en 24 horas (Begg & Pankhurst, 2004).

En situaciones de estrés crónico, las concentraciones de cortisol permanecen elevadas, aunque sin alcanzar los niveles máximos, lo que sugiere que la secreción de esta hormona depende tanto de la intensidad como de la duración del estímulo (Barton *et al.*, 1980; Pickering & Pottinger, 1989).

Secundarias: Involucran cambios metabólicos como el aumento de glucosa, lactato y alteraciones iónicas para asegurar la energía y la osmorregulación. Estos parámetros también sirven como indicadores de salud (Iwama *et al.*, 2006). Por ello el cortisol desempeña un papel clave en esta fase puesto que estimula procesos como el metabolismo energético, la absorción de oxígeno, la gluconeogénesis y la inhibición de la síntesis de glucógeno (Barton *et al.*, 2002). Además, modula las respuestas inflamatorias al inhibir la producción de citocinas y reduce la reacción

de las proteínas de choque térmico ante el estrés por temperatura (Ackerman *et al.*, 2000).

Para la determinación de esta etapa regularmente se realiza la medición de glucosa plasmática (es la más utilizada por la facilidad y rapidez, pues se utilizan kits comerciales y un espectrofotómetro), lactato, iones en plasma y los parámetros hematológicos (Vijayan & Moon, 1992), aunque es importante siempre tener presente que factores extrínsecos (temperatura, alimentación y estadio de desarrollo) pueden afectar la respuesta hiperglucémica y alterar los resultados. Como es el caso de Barton & Schreck (1987) que reportan que en un trabajo de 10 semanas de manipulación diaria de ejemplares de trucha arcoíris los niveles de glucosa no se encontraron fuera de su nivel basal.

Terciarias: Afectan la reproducción, el crecimiento y la inmunidad (Perry & Reid, 1993). Las prácticas de cultivo y condiciones de estrés pueden alterar la maduración gonadal y la calidad de gametos, requiriendo hormonas para inducir la reproducción en cautiverio. En esta etapa de respuesta el Eje Hipotálamo-Hipófisis-Gónada juega un papel importante al ser el que controla la gametogénesis y la maduración sexual (Muruganathkumar & Sudhakumari, 2022). Las alteraciones en el sistema inmune o reproductivo debido al estrés pueden manifestarse semanas o meses después de la exposición a agentes estresantes. En peces reproductores en cautiverio, las prácticas de cultivo afectan negativamente la maduración y reducen la tasa de supervivencia larvaria. Aunque algunas especies logran un desarrollo gonadal normal bajo estas condiciones, es necesario inducir la ovulación y espermiación mediante hormonas análogas liberadoras de gonadotropina, masaje abdominal y fertilización artificial para asegurar el éxito reproductivo (Pérez, 2010; Pamungkas *et al.*, 2021).

La falta de estímulos ambientales en cautiverio provoca disfunciones reproductivas. En hembras, estas se presentan de tres formas: (1) interrupción de la vitelogénesis, (2) maduración incompleta u ovulación fallida que causa atresia, y (3) ovulación sin desove. En los machos, el estrés puede generar espermatozoides sin motilidad o con alta viscosidad, dificultando la fertilización (Schreck *et al.*, 2001; Zohar & Mylonas, 2001).

Algunos casos de estudio del efecto del cortisol en la reproducción son los efectuados por Carragher *et al.* (1989) donde se colocaron implantes de cortisol a organismos de trucha arcoíris y se observó una disminución en el peso corporal y en la gónada. También Campbell *et al.* (1992) con truchas arcoíris expuestas a estrés crónico antes del desove concluyeron que se generó una disminución en el tamaño de los huevos y en la tasa de supervivencia de la progenie.

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS EN PECES

El estrés en peces se ve reflejado en conductas anormales, tendencia a la agresividad (sobre todo en peces territoriales) con mutilaciones y canibalismo (Arredondo & Lozano-Gracia, 1996). Peters *et al.* (1980) reportaron que las anguilas bajo condiciones de cautiverio desarrollan un comportamiento agresivo y establecen jerarquías, donde los peces dominantes muestran menos alteraciones en leucocitos, cortisol, tejido interrenal y epitelio lamelar. En contraparte algunos peces como la tilapia son agresivos y territoriales como una característica de la especie no por el estrés, por lo que el comportamiento de estos organismos no es un indicador fiable de estrés en la población de cultivo (Pamungkas *et al.*, 2021). Por ello el estrés en peces se evalúa a través de respuestas endocrinas, como el aumento de catecolaminas y cortisol, así como de la glucosa, otras hormonas, y por la presencia de contaminantes (Wedemeyer & McLeay, 1981).

Medición de aductores estables de ADN con benzo(a) (BaP) metabolitos de pireno y otros xenobióticos.

Algunos xenobióticos (amplia gama de contaminantes exógenos causantes de estrés) sufren biotransformaciones en los peces como es el caso de la BaP, que es un hidrocarburo aromático policíclico, este se oxida debido al sistema citocromo P-450 monoxigenasa convirtiéndolo en transdihidrodiol. Siendo así que pequeñas porciones de BaP transdihidrodiol se unen al ADN y a otras macromoléculas en la célula para formar aductores, cuya detección y lectura puede proveer una información valiosa que es medible por medio de diversos métodos (Stegeman *et al.*, 1984; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Medición de receptores de hormonas esteroideas.

También puede ser el caso de que los xenobióticos se unan a proteínas e inicien o promuevan la transcripción de genes en receptores de hormonas esteroideas. Y en este aspecto los estudios de receptores de estrógeno pueden ser utilizados indirectamente para la medición del estrés (Schreck *et al.*, 1985; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Medición de metalotioneínas.

La exposición de peces a metales pesados (zinc, cobre, cadmio y mercurio) induce la producción de metalotioneínas en tejidos hepático, renal y branquial. Estas proteínas, ricas en cisteína, se unen a los metales pesados, evitando que las células se unan a grupos sulfhidrilos de otras proteínas esenciales. La medición se realiza mediante cromatografía de gel permeación a pH 7.4, analizando las fracciones citosólicas del hígado y con ello detectando el estrés causado por contaminación con metales. Factores como la temporada reproductiva, tratamientos con estradiol, hormonas corticosteroides, agentes químicos y el estado del sistema inmune también pueden afectar los niveles de metalotioneínas en los peces por lo que es

importante tomarlos en cuenta en las mediciones (Klaverkamp *et al.*, 1984; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Medición de la peroxidación lipídica.

La peroxidación lipídica es un proceso oxidativo que afecta los lípidos poliinsaturados en las membranas celulares, causando daño celular por xenobióticos. Esto provoca la ruptura de la membrana y pérdida de la función enzimática. El malondialdehído, un subproducto de la degradación de lípidos se mide colorimétricamente como indicador de este proceso. Además, se utilizan sistemas de incubación *in vitro* para estudiar la peroxidación en tejidos de peces. Si bien estos indicadores bioquímicos identifican el agente causal con precisión, su principal desventaja es el alto costo de implementación (Buege & Aust, 1978; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Medición de glucosa y cortisol.

En esta se mide la glucosa plasmática mediante un kit comercial como lo puede ser Sigma-Aldrich GAHK-20 para posteriormente hacer las lecturas de las muestras mediante un espectrofotómetro. Y el colesterol con algún otro kit comercial especializado como ImmuChem Coated Tube No. FK0904,05 (Pérez, 2010).

Medición de parámetros reproductivos.

En la acuicultura es usual que los reproductores sean los organismos que están durante más tiempo en confinamiento por lo que muchos estudios de estrés están dirigidos a la medición de este basados en parámetros reproductivos como, el número y viabilidad de huevos y la calidad de la progenie (Campbell, 1994; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Método fisiológico computarizado, no invasivo.

Un método no invasivo y computarizado para medir el estrés agudo consiste en monitorear variaciones en las señales eléctricas de los peces a través de electrodos, comparando la actividad muscular, ventilación y locomoción con los niveles de glucosa plasmática. Aunque observar el comportamiento de los peces puede ayudar a diagnosticar el estrés, puede dar lugar a interpretaciones erróneas, ya que comportamientos normales, como la segregación o anorexia, pueden confundirse con estrés y ser causados por factores externos, como la calidad del alimento. Además, una baja en la reproducción puede indicar estrés crónico o problemas en la selección de reproductores (Shezifi *et al.*, 1994; Auró de Ocampo & Ocampo-Camberos, 1999).

Método por secuenciación de ARN y Microarray.

Dejando de lado los métodos usados durante bastante tiempo, donde se fundaban en la expresión de proteínas, este método se enfoca en las respuestas moleculares al estrés y las expresiones anormales de los genes, basándose en técnicas de biología molecular que deriva en generar una matriz bidimensional que simule los procesos biológicos, como es el caso de la trucha arcoíris que presentó una respuesta transcriptómica adicional al estrés por hacinamiento por lo que se efectuó una secuenciación de ARN del hígado, donde se mostró que los genes relacionados con el metabolismo de la glucosa estaban enriquecidos (Rebl *et al.*, 2017; Muruganathkumar & Sudhakumari, 2022).

CONCLUSIONES

El impacto del estrés en peces es un tema de vital importancia en la acuicultura, debido a que influye no solo en la salud y el crecimiento de los organismos, sino también en la sostenibilidad de las prácticas acuícolas. Su clasificación nos permite entender los diferentes mecanismos de respuesta y sus implicaciones en el manejo de los cultivos, garantizando un ambiente idóneo para el desarrollo de un cultivo,

mejorando las prácticas de manejo, optimizando la salud y el bienestar de los organismos en cultivo.

Es importante considerar que las respuestas fisiológicas al estrés se expresan tanto a nivel celular como sistémico, evidenciando la complejidad de las interacciones biológicas y la correlación existente entre todos los niveles de organización de un ser vivo. Además, la variabilidad en la respuesta al estrés según la especie y el entorno subraya la necesidad de enfoques personalizados en la acuicultura donde se designen métodos estandarizados fiables para las nuevas especies de interés acuícola. Así como también la diversidad de métodos de evaluación refleja la evolución en la investigación sobre el estrés en peces, desde enfoques más tradicionales hasta técnicas avanzadas de biología molecular.

En conclusión, la gestión del estrés en peces debe ser una prioridad en la acuicultura moderna, integrando conocimientos fisiológicos y metodológicos para promover prácticas sostenibles y productivas.

REFERENCIAS

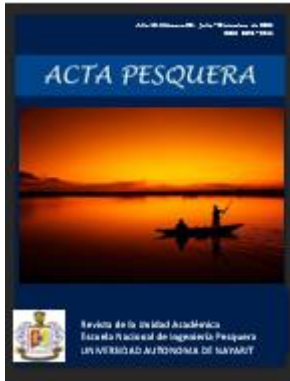
- Ackerman P.A., Forsyth R.B., Mazur C.F. & Iwama G.K. (2000). Stress hormones and the cellular stress response in salmonids. *Fish Physiology and Biochemistry*, 23:327-336.
- Adams M.S. (1990) Status and use of biological indicators for evaluating the effects of stress on fish. *Proceedings of the American Fisheries Symposium* 8; American Fisheries Society, (8):1-8.
- Arredondo F.J.L. & Lozano-Gracia S. (1996) El cultivo de la tilapia en México. *Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia*. División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1996:7-18.
- Auró de Ocampo A. & Ocampo-Camberos L. (1999). Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México*, 30(4):337-341.

- Barton B.A. & Schreck C.B. (1987). Influences of acclimation temperature on interrenal and carbohydrate stress responses in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 62: 299-310.
- Barton B.A. & Iwama G.K. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26.
- Barton B.A., Morgan J.D. & Vijayan M.M. (2002). Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. En: S.M. Adam (Ed.), *Biological indicators of aquatic ecosystem health* (pp. 111-148), American fisheries society, Bethesda.
- Begg, K. & Pankhurst N.W. (2004). Endocrine and metabolic responses to stress in a laboratory population of the tropical damselfish *Acanthochromis polyacanthus*. *Journal of fish biology*, 64: 133-145.
- Bernier N. J. (2006) The corticotrophin-releasing factor system as mediator of the appetite-suppressing effects of stress in fish. *General and comparative endocrinology*, 146:45-55.
- Buege J.A. & Aust S.D. (1978). Microsomal lipid peroxidation. *Methods in enzymology*, 52:302-310.
- Campbell P.M., Pottinger T.G. & Sumpter J.P. (1992). Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biology of reproduction*, 47: 1140-1150.
- Campbell P.M., Pottinger T.G. & Sumpter J.P. (1994). Evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120:151-169.
- Carragher J.F., Sumper J.P., Pottinger T. & Pickering A. (1989). The deleterious effects of cortisol implantation on reproductive function in two species of trout, *Salmo trutta* and *Salmo gairdneri* Richardson. *General and comparative endocrinology*, 77:310-320.
- Faught E., & Vijayan, M.M. (2018). Maternal stress and fish reproduction: the role of cortisol revisited. *Fish and fisheries*, 19(6): 1016-1030.
- Iwama G.K., Afonso L.O.B. & Vijayan M.M. (2006). *Stress in Fishes. Physiology of Fishes*, CRC Press, 605.
- Klaverkamp J.F., McDonald W.A., Duncan D.A. & Wageman R. (1984). Metallothionein and acclimation to heavy metals in fish. En: V.W. Cairns, P.V. Hodson & J.O. Nriogu, (eds), *Contaminants Effects on Fisheries* (pp. 99-113), Wiley and Sons, Hoboken.
- Larsson Å., Haux, C. & Sjöbeck, M.L. (1985). Fish physiology and metal pollution: results and experiences from laboratory and field studies. *Ecotoxicology and environmental safety*, 9(3): 250-281.
- Laidley C.E. & Leatherland J.F. (1988). Cohort sampling, anesthesia and stocking density effects on plasma cortisol, thyroid hormone, metabolite and ion levels

- in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Richardson. *Journal of fish biology*, 33: 73-88.
- Muruganankumar R. & Sudhakumari, C.C. (2022). Understanding the impact of stress on teleostean reproduction. *Aquaculture and fisheries*, 7(5): 553-561.
- Ortuño, J., Esteban A. & Meseguer J. (2002). Lack of effect of combining different stressors on innate responses of sea bream (*Sparus aurata* L.). *Veterinary immunology and immunopathology*, 84: 17-27.
- Pérez-Ponce H.E. (2010). Cambios fisiológicos ocasionados por el manejo en reproductores silvestres del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* durante la inducción al desove y cautiverio. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas].
- Pamungkas W., Darmawan J. & Tahapari E. (2021). The effect of acute handling stress on cortisol level, growth and reproductive performance in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture, aquarium, conservation & legislation*, 14(6): 3170-3177.
- Perry S.F. & Reid S.D. (1993). β -adrenergic signal transduction in fish: interactive effects of catecholamines and cortisol. *Fish physiology and biochemistry*, 11: 195-203.
- Peters G., Delventhal H. & Klinger H. (1980). Physiological and morphological effects of social stress in the eel, (*Anguilla anguilla* L.). *Archiv für fischereiwissenschaft*, 30:157-180.
- Pickering A.D. (1981). *Stress and Fish*. Academic Press, 67p.
- Rebl A., Zebunke M., Borchel A., Bochert R., Verleih M. & Goldammer T. (2017). Microarray-predicted marker genes and molecular pathways indicating crowding stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 473: 355-365.
- Reid S.G., Bernier N.J. & Perry S.E. (1998). The adrenergic stress response in fish: control of catecholamine storage and release. *Comparative biochemistry and physiology*, 120C: 1-27.
- Rousseau K., Prunet P. & Dufour S. (2021). Special features of neuroendocrine interactions between stress and reproduction in teleosts. *General and comparative endocrinology*, 300: article113634.
- Schreck C.B., Patiño R., Pring C.K., Winstein J.R. & Holway J.E. (1985). Effects of rearing density on indices of smoltification and performance of coho salmon, *Oncorhynchus kitsuch*. *Aquaculture*, 45: 345-358.
- Schreck C.B., Contreras-Sanchez W. & Fitzpatrick M.S. (2001). Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture* 197: 3-24.
- Shezifi Y., Kimmel E. & Diamant A. (1994). Computerized noninvasive monitoring of stress in fish. Program and abstracts of the International Symposium on Aquatic Animal Health, 93.

- Smolders R., Coen W. D. & Blust R. (2005). Integrative measures of toxicant exposure in zebrafish (*Danio rerio*) at different levels of biological organization. *Techniques in aquatic toxicology*, 2: 3-18.
- Stegeman J.J., Woodin B.R. & Binder R.L. (1984). Patterns of benzo (a) pyrene metabolism by varied species, organs and developmental stages of fish. *National Cancer Institute Monograph Series*, 65: 371-377.
- Sumpter, J.P., 1997. The endocrinology of stress. En: Iwama G.K., Pickering A.D., Sumpter J.P. & Schreck C.B. (Eds), *Fish Stress and Health in Aquaculture* (pp. 95-118). Cambridge University Press.
- Vijayan M.M. & Moon T.W. (1992). Acute handling stress alters hepatic glycogen metabolism in food-deprived rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 49: 2260-2266.
- Wedemeyer G.A. & McLeay D.J. (1981). Methods for determining the tolerance of fish to environmental stresses. En: Pickering, A (Ed). *Publication of an organization other than the U.S. geological survey* (pp. 247-275). Academic Press.
- Zohar Y. & C. Mylonas. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio - Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 29 - 44
Recibido: octubre 10 de 2024
Aprobado: diciembre 20 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.142

Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Effect of different temperature regimes on reproductive conditionig of the lion paw scallop, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

José Armando López Sánchez
Universidad Autónoma de Nayarit,
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
armando.lopez@uan.edu.mx y jals88@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Alfonso Nirvardo Maeda Martínez
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
amaeda04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4185-4902>

Maria Teresa Sicard González
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
tsicard04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2916-2743>

María del Carmen Rodríguez Jaramillo
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
jaramilo04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3926-9560>

Juan Carlos Bautista Covarrubias
Universidad Autónoma de Nayarit,
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
juanb@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Effect of different temperature regimes on reproductive conditionig of the lion paw scallop, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Resumen

Los métodos para inducir el desarrollo gametogénico en bivalvos se han estudiado ampliamente e incluyen principalmente una temperatura estable del agua, así como algunos incrementos o disminuciones térmicos graduales. Son necesarios más estudios sobre el efecto de las oscilaciones de temperatura sobre la maduración de las gónadas, y el efecto de los pulsos de temperatura que pudieran influir en el desarrollo reproductivo. En la presente investigación se seleccionaron seis tratamientos de temperatura del agua, incluida la óptima para el crecimiento de *Nodipecten subnodosus* (22 °C), para determinar el efecto de éstas sobre el desarrollo de seis fases ovogénicas y el índice gonadosomático, con muestreos a los 0, 15 y 30 días.

