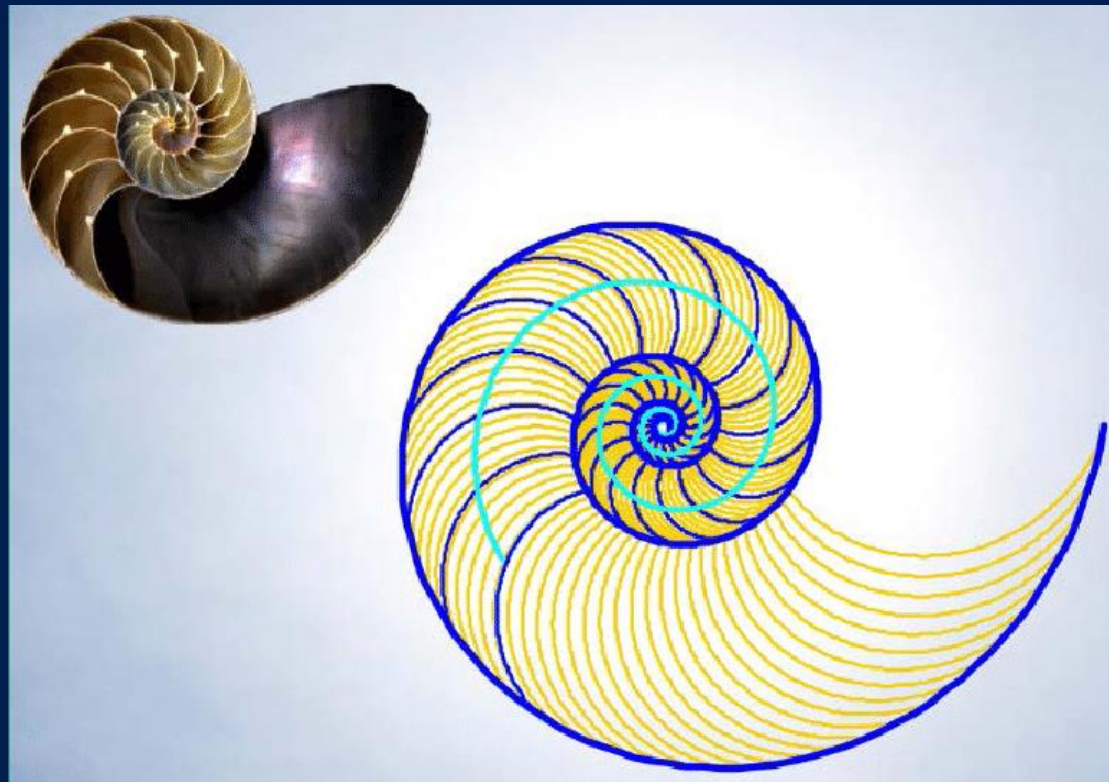


Año 10. Número 19. Enero - Junio de 2024
ISSN: 2395 - 8944

ACTA PESQUERA



Universidad Autónoma de Nayarit

Directorio

Dra. Norma Liliana Galván Meza
Rector

Dra. Margarete Moeller Porraz
Secretario de Rectoría

Mtro. Hugo Fabio Pérez Ocampo
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 – Junio 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

M. en C. Elsa García de Dios

Coordinadora de Edición

LDI Gabriela Ulloa García

Lic. Francisco Rafael Martínez Inosense

Coordinador de Diseño Grafico

Índice

		Pag
1	Editorial	0
2	Educación pesquera: la clave para un futuro sostenible	1– 9
	Raúl Cervantes Sánchez, José Trinidad Ulloa Ibarra, Elsa García de Dios, Bárbara Nayar Olvera Carballo	
3	Modelización matemática en la producción biológica en acuaponía	10 - 16
	Estrada-Perez Nallely, Ruiz-Velazco Javier. M.J	
4	Futuras innovaciones en el sector acuícola	17 - 25
	Josué Ernesto López Camarena	
5	Criterio de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico para representar el Crecimiento de Bagre de canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	26 - 48
	José Trinidad Ulloa Ibarra, Jaime L. Arrieta Vera, Nidia Dolores Uribe Olivares, Juan Felipe Flores Robles, María Inés Ortega Arcega	
6	Determinación de Surgencias provocadas por el viento en el océano Pacífico Oriental	49 - 60
	María Elena González Ruelas, Raymundo René Rivas Cáceres, María del Carmen Navarro Rodríguez, Rosío Teresita Amparan Salido, Liza Danielle Kelly Gutiérrez	
7	Cambios de la actividad de acetilcolinesterasa en camarón (<i>Litopenaeus Vannamei</i>) expuestos a baja concentración de malatión y sulfato de cobre	61 - 69
	Pérez-Medina, Luis Gerardo, Hernández-Mendoza, Edgar Gabriel, González-Hermoso, Juan Pablo, López-Sánchez, José Armando, Bautista-Covarrubias, Juan Carlos	
8	Composición de la dieta del pargo alazán <i>Lutjanus argentiventris</i> y del pargo colorado <i>L. colorado</i> (Perciformes: Lutjanidae) en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit, México.	70 - 79
	Pérez-Sermeño Isaac Hiram, Flores-Ortega Juan Ramón, Granados-Amores Jasmín, Vélez-Ramírez Brian Alexis Nieblas-Duarte Alan Edem	
9	A los autores	80–81



EDITORIAL

Navegando hacia un futuro sostenible en la pesca y la acuicultura. Un llamado a la acción:

En este número de Acta Pesquera, nos embarcamos en un viaje a través de diversos temas cruciales para el presente y futuro de la pesca y la acuicultura. Desde la educación como piedra angular para la sostenibilidad, hasta los avances en modelización matemática y la búsqueda de soluciones innovadoras, exploramos las distintas dimensiones que conforman este sector vital para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de nuestras comunidades.

La educación pesquera, el timón hacia la sostenibilidad: La educación funge como el timón que guía nuestro rumbo hacia un futuro sostenible en la pesca y la acuicultura. Invertir en la formación de profesionales capacitados, tanto en el ámbito científico como en el práctico, es fundamental para garantizar la gestión responsable de los recursos pesqueros y el desarrollo de prácticas acuícolas sostenibles.

Es necesario fomentar programas educativos que integren conocimientos biológicos, ecológicos, económicos y sociales, preparando a las nuevas generaciones para afrontar los desafíos que presenta el sector. La formación en acuicultura sostenible, el manejo pesquero responsable y la gobernanza efectiva de los recursos pesqueros son elementos esenciales para garantizar la viabilidad de este sector a largo plazo.

Modelación matemática. Navegando por un mar de datos:

La modelación matemática se erige como una herramienta poderosa para navegar por el mar de datos que genera la pesca y la acuicultura. Al analizar y comprender estos datos, podemos optimizar la producción, predecir tendencias, evaluar el impacto ambiental de las actividades pesqueras y acuícolas, y tomar decisiones informadas para la gestión sostenible de los recursos.

Los avances en modelación matemática nos

permiten desarrollar modelos bioeconómicos que simulan el comportamiento de las poblaciones de peces y el impacto de la pesca en los ecosistemas marinos. Estos modelos son esenciales para establecer cuotas de pesca sostenibles y diseñar estrategias de manejo pesquero que protejan la biodiversidad marina.

Determinación de surgencias provocadas por el viento. Anticipando las olas del cambio: En el océano Pacífico Oriental, las surgencias provocadas por el viento juegan un papel crucial en la productividad marina. La comprensión de estos fenómenos es esencial para predecir la disponibilidad de recursos pesqueros y las condiciones ambientales que afectan la acuicultura.

Los estudios sobre la determinación de surgencias provocadas por el viento nos permiten anticipar cambios en la distribución de nutrientes y la temperatura del agua, información vital para la gestión pesquera y la planificación de actividades acuícolas. Al comprender estos fenómenos, podemos tomar medidas para mitigar su impacto negativo y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen.

Futuras innovaciones en el sector acuícola. Navegando hacia nuevos horizontes: El sector acuícola se encuentra en constante evolución, impulsado por la búsqueda de soluciones innovadoras que optimicen la producción, reduzcan el impacto ambiental y satisfagan la creciente demanda de productos pesqueros. Las tecnologías de acuicultura de precisión, la acuaponía y la biotecnología son algunos ejemplos de las innovaciones que están transformando el sector. Estas tecnologías nos permiten producir alimentos de manera más eficiente y sostenible, al mismo tiempo que minimizamos el impacto ambiental de la acuicultura.

Criterios de análisis de datos para el crecimiento del bagre de canal: Midiendo el éxito

El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es una especie acuícola de gran importancia comercial.

El análisis del crecimiento de esta especie es fundamental para optimizar la producción y garantizar la rentabilidad de las operaciones acuícolas.

Se expone un estudio que utiliza análisis numérico para evaluar el ajuste de datos que representan el crecimiento del bagre de canal. Este tipo de análisis nos permite identificar los modelos de crecimiento más adecuados y tomar decisiones informadas para optimizar la producción de esta especie.

Cambios en la actividad de acetilcolinesterasa en camarón expuesto a malatión y sulfato de cobre. Evaluando el impacto de contaminantes. La contaminación del agua es una de las principales amenazas para la salud de los ecosistemas acuáticos y las especies que los habitan. El estudio de los efectos de los contaminantes en organismos como el camarón (*Litopenaeus vannamei*) es crucial para evaluar el impacto ambiental de la actividad humana y desarrollar estrategias de prevención y remediación.

Se presenta también una investigación que analiza los cambios en la actividad de acetilcolinesterasa en camarón expuesto a baja concentración de malatión y sulfato de cobre. La acetilcolinesterasa es una enzima esencial para el sistema nervioso, y su alteración puede tener graves consecuencias para la salud del camarón. Este tipo de estudios nos permiten comprender los mecanismos de toxicidad de los contaminantes y establecer medidas para proteger los ecosistemas acuáticos.

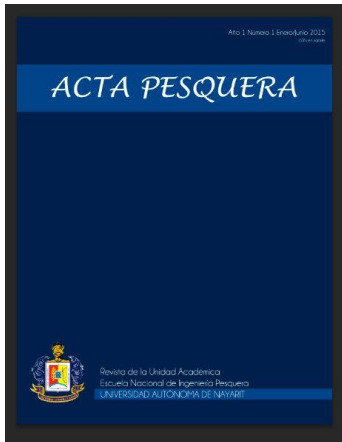
En este contexto, el estudio presentado en este número sobre la composición de la dieta del pargo alazán (*Lutjanus argentiventris*) y del pargo colorado (*L. colorado*) en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit, México, aporta información valiosa para la comprensión de la ecología trófica y la gestión pesquera de estas dos importantes especies. el estudio sobre la dieta del pargo alazán y el pargo colorado en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit es un aporte valioso para la comprensión de la ecología trófica y la gestión pesquera de estas dos importantes especies. La información obtenida

en este estudio puede ser utilizada para diseñar estrategias de manejo pesquero sostenibles y proteger la biodiversidad marina en esta área protegida.



Un llamado a la acción: Navegando juntos hacia un futuro sostenible
¡Les invitamos a revisar el contenido de esta edición!

**Atentamente,
El equipo editorial**



Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 1 - 9
Recibido: febrero 29 de 2024
Aprobado: junio 12 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.131

Educación pesquera: la clave para un futuro sostenible

Fisheries education: the key to a sustainable future

Raúl Cervantes Sánchez
ENIP- UAN
tabacocido@yahoo.com.mx

José Trinidad Ulloa Ibarra
ENIP - UAN
jtulloa@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6382-7588>

Elsa García de Dios
ENIP -UAN
elsa.garcia@uan.edu.mx

Bárbara Nayar Olvera Carballo
U.A. Derecho-UAN
barbara.olvera@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0001-3773-7570>

Educación pesquera: la clave para un futuro sostenible

Fisheries education: the key to a sustainable future

Resumen:

El objetivo del presente trabajo se centra en presentar los resultados de un análisis sobre la educación pesquera y su papel en la promoción de su sostenibilidad. Para lograr lo anterior se consideraron los siguientes aspectos: definición y alcance la educación pesquera, así como los diferentes tipos de ésta; su importancia para la sustentabilidad, algunos de los programas que existen en el país y en América incluyendo en éstos sus objetivos y principales características y finalmente como se puede evaluar y presentar sugerencias sobre cómo mejorar la eficacia.

Palabras clave: sostenibilidad, educación pesquera, prácticas responsables, recursos pesqueros

Abstract:

The objective of this paper is to present the results of an analysis of fisheries education and its role in promoting sustainability. To achieve this, the following aspects were considered: definition and scope of fisheries education, as well as its different types; its importance for sustainability, some of the programs that exist in the country and in the Americas, including their objectives and main characteristics, and finally, how it can be evaluated and suggestions on how to improve its effectiveness.

Keywords: sustainability, fishing education, responsible practices, fishing resources

Introducción

La educación pesquera es importante por varias razones: primero, puede ayudar a garantizar que los recursos pesqueros se

utilicen de manera sostenible cuya finalidad debe estar siempre centrada en el objetivo de satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para compensar las propias. Esto es esencial para proteger los ecosistemas marinos y garantizar que haya suficiente pescado disponible para las generaciones futuras: en segundo lugar, la educación pesquera puede ayudar a mejorar la calidad y seguridad de los productos del mar, lo que es importante para proteger la salud pública; y en tercer lugar, la educación pesquera puede ayudar a crear empleos e ingresos en las comunidades pesqueras, aspecto muy importante para el desarrollo económico.

Además, la educación pesquera tiene un papel importante en la seguridad alimentaria. El pescado es una fuente importante de proteínas y otros nutrientes esenciales, puede ayudar a mejorar la nutrición de las personas, especialmente en los países en desarrollo.

En la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit se adoptó la frase: "Si das pescado a un hombre hambriento, le nutres una jornada. Si le enseñas a pescar, le nutrirás toda la vida" (Lao-tsé, filósofo chino). Con esta premisa y desde su creación (fue la primera escuela de nivel superior a nivel nacional y la segunda en América Latina que se estableció con la finalidad de brindar a sus egresados una educación pesquera de calidad) ha contribuido a mejorar la calidad y seguridad de los productos del mar y mejorar la seguridad alimentaria.

En 2015, Castillo, et. al. definían el perfil del ingeniero pesquero como un profesionalista que está preparado para la investigación de los procesos de explotación, conservación y administración de los recursos naturales renovables del mar y aguas continentales;

aplica la ciencia y el método científico al estudio, evaluación, discusión y solución de los problemas tecnológico-económicos derivados de las actividades relacionadas con la explotación, conservación, transformación y administración del recurso pesquero.

Con la incorporación del programa de Ingeniería en Acuicultura la escuela se fortalece ya que con ello cubre un espectro más de gran importancia a nivel mundial, ya que, por medio de sus diferentes actividades proporcionan alimentos, empleos e ingresos a millones de personas. Sin embargo, en los últimos años se ha detectado un gran riesgo: la sobrepesca, la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR), la contaminación marina y el cambio climático amenazan la sostenibilidad de estos sectores.

En este contexto, la educación pesquera emerge como una herramienta fundamental para garantizar un futuro sostenible para la pesca y la acuicultura. La educación pesquera puede contribuir a:

- Promover prácticas pesqueras sostenibles: La educación pesquera puede enseñar a los pescadores sobre la importancia de la gestión pesquera sostenible, las técnicas de pesca selectiva y la reducción de la captura incidental.
- Combatir la pesca INDNR: La educación pesquera puede ayudar a crear conciencia sobre el problema de la pesca INDNR y las medidas que se pueden tomar para combatirla.
- Proteger el medio ambiente marino: La educación pesquera puede enseñar a las personas sobre la importancia de proteger los

ecosistemas marinos y cómo reducir su impacto ambiental.

- Mejorar la calidad de vida de las comunidades pesqueras: La educación pesquera puede ayudar a las comunidades pesqueras a mejorar sus habilidades y conocimientos, lo que puede conducir a mejores empleos e ingresos.

Tipos de educación pesquera

1. Educación formal:

- a) Formación básica: Se imparte en escuelas primarias y secundarias, y busca crear conciencia sobre la importancia de la pesca y la acuicultura para la sociedad.
- b) Formación técnica: Se ofrece en escuelas técnicas o universidades, y capacita a los estudiantes en áreas como la pesca, la acuicultura, la tecnología pesquera y la gestión de recursos pesqueros.
- c) Formación superior: Se imparte en universidades, y ofrece programas de grado y posgrado en áreas como la ciencia pesquera, la gestión pesquera, la economía pesquera y la biología marina.

2. Educación informal:

- a) Cursos y talleres: Se ofrecen por instituciones públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales, y abordan temas específicos como la seguridad en el mar, las técnicas de pesca responsable, el manejo de embarcaciones y la elaboración de productos pesqueros.
- b) Programas de extensión: Son implementados por gobiernos, universidades y ONGs, y buscan llevar información y capacitación a las comunidades pesqueras sobre

temas como la sostenibilidad pesquera, la protección del medio ambiente marino y la gestión de recursos pesqueros.

- c) Educación a distancia: Se imparte a través de plataformas online, y ofrece cursos, talleres y programas de formación en diferentes áreas relacionadas con la pesca y la acuicultura.

3. Capacitación específica:

- a) Formación para pescadores: Se enfoca en mejorar las habilidades y conocimientos de los pescadores en áreas como la pesca selectiva, la reducción de la captura incidental, la gestión de las capturas y la seguridad en el mar.
- b) Formación para acuicultores: Se concentra en mejorar las prácticas de cultivo de peces, incluyendo la selección de especies, la alimentación, la salud animal y el manejo ambiental.
- c) Formación para otros actores: Se dirige a procesadores de pescado, comercializadores, chefs y consumidores, con el objetivo de aumentar el conocimiento sobre la calidad y seguridad de los productos pesqueros, el consumo responsable y la sostenibilidad de la pesca.

Es importante destacar que la educación pesquera debe ser:

1. Accesible: Debe estar disponible para todos los actores involucrados en la pesca y la acuicultura, independientemente de su nivel educativo o ubicación geográfica.
2. Pertinente: Debe responder a las necesidades y desafíos específicos de cada sector y comunidad.

3. Participativa: Debe involucrar a todos los actores relevantes en el proceso de aprendizaje, incluyendo pescadores, acuicultores, científicos, gestores y comunidades.

4. Continua: Debe ser un proceso permanente que se adapte a los cambios en el sector pesquero y las necesidades de los diferentes actores.

Tipos de educación pesquera en América Latina:

1. Educación formal:

- a. Formación básica: Se imparte en escuelas primarias y secundarias, y busca crear conciencia sobre la importancia de la pesca y la acuicultura para la sociedad. Algunos ejemplos son:

I. Programa Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México: Implementado por la Secretaría de Educación Pública, incluye temas como la pesca responsable y la protección del medio ambiente marino.

II. Programa de Educación Ambiental para la Pesca y la Acuicultura en Chile: Desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente, busca fomentar la responsabilidad ambiental en el sector pesquero.