Palabras clave: Acondicionamiento reproductivo, Ovogénesis, Pectinidae, Bivalvo, Índice gonadosomático.

Abstract

Methods to induce gametogenic development in bivalves have been widely studied and mainly include a stable water temperature as well as gradual thermal increases or decreases. Studies are needed on the effect of daily temperature oscillations on gonad maturation, and the effect of temperature pulses that could accelerate gametogenesis. In the present investigation, six water temperature treatments were selected, including the optimal one for the growth of *Nodipecten subnodosus* (22 °C), to determine the effect of these on the development of six oogenesis phases and the gonadosomatic index, with sampling at 0, 15 and 30 days.

Keywords: Reproductive conditioning, Oogenesis, Pectinidae, Bivalve, Gonadosomatic index.

Introducción

La temperatura del agua es uno de los factores externos más importantes que influyen desarrollo reproductivo en bivalvos (Bayne, 1976; Mackie, 1984; MacDonald y Thompson, 1986; Honkoop y Van, 1998; Fabioux *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2015). El efecto de este factor en el ciclo gametogénico y en la inducción del desove, ha estudiado ampliamente (Sastry, 1963, 1966; Bayne, 1975; Illanes *et al.*, 1985; Utting y Millican, 1997; Saucedo *et al.*, 2001; Delgado y Pérez, 2007). Estos estudios han permitido definir protocolos de manejo de los organismos en laboratorios acuícolas, para inducir la maduración de las gónadas fuera de sus temporadas naturales reproductivas. La mayoría de estos protocolos incluyen un régimen de temperatura constante, dentro de un margen cercano a la óptima, específica para la reproducción o crecimiento de la especie de interés. Por ejemplo, los pectínidos como *Pecten fumatus* y *Argopecten ventricosus* fueron acondicionados exitosamente fuera de su temporada reproductiva usando temperatura constante del agua de 15 y 23 °C, respectivamente (Heasman *et al.*, 1996; Monsalvo *et al.*, 1997). Otros protocolos consisten en incrementos o disminuciones graduales de la temperatura del agua para asemejarse a los patrones estacionales registrados en sus áreas naturales, pero en períodos de tiempo mucho más cortos. En estos casos, la tasa de cambio de temperatura es baja, del orden de décimas de grado por día, como en la ostra perlera *Pinctada mazatlanica*, que fue acondicionada exitosamente con un aumento de temperatura de 20 a 29 °C en 60 días (Saucedo *et al.*, 2001). De manera similar, la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* también ha sido acondicionada para desovar en 20 días, aumentando la temperatura del agua de 17 a 21 °C (Gutiérrez y Chi, 1997; Robles, 2001).

Marco teórico

La variabilidad de la temperatura en la mayoría de los sistemas marinos es relativamente baja en comparación con los ambientes terrestres y de agua dulce, debido a la gran capacidad calorífica del agua (Heilmayer, 2003). Sin embargo, Sicard *et al.* (2006) reportaron altas oscilaciones de temperatura de hasta ± 4 °C por día, en dos sitios de la costa oeste de la Península de Baja California, como resultado del ingreso por marea de

agua fría proveniente de la corriente de California, y el agua caliente que sale de las lagunas costeras. Estas oscilaciones son típicas en lagunas de las regiones tropicales-templadas, incluida la Laguna Ojo de Liebre, donde existe una población explotable de *N. subnodosus*. Estas oscilaciones diarias generalmente se pasan por alto, pero parecen tener un efecto profundo en la fisiología y el desempeño reproductivo de la especie. Sicard *et al.* (2006) informan de un mayor potencial de crecimiento somático y de concha en *N. subnodosus* expuesto a oscilaciones crónicas de temperatura de ± 2 °C por día. La diferencia se explicó por un cambio en las tasas de ingestión y aclaramiento del agua en los pectínidos mantenidos a temperaturas oscilantes.

Son necesarios más estudios sobre el efecto de las oscilaciones de temperatura en la maduración de las gónadas y del efecto de los pulsos térmicos que puedan estimular la secreción hormonal, y que pueda acelerar la gametogénesis (López *et al.*, 2009). La información disponible sobre este tema es escasa debido a las dificultades técnicas que impiden cumplir con todos los requisitos de un experimento científico clásico. Mantener diferentes regímenes de temperatura del agua simultáneamente durante largos períodos de tiempo es quizás el desafío más importante. Esto sólo puede lograrse con sistemas automatizados, capaces de mantener el control de la temperatura en tanques de flujo abierto con volúmenes relativamente grandes. Además, los reproductores exigen un suministro continuo de grandes cantidades de alimento, microalgas cultivadas, para asegurar una buena nutrición y la viabilidad de los resultados. En el presente trabajo se determinó el efecto de diferentes regímenes térmicos (variables y estables) sobre la actividad gametogénica de *N. subnodosus*. El efecto de los tratamientos térmicos se evaluó analizando el desarrollo de fases ovogénicas, el índice gonadosomático, el índice de condición general, abundancia de ovocitos (mm^{-2}) en gónadas con fases gametogénicas avanzadas. Se desarrolló una escala de seis fases ovogénicas, a partir la escala de clasificación existente para *N. subnodosus* de Ramírez (2003), la cual resultó más apropiada para este estudio.

La almeja mano de león es una especie muy valorada en la que existe un continuo interés en su cultivo. Habita lagunas poco profundas en las costas de la Península de Baja California, presenta una alta tasa de crecimiento y representa al pectínido más grande del

continente americano (Maeda *et al.*, 2001). Es una especie hermafrodita funcional con una talla de primera madurez de 55 mm de altura de la concha (Arellano *et al.*, 2004). El cultivo comercial de esta especie continúa creciendo, pero es necesario mejorar los métodos para su acondicionamiento reproductivo en laboratorio.

Metodología

Un total de 65 individuos de *N. subnodosus* con promedio de 87.5 mm de altura de concha fueron obtenidos de un cultivo en Laguna Manuela, B.C.S, México (28° 20' N; 114° 06' W), y trasladados al Laboratorio de Ecofisiología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. en La Paz, B.C.S., siguiendo el método de transporte de Maeda *et al.* (2000). Únicamente se seleccionaron ejemplares con gónadas en estado indiferenciado, según la escala morfocromática de Ramírez (2003).

Las almejas se aclimataron en un tanque de fibra de vidrio de 1,500 L provisto con agua de mar filtrada a 17 °C, 35 UPS, aireación y microalga continua con una ración diaria de 7.5×10^8 células de *Isochrysis galbana* por individuo. La temperatura del agua se elevó gradualmente hasta la temperatura óptima para el crecimiento de la especie de 22 °C (González, 2003) en 10 días. Posteriormente, los ejemplares se transfirieron a los tanques experimentales donde se sometieron durante 30 días a los siguientes seis tratamientos térmicos (Fig. 1):

- 1) Temperatura constante de 22 °C (TCons22).
- 2) Temperatura constante de 25 °C (TCons25).
- 3) Temperatura oscilante de alta amplitud de $22 \text{ °C} \pm 4 \text{ °C día}^{-1}$ (TOsc22±4).
- 4) Tratamiento mixto, inicio con temperatura oscilante de baja amplitud de $20 \pm 2 \text{ °C día}^{-1}$ dentro del rango de 17 - 24 °C durante los primeros 15 días, seguido de un incremento gradual de 18 a 22 °C (TOsc±2&Incr).

5) Temperatura constante a 22 °C con pulsos de 6 h de +5,5 °C cada 3 días (TPuls22+5.5).

6) Patrón de temperatura registrado *in situ* en el sitio de cultivo en Laguna Manuela durante la temporada reproductiva de *N. subnodosus* (T-inSitu). El patrón se construyó con registros (agosto de 2003) realizados con un sensor digital (Onset Optic Stow Away) programado para tomar un dato cada 30 min.

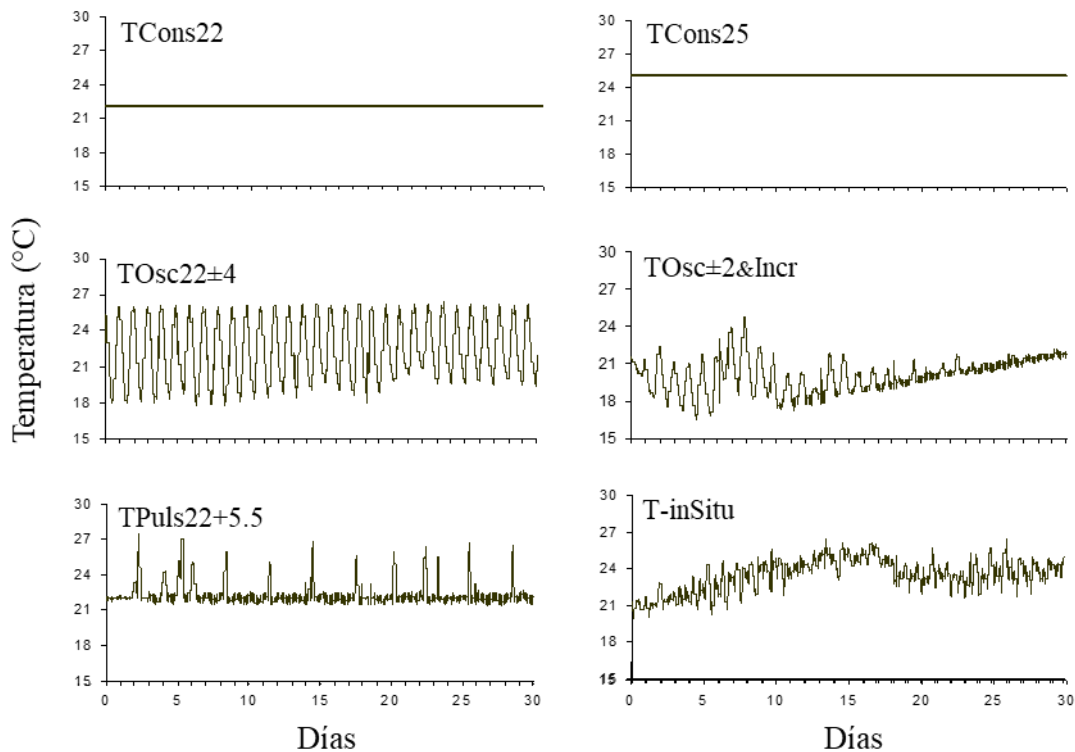


Fig. 1. Gráficos de respuesta de los tratamientos térmicos experimentales empleados para inducir el desarrollo gametogénico en *Nodipecten subnodosus* durante 30 días.

Los regímenes térmicos del agua en los tanques experimentales en laboratorio se produjeron con un simulador preprogramado y controlado por un microprocesador (SITMA) desarrollado en el CIBNOR. Los patrones de temperatura para cada tratamiento experimental se cargaron en la memoria de la computadora y el sistema los reprodujo

automáticamente en los tanques controlando calentadores y refrigeradores. Una descripción completa del sistema se encuentra en Sicard *et al.* (2006). El SITMA consta de seis tanques de 120 L, cada uno de los cuales recibe aireación constante y un flujo continuo (1.5 L min^{-1}) de agua de mar (35 UPS) con microalgas (*I. galbana*) para dar una ración diaria promedio de 9.6×10^8 células por organismo. Los organismos se colocaron individualmente en contenedores de 5 L que se sumergieron en los tanques de 120 L controlados térmicamente, para evitar contaminación del agua por algún desove espontáneo. El agua acondicionada en los tanques ingresó continuamente a los contenedores mediante el flujo que se formó con un sifón de desagüe controlado. El volumen sumado de agua desechada de todos los contenedores por unidad de tiempo fue el mismo que se recibió en el tanque de 120 L. La temperatura del agua de cada tanque se registró cada 15 min durante los experimentos con el SITMA y con sensores digitales descritos anteriormente.

El experimento se realizó con el muestreo de cinco ejemplares para la obtención de datos inicial, y posteriormente se tomaron cinco de cada tratamiento en los días 15 y 30, dando un total de 65 individuos experimentales. No se registraron muertes durante el experimento. Se diseccionó una porción de la gónada femenina de cada almeja para una preparación histológica estándar. Todas las muestras se conservaron en solución de Davidson durante 48 h (Shaw y Batle, 1957), se deshidrataron en una dilución en serie de alcoholes a diferentes grados, se incluyeron en parafina, se seccionaron a $5 \mu\text{m}$ y se tiñeron con hematoxilina-eosina. Las muestras se examinaron con un microscopio Olympus BX41 para determinar las fases ovogénicas de las gónadas, según la nueva escala de clasificación (ver sección de resultados). Para esta clasificación se tuvo en cuenta la presencia de fagocitos y la apariencia de varias estructuras como folículos, gonoductos y tejido conectivo, basándose en estudios previos con almejas y otros bivalvos (Ramírez, 2003; Arellano *et al.*, 2004). Las imágenes de la sección se capturaron con una cámara digital CoolSNAP-Pro y se procesaron con ImagePro Plus 4.5.1.9.

El índice gonadosomático (IG) se calculó mediante la fórmula:

$$\text{IG} = (\text{GW}/\text{TW}) * 100$$

donde GW fue el peso húmedo de la gónada y TW el peso del tejido húmedo (Sastry, 1970).

Resultados

Fases de desarrollo ovogénico de la gónada femenina.

El desarrollo de las gónadas femeninas se dividió en seis fases diferentes (Fig. 2):

Fase I (Indiferenciado o en reposo): se caracteriza por poseer abundante tejido conjuntivo, se observa presencia de algunos fagocitos, poca o nula presencia de tejido folicular, nula presencia de ovogonias y nula presencia de ovocitos.

Fase II (Inicial o previtelogénico): posee abundante tejido conjuntivo, entre el cual se han formado pequeños folículos con tejido de paredes gruesas, que soportan poca o gran cantidad de ovogonias y también pocos o abundantes ovocitos previtelogénicos de talla homogénea y poca o nula presencia de ovocitos vitelogénicos. Poca o nula presencia de fagocitos.

Fase III (Desarrollo o vitelogénico): se caracteriza por la evidente dominancia de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos de diferentes tamaños, pedunculados a la pared folicular y algunos con forma alargada. Los folículos incrementan su tamaño y sus paredes se vuelven más delgadas. El tejido conjuntivo ínter-folicular se vuelve muy delgado. Existe poca o nula presencia de fagocitos. Existe poco espacio abierto en el lumen folicular.

Fase IV (Madurez o postvitelogénico): posee folículos completamente llenos con ovocitos vitelogénicos y postvitelogénicos en tallas homogéneas y formas poliédricas. No se observan espacios en el lumen folicular. El tejido conjuntivo está casi ausente.

Fase V (Desove parcial): presenta folículos cerrados y completos, así como folículos con espacios abiertos en su lumen y paredes delgadas y rotas en algunos puntos, con abundantes ovocitos vitelogénicos, en su mayoría adheridos a las paredes foliculares y también ovocitos postvitelogénicos residuales en forma redonda que se encuentran libres en el lumen folicular. Hay presencia de fagocitos. El tejido conjuntivo es poco y disperso.

Fase VI (Desove total): presenta una dominancia de tejido folicular roto y residual, se observan pocos ovocitos postvitelogénicos libres en los folículos en estado de degeneración y lisis, los fagocitos son abundantes.

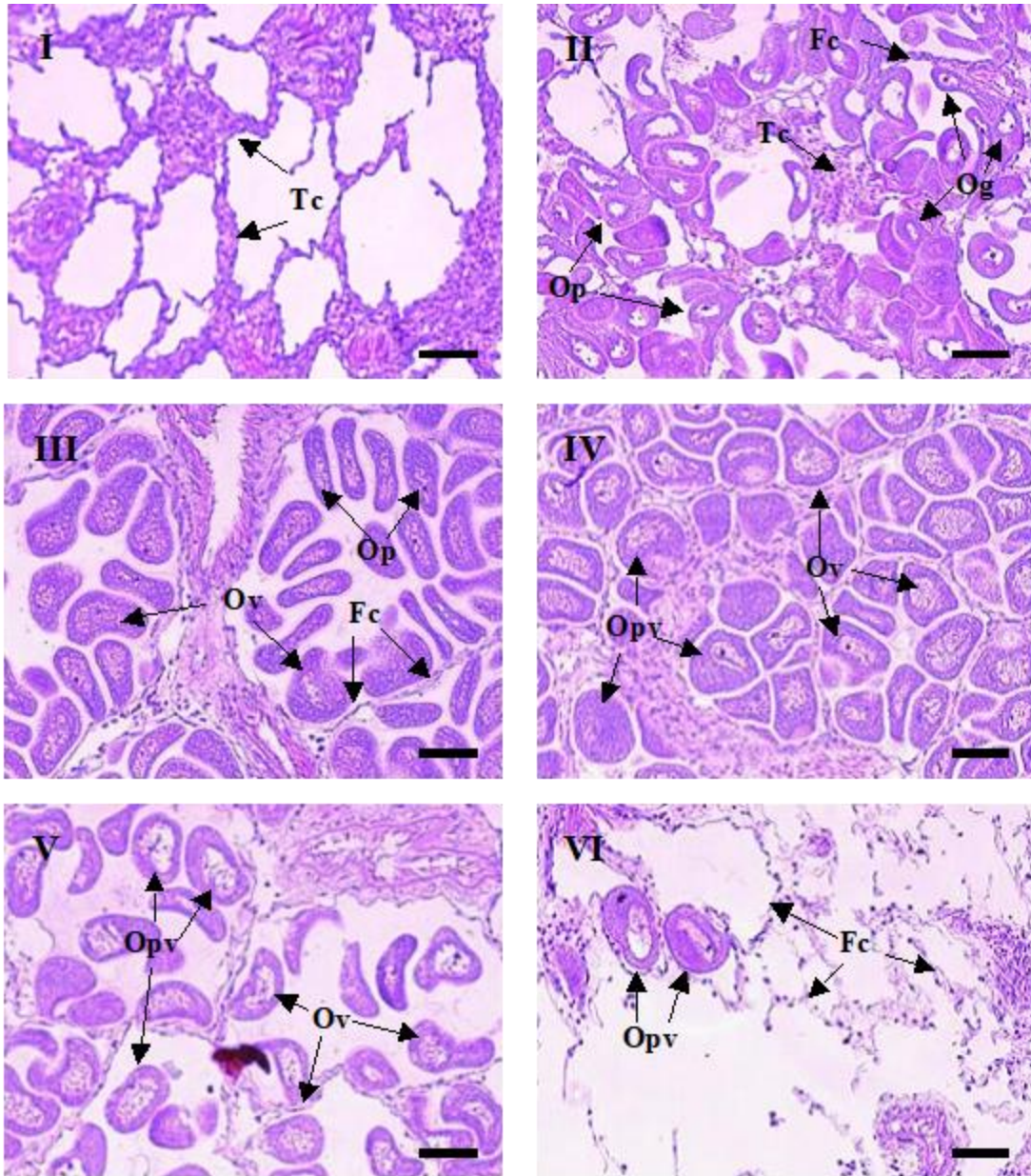


Fig. 2. Fases de las gónadas femeninas de *Nodipecten subnodosus* utilizados para la clasificación de las gónadas en el presente estudio. I = Indiferenciado, II = Inicial, III = Desarrollo, IV = Madurez, V = Desove parcial y VI = Desove total. Tc; tejido conectivo, Fc;

folículo, Og; oogonia, Op; ovocito previtelogénico, Ov; ovocito vitelogénico, Opv; Ovocito posvitelogénico. Barra = 50 μ m.