- b. Formación técnica: Se ofrece en escuelas técnicas o universidades, y capacita a los estudiantes en áreas como la pesca, la acuicultura, la tecnología pesquera y la gestión de recursos pesqueros. Algunos ejemplos son:

I. Instituto Tecnológico del Mar (ITMAR) en Perú: Ofrece

- carreras técnicas en Acuicultura y Pesca.
- II. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): Ofrece la licenciatura en Ciencias Pesqueras y Acuícolas.
- c. Formación superior: Se imparte en universidades, y ofrece programas de grado y posgrado en áreas como la ciencia pesquera, la gestión pesquera, la economía pesquera y la biología marina. Algunos ejemplos son:
- I. Universidad Católica del Norte (UCN) en Chile: Ofrece el Magíster en Ciencias Biológicas con mención en Acuicultura.
 - II. Universidad de Costa Rica (UCR): Ofrece la Maestría en Gestión Integrada de Recursos Costeros y Marinos.
2. Educación informal:
- a. Cursos y talleres: Se ofrecen por instituciones públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales, y abordan temas específicos como la seguridad en el mar, las técnicas de pesca responsable, el manejo de embarcaciones y la elaboración de productos pesqueros. Algunos ejemplos son:
 - I. Curso de Buenas Prácticas de Acuicultura: Impartido por la FAO en varios países de América Latina.
 - II. Taller de Seguridad en el Mar: Organizado por la Capitanía de Puerto en diferentes ciudades costeras.
 - b. Programas de extensión: Son implementados por gobiernos, universidades y ONGs, y buscan llevar información y capacitación a las comunidades pesqueras sobre temas como la sostenibilidad pesquera, la protección del medio ambiente marino y la gestión de recursos pesqueros. Algunos ejemplos son:
 1. Programa de Extensión Pesquera y Acuícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Argentina: Ofrece capacitación a pescadores y acuicultores en diferentes áreas.
 2. Programa de Desarrollo Sostenible de la Pesca Artesanal en Colombia: Implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
 - c. Educación a distancia: Se imparte a través de plataformas online, y ofrece cursos, talleres y programas de formación en diferentes áreas relacionadas con la pesca y la acuicultura. Algunos ejemplos son:
 1. Plataforma de aprendizaje virtual del Centro Regional de Formación Pesquera de la FAO para América Latina y el Caribe: Ofrece cursos gratuitos en línea sobre diversos temas pesqueros.
 2. Programa de formación online en acuicultura sostenible: Impartido por la Universidad Austral de Chile.
 - d. Capacitación específica:
 1. Formación para pescadores: Se enfoca en mejorar las habilidades y conocimientos de los pescadores en áreas como la pesca selectiva, la reducción de la captura incidental, la gestión de las capturas y la seguridad en el mar. Algunos ejemplos son:
 2. Programa de capacitación para pescadores artesanales en el uso de

artes de pesca selectivas: Implementado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

3. Curso de seguridad en el mar para pescadores: Organizado por la Armada Nacional en diferentes países de América Latina.

e. Formación para acuicultores: Se concentra en mejorar las prácticas de cultivo de peces, incluyendo la selección de especies, la alimentación, la salud animal y el manejo ambiental. Algunos ejemplos son:

1. Programa de Buenas Prácticas Acuícolas: Impartido por la FAO en varios países de América Latina.
2. Curso de Manejo Ambiental en Acuicultura: Organizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

f. Formación para otros actores: Se dirige a procesadores de pescado, comercializadores, chefs y consumidores, con el objetivo de aumentar el conocimiento sobre la calidad y seguridad de los productos pesqueros, el consumo responsable y la sostenibilidad de la pesca. Algunos ejemplos son:

1. Programa de capacitación para procesadores de pescado en Buenas Prácticas de Manufactura: Implementado por el Ministerio de Salud en diferentes países de América Latina.

La educación pesquera juega un papel fundamental en la calidad y seguridad de los productos del mar por las siguientes razones:

1. Inocuidad alimentaria:

- a. Manipulación y almacenamiento: Capacita a los pescadores y trabajadores de la industria pesquera en las prácticas correctas de manipulación, almacenamiento y transporte del pescado para evitar la contaminación y la descomposición.
- b. Control de calidad: Implementa sistemas de control de calidad para garantizar que los productos del mar cumplan con los estándares de seguridad alimentaria.
- c. Trazabilidad: Promueve la trazabilidad de los productos del mar para identificar su origen y prevenir la falsificación.

2. Buenas prácticas de acuicultura:

- a. Cultivo responsable: Educa a los acuicultores sobre las prácticas de cultivo responsable que minimizan el uso de antibióticos y productos químicos, y protegen el medio ambiente.
- b. Alimentación y bienestar animal: Promueve la alimentación adecuada y el bienestar de los peces para garantizar la calidad de su carne.
- c. Bioseguridad: Implementa medidas de bioseguridad para prevenir enfermedades en los cultivos de peces.

3. Protección del consumidor:

- a. Información al consumidor: Educa a los consumidores sobre cómo elegir y preparar productos del mar de forma segura y saludable.
- b. Etiquetado: Promueve un etiquetado claro y preciso de los productos del mar para que los consumidores puedan tomar decisiones informadas.
- c. Riesgos para la salud: Informa sobre los riesgos para la salud asociados al

consumo de productos del mar contaminados o en mal estado.

4. Desarrollo de la industria pesquera:

- a. Mejora de la calidad: Impulsa la mejora de la calidad de los productos del mar para aumentar su competitividad en el mercado.
- b. Acceso a nuevos mercados: Permite a la industria pesquera acceder a nuevos mercados internacionales con productos de alta calidad y seguridad.
- c. Promoción del consumo responsable: Fomenta el consumo responsable de productos del mar sostenibles y de alta calidad.

Existen muchos programas a nivel internacional que contribuyen a la formación de profesionales de la pesca, según Castillo, et. al. (2015) los que tienen una mayor trayectoria son:

- 📖 Chile: Universidad Católica de Valparaíso (Escuela de Ciencias del Mar)
- 📖 Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, Chubut; Universidad Tecnológica Nacional. Tierra del Fuego; Universidad Tecnológica Nacional. Mar de la Plata; Universidad Tecnológica Nacional (Usuahia)
- 📖 Perú: Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Universidad José Faustino Sánchez Carrión; Universidad Nacional Agraria La Molina; Universidad Nacional del Callao; Universidad Nacional Federico Villarreal
- 📖 Colombia: Universidad del Magdalena, Universidad Tecnológica del Chocó

📖 Venezuela: Universidad NE Francisco de Miranda

📖 México: Universidad del mar, Escuela Superior de Ingeniería Pesquera (Universidad Autónoma de Nayarit)

Eficacia de la Educación Pesquera en América Latina

Para contribuir a la eficacia de la Educación Pesquera y así poder hacer la contribución requerida, es requiere:

1. Mejora de las prácticas pesqueras:

- a. Reducción de la captura incidental: Se ha observado una disminución en la captura incidental de especies no objetivo en áreas donde se han implementado programas de educación pesquera sobre técnicas de pesca selectiva. (FAO, 2023)
- b. Aumento de la selectividad de las artes de pesca: Los pescadores que han recibido capacitación en el uso de artes de pesca selectivas capturan más peces objetivo y menos especies no deseadas. (WWF, 2021)
- c. Mejora de la calidad del producto: La capacitación en manipulación y almacenamiento del pescado ha contribuido a mejorar la calidad del producto final y reducir las pérdidas post-cosecha. (BID, 2020)

2. Fortalecimiento de la gestión pesquera:

- a. Mayor participación de las comunidades pesqueras: La educación ha permitido a las comunidades pesqueras participar de manera más efectiva en la toma de decisiones sobre la gestión de los recursos pesqueros. (FAO, 2018)
- b. Mejora del cumplimiento de las normas pesqueras: Los pescadores que han recibido educación sobre las regulaciones pesqueras tienen mayor conocimiento y son más

- propensos a cumplirlas. (CEPAL, 2021)
- c. Desarrollo de planes de manejo pesquero: La formación en gestión pesquera ha contribuido al desarrollo e implementación de planes de manejo pesquero sostenibles. (SEGOB, 2022)
3. Impacto socioeconómico:
- a. Aumento de los ingresos: La mejora de las prácticas pesqueras y la gestión pesquera ha conducido a un aumento en los ingresos de los pescadores y acuicultores. (FAO, 2021)
- b. Creación de empleos: La educación pesquera ha impulsado la creación de empleos en el sector pesquero y acuícola. (BID, 2020)
- c. Mejora de la calidad de vida: La educación ha contribuido a mejorar la calidad de vida de las comunidades pesqueras en términos de acceso a la educación, salud y otros servicios básicos. (CEPAL, 2021)
4. Desafíos:
- a. Acceso a la educación: La educación pesquera no siempre está disponible para todos los actores del sector, especialmente en comunidades rurales y remotas.
- b. Financiamiento: La falta de financiamiento limita la expansión y el alcance de la educación pesquera.
- c. Capacitación de formadores: Se necesita fortalecer la formación de capacitadores en temas pesqueros para asegurar la calidad de la educación.
5. Ejemplos específicos:
- a. En México, un programa de educación pesquera para pescadores artesanales en el Golfo de California

logró reducir la captura incidental de tortugas marinas en un 80%. (WWF, 2021)

- b. En Chile, un programa de capacitación en el uso de artes de pesca selectivas para la pesca de merluza común condujo a un aumento del 20% en la captura de peces objetivo. (FAO, 2023)
- c. En Colombia, un programa de formación en gestión pesquera para comunidades indígenas del Pacífico colombiano contribuyó al desarrollo de un plan de manejo pesquero comunitario que ha permitido la recuperación de las poblaciones de peces. (SEGOB, 2022)

Conclusiones

La educación pesquera es una herramienta fundamental para garantizar un futuro sostenible para la pesca y la acuicultura. La revisión proporcionará evidencia sobre la importancia de la educación pesquera y cómo se puede utilizar para promover prácticas pesqueras sostenibles, combatir la pesca INDNR, proteger el medio ambiente marino y mejorar la calidad de vida de las comunidades pesqueras.

A pesar de los desafíos, la evidencia disponible indica que la educación pesquera es una herramienta eficaz para promover la pesca y la acuicultura sostenibles en América Latina.

Es importante destacar que la educación pesquera debe ser:

- Accesible: Debe estar disponible para todos los actores involucrados en la pesca y la acuicultura, independientemente de su nivel educativo o ubicación geográfica.
- Pertinente: Debe responder a las necesidades y desafíos específicos de cada sector y comunidad.