Desarrollo ovogénico ante diferentes regímenes térmicos

El efecto de los tratamientos térmicos experimentales sobre las fases de desarrollo gonádico se observa en la Figura 3. Al inicio del experimento, el 80 % de las almejas se encontraban con gónadas indiferenciadas (Fase I) y el 20 % gametogénesis inicial (Fase II). Para el día 15, el 20 % de las almejas de los tratamientos TCons22 e T-inSitu permanecieron en la Fase I, así como el 80 % de las almejas del tratamiento TOsc22±4. Entre el 40 y 60 % de las almejas de todos los tratamientos (excepto TOsc22±4) mostraron gónadas en desarrollo y maduras (Fases III y IV) y alrededor de un 20% presentaban desove parcial (Fase V). También en todos los tratamientos (excepto TOsc±2&Incr) presentaron un 20 % de organismos con gónadas en desove total (Fase VI). Al día 30, el 80 % de las almejas del tratamiento TCons22 y, del 20 al 40 % de los tratamientos restantes, mostraron gónadas en desarrollo y maduras (Fase III y IV). Se encontraron gónadas con desoves parciales y totales (Fase V y VI) en el 40 % de las almejas de todos los tratamientos, excepto en el tratamiento TCons22, que solo mostró un desove parcial en el 20 % de las gónadas.

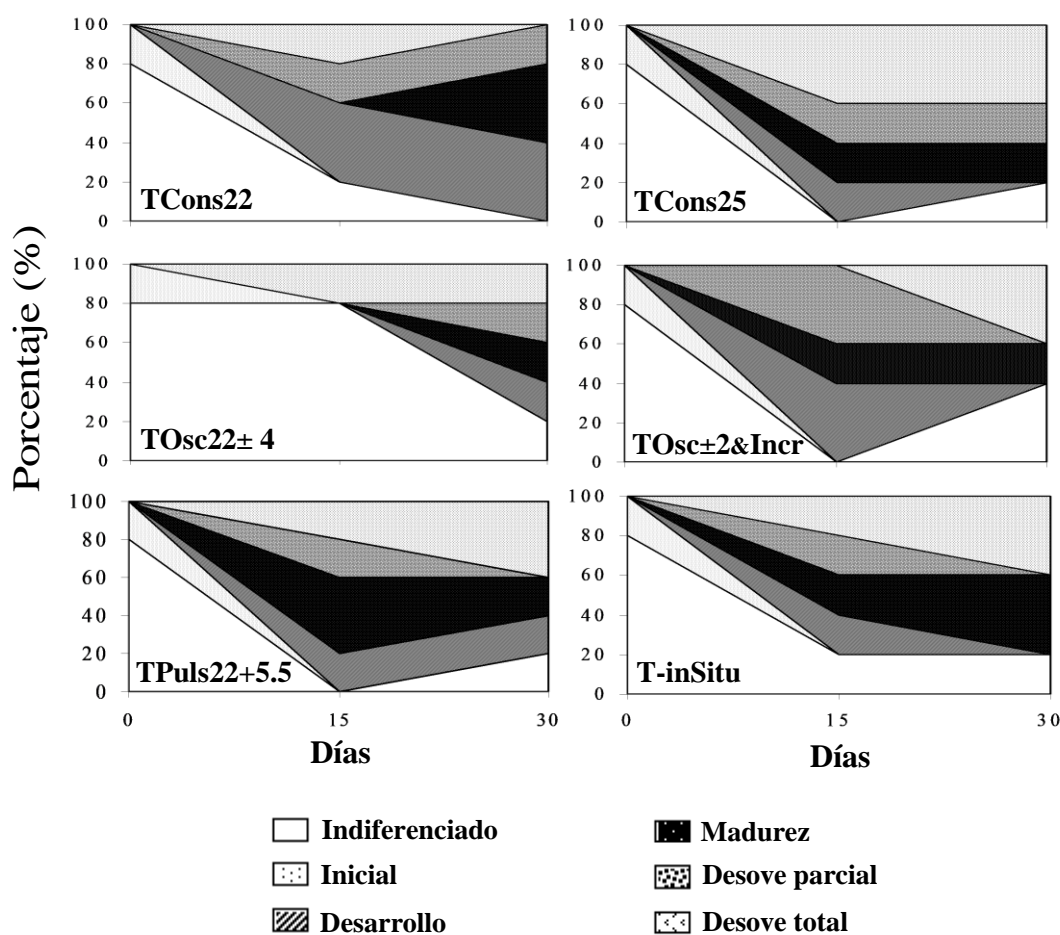


Fig. 3. Frecuencia (%) de fases ovogénicas de *Nodipecten subnodosus* en los días 0, 15 y 30, expuestos a seis tratamientos diferentes de temperatura del agua.

Índice gonadosomático ante diferentes regímenes térmicos

El índice gonadosomático (IG) aumentó en todos los tratamientos de térmicos durante los 30 días de experimentación, en comparación con el IG con promedio de 1.6 al inicio del experimento (Fig. 4). Los IG más altos, de 3.12 y 2.7, se registraron en las almejas de los tratamientos TCons22 y TPul22+5.5 respectivamente en el día 15, y de los tratamientos TCons22 y TCons25 el día 30. El menor índice de todo el periodo experimental se observó en el tratamiento oscilante de alta amplitud TOsc22±4.

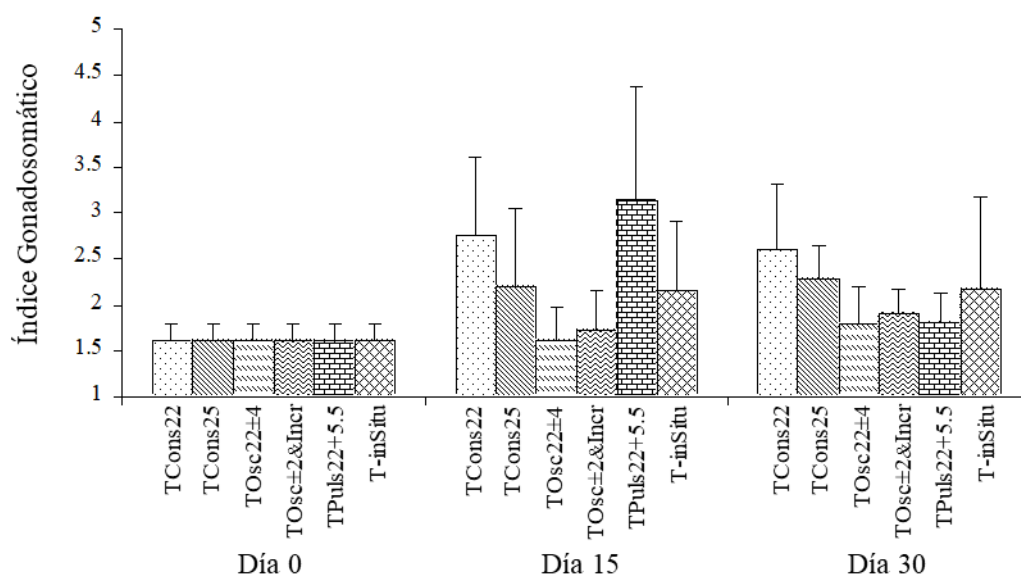


Fig. 4. Índice gonadosomático (IG) de *Nodipecten subnodosus* en los días 0, 15 y 30, bajo seis regímenes de temperatura del agua, utilizados para inducir el desarrollo de las gónadas. Los valores son la media \pm DE.

Discusiones y conclusiones

Considerando todos los aspectos estudiados en el presente trabajo, a excepción del tratamiento TOsc22±4, todos los tratamientos produjeron desarrollo gametogénico en *N. subnodosus*. Durante los primeros 15 días, más del 40 % de las almejas alcanzaron la madurez o estaban en proceso de maduración, y otro 40 % desovó parcial o totalmente. Aunque no se cuantificaron, se observaron con frecuencia ovocitos desovados en los contenedores de 5 L, lo que confirma el desove observado a nivel histológico.

Racotta *et al.* (2003) reportaron valores de IG entre 3 y 7 % en *N. subnodosus* del mismo tamaño cultivado en Bahía Magdalena, México bajo condiciones del ambiente natural. En tanto que los valores promedios más altos (3.2 %) de este trabajo en laboratorio se encuentran cercanos al límite inferior de la escala anteriormente mencionada. Esto sugiere que el afecto térmico induce una rápida movilización de energía hacia la

vitelogenesis y en menor medida hacia la producción de tejido conjuntivo. Es posible que los ovocitos previtelogénicos existentes al inicio del experimento, maduraron con rapidez, y posteriormente fueron liberados sin que ocurriera un amplio crecimiento de las gónadas en volumen y masa. Se ha informado que este proceso ocurre en poblaciones naturales de almejas *N. subnodosus* (Arellano *et al.*, 2004) y *Argopecten purpuratus* (Illanes *et al.*, 1985) durante eventos inusuales de calentamiento del agua en sitios con poblaciones naturales.

A la luz de estos resultados, parece que el protocolo para la maduración de reproductores en laboratorio sería diferente dependiendo de la fase ovogénica de los organismos en el momento de la recolección. Es posible que los reproductores en fases iniciales, como en el presente trabajo, deban mantenerse por un breve tiempo con alimentación abundante y una temperatura por debajo de la óptima de crecimiento (22 °C) para permitir que la energía se conduzca a la producción de tejido conjuntivo y oogonias, y maximizar el potencial del IG. Por otro lado, si se recolectaran organismos en gametogénesis inicial o en desarrollo (fases II y/o III), se podrían aplicar pulsos u oscilaciones térmicas de baja amplitud, ajustados a una línea de temperatura base por debajo de la óptima de crecimiento, esto con el objetivo de activar o incrementar la actividad de la vitelogenesis. A los reproductores que se encuentren en Fase IV se les podría aplicar temperaturas estables o en incrementos graduales por encima de la temperatura optima de crecimiento, esto con el objetivo de inducir una mayor cantidad de ovocitos postvitelogénicos y preparar a los organismos para la Fase V de desove. Son necesarios más estudios para confirmar estas observaciones.

No se recomienda el acondicionamiento reproductivo con oscilaciones térmicas de alta intensidad como lo fue el tratamiento TOsc22±4, los resultados producidos indican un efecto perjudicial de los organismos. Posiblemente, estos resultados podrían haber sido diferentes si se hubiera aplicado un régimen de menor amplitud (22 ± 2 °C día⁻¹) similar al empleado por Sicard *et al.* (2006). En estas condiciones, el potencial de crecimiento aumenta y, por lo tanto, se habría destinado más energía a la reproducción.

Agradecimientos

Revista ACTA PESQUERA. Vol. 10, No. 20. Publicación semestral

Los pectínidos fueron amablemente proporcionados por Marimex del Pacífico S.A. de C.V. de Laguna Manuela. Agradecemos a los ingenieros de la unidad electrónica CIBNOR-Hermosillo (Cesar Villegas, Julio Félix, Cuitláhuac Iriarte, Rodolfo Barraza), por su logro en el diseño y construcción del SITMA. También agradecemos a Oscar Palomeque, Esteban Moreno y Efraín Castillejos por darle mantenimiento al SITMA durante el experimento. Gracias a Eulalia Meza por su valiosa ayuda en el estudio histológico.

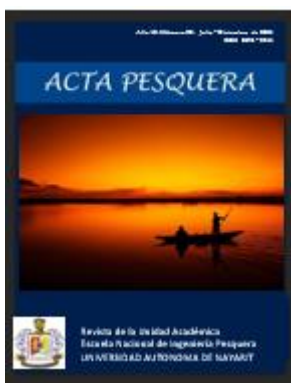
Referencias

- Arellano, M. M., Racotta I. S., Ceballos, V. B. P. y Elorduy, G. J. F. (2004). Biochemical composition, reproductive activity, and food availability of the Lion's Paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.* 23, 15-23.
- Bayne, B. L. (1975). Reproduction of bivalve molluscs under environmental stress. En Vernberg, F.J., (Ed.) *Physiological ecology of estuarine organisms* (p. 259-277). Columbia: University of South Caroline Press.
- Bayne, B. L. (1976). *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press.
- Delgado, M. y Pérez, C. A. (2007). Influence of temperature on gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) with special reference to ingested food and energy balance. *Aquaculture* 264, 398-407.
- Fabioux, C., Huvet, A., Le Souchu, P., Le Pennec, M. y Pouvreau, S. (2005). Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock. *Aquaculture* 250, 458-470.
- González E. F. (2003). Temperaturas letales y temperatura óptima para crecimiento de una población de almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz B.C.S., México.
- Gutiérrez, V. C. E. y Chi, B. G. (1997). Effect of the temperature and feeding ratio on the conditioning of *Lyropecten subnodosus* Sowerby, 1835 (p. 73 -75). 11th International Pectinid Workshop, 11 - 15 April, La Paz, B.C.S., México.
- Heasman, M. P., O'Connor, W. A. y Frazer, A. W. (1996). Temperature and nutrition as factors in conditioning broodstock of the commercial scallop *Pecten fumatus* Reeve. *Aquaculture*. 143, 75-90.

- Heilmayer, O. (2003). Environment, adaptation and evolution: Scallop ecology across the latitudinal gradient (Tesis de doctorado). University of Bremen. Alemania.
- Honkoop, P. J. C. y Van, D. M. J. (1998). Experimentally induced effects of water temperature and immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 220, 227-246
- Illanes, B. J., Akaboshi, S. y Uribe, T. E. (1985). Efectos de la temperatura en la reproducción del ostión del norte *Clamys (Argopecten) purpuratus* en la Bahía de Tongoy durante el fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* (Chile) 32, 167-173.
- Liu, S., Sun, J., Ru, X., Hamel, J. F., y Mercier, A. (2015). Broodstock conditioning and spawning. En Yang H., Hamel, J. F. y Mercier, A. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 39, pp. 101-110). Elsevier.
- López, S. J. A., Maeda, M. A. N., Croll, R. P. y Acosta, S. H. (2009). Monoamine fluctuations during the reproductive cycle of the Pacific lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 154(3), 425-428.
- MacDonald, B. A. y Thompson, R. J. (1986). Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. *Mar. Biol.* 93, 37-48.
- Mackie, G. L. (1984). Bivalves. En: Tompa, A. S., Verdonk, N. H., y Biggelaar, J. A. M., (Eds), *The Mollusca*. Vol. 7, Reproduction (p. 351-418). E.U.A.: Academic Press. New York.
- Maeda, M. A. N., Sicard, M. T. y Reynoso, G. T. (2000). A shipment method for scallop seed. *J. Shellfish Res.*, 19(2), 765-770.
- Maeda, M. A. N., Lombeida, P., Freitas, L., Lodeiros, C. y Sicard, M. T. (2001). Cultivo de Pectínidos en fondo y en estanques. En: Maeda, M. A. N., (Ed) *Los Moluscos Pectínidos de Ibero-América*, Ciencia y Acuicultura (p. 213-231). México: Limusa.
- Monsalvo S. P., Maeda, M. A. N. y Reynoso, G. T. (1997). Reproductive maturity and spawning induction in the catarina scallop *Argopecten ventricosus (=circularis)* (Sowerby II, 1842). *J. Shellfish Res.* 16(1), 67-70.
- Racotta, I. S., Ramírez, J. L., Ibarra, A. M., Rodríguez, J. M. C., Carreño, D. y Palacios, E. (2003). Growth and gametogenesis in the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*, 217, 335-349.
- Ramírez, C. E. (2003). Desarrollo reproductivo estacional de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. BSc Thesis, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21 del Estado de Sonora. México. 49 p.
- Robles, M. M., (2001). Antecedentes, estado actual y perspectivas del cultivo de *Nodipecten=Lyropecten subnodosus* en la península de Baja California, México. En: *Revista ACTA PESQUERA*. Vol. 10, No. 20. Publicación semestral

- Cultivo de los pectínidos gigantes del género *Nodipecten*: problemas y perspectivas. CYTED (p. 34-35). Consulta técnica del Proyecto II.6. Florianópolis, Brasil.
- Sastry, A. N. (1963). Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamark. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biol. Bull.* 125, 146-153.
- Sastry, A. N. (1966). Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.* 130, 118-134.
- Sastry, A. N. (1970). Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Aequipecten irradians*. *Biological Bulletin* 138, 56-65.
- Saucedo, L. P., Rodríguez, J. C., Aldana, A. C., Monsalvo, S. P., Reynoso, G. T., Villarreal, H. y Monteforte, M. (2001). Gonadic conditioning of the calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), under two temperature regimes. *Aquaculture* 195, 103-119.
- Sicard, M. T., Maeda, M. A. N., Lluch, C. S. E. y Roldán, C. L. M. (2006). Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical-temperate transition zones. *Aquaculture Research* 37, 1040-1049.
- Shaw, B. L. y Batle, H.I. (1957). The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Can. J. Zool.* 35, 325-346.
- Utting, S. D. y Millican, P. F. (1997). Techniques for the hatchery conditioning of bivalve broodstocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *Aquaculture*, 155(1-4), 45-54.





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio - Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 45 - 63
Recibido: octubre 02 de 2024
Aprobado: diciembre 02 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.143

**Uso del análisis numérico para representar el Crecimiento de la Trucha Blanca
(*Haemulon flaviguttatum* Gill,1863)**

**Using numerical analysis to represent the growth of the white trout (*Haemulon
flaviguttatum* Gill,1863)**

José Trinidad Ulloa Ibarra
Universidad Autónoma de Nayarit
jtulloa@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6382-7588>

María Inés Ortega Arcega
UACBI - UAN
maria.arcega@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1058-8106>

Bárbara Nayar Olvera Carballo
Universidad Autónoma de Nayarit
barbara.olvera@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0001-3773-7570>

Nidia D. Uribe Olivares
CBETIS 100
nidy98@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2525-4157>

Juan Felipe Flores Robles
Universidad Autónoma de Nayarit
juan.f10res@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-4183-7501>

**Uso del análisis numérico para representar el Crecimiento de la Trucha Blanca
(*Haemulon flaviguttatum* Gill,1863)**

**Using numerical analysis to represent the growth of the white trout (*Haemulon
flaviguttatum* Gill,1863)**

Resumen

En el desarrollo del presente trabajo, se utilizó el análisis de ajuste de datos para seleccionar el modelo que mejor representa datos de la trucha blanca, comparando los modelos: Logístico, Brody y el de Saturación con la finalidad de lograr hacer una propuesta sobre el mejor de ellos. En biología pesquera, los modelos sigmoidales, también conocidos como modelos de crecimiento en forma de S, son herramientas matemáticas ampliamente utilizadas para representar el crecimiento de poblaciones de peces y otras especies acuáticas. Estos modelos se caracterizan por su forma en S, que refleja un crecimiento inicial lento, seguido de una aceleración hasta alcanzar un límite asintótico. Es importante destacar que estos modelos son simplificaciones de la realidad y no siempre representan todos los aspectos de la dinámica poblacional de una especie. Por lo tanto, es crucial utilizarlos con precaución y considerar otras fuentes de información al realizar inferencias sobre el estado de una población pesquera. Es importante evaluar las ventajas y desventajas de cada modelo antes de seleccionar el más apropiado. Su capacidad para modelar el crecimiento en longitud de peces de manera precisa lo ha convertido en una herramienta esencial para la evaluación de poblaciones y la gestión pesquera.

Palabras clave: análisis numérico, crecimiento, trucha blanca

Abstract

In the development of this work, data fitting analysis was used to select the model that best represents channel catfish data, comparing the Logistic, Brody and Saturation models to make a proposal on the best of them. In fisheries biology, sigmoidal models, also known as S-shaped growth models, are widely used mathematical tools to represent the growth of fish populations and other aquatic species. These models are characterized by their S-shape, which reflects a slow initial growth, followed by an acceleration until reaching an asymptotic limit. It is important to note that these models are simplifications of reality and do not always represent all aspects of the population dynamics of a species. Therefore, it is crucial to use them with caution and consider other sources of information when making inferences about the status of a fishery population. It is important to evaluate the advantages and disadvantages of each model before selecting the most appropriate one. Its ability to accurately model fish length growth has made it an essential tool for stock assessment and fisheries management.

Keywords: numerical analysis, growth, white trout

Introducción

Para explicar los fenómenos observados en las diferentes áreas, la ciencia desarrolla teorías y modelos, estos últimos los utiliza para crear conexiones, causas y explicaciones. (Cadima, 2003). En el caso del crecimiento individual, se aplican modelos matemáticos para dar cuenta de este aspecto a lo largo del ciclo vital de la especie. Los modelos de crecimiento de los grupos de población explotados describen con precisión las etapas de la vida en las que sufren la explotación, (Gulland, 1983). Las descripciones matemáticas del crecimiento se basan en supuestos biológicos para explicar este fenómeno en las especies (Ricker, 1979).

Con frecuencia es importante e incluso necesario analizar varios modelos o funciones de crecimiento para caracterizar adecuadamente este aspecto de una especie, (Calliet et al., 2006). Para ello se deben seleccionar modelos apropiados a la representación de la realidad biológica, con bases estadísticas en sus ajustes y confiabilidad (Moreau, 1987).

En biología pesquera, los modelos sigmoidales, también conocidos como modelos de crecimiento en forma de S, son herramientas matemáticas ampliamente utilizadas para representar el crecimiento de poblaciones de peces y otras especies acuáticas. Estos modelos se caracterizan por su forma en S, que refleja un crecimiento inicial lento, seguido de una aceleración hasta alcanzar un límite asintótico.

Ningún modelo Sigmoidal es indiscutiblemente "mejor" para todas las aplicaciones en biología pesquera. La elección de un modelo adecuado depende de las características específicas del caso de estudio (la especie estudiada) y de los objetivos del análisis. Antes de elegir el más adecuado, es importante evaluar las ventajas y desventajas de cada modelo. Sin embargo, el modelo de Bertalanffy es el modelo en forma de S más utilizado en biología pesquera debido a su simplicidad y flexibilidad. Su capacidad para simular con precisión el crecimiento de la longitud de los peces lo convierte en una herramienta importante para la evaluación de poblaciones y la gestión pesquera.

Es importante enfatizar que el modelo Sigmoidal es una simplificación de la realidad y no necesariamente representa todos los aspectos de la dinámica poblacional de una especie. Por lo tanto, es importante utilizar estos modelos con precaución y considerar otras fuentes de información al inferir el estado de las poblaciones de peces.

Se pueden realizar varios tipos de análisis comparativo para determinar las ventajas y desventajas de diferentes modelos sigmoideos. Estos incluyen: análisis de conciliación de datos; Análisis de parsimonia; Análisis de capacidad predictiva; Análisis de estabilidad; Análisis de interpretabilidad; Análisis de robustez.

Existen además otros métodos para seleccionar el modelo que mejor se aproxima de un grupo de modelos candidatos utilizando criterios de teoría de la información, (Burnham y Anderson, 2002). Este tipo de herramientas exploratorias son muy recientes en los estudios de pesquerías, donde han sido utilizados por menos de una década (Cruz-Vázquez et al., 2012).

La Matemática Aplicada en las ciencias agropecuarias y pesqueras permiten brindar criterios y herramientas básicas para manejar e interpretar cada vez mejor la actividad, satisfacer las demandas de nuevas tecnologías para producir en mercados globales altamente competitivos resguardando los recursos naturales y tomar decisiones a mediano y largo plazo en condiciones similares de experimentación (Ortega, 2000).

La modelación es una práctica que articula las diferentes ciencias y la tecnología con las matemáticas. Para dar evidencia de estas afirmaciones, basta analizar el entorno laboral que tienen estas comunidades (Ulloa y Arrieta, 2011). La modelación tiene lugar en las tres etapas principales del complejo pesquero, ya que la encontramos no solamente al utilizar los Modelos de Predicción de las Capturas, sino también en el procesado de productos y al realizar estudios de consumo y demanda. Se ha comentado también (Ulloa y Arrieta, 2011) que gran parte del conocimiento surge en las llamadas comunidades de práctica (Wenger, 1998a), en la figura 1 se muestra cómo surge este en la comunidad.

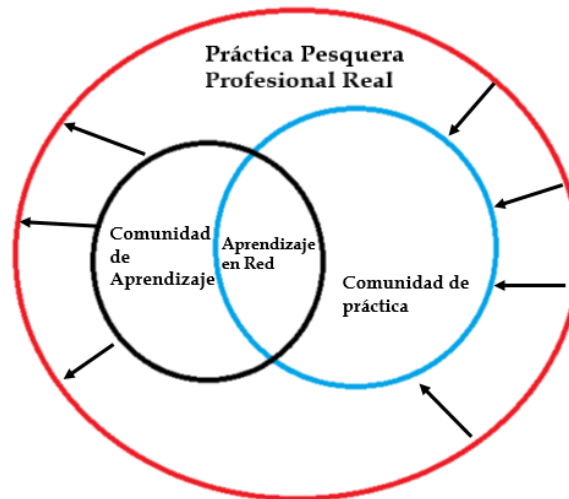


Figura1, Comunidades de práctica

Se ha propuesto el análisis de ajuste de datos para seleccionar el modelo que mejor representa datos del crecimiento de la Trucha Blanca, comparando los modelos: Logístico, Gompertz, Brody y el de Saturación con la finalidad de hacer una propuesta sobre el mejor de ellos.

Aspectos biológicos y ecológicos del recurso

Cuerpo oblongo, comprimido y bastante profundo (profundidad contenida 3,0 a 3,1 veces en la longitud estándar); boca grande, terminal y oblicua, su borde anterior ubicado al mismo nivel que el centro del ojo; primer arco branquial con 26 a 36 branquiespinas; aleta dorsal con muescas, con 10 a 12 espinas y 15 a 18 radios blandos; segunda espina anal más larga y fuerte que la tercera; serie de escamas por encima de la línea lateral oblicua; cuerpo marrón claro; cada escama tiene una mancha azul perlado, las manchas parecen formar líneas que siguen la serie de escamas; aletas amarillentas. Forma cardúmenes sobre fondos rocosos y arenosos. Se alimenta de noche

Es importante tener en cuenta que muchos organismos pasan por varias fases distintas de crecimiento durante su vida. Una variable de tamaño o peso medible a lo largo del tiempo puede servir para cuantificar esos patrones.

Un patrón sigmoideo se observa comúnmente en condiciones que son generalmente consistentes, y donde una variable aumenta sucesivamente exponencialmente, luego linealmente, y por último asintóticamente. Cuando se traza una curva en forma de S, o una función sigmoidea, se puede ver en la siguiente figura.

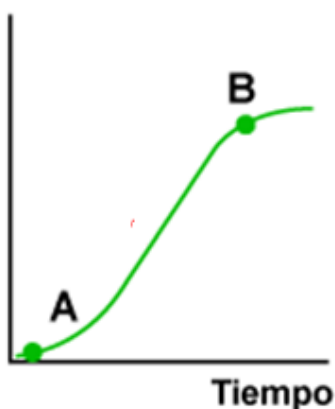


Figura No.2 Curva Sigmoidal

Se debe recordar que una curva sigmoideal consta de tres etapas: un período acelerado (etapa exponencial), un período de transición y un período de meseta.

El problema de investigación

Evaluar la capacidad de los modelos de crecimiento logístico, de Brody y de saturación para predecir el crecimiento de la trucha blanca (*Oncorhynchus mykiss*) en diferentes condiciones de temperatura en un sistema de cultivo intensivo, cuyos objetivos son:

- ▣ Ajustar los modelos de crecimiento a datos de crecimiento de truchas blancas criadas a diferentes etapas.
- ▣ Comparar el ajuste de los modelos y seleccionar el modelo que mejor se ajusta a los datos.

- Evaluar la capacidad predictiva de los modelos para estimar el peso final de las truchas a diferentes edades y temperaturas.
- Determinar la temperatura óptima de cultivo para maximizar el crecimiento de la trucha blanca.

Justificación

Los modelos matemáticos, como el logístico, de Brody y de saturación, son herramientas valiosas en la biología pesquera y la acuicultura. Estos modelos, al describir de manera simplificada pero efectiva el crecimiento de poblaciones, ofrecen una serie de ventajas para comprender y gestionar la dinámica de especies como la trucha blanca.

Como una ventaja se puede decir que la trucha blanca es una especie de gran importancia comercial y ecológica. Al modelar su crecimiento, podemos comprender mejor su ciclo de vida, identificar los factores que limitan su crecimiento y desarrollar estrategias para su conservación y aprovechamiento sostenible. Los modelos logísticos, de Brody y de saturación, al capturar diferentes aspectos del crecimiento (crecimiento inicial rápido, crecimiento asintótico, efecto de la densidad), son particularmente útiles para estudiar esta especie.

Como desventajas tenemos que estos modelos son simplificaciones de la realidad y no consideran todos los factores que pueden influir en el crecimiento de la trucha blanca, como las interacciones con otras especies, las enfermedades o la variabilidad ambiental; la precisión de las predicciones depende de la calidad y cantidad de datos disponibles.

Por otra parte, la modelación del crecimiento de la trucha blanca requiere un enfoque multidisciplinario que combine conocimientos de biología, ecología, matemáticas y estadística.

A continuación, se presentan las características más importantes de los modelos que se compararán para el desarrollo de este trabajo:

Modelo logístico:

El **modelo logístico** en las áreas de la pesca y la acuicultura biología pesquera es una herramienta fundamental para entender el crecimiento de poblaciones de peces en ambientes con recursos limitados. Este modelo se basa en la ecuación logística, que describe cómo la tasa de crecimiento de una población disminuye a medida que se acerca a la capacidad de carga del ambiente.

Entre sus características se encuentran las siguientes.

- **Crecimiento Sostenido:** A diferencia del crecimiento exponencial, donde la población puede crecer indefinidamente, el modelo logístico considera un límite máximo (capacidad de carga) que la población no puede superar debido a restricciones ambientales

- ❑ **Tasa de Crecimiento Variable:** La tasa de crecimiento per cápita es alta cuando la población es pequeña y disminuye a medida que la población se aproxima a la capacidad de carga. Esto se traduce en un crecimiento inicial rápido que se desacelera con el tiempo
- ❑ **Parámetros Clave:** El modelo incluye parámetros como la tasa intrínseca de crecimiento (r) y la capacidad de carga (K). La relación entre estos parámetros determina la forma de la curva de crecimiento
- ❑ **Aplicaciones en Manejo Pesquero:** Este modelo es útil para la gestión de recursos pesqueros, permitiendo predecir el impacto de la pesca sobre las poblaciones y ayudar en la toma de decisiones sobre cuotas de captura y conservación

La ecuación matemática del modelo logístico para el crecimiento de peces se expresa como:

$$L(t) = \frac{L_{\infty}}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$$

Donde:

- ❑ **L(t):** Longitud promedio de los peces en el tiempo "t".
- ❑ **L ∞ :** Longitud asintótica, que representa la longitud máxima promedio que pueden alcanzar los peces.
- ❑ **k:** Tasa de crecimiento relativa, que indica la velocidad a la que la población se acerca a su longitud asintótica.
- ❑ **t:** Tiempo, generalmente medido en días, meses o años.
- ❑ **t $_0$:** Edad a la talla media ($L_0/2$), que representa el tiempo en el que la población alcanza la mitad de su longitud asintótica.

Interpretación de los parámetros:

- ❑ **L ∞ :** La longitud asintótica. (L_{∞}) es un parámetro fundamental del modelo, ya que representa el potencial máximo de crecimiento de la población. Esta longitud está determinada por factores genéticos y ambientales, como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua y la competencia.
- ❑ **k:** La tasa de crecimiento relativa (k) indica la rapidez con la que la población se acerca a su longitud asintótica. Un valor alto de k implica un crecimiento rápido en las primeras etapas, mientras que un valor bajo de k indica un crecimiento más lento y gradual.
- ❑ **t $_0$:** La edad a la talla media (t_0) proporciona información sobre el patrón de crecimiento inicial de la población. Un valor bajo de t_0 indica un crecimiento rápido desde las primeras etapas, mientras que un valor alto de t_0 sugiere un crecimiento más lento al inicio y una aceleración posterior.

El modelo logístico es una herramienta fundamental en la gestión de recursos pesqueros y acuícolas. Su aplicación permite comprender la dinámica de las poblaciones, predecir rendimientos y diseñar estrategias de manejo sostenible.

Modelo de Brody

El modelo de Brody es una herramienta valiosa en la pesca y la acuicultura, pero es importante reconocer sus limitaciones y utilizarlo junto con otros modelos y datos para obtener una comprensión más completa de la dinámica de las poblaciones de peces y organismos acuáticos cultivados. La elección del modelo más adecuado dependerá de la especie en estudio, la disponibilidad de datos y los objetivos del análisis. La ecuación matemática del modelo de Brody para el crecimiento de peces se expresa como:

$$L(t) = L_0(e^{Kt})$$

Donde:

- ▣ **L(t)**: Longitud promedio de los peces en el tiempo "t".
- ▣ **L₀**: Longitud inicial promedio, que representa la longitud promedio de los peces al inicio del estudio (t = 0).
- ▣ **k**: Tasa de crecimiento relativa, que indica la velocidad a la que la población crece en relación con su tamaño actual.
- ▣ **t**: Tiempo, generalmente medido en días, meses o años.

Interpretación de los parámetros:

- ▣ **L₀**: La longitud inicial promedio (L₀) proporciona información sobre el tamaño inicial de la población. Esta longitud es influenciada por factores como las condiciones ambientales durante el desarrollo temprano y las características reproductivas de la especie.
- ▣ **k**: La tasa de crecimiento relativa (k) indica la velocidad a la que la población crece en relación con su tamaño actual. Un valor alto de k implica un crecimiento rápido, especialmente en las primeras etapas, mientras que un valor bajo de k sugiere un crecimiento más lento.

Aplicaciones del modelo de Brody:

Estimación del crecimiento individual: Permite determinar la tasa de crecimiento de un organismo a lo largo de su vida, lo cual es fundamental para establecer edades de primera captura, determinar tallas comerciales y evaluar el impacto de diferentes factores ambientales en el crecimiento. Permite evaluar la sostenibilidad de una pesquería al comparar las tasas de crecimiento con las tasas de mortalidad por pesca.

El Modelo de Saturación

El modelo de saturación es una herramienta valiosa en la pesca y la acuicultura. Al comprender la dinámica de las poblaciones y predecir los efectos de diferentes acciones de manejo, se pueden tomar decisiones informadas para garantizar la sostenibilidad de estos recursos vitales.