- Participativa: Debe involucrar a todos los actores relevantes en el proceso de aprendizaje, incluyendo pescadores, acuicultores, científicos, gestores y comunidades.
- Continua: Debe ser un proceso permanente que se adapte a los cambios en el sector pesquero y las necesidades de los diferentes actores.



Referencias

- BID. (2020). Comercialización Eficiente de los Productos de la Pesca Extractiva Artesanal.
<https://www.iadb.org/es/whats-our-impact/GU-M1007>
- Castillo, S.; García, E.; Ulloa, J. (2015). Génesis y desarrollo de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera (Primera Parte). Acta Pesquera V. 1, No. 1
- CEPAL; Escobar, J. (2021). El aporte del enfoque ecosistémico a la sostenibilidad pesquera. Serie 39. Cepal
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura.
<https://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/2018/es/>
- FAO. (2021). Declaración de 2021 del comité de pesca en favor de la pesca y la acuicultura sostenibles.
- FAO. (2023). La educación y la formación en pesca y acuicultura: claves para el desarrollo sostenible:
<https://www.fao.org/3/i3890e/i3890e.pdf> (<https://www.fao.org/3/i3890e/i3890e.pdf>)

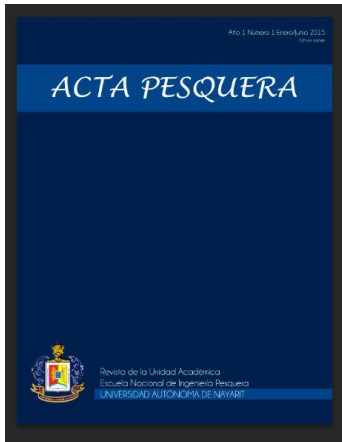


Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 10 - 16
Recibido: Mayo 25 de 2024
Aprobado: Junio 14 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i9.132

Modelización matemática en la producción biológica en acuaponía

Mathematical modelling in biological production in aquaponics

Estrada-Perez Nallely

ENIP - UAN

nallely.estrada@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3343-3147>

Ruiz-Velazco Javier. M.J.

ENIP - UAN

marcialj@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1193-2164>

Modelización matemática en la producción biológica en acuaponía

Mathematical modelling in biological production in aquaponics

Resumen

En el mundo actual, satisfacer la demanda de alimento-agua-energía es una problemática, y la preocupación central es la sostenibilidad, con un enfoque en la reducción del impacto ambiental y la producción responsable de alimentos de alta calidad. La acuaponía es una alternativa ante esta situación, ya que presenta ventajas como: alta eficiencia en el uso del agua, la disminución de insumos y la producción paralela de plantas y peces. Actualmente, existe información limitada sobre el efecto del agua proveniente del cultivo de tilapia en sus distintas etapas productivas, particularmente sobre el desarrollo de las plantas de lechuga y pepino en cultivo acuapónico, así como la carencia de modelos matemáticos que permitan describir relaciones entre las variables asociadas al cultivo acuapónico.

El modelo bioeconómico es uno de esos enfoques satisfactorios para estudiar las complejas interacciones entre los diferentes factores (biológicos, tecnológicos y económicos) que afectan la producción acuícola. En este sentido, no hay estudios recientes que utilicen enfoques bioeconómicos que pueden ser útiles para mejorar las estrategias para la acuaponía. Este estudio, se centró en la utilidad de la modelización matemática en la producción biológica en acuaponía que pueden ser utilizados para determinar en futuras investigaciones un análisis bioeconómico.

Palabras clave: Acuaponía, Modelos matemáticos, Tilapia-lechuga-pepino

Abstract

In today's world, meeting the food-water-energy demand is problematic, and the central concern is sustainability, with a focus on reducing environmental impact and the responsible production of high quality food. Aquaponics is an alternative to this situation, as it has advantages such as: high water use efficiency, reduced inputs and parallel production of plants and fish. Currently, there is limited information on the effect of water from tilapia culture, in its different productive stages, on the development of lettuce and cucumber plants in aquaponic culture, as well as the lack of mathematical models that allow describing relationships between the variables associated with aquaponic culture.

The bioeconomic model is one such successful approach to study the complex interactions between the different factors (biological, technological and economic) affecting aquaculture production. In this regard, there are no recent studies using bioeconomic approaches that can be useful for improving aquaponics strategies. This study focused on the usefulness of mathematical modelling of biological production in aquaponics that can be used to determine bioeconomic analysis in future research.

Keywords: Aquaponics, Mathematical modelling, Tilapia-lettuce-cucumber

Introducción

La acuaponía es una tecnología que combina la producción de especies acuáticas (acuicultura) con la producción de plantas sin suelo (hidroponía). En un sistema acuapónico, los nutrientes de las excreciones de las especies acuáticas ayudan a fertilizar las plantas, y la absorción de nutrientes por las plantas contribuye a mejorar la calidad del agua para las especies acuáticas. El principal reto consiste en equilibrar las condiciones óptimas requeridas por múltiples especies: organismos acuáticos, plantas y microorganismos beneficiosos (Suhl et al., 2016).

El análisis de la producción mediante el modelado matemático constituye una herramienta útil para el manejo acuícola, que tiene su origen en el manejo de recursos naturales renovables (Clark, 1974), y cuyos principios han sido adaptados para el manejo de recursos acuícolas con distintos propósitos (Allen et al., 1984) incluyendo a la acuaponía. Cada vez se proponen más modelos matemáticos para comprender la dinámica del agua y los nutrientes en acuaponía y mejorar así la producción. Sin embargo, debido al gran número de variables que intervienen en un análisis a nivel de sistema en acuaponía, cada estudio tiene sus limitaciones (Arce-Valdez et al., 2023).

El modelado bioeconómico consiste en el uso de técnicas matemáticas para modelar el comportamiento y/o desempeño de sistemas de producción biológicos, condicionados por factores biológicos, ambientales, económicos y técnicos.

En general, el proceso de modelización, subyace en el intento de conocer y comprender (e incluso predecir) el comportamiento de los sistemas complejos y, más concretamente los sistemas biológicos.

Por ejemplo, Estrada-Perez et al. (2018), proponen modelos matemáticos de producción biológica de un sistema acuapónico combinados con subsistemas NFT (Técnica de Flujo de Nutrientes) de cultivos integrados (tilapia-lechuga-pepino) con diferentes densidades de siembra de tilapia (30, 60 y 90 organismos m^{-3}), teniendo en cuenta la calidad del agua y las concentraciones de nutrientes.

Modelo matemático de crecimiento de tilapia

Estos autores, para modelar las variaciones en el peso del organismo, propusieron la siguiente ecuación:

$$w_t = w_i + mt + C \sin(2\pi t/L + S)$$

donde C estima la amplitud que hay en las variaciones del peso alrededor de la tendencia lineal, L es la duración del periodo transcurrido entre los momentos en que se presentan las máximas (o mínimas) desviaciones del peso respecto a la recta y S es un ajuste en el tiempo.

En la Figura 1 se presentan las curvas de crecimiento de tilapia ajustadas para diferentes densidades de siembra 30, 60 y 90 organismos m^{-3} .

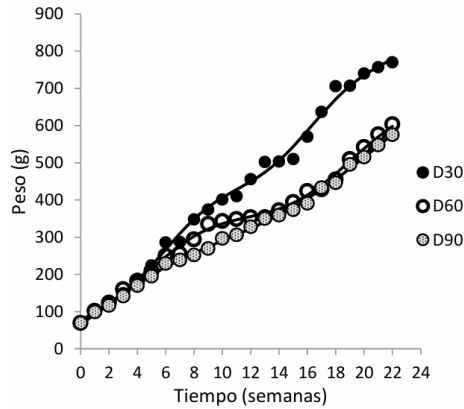


Figura 1

Modelo matemático de crecimiento de plantas

Para el cálculo del crecimiento en longitud de las plantas, utilizaron el modelo propuesto por Serna-Gallo et al. (2014):

$$L_t = L_i + (L_f - L_i) \left(\frac{1 - k^t}{1 - k^c} \right)$$

donde L_i y L_f son las tallas (longitudes) inicial y final, k es la tasa a la cual cambia L_t desde su valor inicial hasta su valor final, t es el número de unidades de tiempo para las que se predice L_t (vgr. 5, si L_t se predice para la quinta semana) y c es t para la semana en que se realiza la cosecha.

En la Figura 2 se muestran las curvas ajustadas de crecimiento de plantas de lechuga correspondientes a diferentes densidades de siembra de tilapia (30, 60 y 90 organismos m^{-3}).

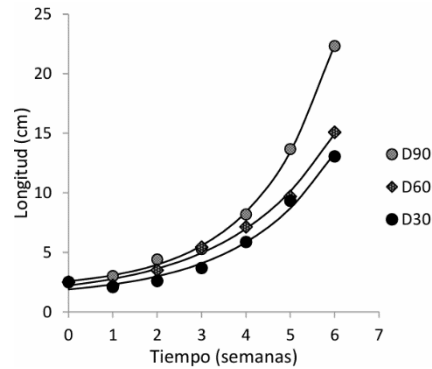


Figura 2

En la Figura 3 se muestran las curvas de crecimiento ajustadas de pepino correspondientes a diferentes densidades de siembra de tilapia (30, 60 y 90 organismos m^{-3}).

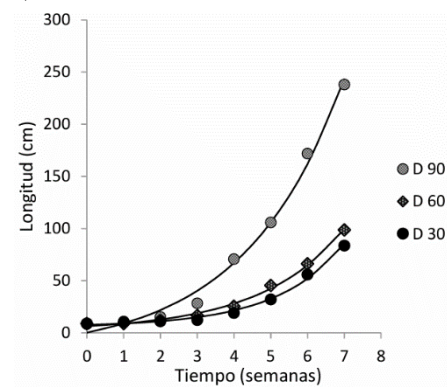


Figura 3

Relaciones de las variables de producción biológica con la calidad de agua y manejo

Estrada-Perez y colaboradores indican que, en ocasiones, resulta factible incorporar como parte del modelo relaciones estadísticas (regresión lineal múltiple) que se detectan entre las variables de producción biológica con la calidad del agua de cultivo, o con aspectos de diseño o manejo del sistema. Para ello, los autores realizaron la estimación de los parámetros de crecimiento de peces y plantas mediante

análisis de regresión no lineal usando STATISTICA 6.0.