De manera general se puede decir que el modelo de saturación es un modelo de crecimiento no lineal que se basa en la siguiente ecuación:

$$\frac{dx}{dt} = r * \left(\frac{x}{K}\right)^n$$

donde:

x es el tamaño de la especie

t es el tiempo

r es la tasa de crecimiento intrínseca

K es la capacidad de carga del ecosistema

n es un parámetro que controla la forma de la curva de crecimiento

El modelo de saturación tiene las siguientes características:

- El crecimiento es exponencial al principio, pero luego se ralentiza hasta que la especie alcanza un tamaño máximo.
- El tamaño máximo de la especie es igual a la capacidad de carga del ecosistema.
- La forma de la curva de crecimiento depende del parámetro n.
- El parámetro n controla la forma de la curva de crecimiento. Un valor de n menor a 1 da como resultado una curva de crecimiento más pronunciada, mientras que un valor de n mayor a 1 da como resultado una curva de crecimiento más suave.

El modelo de saturación tiene las siguientes suposiciones:

- El crecimiento es exponencial al principio, pero luego se ralentiza hasta que la población alcanza un tamaño máximo.
- El tamaño máximo de la población es igual a la capacidad de carga del ecosistema.
- La forma de la curva de crecimiento depende del parámetro n.

Entre sus principales aplicaciones se tiene que:

- **Estimación de la Capacidad de Carga:**
 - Determina el número máximo de individuos de una especie que un ecosistema puede sostener a largo plazo.
 - Permite establecer límites de captura para evitar la sobreexplotación y el colapso de las poblaciones pesqueras, así como optimizar la densidad de cultivo en acuicultura.
- **Predicción de Rendimientos Pesqueros:**
 - Permite simular la evolución de una población pesquera bajo diferentes niveles de esfuerzo pesquero.
 - Ayuda a determinar el nivel de pesca que maximiza el rendimiento a largo plazo sin comprometer la sostenibilidad de la población.

La elección del modelo más adecuado dependerá de las características específicas del crecimiento de la especie de pez en estudio, la disponibilidad de datos y el ajuste empírico de los modelos a los datos observados. En algunos casos, puede ser necesario explorar

modelos más complejos o combinar diferentes modelos para obtener una representación precisa del crecimiento.

Marco Teórico

Como se ha especificado en trabajos anteriores del grupo de modelación en Nayarit, se toma como base a la teoría Socioepistemológica como el marco ideal ya que se basa en el análisis de las prácticas de las comunidades ya sean de estudio, de práctica o profesionales considerando al grupo social en el que se desarrollan las actividades como el aspecto preponderante para entender la generación del conocimiento.

Esta teoría cuyo surgimiento fue en el área educativo, específicamente en el estudio de las prácticas sociales que influyen en las prácticas sociales y culturales ha sido adoptada en otras áreas, entre ella en las comunidades de profesionales, puede aplicarse en la biología pesquera y por lo tanto en la modelación, considerando los conocimientos empíricos que se utilizan para realizarla, pero tratando de encontrar un sustento científico formal para explicarlos.

Al aplicar la teoría de la socioepistemología a la modelación en biología pesquera, se busca construir modelos más inclusivos, contextualizados y sensibles a las realidades sociales y culturales de las comunidades pesqueras, lo que puede conducir a una gestión más sostenible y equitativa de los recursos pesqueros.

Metodología

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este estudio es exploratorio, descriptivo y correlacional. El diseño del estudio es no experimental, ya que se utilizarán datos históricos de las zonas de desembarco, mientras que las variables no se modificarán, sino que se analizarán utilizando métodos y técnicas de estimación de parámetros poblacionales. La población de estudio es la especie "trucha blanca".

Se realizó un análisis numérico puesto que solo se requieren conocimientos básicos de la aritmética y del álgebra, y además:

- ▣ El análisis numérico permite encontrar soluciones numéricas a ecuaciones diferenciales no lineales.
- ▣ Esto permite estimar los parámetros de los modelos de crecimiento a partir de datos experimentales.
- ▣ Los datos experimentales pueden ser obtenidos de una variedad de fuentes.
- ▣ Una vez que se han estimado los parámetros de los modelos, se pueden utilizar para predecir el crecimiento futuro de la población.

En la primera etapa se toma cada uno de los modelos, se linealiza y se hacen los comparativos del original y del linealizado a fin de establecer analogías y con ello poder calcular el coeficiente de correlación.

La linealización de modelos sigmoidales es un enfoque utilizado para simplificar el análisis y la resolución de ecuaciones no lineales que describen el comportamiento de

sistemas biológicos, químicos o físicos. Este método consiste en transformar la ecuación sigmoideal original en una expresión lineal aproximada mediante la aplicación de ciertas suposiciones y manipulaciones matemáticas, como se muestra en la figura 3, en la que una curva sigmoideal se transforma en una recta mediante la utilización de logaritmos.

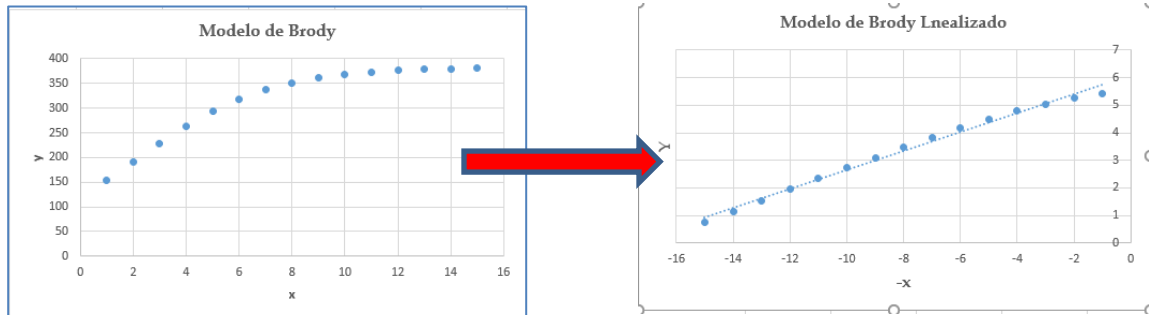


Figura No. 3. Linealización del modelo sigmoideal de Brody
Cambiando y por $\ln(K - y)$
(Ulloa, et al, 2024)

Como ventajas de la linealización de curvas, podemos decir que las ecuaciones lineales son más fáciles de analizar tanto desde el aspecto analítico como del gráfico por ser expresiones más sencillas y manejables sobre todo en el caso de usuarios sin un adecuado manejo de las matemáticas.

Las desventajas son: la linealización implica una aproximación, lo que puede interpretarse principalmente como una representación no muy exacta del sistema original, lo que puede llevar a errores y a resultados imprecisos. En muchos casos el rango de validez de la ecuación lineal es válida son en un rango específico de las variables.

Como un obstáculo de importancia es el de que algunos modelos sigmoideales pueden tener formas matemáticas complejas, lo que dificulta la linealización, ejemplo de esto son los modelos que implican productos y/o cocientes; de igual manera se pueden tener modelos con varios parámetros desconocidos, lo que complica la linealización y la interpretación y/o estimación de estos a partir de la forma lineal. Incluso si se logra una linealización exitosa, puede ser difícil interpretar los resultados obtenidos a partir de la forma lineal en términos del modelo sigmoideal original y su significado físico o biológico.

Una herramienta de gran utilidad en la linealización de los modelos sigmoideales es el uso de los logaritmos, esto permite convertir la curva en la recta, mediante el siguiente procedimiento: Primeramente, identificar la ecuación sigmoideal, enseguida aplicar la transformación logarítmica, para ello se debe considerar la conveniencia de utilizar logaritmos naturales o decimales; realizar las operaciones algebraicas necesarias para aislar la variable independiente en un lado de la ecuación y seguir hasta llegar a una expresión lineal del tipo $y = mx + b$

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la linealización mediante logaritmos tiene sus limitaciones. Sólo es válida en un rango específico de valores y puede introducir errores si se extrapola más allá de ese rango. Además, la transformación logarítmica puede no ser apropiada para ciertas formas funcionales o cuando se involucran valores negativos, como el caso de presentarse en la linealización del cálculo de logaritmos de cantidades negativas.

Ajuste de datos

Para realizar el análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico para representar el crecimiento, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Se deben obtener los datos experimentales o de campo relacionados con el crecimiento de la población o el organismo de interés.
- Se debe seleccionar un modelo matemático apropiado para describir el patrón de crecimiento observado.
- Se deben estimar los parámetros del modelo seleccionado utilizando técnicas de análisis numérico. Esto implica minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por el modelo.
- Una vez obtenidos los parámetros estimados, se deben evaluar la bondad de ajuste y la precisión del modelo.
- Si es posible, se debe validar el modelo utilizando un conjunto de datos independiente. Esto implica aplicar el modelo con los parámetros estimados a un nuevo conjunto de datos y evaluar su capacidad predictiva.
- Finalmente, se deben interpretar los parámetros estimados del modelo en términos biológicos y evaluar su coherencia con el conocimiento existente sobre el crecimiento del organismo o población en estudio.

Resultados

Datos de crecimiento de la Trucha Blanca (*Haemulon flaviguttatum* Gill, 1863)

Tabla 1. Datos para obtención del modelo

Mes	0	0,5	1	1,5	2	2,5	...	...	...	...
Longitud (cm)	3	4,1	5,1	7	8,7	10,6	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	8	8,5	...	...	10
...	...	...	...	...	...	35	36,1	...	...	38,4
...	...	...	...	...	...	13,5	14	14,5	15	
...	...	...	...	...	...	39,8	39,94	39,9	40	

Representación gráfica de los datos:

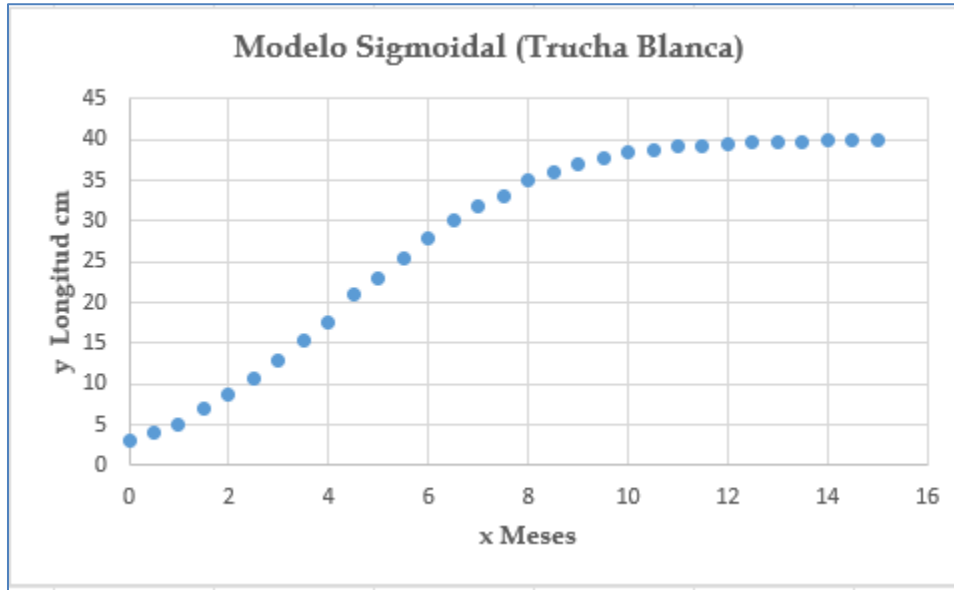


Figura No. 4. Datos de la Trucha Blanca

Características de esta distribución:

Se observa que el crecimiento es más acelerado entre los meses 2 y 8; gráficamente se tiene el punto de inflexión aproximadamente en el mes 5.5; muestra además una desaceleración notable después del mes 9 y en los meses finales del cultivo se registran incrementos muy pequeños. La curva refleja un crecimiento inicial moderado, seguido de una fase de crecimiento rápido y una fase final de desaceleración como es el comportamiento en la mayoría de las curvas de este tipo

Ajuste de los datos al modelo Logístico

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = \frac{K}{1 + a_0 * e^{a_1 * x}}$$

Aplicando logaritmos y sus propiedades, se tiene que

$$\ln\left(\frac{K-y}{y}\right) = \ln a_0 + a_1 x$$

Haciendo $Y = \ln\left(\frac{K-y}{y}\right)$ $Y = \ln a_0 + a_1 x$

Por comparación con la ecuación lineal $y = mx + b$, se pueden calcular a_1 y a_0 de la manera siguiente

$$a_1 = \frac{x \sum x_i Y_i - \sum x_i * \sum Y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \ln a_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{x}$$

Tomando $K = 41$

			K =	41		
			Yi			
	x	y	(K-y)/y	LN((K-y)/y)	x^2	x*Y
	0	3	12,666667	2,5389739	0	0
	0,5	4,1	9	2,1972246	0,25	1,0986123
	1	5,1	7,0392157	1,9514968	1	1,9514968
	1,5	7	4,8571429	1,5804504	2,25	2,3706756

	14	39,94	0,0265398	-3,629109	196	-50,80753
	14,5	39,9	0,0275689	-3,591066	210,25	-52,07046
	15	40	0,025	-3,688879	225	-55,33319
Sumatorias	232,5	856,44	49,997099	-37,61719	2363,75	-550,5843
Promedios	7,5			-1,213458		

Utilizando las expresiones para a₁ y a₀:

$$a_1 = -0,432993$$

$$\text{LN } a_0 = 2,0339864$$

$$a_0 = 7,6444996$$

Para determinar el coeficiente de correlación se debe calcular S_R y S_T:

$$S_R = (\text{Ln}Y_i - \text{Ln}a_0 - a_1x_i)^2 \quad S_T = (\text{Ln}Y_i - \overline{\text{Ln}Y})^2$$

SR	ST
0,2550124	14,080743
0,1441983	11,632754
0,1228523	10,016937
0,0383975	7,8059224
...	...
...	...
0,1590413	5,8353732
0,4268524	5,6530219
0,5960185	6,1277128
3,0920433	119,33122

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}} = \sqrt{\frac{119.33122 - 3.0929433}{119.33122}} = 0.986959252$$

Por lo que el modelo Logístico correspondientes es:

$$y = \frac{41}{1 + 7.644499615 * e^{-0.43299x}}$$

Ajuste de los datos al modelo de Brody

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = K(1 - a_0 * e^{-a_1x})$$

Aplicando logaritmos y sus propiedades, se tiene que

$$\ln\left(\frac{K - y}{K}\right) = \ln a_0 - a_1x$$

Haciendo $Y = \ln\frac{K}{K-y}$ se tiene que $Y = \ln a_0 - a_1x$

Por comparación con la ecuación lineal $y = mx + b$, se pueden calcular a_1 y a_0 de la manera siguiente:

$$a_1 = -\frac{n \sum x_i Y_i - \sum x_i \sum Y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \ln a_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{x}$$

Tomando $K = 41$

Mes	Longitud (cm)	LN((K-Y)/K)		
x	y	Y	x ²	x*Y
0	3	-0,07598591	0	0
0,5	4,1	-0,10536052	0,25	-0,05268
1	5,1	-0,13283477	1	-0,132835
1,5	7	-0,18721154	2,25	-0,280817
...
...
13,5	39,8	-3,53125051	182,25	-47,67188

	14	39,94	-3,65530316	196	-51,17424
	14,5	39,9	-3,61826189	210,25	-52,4648
	15	40	-3,71357207	225	-55,70358
Suma =	232,5	856,44	-56,0650011	2363,75	-598,6382
Promedio=	7,5		-1,80854842		

a1 = -0.2076
a0 = 0.0804641
A = 1.08379

Para determinar el coeficiente de correlación se debe calcular S_R y S_T :

$$S_R = \sum (Y_i - Lna_0 - a_1x_i)^2 \quad S_T = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

SR	ST
2,9487118	3,5514696
2,8521541	3,6630474
2,7635183	3,7689687
2,5889838	3,9830578
...	...
...	...
0,0984313	15,467587
3,361445	29,853674
3,2233093	29,45027
3,5707487	30,493815
51,689238	458,00242

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}}$$

r = 0,9418822

Por lo que el modelo de Brody correspondientes es:

$$y = 41 * (1 - 1.08379e^{-0.2076})$$

Ajuste al modelo de Saturación

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = a_0 \frac{x}{a_1 + x}$$

Mediante la utilización de las propiedades de la igualdad se tiene que:

$$\frac{a_1 + x}{a_0 x} = \frac{1}{y}$$

$$\frac{1}{y} = \frac{a_1}{a_0} \frac{1}{x} + \frac{1}{a_0}$$

Por comparación con la ecuación lineal $y = mx + b$, en la que la pendiente es a_1/a_0 y la ordenada al origen es $1/a_0$

$$\frac{a_1}{a_0} = \frac{n \sum \frac{1}{x_i} \frac{1}{y_i} - \sum \frac{1}{x_i} \sum \frac{1}{y_i}}{n \sum \left(\frac{1}{x_i}\right)^2 - \left(\sum \left(\frac{1}{x_i}\right)\right)^2}$$

$$\frac{1}{a_0} = \overline{\left(\frac{1}{y_i}\right)} - \frac{a_1}{a_0} \overline{\left(\frac{1}{x}\right)}$$

x	y	1/x	1/y	(1/x)(1/y)	(1/x)^2
0,5	4,1	2	0,2439024	0,4878049	4
1	5,1	1	0,1960784	0,1960784	1
1,5	7	0,6666667	0,1428571	0,0952381	0,4444444
...
...
13,5	39,8	0,0740741	0,0251256	0,0018612	0,005487
14	39,94	0,0714286	0,0250376	0,0017884	0,005102
14,5	39,9	0,0689655	0,0250627	0,0017285	0,0047562
15	40	0,0666667	0,025	0,0016667	0,0044444
Suma	232,5	853,44	7,9899743	1,6422057	6,4486005
Promedio			0,2663325	0,0547402	

Utilizando las expresiones para a_1 y a_0

$$a_1/a_0 = 0,133605 \qquad a_0/a_1 = 7,484752$$

$$1/a_0 = 0,0191568$$

$$a_0 = 52,200653$$

$$a_1 = 6,9742663$$

Para determinar el coeficiente de correlación se debe calcular S_R y S_T :

$$S_R = \sum (Y_i - Lna_0 - a_1x_i)^2 \quad S_T = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

SR	ST
0,00180322	0,035782357
0,00187633	0,019976499
0,001199259	0,007764598
...	...
...	...
1,54283E-05	0,000877022
1,34139E-05	0,000882246
1,0945E-05	0,000880756
9,38715E-06	0,000884479
0,007127492	0,084251631

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}} = 0.956766597$$

Por lo que el modelo de Saturación correspondientes es:

$$y = a_0 \frac{x}{a_1 + x} = 52.200653 \frac{x}{6.9742663 + x}$$

Discusión:

Los modelos matemáticos son herramientas fundamentales para entender el crecimiento de la trucha blanca. En este caso, se comparan tres modelos: el logístico, el de Brody y el de saturación, cuyos coeficientes de correlación son 0.9868, 0.94188 y 0.956766, respectivamente. El modelo logístico presenta el mejor ajuste, lo que sugiere que el crecimiento de la trucha blanca sigue un patrón que se estabiliza a medida que se alcanza la capacidad de carga del ambiente. Esto es crucial para la gestión sostenible de las poblaciones de trucha. En el caso del modelo de Brody a diferencia del utilizado por Ulloa, et. al. 2024 se utiliza otro modelo también simplificado.

El modelo de Saturación, aunque menos preciso que el logístico, muestra un coeficiente de correlación significativo, indicando que también puede ser útil para describir el crecimiento en ciertas condiciones. Por otro lado, el modelo de Brody, con el coeficiente más bajo, sugiere que su aplicabilidad podría ser limitada en el contexto del crecimiento de la trucha blanca. Sin embargo, cada modelo tiene sus ventajas y desventajas, y la elección del modelo adecuado dependerá de las condiciones específicas del estudio y de los objetivos de la investigación.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar estudios comparativos en diferentes condiciones ambientales y de alimentación, así como considerar la inclusión de variables adicionales que puedan influir en el crecimiento, como la temperatura del agua y la densidad poblacional. Además, sería beneficioso aplicar modelos híbridos que integren características de los modelos existentes para mejorar la precisión de las predicciones sobre el crecimiento de la trucha blanca.

Conclusiones:

El proceso de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico permite obtener una representación matemática precisa del crecimiento, lo que es fundamental para la comprensión de los procesos biológicos subyacentes y para la toma de decisiones en la gestión de recursos.

Para cada uno de los modelos seleccionados para el desarrollo del trabajo se realizó el análisis numérico de los datos disponibles ajustándolos a los datos de la trucha blanca, en cada uno de ellos se calcularon los parámetros destacando que en los primeros se tomó con base en la tendencia de los datos el valor de la asíntota superior, en el último esto no es necesario ya que el modelo no se representa en términos del crecimiento máximo, en todos se evaluó el coeficiente de correlación, como se muestra a continuación:

Modelo	Coficiente de correlación r
Logístico	$r = 0.98695$
Brody	$r = 0.9418822$
De Saturación	$r = 0.956766597$

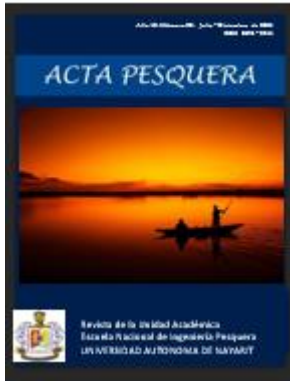
La elección del modelo más adecuado depende de los objetivos específicos del estudio, la disponibilidad de datos y la complejidad requerida del modelo.

Referencias bibliográficas

- Burnham, K.P., D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer. 2nd Ed. New York, N.Y. 488p.
- Cadima, E.L. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros. Documento Técnico de Pesca. No. 393. Roma, FAO. 162p.

- Cailliet, G.M., W.D. Smith, H.F. Mollet, K.J. Goldman. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in the terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes*. 77: 211-228.
- Cruz-Vásquez, R., G. Rodríguez-Domínguez, E. Alcántara-Razo, E.A. Aragón-Noriega. 2012. Estimation of individual growth parameters of the Cortes geoduck *Panopea globosa* from the central Gulf of California using a multimodel approach. *Journal of Shellfish Research*. 31(3): 725-732.
- Gulland, J.A. 1983. *Fish stock assessment*. Chichester: FAO/John Wiley and Sons. 1: 223p.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Santa Fe, México. 634 p.
- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: recent trends and further developments. In: Summerfelt RC, Hall GE (eds) *Age and growth of fish*. Iowa State University Press, Ames. Pp. 81-113.
- Ortega, D. (2000). *Perfeccionamiento de la enseñanza de la Matemática en la carrera de Agronomía*, Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Pedagógicas), UCLV, Santa Clara, Cuba, 2000.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (eds.). *Fish Physiology*. Academic Press, New York. Pp. 677-743.
- Ulloa, J., Arrieta, J. (2011). *La deconstrucción de la modelación del crecimiento de microalgas*. En Lestón, L (Eds), *Acta Latinoamericanas de Matemática Educativa* 24 (pp- 739 - 746). México. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.
- Ulloa, J.; Arrieta, J.; Uribe, N.; Flores, J.; Ortega, M. (2024). Criterio de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico para representar el Crecimiento de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). *Acta Pesquera*, Vol. 10. No. 19.
- Wenger, E. (1998a). *Communities of Practice: learning, meaning and indentity*. Cambridge University Press (edición española: *Comunidades de Práctica: aprendizaje, significado e identidad*, Paidós, 2002)





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio - Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 65 - 76
Recibido: Noviembre 15 de 2024
Aprobado: Diciembre 25 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.145

Tipos de anzuelos para la pesca de lobina (*Micropterus, spp*) con señuelo y caña en Nayarit, México

Types of hooks for bass fishing (*Micropterus, spp*) with lure and rood in Nayarit, México

Edgar Gabriel Hernández-Mendoza
Universidad Autónoma de Nayarit
21000106@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9368-7662>

José Armando López Sánchez
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera- UAN
armando.lopez@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Juan Carlos Bautista-Covarrubias
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera- UAN
juanb@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Tipos de anzuelos para la pesca de lobina (*Micropterus, spp*) con señuelo y caña en Nayarit, México

Types of hooks for bass fishing (*Micropterus, spp*) with lure and rood in Nayarit, México

RESUMEN

Los anzuelos son artes de pesca de enganche que tiene sus inicios en la antigüedad. Con el paso del tiempo han evolucionado considerablemente para una selectividad adecuada, y mayor resistencia de los materiales con los que se fabrican. Actualmente se puede encontrar anzuelos en el mercado para una gran variedad de especies. La pesca de *Micropterus spp.* una actividad que se practica mundialmente y se han desarrollado un número amplio de técnicas tanto de pesca como de cultivo por lo cual es una especie estudiada, se han identificado diferentes especies de lobina en el mundo y tiene un gran valor tanto de recreación como de consumo. Por lo tanto, el siguiente escrito describe los aspectos importantes y recomendaciones de algunos tipos de anzuelos para la pesca de poblaciones silvestres de lobina en aguas continentales y recomendaciones para evitar la explotación pesquera.

Palabras clave: Anzuelo, captura de peces, cultivo de peces, lobina, técnicas, pesca deportiva.

ABSTRACT

Hooks are fishing gear that have their origins in ancient times. Over time they have evolved considerably to achieve adequate selectivity and greater resistance of the materials with which they are made. Nowadays, any type of hook can be found on the market for a wide variety of species. Fishing for *Micropterus spp.* is an activity that is practiced worldwide and a large number of techniques have been developed for both fishing and farming, which is why it is a studied species. Different species of bass have been identified in the world and it has great value for both recreation and consumption. Therefore, the following document describes the important aspects and recommendations of some types of hooks for fishing wild populations of bass in continental waters and recommendations to avoid fishing exploitation.

Keywords: Fish hook, fish catch, fish farming, black bass, techniques, fishing sport.

INTRODUCCIÓN

La pesca es una actividad de gran importancia para la producción de alimento desde tiempos inmemorables y actualmente ha tenido un incremento en sus aficionados de manera deportiva-recreativa. El anzuelo forma parte de las artes de pesca más primitivas que han existido en el mundo, fueron utilizados como método de captura y subsistencia marítima (Salazar *et al.*, 2010) por diversas comunidades humanas en la edad antigua (Girón, 2020). Presentan una forma similar a las letras "J" y "G" y son de diferentes tamaños y diámetros, los primeros anzuelos estaban hechos de madera, espinas, hueso o

conchas de organismos bivalvos que se utilizaban específicamente para capturar ciertas especies de peces dependiendo su forma de la boca (Hernández *et al.*, 2023).

Con el paso del tiempo y el descubrimiento de otros materiales de mayor resistencia, el hombre comenzó a hacer aleaciones (metalurgia) de acero para su composición, por lo tanto, la efectividad de captura se incrementó, debido a que el anzuelo representaba un mayor enganche en la boca de los peces, también suelen engancharse de las agallas, paladar y el opérculo, facilitando la extracción de peces. Sin embargo, el uso del anzuelo es considerado una de las técnicas con mayor agresividad para la pesca deportiva (Nuhfer y Gaylord, 1992).

Los anzuelos se pueden dividir en dos formas; para la pesca comercial el anzuelo tipo noruego “recto” y el anzuelo tipo japonés “circular”, la efectividad de captura y selectividad se deriva de la forma y del tamaño (Kerstetter y Graves 2006, Yokota *et al.*, 2006), en el caso de pesca la deportiva de lobina se pueden encontrar una variedad amplia de diferentes modelos y formas para alguna técnica específica de captura, también conocidos como “arreglos de pesca”, además el tipo de acomodo de la carnada puede tener una influencia al capturar un pez de la especie objetivo (Broadhurst y Hazin, 2001). La forma de los anzuelos hace posible que la carnada o el señuelo se adapte y permanezca fija al anzuelo y con ello aumentar su efectividad en las zonas de captura, evitando que se atoren en las estructuras y coberturas (Hernández y Bautista, 2020).

Debido a que los peces se pueden localizar en diferentes estructuras (rocas, árboles hundidos, troncos, pastizales, plantas acuáticas, raíces, pilares de muelle, entre otras construcciones) y coberturas (rocas, ramas de árboles, arboles, muelles, pastizales, follaje de plantas y epibiontes), el diseño de los anzuelos por su forma puede evitar el trabarse. Es importante señalar que, en ambas zonas, es productiva la pesca debido a que los peces poseen órganos sensoriales y cuentan con vista, oído, gusto, tacto y olfato y han evolucionado para aprovechar el medio acuático como lugares de refugio y zonas de reproducción y crianza (Wootton, 1990). Además, estas zonas son favorables para búsqueda de alimento que maximice la ganancia de energía con un menor esfuerzo en un cierto lapso de tiempo para los peces cazadores (Hoyle y Keast, 1987).

Por lo tanto, el surgimiento de anzuelos que se adapten a las necesidades de la pesca de lobina (*Micropterus*, spp) mejoraron para funcionar bajo los principios de efectividad y selectividad, por esto surgen los distintos tipos de anzuelos de la actualidad y es importante mencionar que, para este tipo de pesca, se utilizan señuelos de plástico blando y rígidos que imiten sus principales presas; peces, insectos, gusanos y langostinos. Por lo tanto, el anzuelo se tiene que adaptar a la forma del señuelo para brindar una mayor efectividad.

Por otra lado, el pez lobina se encuentra en todos los continentes debido a su gran capacidad de adaptación en diferentes climas, es nativo de Norteamérica y habita en aguas continentales y funge su papel de un organismo depredador ya que se encuentran en la cima de la cadena trófica “considerada especie invasora”, se encuentra en lagos, ríos, pantanos y presas, sobre todo en aguas someras y su distribución natural en

Norteamérica, es del sur de Canadá hasta el Río Bravo en el norte de México y actualmente en todo México (Glover *et al.*, 2013). De acuerdo con Robbins y MacCrimmon (1974) mencionan que, en México, los primeros especímenes de lobina (*Micropterus salmoides*) se introdujeron en presa La Boquilla Chihuahua, México y posteriormente se ha diseminado la especie en las aguas continentales del país mexicano.

La producción nacional en el año 2017 de peso vivo de lobina fue de 1.7 mil toneladas y las entidades federativas con mayor producción fueron; Baja California con 695 toneladas y Sinaloa con 547 toneladas (CONAPESCA, 2017). La Norma Oficial Mexicana (NOM, 2014) regula el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse El Cuchillo-Solidaridad en el municipio de China Nuevo León, México. Además, en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 1988) se establece la *veda* para la especie "*Micropterus salmoides*" en la presa de Vicente Guerrero en el estado de Tamaulipas.

En la mayoría de los embalses de México, la pesca de lobina está destinada a fines deportivos, aunque también se captura de manera comercial e incidental, también se han reportado pérdidas de lobina por muerte natural y por la presencia de contaminantes liberados al agua de los cuerpos de agua.

CULTIVO DE LOBINA

El cultivo de lobina presenta idoneidad para realizarse en una amplia variedad de entornos, debido principalmente a la capacidad de la lobina a tolerar un rango de temperatura de hasta 1 °C. Considerando que son organismos euritérmicos y tienden a consumir alimento cuando la temperatura es mayor a 10 °C, mientras que su temperatura óptima para su crecimiento es de 20 °C a 23 °C, lo cual es posible su cultivo de engorda, maduración y producción de alevines, en esa variación de temperatura. También, la lobina presenta un crecimiento rápido con alimento formulado, facilidad de manejo y su ciclo de cultivo es corto (Rosenblum *et al.*, 1994).

En aspectos de reproducción, es favorable en condiciones de buena calidad de agua, profundidad promedio de 60 cm en los nidos, aireación continua suficiente 6.5 mg/L de oxígeno, la obscuridad es necesaria para mejorar la tasa de eclosión de los huevecillos. El tiempo de eclosión depende de la temperatura del agua aproximadamente 52 horas a temperaturas de 19 °C a 22 °C. Los alevines presentan un tamaño promedio de 7 mm, y comienzan a ingerir alimentos posterior a las 72 horas cuando el saco vitelino es absorbido, su principal alimento es el zooplancton, y se puede producir en laboratorio a gran escala (Bai y Li, 2018). Sin embargo, en México el cultivo de lobina no es tan desarrollado, en comparación con el país de China, ya que China ocupa el primer lugar en producción de lobina negra y esta especie de pez, es una importante fuente de proteína de agua dulce para los pobladores de Asia Oriental (Bai *et al.*, 2008).

El ciclo reproductivo es de vital importancia, debido a que la lobina es considerada una de las especies de alto valor comercial (Dávila *et al.*, 2017). La lobina con el paso del tiempo se ha estudiado en cultivo, ríos, embalses y en laboratorio, ya que son organismos que pertenecen a los productos pesqueros explotados, el resultado de los estudios brinda el

conocimiento necesario que permiten recomendar de acuerdo con sus aspectos biológicos la veda reproductiva para mantener las poblaciones silvestres saludables y evitar su captura cuando se estén reproduciendo (Rodríguez, 1992; Saborido, 2005). Se recomienda una veda en los meses enero-marzo y se permite una talla mínima de captura de 40 cm (Beltrán *et al.*, 2013), se recomienda extender la veda dos meses, por el proceso de madurez gonadal para que puedan llegar a crecer hasta 55 cm, y presentan un mayor tamaño en cuerpos de agua intercontinental que presentan climas favorables con temperatura ligeramente por arriba de 22 °C (Glover *et al.*, 2013) similar a las condiciones en el centro de México.

PESCA DE LOBINA

En los años de 1800 a 1900 estaban registradas un total de 88 especies del género *Micropterus*, pero varios autores realizaron estudios y observaciones para llegar a concluir que la misma especie se repite debido a la amplia variabilidad fenotípica. Se menciona que la identificación de las líneas genéticas debe partir de la referencia bucal del género *Micropterus*, pues algunos presentan la característica de una boca grande (Largemouth) y otros de boca chica (Smallmouth) (Long *et al.*, 2015). La lobina negra *M. salmoides* y la lobina boca chica *M. dolomieu*, descritas por Lacépède (1802), son las especies principales de las cuales proceden todas las actualmente descritas, las cuales son variantes de ellas (Henshall, 1881). Las especies variantes más representativas en Norteamérica son lobina Guadalupe Bass *M. treculii* (Vaillant y Bocourt, 1874), lobina Florida *M. floridianus* (LeSueur, 1822), lobina moteada *M. punctulatus* (Rafinesque, 1819). Con el avance tecnológico, es necesario realizar estudios para lograr identificarlas genéticamente. Las especies de lobina negra *Micropterus salmoides* y lobina boca chica *M. dolomieu* fueron descritas por Lacépède (1802). Por otra parte, Henshall (1881) menciona que todas las especies descritas posteriormente a las dos especies, son variantes de ellas. Las especies de Guadalupe Bass *M. treculii* (Vaillant y Bocourt, 1874), lobina de florida *M. floridianus*, (LeSueur, 1822), lobina moteada Spotted bass *M. punctulatus*, (Rafinesque, 1819), son ejemplo de ellas.

En la actualidad se desconoce el número total de especies y sus variedades que se pueden encontrar en los ambientes acuáticos, debido a la falta de manejo y administración de los recursos pesqueros, aunado a la dispersión por fenómenos naturales y a las posibles hibridaciones en el medio natural. La lobina ha sido introducida sin supervisión en aguas continentales, embalses y lagos, por el sector público con fines comerciales bajo una modalidad de cultivo extensivo, por ser considerado un pez de alto valor comercial (Davis y Lock, 2007), además con fines deportivos por ser una especie considerada apta para la pesca con señuelos plásticos. También se ha introducido a los ambientes acuáticos por liberaciones intencionales, por aspectos de biofilia por parte de usuarios de la acuariofilia y con fines de repoblamiento para la pesca deportiva, ya que es considerada una especie voraz.

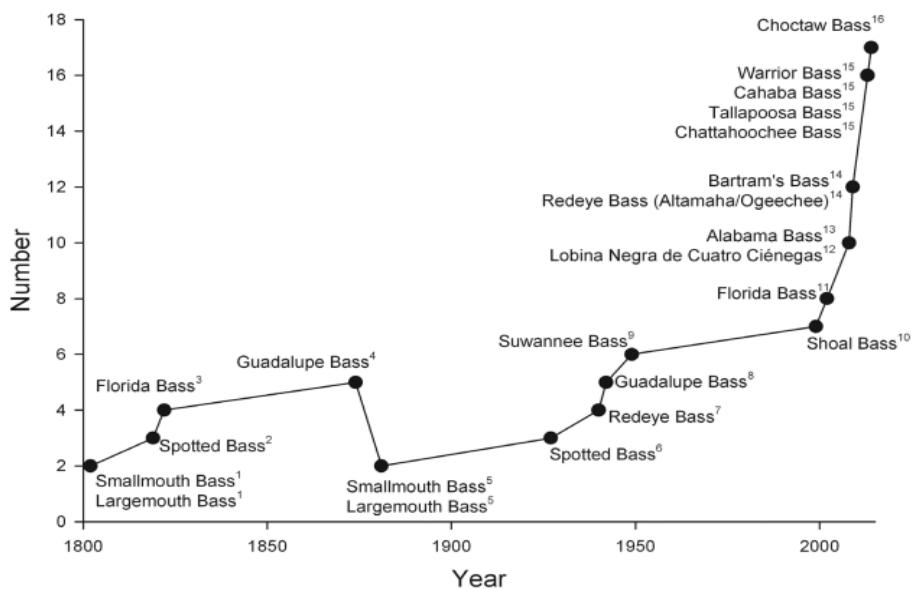


Imagen 1. Muestra cronológica de la lobinas “Black Bass” reconocida en los años 1800 y 1900 (Fuente: Long *et al.* 2015).