Una de las relaciones propuestas por los autores en la producción biológica de peces es:

$$m = -2.402333 + 7.51914 OD - 0.1068669 D$$

Los autores mencionan que, se obtuvieron mayores tasas de crecimiento (m) a menores densidades de siembra de tilapia (D) y mayor oxígeno disuelto (OD).

Para la producción biológica de lechuga:

$$L_f = 23.87876 - 19.90656 CE + 0.1923708 D - 1.165875 NO_2^-$$

Esto quiere decir que, según los autores, se obtuvieron mayores longitudes finales (L_f) de la lechuga, a mayor densidad (D) y menores valores de conductividad eléctrica (CE) y de nitritos (NO_2^-).

Para la producción biológica de pepino:

$$L_f = 37.96499 + 1.494879 D$$

$$z = -0.5896874 + 0.0741485 pH$$

$$B = 81.48 (NH_4^+)^3 - 310.8 (NH_4^+)^2 + 381.97 NH_4^+ - 110.58$$

$$NH_4^+ = -0.1304182 + 0.0236274 D$$

Los resultados de las relaciones indicaron que, a mayor densidad de siembra de tilapia (D) se obtuvieron mayores longitudes finales (L_f) de las plantas de pepinos. La tasa instantánea de mortalidad (z) aumentó cuando se tuvieron pH mayores, muy probablemente como consecuencia de que los valores de pH registrados fueron

mayores que los ideales para un sistema acuapónico.

También observaron que existe una relación entre la producción de fruto de pepino (B) y el amonio (NH_4^+), y entre éste y la densidad de siembra de tilapia (D).

Capacidad predictiva de los modelos

La capacidad de predicción representa el banco de pruebas más comúnmente utilizado para probar la bondad de un modelo.

Los autores mencionan que, los resultados de la regresión lineal y la prueba de t entre los valores de rendimiento observados y calculados (tilapia, las plantas de lechuga y pepino), permitieron concluir que, el valor de la pendiente no difiere de 1, indicando una capacidad predictiva satisfactoria de los modelos de producción biológica correspondiente.

Manejo de la Densidad

Al tener el comportamiento del sistema modelado podemos, en buena medida realizar predicciones y con ellos avanzar más en su comprensión.

Siguiendo con el ejemplo de Estrada-Perez et al. (2018), utilizaron los modelos de producción biológica y las ecuaciones de regresión múltiple para predecir, en función de la densidad de tilapia y del tiempo, la biomasa de tilapia y la longitud de las plantas, observándose que, a medida en que se incrementaron la densidad y el tiempo, también se incrementó la producción de biomasa (Figura 4a, 4b y 4c).

a

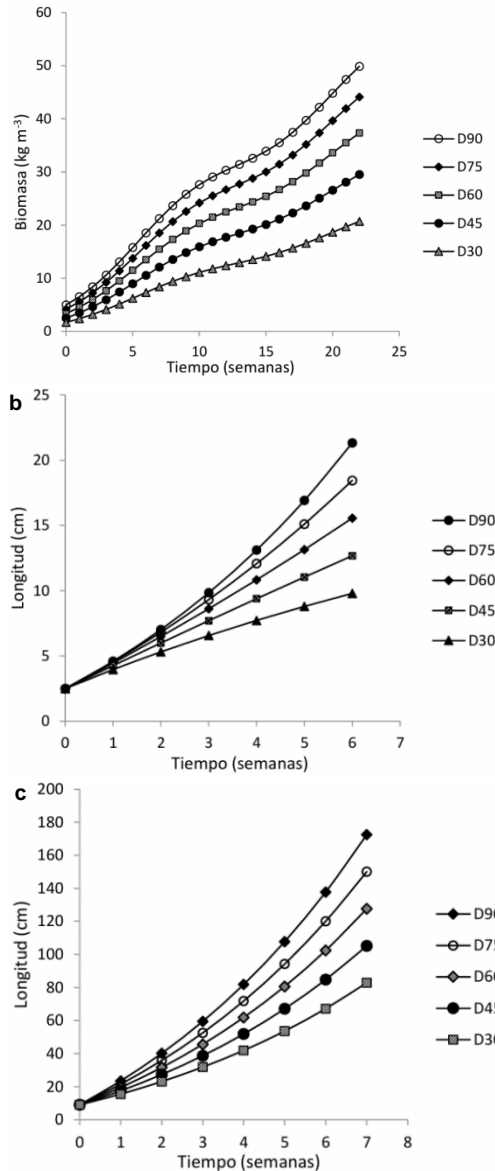


Figura 4. Predicción de la producción de tilapia (a) longitud de la planta de lechuga (b) y longitud de la planta de pepino (c) en función de la densidad de siembra de tilapia y del tiempo.

Por último, los autores mencionan que, los modelos desarrollados en su investigación pueden ser utilizados para determinar, en futuras investigaciones y por medio de análisis bioeconómico, la mejor estrategia de

cosecha teniendo en cuenta el peso en fresco óptimo de lechuga y del fruto del pepino, los costos de producción y la estacionalidad de los precios. Es deseable que, en lo posible, el enfoque bioeconómico también sea adoptado por la industria acuícola.

El futuro del modelado y la tecnología en la acuicultura es prometedor y seguirá desempeñando un papel crucial en la mejora de la eficiencia y la gestión de estos sistemas (Arce-Valdez et al., 2023), ya que, los modelos son considerados fundamentales en el desarrollo de la Ciencia.

Referencia bibliográfica

Estrada-Perez, N., Hernandez-Llamas, A., MJ Ruiz-Velazco, J., Zavala-Leal, I., Romero-Bañuelos, C. A., Cruz-Crespo, E., ... & Campos-Mendoza, A. 2018. Stochastic modelling of aquaponic production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with lettuce (*Lactuca sativa*) and cucumber (*Cucumis sativus*). *Aquaculture research*, 49(12): 3723-3734. <https://doi.org/10.1111/are.13840>

Suhl, J., Dannehl, D., Kloas, W., Baganz, D., Jobs, S., Scheibe, G., & Schmidt, U. (2016). Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. *Agricultural water management*, 178: 335-344.

Valdez, J. L. A., Banderas, O. A., de los Ríos, L. N. C., Trujillo, P. A. V., & Muñoz, Y. S. 2023. Modelos matemáticos en sistemas acuícolas de recirculación (RAS): una revisión. *Revista Electro*, 45: 61-68.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.013>

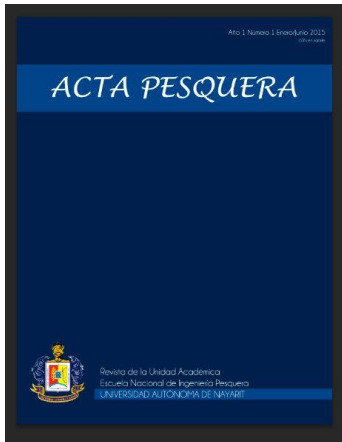


Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 17 - 25
Recibido: mayo 16 de 2024
Aprobado: junio 15 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.134

Futuras innovaciones en el sector acuícola

Future innovations in the aquaculture sector

Josué Ernesto López Camarena
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
acua.lopez.camarena@gmail.com

Futuras innovaciones en el sector acuícola

Future innovations in the aquaculture sector

Resumen:

La acuicultura, uno de los sectores de producción de alimentos de mayor crecimiento a nivel mundial, está viviendo una transformación significativa gracias a diversas innovaciones tecnológicas. Este artículo analiza los avances más recientes en biotecnología y sostenibilidad que están revolucionando la industria acuícola. Se resaltan las mejoras en los sistemas de recirculación de agua, la automatización de procesos y la implementación de sistemas para la salud y alimentación de los peces. Además, se abordan los esfuerzos en la mejora genética de las especies acuáticas y el desarrollo de prácticas más sostenibles que reduzcan el impacto ambiental. Estas innovaciones no solo prometen aumentar la eficiencia y productividad de la acuicultura, sino también contribuir a la seguridad alimentaria global y a la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Palabras Clave: Sistemas de innovación, Sustentabilidad, Alimentación acuícola, Mejora genética, sistemas multitróficos

Abstract:

Aquaculture, one of the fastest growing food production sectors worldwide, is undergoing a significant transformation thanks to various technological innovations. This article analyzes the most recent advances in biotechnology and sustainability that are revolutionizing the aquaculture industry. Improvements in water recirculation systems, process automation and the implementation of systems for fish health and feeding are highlighted. In addition, efforts are addressed in the genetic improvement of aquatic species and the development of

more sustainable practices that reduce environmental impact. These innovations not only promise to increase the efficiency and productivity of aquaculture, but also contribute to global food security and the conservation of aquatic ecosystems.

Keywords: Innovation systems, Sustainability, Aquaculture feed, Genetic improvement, multitrophic systems

Introducción

La acuicultura es una actividad que de acuerdo con la FAO se define como "Acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, en particular peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas", Esta actividad derivada de la pesca tradicional data de por lo menos 4000 años y en esencia las bases de esta actividad se han mantenido intactas, replicar las mejores condiciones disponibles para la cual un organismo se desarrolle y se reproduzca con el fin de su consumo. Desde entonces la acuicultura no ha hecho más que aumentar de manera exponencial, produciendo cada vez más, teniendo mayor repercusión en la alimentación mundial, con cada vez un mayor uso de la tecnología y con una innovación constante.