Imagen 2. *Micropterus* spp. capturado con anzuelo recto por Edgar Gabriel Hernández Mendoza, en el lago de Santa María del Oro, en el estado de Nayarit, México.



Imagen 3. *Micropterus* spp capturado con anzuelo de curva amplia "Wide Gap" por Edgar Gabriel Hernández Mendoza en la Presa Hidroeléctrica Aguamilpa en el estado de Nayarit, México.

TIPOS DE ANZUELOS PARA LA PESCA DE LOBINA






Es importante tener en cuenta que en la pesca con anzuelo y señuelos de plástico blando, hay dos estilos diferentes, la "pesca de poder" es la forma de pescar con artes de pesca robustas o de mayor tamaño, plástico blando, anzuelo, plomo, línea, caña y carrete con mayor resistencia, estas técnicas son de mayor agresividad al extraer los peces del agua y dentro de estas técnicas podemos encontrar los arreglos "Texas Rig", "Carolina Rig" y "Florida Rig". Estos arreglos pueden tener una variación en su funcionamiento dependiendo del peso que se agregue con la plomada "plomo o tungsteno" de acuerdo con el comportamiento alimenticio de la especie objetivo.



Por otra parte, tenemos las técnicas de pesca "Fina" son técnicas donde se utilizan las artes de pesca y los arreglos de menor resistencia y menor tamaño, los arreglos que podemos encontrar "Drop Shot Rig", "Wacky Rig", "Split Shot Rig" y "Ned Rig" se utilizan con una plomada ligera o sin plomada. Al momento de tener un ataque en cualquiera de los dos estilos, se tiene que dar un jalón moderadamente fuerte a la caña para que el filo del anzuelo atraviese la boca del pez y se logre engancharlo.

Las cañas que se utilizan comúnmente en aguas continentales son de casteo "Casting" y de Spinning "aro abierto", para este tipo de pesca se utilizan cañas de diferentes tamaños, pero lo recomendable son los tamaños de 182.88 cm (6 ft) hasta 243.84 cm (8 ft), también son utilizados diferentes tipos de carretes, y se utiliza el tamaño dependiendo de la técnica a utilizar, pueden ser rígidas, flexible moderadas, y flexibles (Hernández y Bautista, 2020; Hernández *et al.*, 2023).

Tabla 1. Diferentes modelos de anzuelos para la pesca de lobina.

	<p>El anzuelo Wide Gap: es un tipo de anzuelo que se adapta a las formas de los señuelos de plástico blando, también es el anzuelo común para la venta en la pesca de lobina. Está diseñado de acuerdo a la morfología de la mandíbula del pez, se utiliza en donde las estructuras y coberturas son densas, debido a que se puede ocultar la punta. Son los de mayor versatilidad a cualquier tipo de señuelo plástico blando y el arreglo se puede ajustar, cuentan con un descanso para poder ajustar los señuelos plásticos y no se desajuste la presentación.</p>
	<p>El anzuelo Wide Gap con peso, sustituye otras necesidades como la pesca de superficie o la pesca de fondo, permite hacer un lance a mayor distancia para hacer la búsqueda de peces, también para la técnica de "Swinbaits". Sin embargo, debemos de tomar en cuenta que este tipo de anzuelos forma parte de la gran variedad de anzuelos con adaptaciones para la pesca y el ingenio del pescador influye para utilizarlo a sus necesidades.</p>
	<p>Los anzuelos rectos tienen la particularidad de parecer a una letra "J" y está diseñado para señuelos plásticos blandos delgados estilo gusano y se utilizan recomendablemente con arreglo "Texas Carolina", para zonas donde no se presenten cobertura o estructura. Por la forma del anzuelo se evita la resistencia al aire y cubre mayor distancia de casteo. De igual manera cuentan con un descanso para acomodar el señuelo plástico.</p>
	<p>En las últimas décadas, el desarrollo de diferentes formas y resistencia de los anzuelos ha evolucionado, en la "técnica para pesca de poder" se aplica suficiente fuerza en los equipos para la extracción de peces y es fundamental que sea de esa manera, por las estructuras en donde se trabajan los señuelos. El tipo de anzuelo también es utilizado en las técnicas de "Pitching y Flipping", el anzuelo tiene la peculiaridad de ser un anzuelo noruego en su totalidad manteniendo su sencillez y efectividad al momento de capturar a los organismos. Estos no presentan un descanso, pero si cuentan con un plástico que ayuda a que el señuelo no se mueva de su lugar para que no afecte la presentación.</p>

	<p>Anzuelo para señuelos de recobro continuo. Los anzuelos con plomo se le llaman comúnmente cabeza de plomo "Jighead", se utilizan con señuelos plásticos en forma de un pequeño pez, son versátiles y útiles, además es un anzuelo de búsqueda al momento que se necesita cubrir largas distancias en el agua. Este anzuelo tiene un par de ganchos que evitan que el plástico se recorra al momento del recobro, y son efectivos para la pesca de exploración y pueden ser de distintos pesos desde ¼ de onza (7.085 gramos) hasta una onza (28.34 gramos).</p>
	<p>Este anzuelo es uno de los más utilizados por pescadores, su nombre común es "Jig" y se usa para la pesca de poder, se agrega una faldilla para una presentación llamativa, presentan unas "guardas" que brindan protección para evitar que se enganchen en las estructuras y coberturas, son normalmente pesados para que puedan trabajar en el fondo de la zona y son selectivos para los peces que se consideran grandes.</p>
	<p>Este anzuelo se llama "Swimbait Hook" principalmente se utiliza en técnicas superficiales, arreglos sin peso y arreglo "Swimbait". Sin embargo, también es efectivo en otras técnicas como el "Texas Rig", brinda un lapso de tiempo más prolongado al hundirse, son anzuelos de gran tamaño que se utilizan en zonas donde los arreglos de pesca de profundidad y profundidad media no pueden trabajar adecuadamente, o los peces están suspendidos, presentan un resorte que permite anclar el plástico de la parte superior y dejar el anzuelo escondido para evitar enganches en coberturas.</p>
	<p>El anzuelo "Eagle Claw Lazer" se ha implementado con un peso adicional para aumentar la distancia del lance y la velocidad de hundimiento, no son comunes de encontrar, son para técnicas de pesca específicas y se utiliza en condiciones donde la vegetación suele ser densa y con poca profundidad.</p>
	<p>El anzuelo para "Wacky Rig" es abundante en el mercado, debido a la práctica de esta técnica por un gran número de pescadores, y se encuentran fácilmente en el mercado. Se utiliza en arreglos sin peso para técnicas finas incluyendo el "Drop Shot".</p>

 Anzuelo Wacky: un anzuelo con un gancho curvado y un cuerpo delgado.	<p>El anzuelo "Wacky" está diseñado para poderlo utilizar en zonas donde hay vegetación con equipos ligeros, es una adaptación para la pesca fina, teniendo de ventaja "Guardas" y son efectivas para evitar que el anzuelo se atore al momento de estar realizando las técnicas de captura. Normalmente la presentación es "fines" o sin peso, la técnica es conocida como "Wacky Rig".</p>
 Anzuelo Ned Rig: un anzuelo con un gancho curvado y un cuerpo grueso y pesado.	<p>El anzuelo para la técnica "Ned Rig" es efectivo debido a su tamaño y su complejidad al presentar en su diseño peso y alambre, está diseñado para utilizarse en zonas rocosas y vegetación, estos son presentaciones de tamaño pequeño y con peso de 5.6 gramos y pertenece a las técnicas "fines".</p>

Es importante mencionar que el filo de los anzuelos es de suma importancia para enganchar a los peces, con el constante uso es posible que se desgaste el filo, es recomendable volver a afilar el anzuelo, de preferencia siempre es conveniente utilizar anzuelos recién fabricados, ya que los anzuelos que se doblan y son regresados a su posición de fabricación original, sufren un vencimiento de la elasticidad del acero, pierden su capa de níquel y es posible que el anzuelo pueda oxidarse, doblarse o incluso quebrarse si se continua en uso de pesca.



Imagen 4. Arreglos de pesca con diferentes tipos de anzuelos para la pesca de lobina con señuelo (foto: Edgar Gabriel Hernández Mendoza).

Los anzuelos tienen un costo económico variable y en función de la calidad de los materiales con los que son fabricados, la industrialización ha dejado de lado las producciones artesanales de los anzuelos, aunque hoy en día se siguen fabricando de ambas maneras.

CONCLUSIÓN

El recurso existente de las poblaciones silvestres actuales es explotable moderadamente aplicando la pesca responsable y necesariamente la captura de la talla mínima para su consumo. Preferentemente se debe enganchar peces con artes de pesca selectivos para solo extraer peces de talla permisible, se sugiere respetar la época de reproducción de lobina debido a que los peces que son capturados del nido en etapa de incubación de sus huevecillos al extraerlo se interrumpen la fase, dejando expuesto al nido a posibles depredadores e incluso exponiendo a que el pez no regrese al nido. También es importante mencionar que cualquier tipo de anzuelo de una punta es sumamente agresivo y puede herir de gravedad a los peces. Las cañas de pescar son utilizadas dependiendo el gusto del pescador y de la técnica que decida emplear. Por otra parte, se necesita de manera urgente que en México se aplique una regulación de la pesca deportiva y poner en circulación licencias de pesca para evitar la presión pesquera.

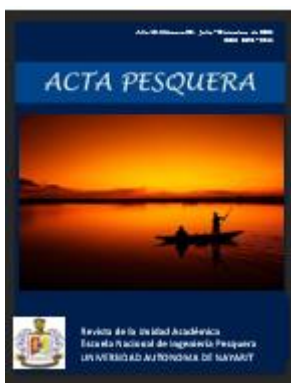
REFERENCIAS.

- Bai, J., Lutz-Carrillo, D. J., Quan, Y. y Liang, S. (2008). Taxonomic status and genetic diversity of cultured largemouth bass *Micropterus salmoides* in China. *Aquaculture*, 278 (1-4): 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.016>
- Bai, J. y Li, S. (2018). Development of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) culture. *Aquaculture in China: Success stories and modern trends*, 421-429. https://doi.org/10.1002/9781119120759.ch4_5
- Beltrán, A. R., Sánchez, P. J., Ramírez, L. J. P. y Ortega, S. A. A. (2013). Reproducción de *Micropterus salmoides* (Pisces: Centrarchidae), en el embalse Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 61(3). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442013000400025&script=sci_arttext
- Broadhurst, M. K. y Hazin, F. H. (2001). Influences of type and orientation of bait on catches of swordfish (*Xiphias gladius*) and other species in an artisanal sub-surface longline fishery off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, 53 (2): 169-179. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00297-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00297-6)
- CONAPESCA (2017). Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 1-4 <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/lobina-pezu-carnivoro-de-agua-dulce?idiom=es>
- Dávila, C. R. G., Silva, M. A. F., Tenazoa, L. P., Llori, R. L. y Ruiz, D. C. (2017). Aplicación del Barcoding al Manejo y Conservación de Peces y sus Subproductos en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 26 (2): 195-204. <https://doi.org/10.24841/fa.v26i2.329>

- Davis, J. T. y Lock, J. T. (2007). Culture of Largemouth Bass Fingerlings. *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication 201: 1-4.
<https://openresearch.okstate.edu/bitstreams/5d036ff6-017e-4542-8026-aabc59712e5d/download>
- DOF (1988). Diario Oficial de la Federación. Establece veda para la especie Lobina negra (*Micropterus salmoides*) en la presa Vicente Guerrero, del Estado de Tamaulipas.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729569&fecha=08/04/1988#gsc.tab=0
- Glover, C. D., DeVries, R. D. y Wright, A. R. (2013). Growth of largemouth bass in a dynamic estuarine environment: an evaluation of the relative effects of salinity, diet, and temperature. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70(3).
<https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjfas-2012-0295>
- Girón, J. M. V. (2020). Orígenes y desarrollo de los anzuelos de pesca en la Península Ibérica. De la Prehistoria a la Edad Media. *Lucentum*, 39: 87-112.
<https://doi.org/10.14198/LVCENTVM2020.39.05>
- Henshall, J. A. (1881). Book of the black bass, comprising its complete scientific and life history together with a practical treatise on angling and fly fishing and a full description of tools, tackle and implements. Robert Clarke & Company, Cincinnati, Ohio.
- Hernández, M. E. G., Flores, O. J. R. y Bautista, C. J. C. (2023). Introducción básica a la pesca con señuelo artificial en San Blas Nayarit, México. *Acta Pesquera*, 9 (17): 96-103.
<https://doi.org/10.60113/ap.v9i17.12>
- Hernández, M. E. G. y Bautista, C. J. C. (2020). Pesca deportiva en humedales urbanos. *Acta Pesquera*, 6 (11): 67-73.
<https://revistas.cimateuan.education/openjs/index.php/aprevista/article/view/59>
- Hoyle, J. A. y Keast, A. (1987). The effect of prey morphology and size on handling time in a piscivore, the largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Canadian Journal of Zoology*, 65 (8): 1972-1977. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/z87-300>
- Kerstetter, D. W. y Graves, J. E. (2006). Effects of circle versus J-style hooks on target and non-target species in a pelagic longline fishery. *Fisheries Research*, 80 (2-3): 239-250.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.032>
- Lacepède, B. G. E. (1802). Histoire naturelle des poissons. Natural history of fish. Chez Plasson, Paris.
- LeSueur, C. A. (1822). Descriptions of the five new species of the genus *Cichla* of Cuvier.
- Long, J. M., Allen, M. S., Porak, W. F. y Suski, C. D. (2015). A historical perspective of black bass management in the United States. *American Fisheries Society Symposium*, 82: 99-122. http://fishlab.nres.illinois.edu/Reprints/Long_et_al_History_Bass.pdf
- NOM (2014). Norma Oficial Mexicana (NOM-012-SAG/PESC-2014), que regula el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse de la presa El Cuchillo-Solidaridad, ubicada en el municipio de China Nuevo León, México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/5561/sagarpa2a11_C/sagarpa2a11_C.html

- Nuhfer, A. J. y Gaylord, R. A. (1992). Hooking Mortality of Trophy-Sized Wild Brook Trout Caught on Artificial Lures. *North American Journal of Fisheries Management*, 12: 634-644. [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8675\(1992\)012%3C0634%3AHMOTSW%3E2.3.CO%3B2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8675(1992)012%3C0634%3AHMOTSW%3E2.3.CO%3B2)
- Rafinesque, C. S. (1819). Prodrome de 70's nouveaux genres d'animaux découverts dans l'intérieur des États-Unis d'Amérique, durant l'année 1818. Presentation of 70's new types of animals discovered in the interior of the United States during the year 1818. *Journal de Physique de Chimie et d'Histoire naturelle*, 88: 417-429.
- Robbins, H. W. y MacCrimmon, R. H. (1974). The black bass in America and overseas. *Publications Division Biomangement and Research Enterprise, Ontario, Canada*. First edition. 196 p.
- Rodríguez, G. M. (1992). Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. México A.G.T. Editor. 79 p.
- Rosenblum, P. M., Brandt, T. M., Mayes, K. B. y Hutson, P. (1994). Annual cycles of growth and reproduction in hatchery-reared Florida largemouth bass, *Micropterus salmoides floridanus*, raised on forage or pelleted diets. *Journal of Fish Biology*, 44 (6): 1045-1059. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01275.x>
- Saborido, R. F. (2005). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en poblaciones de peces marinos. *Instituto de Investigaciones Marinas, Universidad de Vigo, España*. <http://hdl.handle.net/10261/7266>
- Salazar, D., Castro, V., Michelow, J., Salinas, H., Figueroa, V. y Mille, B. (2010). Minería y metalurgia en la costa arreica de la región de Antofagasta, norte de Chile. *Boletín del museo chileno de arte precolombino*, 15 (1): 9-23. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942010000100002>
- Vaillant, L. L. y Bocourt, M. F. (1874). Études sur les poissons. Fish studies. In Mission scientifique au Mexique et dans l'Amérique Central. Quatrième partie. Scientific mission in México and Central America. Fourth part. Imprimerie Nationale, Paris.
- Wootton, J. R. (1990). Ecology of teleost fishes (Vol. 1). *Springer Science & Business Media*, 404p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0829-1>
- Yokota, K., Kiyota, M. y Minami, H. (2006). Shark catch in a pelagic longline fishery: comparison of circle and tuna hooks. *Fisheries Research*, 81 (2-3): 337-341. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.08.006>





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio – Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 78 - 83
Recibido: noviembre 16 de 2024
Aprobado: diciembre 29 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.144

Concentración de oxígeno disuelto en un sistema de cultivo experimental de tilapia *Oreochromis niloticus* usando jaulas flotantes

Dissolved oxygen concentration in an experimental culture system of tilapia *Oreochromis niloticus* using floating cages

Isiordia-Pérez Elifonso
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera-
Universidad Autónoma de Nayarit
[elifonso@uan.edu.mx](mailto:_elifonso@uan.edu.mx)
<https://orcid.org/0000-0002-6821-123X>

Isiordia-Cortez Arlis
Posgrado Ciencias Biológico Agropecuarias y
Pesqueras
17020245@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0006-6156-7061>

**Concentración de oxígeno disuelto en un sistema de cultivo experimental de tilapia
Oreochromis niloticus usando jaulas flotantes**

**Dissolved oxygen concentration in an experimental culture system of tilapia
Oreochromis niloticus using floating cages**

Resumen

El oxígeno disuelto (OD) en los ecosistemas acuáticos es un indicador de supervivencia de flora y fauna. El objetivo fue estimar la variación espacio temporal del oxígeno disuelto (OD) presente en la presa Las Higueras, Rosamorada, México. La cuantificación del OD se realizó durante 84 días de cultivo experimental de tilapia en jaulas flotantes. Fueron seleccionadas 3 profundidades, superficie (25cm), media agua (75cm) y fondo (1.75cm) en 3 horarios del día (7:00 am, 12:00pm y 6:00pm). Los resultados mostraron la mínima y máxima concentración en la superficie. El valor mínimo fue a los 14 días y a las 7:00 am, con $5.95\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. El valor máximo a los 42 días y a las 6:00pm con $9.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Palabras clave: Oxígeno disuelto, Tiempo, Espacio, Tilapia, jaulas.

Abstract

Dissolved oxygen (DO) in aquatic ecosystems is an indicator of flora and fauna survival. The objective was to estimate the space-time variation of dissolved oxygen (DO) present in Las Higueras dam, Rosamorada, Mexico. The quantification of DO was carried out during 84 days of experimental tilapia culture in floating cages. Three depths were selected, surface (25 cm), mid-water (75 cm) and bottom (1.75 cm) at three times of the day (7:00 am, 12:00 pm and 6:00 pm). The results showed the minimum and maximum concentration at the surface. The minimum value was at 14 days and at 7:00 am, with $5.95\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, the maximum value at 42 days and at 6:00 pm with $9.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Keywords: Dissolved oxygen, Time, Space, Tilapia, cages.

I.-Introducción

El agua es el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y la sostenibilidad de los seres humanos (Lupi, *et al.* 2021). La medición de la calidad del agua resulta determinante ante la función de destinar o asignar agua para la producción animal pudiendo así evitar o prevenir enfermedades y mortalidades en el uso del vital líquido. Aunque el beneficio es amplio, la producción acuícola lleva consigo una serie impactos ambientales, los más comunes son las emisiones de nutrientes y productos químicos al agua, sus interacciones con la biodiversidad local, su uso de energía y su dependencia de la captura para la producción de piensos. Estos participan en problemas ambientales como

la eutrofización, el cambio climático, la degradación de la biodiversidad local y el agotamiento de los recursos (Bohnes & Laurent, 2021).

En la medición se toman en cuenta factores físicos, químicos y biológicos, los valores resultantes de los estudios se fijan de manera diferenciada según el uso que se requiera. En particular, el oxígeno disuelto (OD) en ecosistemas acuáticos es fundamental para la vida acuática y el conocimiento de su variabilidad es esencial para determinar la calidad ambiental de ecosistemas como las lagunas costeras y estuarios (Santana *et al.*, 2018). El oxígeno disuelto es uno de los parámetros que representan importancia en la estimación de la calidad del agua en un ecosistema y es un indicador determinante en la supervivencia de la flora y la fauna acuática (De la Mora-Orozco *et al.*, 2018). En función de esto, se planteó un sistema de monitoreo del oxígeno disuelto en 3 profundidades y 3 horarios del día en un área de 2500 m² donde se desarrolló un cultivo experimental de tilapia en jaulas flotantes en la presa Las Higueras, Rosamorada, México.

II.- Metodología

2.1.-Sistema de cultivo experimental

El sistema de cultivo experimental consistió de 6 jaulas flotantes, las cuales fueron puestas en operación en el sistema acuático Las Higueras, ubicado a 200 metros al este de la cabecera municipal de Rosamorada, Nayarit. La estructura rectangular de la jaula de 2x3x2m fué elaborada con tubo PVC hidráulico de 1. 1/4" Presenta dos secciones una superior (a) y otra inferior (b) dividida por 4 tramos de 40 cm unidos a una T (c) y codo de 1.1/4"Ø del mismo material (fig. 1). Una bolsa de polipropileno con luz de malla 2x2cm previamente elaborada de forma manual y sujeta a la sección superior de la estructura (d). Así mismo, 4 flotadores de polipropileno tipo galón de 20L que son colocados en la estructura para flote de la unidad (e). Finalmente 20 botellas reciclables de plástico de 250 ml llenas de arena se integran como lastre en la red para la sumersión (f).

Las jaulas flotantes rectangulares integran tapa anti-pájaros construidas del mismo material para evitar la depredación de peces por aves (g).

2.2.-Oxígeno disuelto

Tres jaulas flotantes de forma rectangular se evaluaron con base a la concentración oxígeno presente a 3 profundidades del sistema de cultivo: Superficie (20cm), medio (90cm) y fondo (180cm) y con base a 3 horarios: mañana (7:00am), medio día (12:00pm) y tarde (5:00pm). Fueron sembrados 300 organismos en cada jaula de la especie *O. niloticus* y fueron cultivados durante 84 días considerado como etapa de pre-engorda.

2.3.-Otras variables

La temperatura, el pH y la transparencia fueron otras variables que fueron analizadas en este mismo trabajo experimental, usando los mismos criterios de medición. Los equipos

usados para este fin fueron un oxímetro Ysi® Pro.20 IP67, un potenciómetro HANNA-HI98128 y un disco Secchi 30cmØ.

Resultados y discusiones

Las condiciones de calidad del agua donde se desarrolló el cultivo experimental de este estudio mostraron resultados dentro del intervalo óptimo, la temperatura registrada se mantuvo en 25.73°C como mínimo y 29.19°C como máximo. El pH osciló entre 8.38 como mínimo y 9.11 como máximo. Finalmente, la transparencia se mantuvo entre 50cm y 68.83cm), López-Acopa *et al.* (2023) reportan que los niveles óptimos de temperatura y pH, para tilapia oscilan entre 27-30 y 6.5-9.0 respectivamente, mientras que la transparencia según la FAO (2011) determinan un nivel óptimo entre 40 y 45cm. Existe una clara tendencia en disminuir los valores promedios de estas variables conforme se desarrolló el cultivo. Los valores máximos se registraron al inicio del estudio y los mínimos al final (Tabla 1).

Tabla 1. Valores promedios de variables de calidad del agua.

Días de cultivo						
Variable	14	28	42	56	72	84
Temperatura (°C)	29.19	27.87	27.63	26.04	26.28	25.73
pH	9.11	9.10	9.13	8.80	8.43	8.38
Transparencia (cm)	68.83	64.33	62.33	51.66	53.16	50

NOTA: Los datos capturados pertenecen a este estudio.

La concentración de oxígeno en el sistema acuático Presa Las Higueras se mantuvo por encima de los 5.0 mg/L, registrándose en la superficie el valor máximo con un promedio de 9.21mg/L reportado a los 40 días de cultivo y el valor mínimo se registró en el fondo a los 70 días de cultivo con un valor promedio de 5.05mg/L, ambos registros se dieron en el horario de las 6:00 pm. Las concentraciones de oxígeno registrados a las 12:00pm y 6:00pm fueron los más altos durante todo el experimento. Existe una relación entre intensidad de luz y profundidad en sistemas acuícolas, de acuerdo a los resultados de transparencia, los primeros 40 días de cultivo se mantuvo en un valor promedio de 65.16 ± 3.32 cm (Tabla 1). Se asume que estos niveles de transparencia causaron resultados similares en la concentración de oxígeno disuelto en la superficie y media agua (Fig. 1 y 2) y permite estimar que el material suspendido tanto orgánico como inorgánico en ese espacio de columna de agua no es diferente (0-75cm). De la Mora-Orozco *et al.* (2018) reportan que la concentración de materia orgánica disminuye notablemente los niveles de oxígeno y puede provocar la muerte de los organismos. Así mismo Rios-Isern (2021) indica que la

producción primaria de los sistemas acuáticos en la superficie es mayor debido a la disponibilidad de los rayos de sol dando origen a una mayor concentración de oxígeno. La penetración de luz en la columna de agua de un embalse depende principalmente de la concentración del fitoplancton y de las materias en suspensión (Fraga, 1979). La presa Las Higueras presentó condiciones óptimas en la concentración de oxígeno en toda la columna de agua del sistema de jaulas flotantes durante todo el periodo de cultivo. Diversos autores como López-Acopa *et al.* (2023) reportan que para el cultivo de tilapia el oxígeno disuelto es una variable de importancia relevante en la calidad del agua, cuyo valor deberá superar los 5mg/L, lo detectado por estos autores reafirman la buena calidad del agua de la Presa Las Higueras en lo que se refiere a la concentración de oxígeno. Este estudio demostró concentraciones superiores a los 5 mg/L en todo el periodo de cultivo, Río-Isern (2021) reporta que las condiciones óptimas de COD favorecen el crecimiento de las especies en cultivo, caso registrado en esta investigación con tilapia en un sistema de jaulas flotantes en La Presa Las Higueras, Rosamorada, Nayarit.

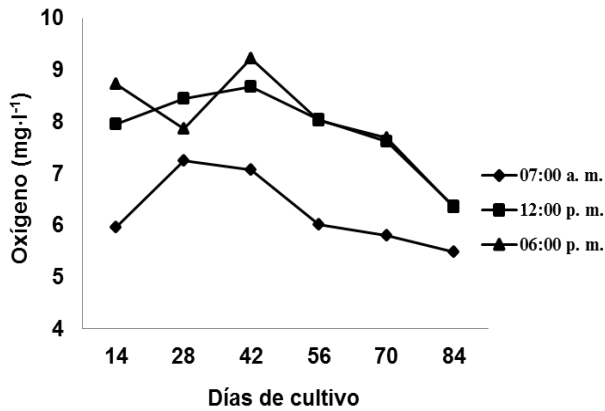


Fig. 1.-Valores de oxígeno en la superficie en tres horarios durante 84

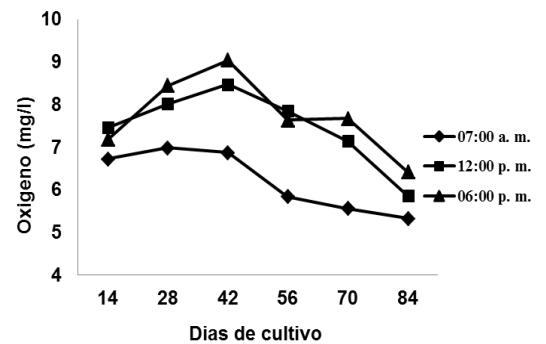


Fig. 1.-Valores de oxígeno en media agua en tres horarios durante 84 días de cultivo.

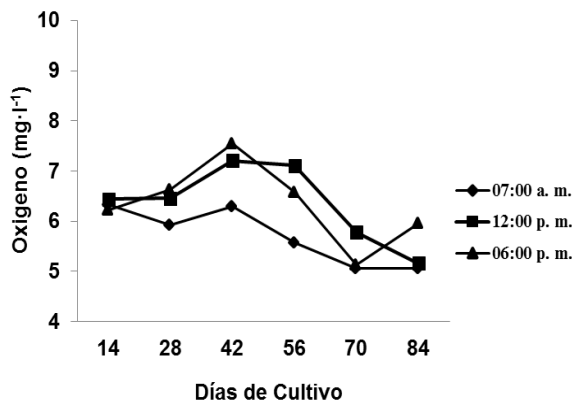


Fig. 1.-Valores de oxígeno en media agua en tres horarios durante 84 días

Conclusiones

En un primer análisis de los datos nos permitió afirmar que el OD en el área de cultivo y durante el periodo de experimentación fue suficiente para confirmar la sostenibilidad del ecosistema en la diversidad de los organismos, en especial la de los peces en el cultivo de jaulas flotantes. No existen riesgos notables de bajas concentraciones de oxígeno en la columna de agua donde se desarrolla el cultivo de tilapia en jaulas flotantes, por lo que esta tecnología de cultivo puede ser aplicada en sistemas acuáticos con características de concentraciones de OD similares. Se cree que existe una estrecha relación de los valores de la transparencia con los resultados obtenidos de temperatura, oxígeno y pH.

Revisión bibliográfica

- Bohnes, F. & Laurent, A. (2021). Environmental impacts of existing and future aquaculture production: Comparison of technologies and feed options in Singapore. *ELSEVIER Aquaculture*. Vol 532. Recuperado el 7 de abril de 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736001>
- De la Mora-Orozco, C., Flores-Garnica, J. G., Flores-López, H. E., Rubio-Arias, H. O., Chávez-Durán, A. A., Ochoa-Rivero, J. M., y García-Velasco, J. (2018). Variaciones espacio-temporales y modelaje de la concentración de oxígeno disuelto en el lago de Chapala, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 9(1), 39-52 pp.
- FAO, (2011). Manual para extensionista para acuicultura. 52 p.
- Fraga, F., (1979) Descenso de la productividad en la ría de Vigo a causa de la atenuación de la luz por la arcilla en suspensión, *Investigación Pesquera*, 43(2), 529-532.
- López Acopa, N. de J., Antonio Cruz, R. del C., Méndez de los Santos, N., Jesús de la Cruz, K. de M., y Romellón Cerino, M. J. (2023). Evaluación de los parámetros para la calidad del agua en el cultivo de tilapia. *REVISTA IPSUMTEC*. 6(5), 52-59 pp.
<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v6i5.212>
- Lupi, O. D., Turconi, D. H. y Slawski, J. M. (2021). Monitoreo de ecosistemas acuáticos. *Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas*, 6(2), 1-9. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/1216>
- Rios-Isern, E. (2021). Calidad de agua en el cultivo de organismos amazónicos. 1ra edición. Editorial Barreto S.A.C. Loreto, Perú. 88 p.
- Santana, R., G. C. Lessa, J. Haskins y K. Wasson. (2018). Continuous Monitoring Reveals Drivers of Dissolved Oxygen Variability in a Small California Estuary. *Estuaries and Coasts*, 41 (1): 99-113.



A los autores:

La revista **Acta Pesquera** de la Unidad Académica, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit publica artículos originales sobre investigación en ciencia pesquera y ciencias del mar para presentar a la comunidad científica, a la industria, a las autoridades y al público en general los avances y resultados en estas ciencias.

La revista publica dos números por volumen anual, conteniendo trabajos arbitrados de autores que trabajen en centros nacionales y extranjeros.

Los artículos deben ser concisos y claros para agilizar su arbitraje y difusión. La extensión del artículo no deberá exceder 20 páginas (tamaño carta mecanografiadas a espacio sencillo, incluyendo texto, figuras y tablas). Solo en casos especiales se publicaran artículos mayores; se aceptan comunicaciones breves de especial interés científico siempre y cuando contenga datos suficientes para demostrar resultados confiables y significativos.

Orden de presentación y características:

1. Título.
2. Nombre(s) del (los) autor(es), **máximo cinco**.
3. Institución(es) donde labora o estudia cada autor y direcciones de la(s) misma(s).
4. ORCID de cada autor(es)
4. Resumen: síntesis de los resultados en menos de 300 palabras.
5. Palabras clave: cinco como máximo.
6. Abstracts and key words: el autor proporcionará resumen y palabras clave traducidas, aunque solicite la traducción del artículo a la revista.
7. Texto: los encabezados de las secciones principales se escriben sólo con mayúsculas, los

de las subsecciones con mayúsculas y minúsculas; la primera vez que se menciona una especie se incluye el nombre científico completo en cursivas, con autoridad taxonómica y año; se usará el Sistema Internacional de Unidades, abreviando las unidades sin punto final.

8. Agradecimientos.
9. Referencias. Se listan alfabética y cronológicamente todas las mencionadas en el texto. Los nombres de las revistas, libros, simposio o universidades (en el caso de tesis o informes internos) se imprimirán en negritas y los de espacios en cursivas.

Ejemplos de citas bibliográficas:

- Caddy John F. (1989). Marine invertebrate fisheries: Their assessment and management. FAO, Rome, Italy. 13, 281-300
- Murillo, Janette M., Osborne, Robert H., Gorsline, Down S. (1994). Fuentes de abastecimiento de arena de playa en isla Creciente, Baja California Sur, México; Análisis de Fourier para forma de grano. Ciencias Marinas 20(2) 243-262.
- Ken Horwas (1991). Financial Planning Commercial Fishermen Lance Publications the United States of America.
- Kesteven G. L. (1996). A fisheries science approach to problems of world fisheries or; three phases of an industrial revolution. Fisheries Research 25, 5-17 Australia.
10. Apéndices (si los tiene).
 11. Tablas: presentadas en hojas separadas, con un título breve y sin líneas verticales.
 12. Pies de figura: escritos en hoja aparte, no en la ilustración.

13. Figuras: las originales en tinta negra sobre papel no poroso. Los detalles e inscripciones deben tener un tamaño adecuado para conservar su precisión al reducirse a un cuarto de página. La anotación del número de cada una y el apellido del autor se hace con lápiz en las mismas. Las fotografías se utilizan sólo si aportan un dato o conclusión que no pueda presentarse de otra forma. Deben ser positivas y con buen contraste; pueden publicarse en color cuando sea necesario.
14. **Título para encabezado de páginas:** con 40 caracteres como máximo y lo más parecido al título completo.

El trabajo original y tres copias deben cargarse a la página de la revista o en casos especiales dirigirse al coordinador editorial de **Acta Pesquera**, Dr. José Trinidad Ulloa Ibarra, jtulloa@uan.edu.mx, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Apartado Postal 10 San Blas Nayarit, CP. 63740, Fax 01 (323) 2 31-21-20 y 01 (311) 2 18 20 14.

Cada colaboración se acompañará de una declaración escrita en la que se especifique que no ha sido publicada y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones.

El proceso de aceptación de un artículo, cuando el autor demore más de seis meses en responder a las sugerencias del editor y/o revisores dicho artículo será dado de baja. En caso de que se desee que sea considerado para publicación posterior, se iniciará el proceso de revisión desde el principio y el trabajo será sujeto a nuevo arbitraje.

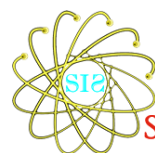
Una vez aceptado el artículo, se debe

proporcionar un archivo con la grabación del mismo, capturado en cualquier procesador de texto compatible con Word para Windows de preferencia

Los autores reciben una prueba final tipografiado antes de su publicación y son responsables de esta revisión final.

Los artículos aceptados por **Acta Pesquera** pasan a ser propiedad de esta y no se regresan los originales.

Se proporcionaran 5 reimpresos gratuitos del artículo a el (los) autor(es).



Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing



2395-8944