La acuicultura, al ser multidisciplinaria, ofrece amplias oportunidades para la innovación de diversos tipos

Al ser la acuicultura una actividad multidisciplinaria en la que generan efecto diversos factores y que mantiene una gran oportunidad a la innovación

La industria de la acuicultura es ampliamente diversa y dispersa, comprendiendo desde pequeños estanques operados por propietarios locales en África que producen solo unos pocos kilogramos de pescado al año, hasta corporaciones internacionales con ingresos anuales que

superan los mil millones de dólares. Para muchos observadores cercanos, la acuicultura se percibe como una de las pocas opciones económicas disponibles en zonas costeras o rurales específicas, y adquiere una importancia particular en naciones como Bangladesh, India y Vietnam, donde se practica tanto como una fuente de alimentación básica como para fines comerciales (Bostock et al. 2013).

Los alimentos acuáticos siguen siendo altamente comerciados a nivel mundial, con Asia liderando la producción en un 91.6% en 2020. Sin embargo, existen brechas significativas en el desarrollo de la acuicultura en países como Mongolia, Timor-Leste y algunas naciones de Asia Central y Occidental, que necesitan un impulso para aprovechar su potencial. (FAO, 2022.)

Las innovaciones en la acuicultura están en constante evolución, impulsadas por una intersección de disciplinas que abarcan desde la biotecnología hasta la ingeniería ambiental. El progreso de innovación en la acuicultura se ve influenciado por una amplia gama de factores que abarcan desde lo tecnológico hasta lo social, incluyendo la demanda del mercado, la infraestructura disponible y los sistemas institucionales. A pesar de estas influencias, existe un amplio espacio para la innovación en la acuicultura, ofreciendo oportunidades significativas para mejorar y desarrollar nuevas prácticas, tecnologías y enfoques que impulsen aún más el crecimiento sostenible de esta industria.

Dicho progreso se agrupa en diversas áreas, como la genética acuícola para mejorar la salud y el rendimiento de las especies cultivadas, la automatización de sistemas de producción para optimizar la eficiencia, y el

desarrollo de técnicas sostenibles que minimicen el impacto ambiental. Estos avances están redefiniendo el panorama de la acuicultura, promoviendo la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos acuícola pesqueros

Innovaciones en Tecnologías de producción: Las tecnologías de producción acuícola son herramientas y métodos desarrollados para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad de la acuicultura.

Innovaciones en acuaponía:

La práctica de combinar la producción de peces y plantas anuales ha evolucionado hacia la acuaponía moderna, una fusión de acuicultura e hidroponía, que ha ganado popularidad recientemente. Aunque la mayoría de las aplicaciones actuales se enfocan en la investigación de acuicultura, hidroponía y calidad del agua, aún carecemos de una comprensión integral, tanto conceptual como empírica, de la acuaponía como un sistema innovador potencialmente emergente, así como de las expectativas y conocimientos prácticos sobre su funcionalidad (König, et al. 2018). En los últimos años, se ha avanzado en la comprensión de la viabilidad comercial de la acuaponía y es reconocido su potencial para la seguridad alimentaria futura. Sin embargo, es necesario investigar más sobre sus impactos ambientales, operativos y socioeconómicos (Junge, et al. 2017).

Es crucial investigar los aspectos biológicos, tecnológicos y socioeconómicos de la acuaponía para promover su desarrollo como una tecnología fundamental en sistemas alimentarios sostenibles. Esto implica comprender mejor la adición de especies cultivadas, mejorar y refinar los sistemas tecnológicos, fomentar el conocimiento y desarrollo socioeconómico,

así como diseñar sistemas eficientes y sostenibles.

Innovaciones en sistemas de reticulación (RAS):

Los sistemas de acuicultura de recirculación (RAS) reutilizan parcialmente el agua tras un tratamiento que minimiza el intercambio necesario para cada componente del sistema, surgiendo en respuesta a las estrictas regulaciones ambientales en países con recursos limitados de tierra y agua.

Los RAS operan en un ambiente interior controlado, lo que los convierte en una estrategia de adaptación viable al cambio climático. Estos sistemas se ven mínimamente afectados por fenómenos relacionados con el cambio climático, como la variación de las precipitaciones, inundaciones, sequías, calentamiento global, ciclones, fluctuaciones de salinidad, acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar (Ahmed, 2021)

A pesar de sus características ecológicas y la creciente adopción de la tecnología RAS, su contribución a la producción sigue siendo pequeña en comparación con las jaulas marinas, los sistemas de flujo continuo y los estanques. La lenta adopción de los sistemas RAS se debe en parte a las altas inversiones iniciales que requieren, ya que necesitan altas densidades de población y producción para cubrir los costos de inversión (Martins,2010).

Sistemas Multitróficos Integrados (IMTA):

En la acuicultura multitrófica integrada (IMTA), se crían especies de diferentes niveles tróficos en proximidad, permitiendo que los coproductos (desechos orgánicos e inorgánicos) de una especie sean reciclados y sirvan como insumos nutricionales para otras. La prevalencia de los sistemas IMTA

puede aumentar en el futuro, especialmente a medida que la expansión de los monocultivos se desacelere debido a los costos de insumos como piensos, energía y medicamentos, así como a las cuestiones ambientales relacionadas con los residuos y el deterioro de la calidad del agua (Knowler,2020).

Si bien los IMTA tienen un gran potencial ecológico, aún enfrentan desafíos. Sin embargo, estas limitaciones son comunes en la piscicultura en general, no exclusivas del IMTA. Por lo tanto, si el gobierno implementa políticas y regulaciones de apoyo a los piscicultores, no solo fomentará el IMTA como solución para áreas erosionadas, sino que también respaldará el desarrollo de la industria acuícola en su conjunto (Elfitasari,2019).

Innovaciones en Alimentación y Nutrición acuícola:

La acuicultura ha experimentado importantes avances en alimentación y nutrición en los últimos años. Estos desarrollos son clave para enfrentar los desafíos de sostenibilidad y eficiencia en la producción de peces y mariscos.

Sustitución de Harina de Pescado:

Los alimentos acuícolas suelen incluir harina y aceite de pescado extraídos de pequeños peces forrajeros pelágicos como arenques, sardinas y otras especies de bajo valor comercial. Estos ingredientes se utilizaron originalmente por ser sabrosos, económicos y eficientes en proporcionar las proteínas y ácidos grasos necesarios para las especies acuáticas cultivadas. Sin embargo, con las capturas mundiales de peces forrajeros estancadas desde la década de 1980, el precio de la harina y el aceite de pescado ha aumentado debido a la creciente demanda en la acuicultura. Para asegurar un

crecimiento sostenible en la industria, los productores han descubierto y deben seguir encontrando alimentos que reduzcan o excluyan los ingredientes derivados del pescado.

Los nuevos ingredientes para alimentos acuícolas, como microalgas, macroalgas, bacterias, levaduras e insectos, pueden reducir la demanda de peces forrajeros al ofrecer fuentes ricas en proteínas y lípidos. Microalgas proporcionan ácidos grasos omega-3, macroalgas y levaduras ofrecen aminoácidos esenciales, bacterias tienen alto contenido proteico y pueden cultivarse en sustratos baratos, e insectos convierten residuos orgánicos en piensos ricos en proteínas. La calidad de los sustratos es crucial para el valor nutritivo de estos ingredientes, pero su potencial radica en mejorar la eficiencia alimenticia y el contenido nutricional en la acuicultura (Cottrell,2020).

Elaboración de Dietas específicas para cada especie:

A medida que la acuicultura se expanda, será necesario elaborar dietas cada vez más especializadas para cada especie, de manera que estas cubran sus necesidades nutricionales específicas, mejoren la calidad y optimicen el aprovechamiento de los recursos.

Una mejor composición y eficiencia de conversión del alimento aumentan la producción de peces, reducen los costos del alimento y minimizan los desechos en las piscifactorías. Una dieta equilibrada es esencial para asegurar un crecimiento rápido, salud y ausencia de enfermedades en peces y camarones. Proporcionar alimentos que ofrezcan todos los componentes necesarios para una buena nutrición es fundamental en las buenas

prácticas acuícolas. El concepto de una acuicultura sana y saludable es esencial para mejorar la producción acuícola y proporcionar proteínas de pescado y nutrientes beneficiosos. Aunque hemos avanzado en la nutrición acuícola y la formulación de alimentos, es crucial seguir invirtiendo en la nutrición y salud de los peces. Esto garantizará un suministro constante, sostenible y seguro de pescado de calidad, beneficioso para la salud pública y el medio ambiente (Coloso, R. M. 2015).

Innovaciones en genética y reproducción:

Mantener sistemas acuícolas saludables y productivos requiere poblaciones de buena calidad. A diferencia de los cultivos y animales terrestres, la domesticación de especies acuícolas está aún en sus inicios

Mejora genética mediante cría selectiva

Los programas de mejoramiento genético pueden aumentar sosteniblemente los rasgos de producción, logrando ganancias del 10% al 14% por generación. No obstante, requiere una inversión significativa en tecnología de reproducción selectiva. Aproximadamente el 75% de la producción de las principales especies acuícolas y el 80% de la producción acuícola europea se benefician de estos programas. Además, los diferentes sectores utilizan una variedad de tecnologías de reproducción, desde la dependencia de poblaciones silvestres hasta la selección familiar con herramientas genómicas. Por ejemplo, la industria del mejillón en reino unido depende completamente de la semilla silvestre, mientras que la acuicultura del salmón del Atlántico emplea tecnología avanzada (Regan,2021).

Los programas de mejoramiento genético son esenciales para la sostenibilidad y eficiencia de la acuicultura, aunque

requieren una inversión significativa. La adopción de tecnologías como marcadores genéticos, reproducción selectiva y manipulación del género varía entre sectores. Es crucial desarrollar y adoptar estas herramientas para maximizar el potencial de cada especie acuícola en el futuro.

Selección de nuevas especies para el sector:

La selección de nuevas especies para la acuicultura es esencial para diversificar y aumentar la producción de alimentos acuáticos. Este proceso considera la resistencia a enfermedades, el crecimiento rápido y la adaptabilidad a distintos entornos. Con el apoyo de la biotecnología y la investigación genética, se busca optimizar el rendimiento y reducir el impacto ambiental, satisfaciendo así la creciente demanda global de productos acuáticos de manera sostenible.

La selección de especies para la acuicultura implica evaluar criterios biológicos como la temperatura óptima para la cría, la fecundidad y el tamaño de las larvas. Sin embargo, esta información suele ser escasa para nuevas especies. En un estudio, se seleccionó el bacalao como el principal candidato para el desarrollo acuícola en las costas occidentales de Francia debido a varias razones: amplio conocimiento biológico, facilidad para capturar juveniles y adultos silvestres, pocos huesos en los filetes, buena calidad de la carne y capacidad de crecimiento rápido en cautiverio (2 kg en 20 meses). Además, el bacalao se adapta bien a temperaturas de agua entre 7 y 17 °C, lo que coincide con las condiciones en la región estudiada. Estos factores, junto con su buena imagen y adaptabilidad a los requerimientos de procesamiento y distribución, hacen del

bacalao una especie prometedora para la acuicultura (Quéméner,2002).

Aunque hay que tener en cuenta que incorporación de una nueva especie es circunstancial a el lugar donde quiera cultivarse pues los criterios de selección varían según el lugar a cuestión

Innovaciones en materia de sanidad y bienestar animal:

Vacunación acuícola:

La vacunación en la acuicultura es crucial para proteger la salud de los organismos acuáticos y es la medida preventiva más efectiva contra enfermedades infecciosas. El progreso de la productividad acuícola está directamente relacionado con el desarrollo y uso de vacunas, subrayando su importancia en la sostenibilidad. Recientes avances científicos y tecnológicos han mejorado significativamente la capacidad de desarrollo de vacunas. El entendimiento avanzado de la inmunología de los animales acuáticos y las innovaciones en biotecnología y biología computacional han acelerado y perfeccionado la producción. A pesar de un comienzo tardío, la vacunación en acuicultura ha avanzado rápidamente. Las estrategias actuales se enfocan en mejorar la absorción de antígenos, explorando nuevas vías de administración como la oral o por inmersión, y utilizando nanotecnología y bioingeniería para una transferencia eficiente de antígenos. Estas innovaciones aseguran una mejor prevención de enfermedades y un crecimiento sostenible de la acuicultura en el futuro (Tamma,2024).

Bienestar animal:

El bienestar de los peces de piscifactoría se ha convertido en una preocupación creciente para el público y los reguladores. En respuesta, la industria acuícola está

implementando medidas como los Códigos de Prácticas para una Acuicultura Responsable, que incluyen el respeto por el bienestar de las especies criadas. La Federación de Productores Europeos de Acuicultura (FEAP) destaca esto como un principio fundamental.

Para que estas medidas sean efectivas, deben basarse en información confiable y una comprensión adecuada del bienestar de los peces. Este es un tema complejo con muchas áreas de incertidumbre. Es crucial definir el bienestar, comprender si los peces pueden sufrir, identificar y medir su bienestar, y analizar el impacto de los sistemas de producción. Las estrategias para mejorar el bienestar de los peces de cultivo deben basarse en estudios científicos. Aunque mi perspectiva es biológica, es importante considerar otras disciplinas académicas y también el bienestar de otros mariscos, como los crustáceos decápodos (Huntingford, 2008).

Innovaciones en Digitalización y sostenibilidad

A medida que la acuicultura avanza, el uso de tecnologías digitales se volverá más común, impulsando la adopción de herramientas como la inteligencia artificial (IA), la logística avanzada y la robótica, entre otras. Estas tecnologías pueden optimizar la producción, mejorar la gestión de recursos y aumentar la eficiencia en las operaciones acuícolas.

Digitalización e Inteligencia artificial:

Existe un interés creciente en el monitoreo integral de la producción y la cadena de suministro en la acuicultura para mejorar la eficiencia mediante la computación en la nube y el uso de IA. Estas tecnologías pueden proporcionar decisiones más

rápidas y precisas (Evensen, 2020.), reduciendo la necesidad de mano de obra y mejorando la eficacia de los comederos, así como el monitoreo y control de la calidad del agua. Además, estas innovaciones pueden transformar los sistemas de acuicultura en alta mar, incluyendo la acuicultura en jaulas, jaulas sumergibles, acuicultura en embarcaciones y sistemas en aguas profundas (Yue y Shen (2022). El uso de estas tecnologías digitales promete optimizar la recolección y procesamiento de datos, mejorando la sostenibilidad y productividad del sector (Rowan,2023).

Innovaciones en trazabilidad y sostenibilidad:

Los sistemas de trazabilidad ofrecen información precisa y oportuna sobre los flujos y procesos de materiales en la cadena de suministro. Esto puede reducir costos operativos y aumentar la productividad tanto de las empresas individuales como de la cadena de suministro en su conjunto. Además, los consumidores valoran estos sistemas porque proporcionan detalles sobre el origen, calidad y características sostenibles del producto, especialmente antes de la compra (Appelhanz,2016).

La trazabilidad no es un tipo de información, sino el medio para recuperar, almacenar y organizar datos. Los sistemas de trazabilidad recopilan eficientemente datos y proporcionan información sobre la correcta operatividad de los puntos de control en la cadena de producción o suministro. Un sistema preciso permite a los productores identificar y resolver rápidamente problemas de calidad o inocuidad alimentaria. La trazabilidad responde a preguntas sobre "quién", "qué", "cuándo", "dónde" y "por qué" en relación con la seguridad, calidad y visibilidad de los alimentos. Dependiendo de la dirección de

recuperación de la información, la trazabilidad puede ser hacia atrás (rastrear el origen y características del producto) o hacia adelante (seguir la ubicación del producto) (Freitas,2020).

Conclusión:

El sector acuícola ha experimentado significativas innovaciones en los últimos años, transformando la forma en que se cultivan y gestionan los recursos acuáticos. Entre las principales innovaciones se encuentran: Mejoras Genéticas y Biotecnología, Alimentación sostenible, Sistemas de Recirculación en Acuicultura (RAS), Tecnología de Sensores y Automatización.

Estas innovaciones prometen hacer la acuicultura más sostenible y eficiente, reduciendo el impacto ambiental y aumentando el rendimiento. La integración de tecnologías avanzadas continuará revolucionando el sector, permitiendo una producción más segura y de alta calidad. Enfocarse en sostenibilidad y eficiencia será crucial para satisfacer la creciente demanda mundial de productos acuáticos, garantizando la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas marinos.

Bibliografía:

- ❖ Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner production*, 297, 126604.
- ❖ Appelhanz, S., Osburg, V. S., Toporowski, W., & Schumann, M. (2016). Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: system solution and its economic feasibility. *Journal of Cleaner Production*, 110, 132-148.
- ❖ Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., ... & Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2897-2912.
- ❖ Coloso, R. M. (2015). Feed formulation for sustainable aquaculture. In *Resource Enhancement and Sustainable Aquaculture Practices in Southeast Asia: Challenges in Responsible Production of Aquatic Species: Proceedings of the International Workshop on Resource Enhancement and Sustainable Aquaculture Practices in Southeast Asia 2014 (RESA)* (pp. 223-230). Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- ❖ Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E. (2020). Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature Food*, 1(5), 301-308.
- ❖ Elfitasari, T., Klerkx, L., Rejeki, S., Widowati, L. L., Aryati, R. W., & Bosma, R. H. (2019, March). Is Integrated Multi-Trophic Aquaculture (Imta) Concept An Answer to Abraded Coastal Area? A Stakeholders' Perspective Analysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 246, No. 1, p. 012082). IOP Publishing.
- ❖ Evensen, T. (2020). Negocios pesqueros: cerrar la brecha entre la toma de decisiones basada en datos (DDM) y la acuicultura: un análisis de los operadores tradicionales de la industria acuícola noruega (NAI) y el uso de big data para obtener una ventaja competitiva (tesis doctoral).
- ❖ FAO, 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Rome, FAO
- ❖ Freitas, J., Vaz-Pires, P. y Câmara, JS (2020). De la producción acuícola al

- consumo: Frescura, seguridad, trazabilidad y autenticación, los cuatro pilares de la calidad. *Acuicultura*, 518, 734857.
- ❖ Huntingford, F. (2008). Animal welfare in aquaculture. In *Aquaculture, Innovation and Social Transformation* (pp. 21-33). Dordrecht: Springer Netherlands.
 - ❖ Junge, R., König, B., Villarroel, M., Komives, T., & Jijakli, M. H. (2017). Strategic points in aquaponics. *Water*, 9(3), 182.
 - ❖ Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Espiñeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., & Reid, G. (2020). The economics of integrated multi-trophic aquaculture: where are we now and where do we need to go?. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1579-1594.
 - ❖ König, B., Janker, J., Reinhardt, T., Villarroel, M., & Junge, R. (2018). Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of cleaner production*, 180, 232-243.
 - ❖ Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C., Heinsbroek, L. T., Schneider, O., Blancheton, J. P., ... & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural engineering*, 43(3), 83-93.
 - ❖ Quéméner, L., Suquet, M., Mero, D., & Gaignon, J. L. (2002). Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquatic Living Resources*, 15(5), 293-302.
 - ❖ Regan, T., Bean, T. P., Ellis, T., Davie, A., Carboni, S., Migaud, H., & Houston, R. D. (2021). Genetic improvement technologies to support the sustainable growth of UK aquaculture. *Reviews in aquaculture*, 13(4), 1958-1985.
 - ❖ Rowan, N. J. (2023). The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain—Quo Vadis?. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 365-374.
 - ❖ Tammás, I., Bitchava, K., & Gelasakis, A. I. (2024). Transforming Aquaculture Through Vaccination: A Review on Recent Developments and Milestones.
 - ❖ Yue, K. y Shen, Y. (2022). Una visión general de las tecnologías disruptivas para la acuicultura. *Acuicultura y Pesca*, 7 (2), 111-120.

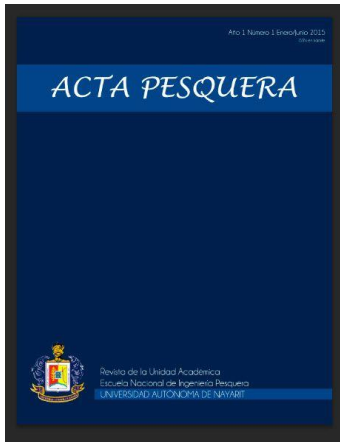


Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 26 - 48
Recibido: Abril 23 de 2024
Aprobado: Junio 02 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.133

**Criterio de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico
para representar el Crecimiento de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)**

**Data Fit Analysis Criterion Using Numerical Analysis
to represent the Growth of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*)**

José Trinidad Ulloa Ibarra
ENIP - UAN
jtulloa@uan.edu.mx
ORCID: [https:// 0000-0002-6382-7588](https://0000-0002-6382-7588)

Jaime L. Arrieta Vera
Universidad Autónoma de Guerrero
jaime.arrieta@gmail.com

Nidia Dolores Uribe Olivares
CEBETIS 100
nidy98@hotmail.com
ORCID: <https://0000-0003-2525-4157>

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

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

**Criterio de análisis del ajuste de datos
utilizando análisis numérico
para representar el Crecimiento de Bagre
de canal (*Ictalurus punctatus*)**

**Data Fit Analysis Criterion Using
Numerical Analysis
to represent the Growth of Channel
Catfish (*Ictalurus punctatus*)**

Resumen.

En el desarrollo del presente trabajo, se utilizó el análisis de ajuste de datos para seleccionar el modelo que mejor representa datos del bagre de canal, comparando los modelos: Logístico, Gompertz, 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: criterios, crecimiento, análisis numérico, ajuste de datos

Abstract

In the development of this work, data adjustment analysis was used to select the model that best represents channel catfish data, comparing the models: Logistic, Gompertz, Brody and Saturation in order to make a proposal on the best of them. In fisheries biology, sigmoidal models, also known as S-shaped growth models, are mathematical tools widely used to represent the growth of populations of fish and other aquatic species. These models are characterized by their S-shape, which reflects slow initial growth, followed by acceleration until reaching an asymptotic limit. It is important to highlight 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 stock. 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.

Key words: criteria, growth, numerical analysis, data fitting

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 utilizar 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.

Se puede afirmar que no existe un modelo sigmoidal único que sea el "mejor" para todas las aplicaciones en biología pesquera. La elección del modelo adecuado depende de las características específicas del caso de estudio (especie en estudio) y de los objetivos del análisis. Es importante evaluar las ventajas y desventajas de cada modelo antes de seleccionar el más apropiado. Sin embargo, el modelo de Bertalanffy es el modelo sigmoidal más utilizado en biología pesquera debido a su simplicidad y flexibilidad. 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.

Es importante destacar que los modelos sigmoidales son simplificaciones de la realidad y no siempre representan todos los aspectos de la dinámica poblacional de una especie. Por lo tanto, es crucial utilizar estos modelos con precaución y considerar otras fuentes de información al realizar inferencias sobre el estado de una población pesquera.

Para determinar las ventajas y desventajas entre diferentes modelos sigmoidales, se pueden realizar varios tipos de análisis comparativos. Entre estos se encuentran: Análisis de ajuste 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 biología matemática, por ejemplo, permite estudiar la dinámica de poblaciones, pues hay modelos y ecuaciones diferenciales que explican cómo funcionan. El modelo más sencillo es tener dos especies en un ecosistema (una es depredadora y la otra, presa). Sirve para predecir cómo puede evolucionar y ofrece información para actuar sobre ese sistema y evitar, por ejemplo, que se produzca la extinción de una de ellas (Lombardero, 2014).

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.

metro y un peso de 25 kilogramos en dos años. El bagre es un pez de agua dulce que se encuentra en todo el mundo. Es una especie importante en la pesca comercial y recreativa.

En el desarrollo del presente trabajo, se utilizó el análisis de ajuste de datos para seleccionar el modelo que mejor representa datos del bagre de canal, comparando los modelos: Logístico, Gompertz, Brody y el de Saturación con la finalidad de lograr hacer una propuesta sobre el mejor de ellos.

Aspectos biológicos y ecológicos del recurso

El nombre científico del bagre de canal es ****Ictalurus punctatus****. Es una especie de pez de agua dulce de la familia Ictaluridae, orden Siluriformes. Es nativo de América del Norte, donde se encuentra en ríos, lagos y embalses.

El bagre de canal es una especie de bagre nativo de América del Norte. Es una especie popular en la acuicultura y se cultiva en todo el mundo. El crecimiento del bagre de canal es rápido. En condiciones óptimas, los bagres de canal pueden alcanzar una longitud de 1

El crecimiento del bagre varía según la especie, la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento.

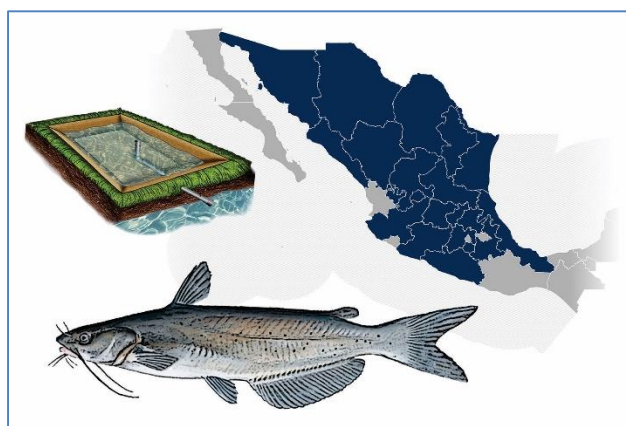


Figura No. 1. Bagre de Canal

En general, el crecimiento del bagre se puede describir como una función exponencial. La velocidad de crecimiento aumenta a medida que el pez se hace más grande. Los factores que influyen en el crecimiento del bagre incluyen la temperatura del agua, la disponibilidad de alimento y la densidad de población (Ulloa, et al, 2023).

Es esencial comprender el significado de un patrón o función sigmoidea, independientemente de si construyes tu propia red neuronal o construyes un modelo de crecimiento de la levadura. El aprendizaje de problemas complejos se explica por la función sigmoidea y las curvas de crecimiento.

Es importante tener en cuenta que muchos organismos pasan por varias fases distintas

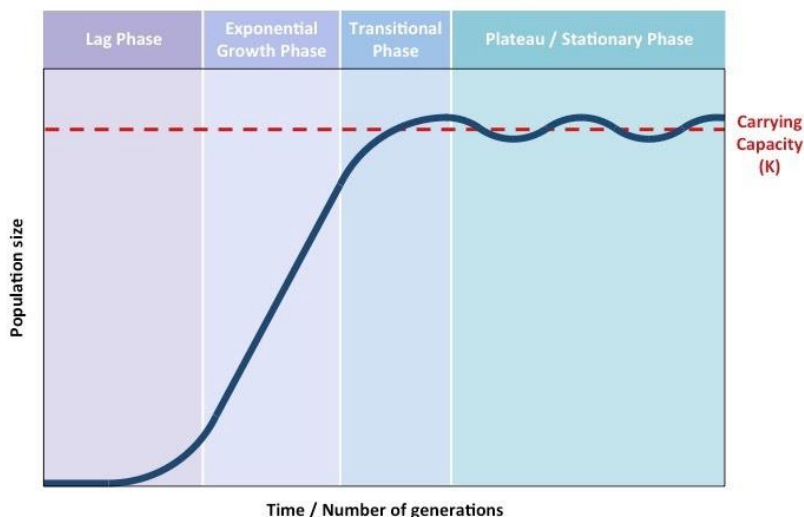


Figura No.2 Curva Sigmoideal

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 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.

La modelación es una práctica que se ejerce en diversas comunidades entre las que se encuentran como es de esperar las ciencias del mar y es una actividad recurrente que otorga identidad a los grupos de trabajo.

Con base en diferentes estudios consideramos que la modelación, además, puede funcionar como un vínculo entre la escuela y su entorno (Arrieta, 2003; Ulloa y Rodríguez, 2013). Para ello se realizan investigaciones sobre las prácticas de modelación de comunidades, en este caso, de profesionales de la pesca estas prácticas se encuentran constituidas, y como tal, al igual que otros muchos procesos se realizan de forma casi mecánica o algorítmica, (Ulloa y Arrieta, 2012).

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, también conocido como modelo de crecimiento en dos fases, es una herramienta matemática ampliamente utilizada para representar el crecimiento de peces en función del tiempo. Este modelo no lineal se basa en la ecuación sigmoidea, la cual describe una curva en forma de "S" que refleja el comportamiento típico del crecimiento poblacional: un crecimiento inicial lento, seguido de un aumento rápido y finalmente una saturación a medida que se alcanza un límite asintótico.

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.
- ▣ **t₀**: 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.
- ▣ **t₀**: 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.

Aplicaciones del modelo logístico:

El modelo logístico tiene una amplia gama de aplicaciones en la pesca y la acuicultura, incluyendo:

- ▣ **Estimación del potencial de crecimiento:** El modelo logístico se utiliza para estimar la longitud máxima (L_{∞}) que puede alcanzar una población de peces en un entorno determinado. Esta información es crucial para establecer cuotas de pesca sostenibles y gestionar las poblaciones de peces de manera efectiva.
- ▣ **Diseño de sistemas de producción:** En la acuicultura, el modelo logístico se emplea para diseñar sistemas de producción óptimos que maximicen el crecimiento de los peces y optimicen el uso de recursos.
- ▣ **Evaluación del impacto ambiental:** El modelo logístico puede ser utilizado para evaluar el impacto de factores ambientales, como la temperatura, la salinidad o la contaminación, en el crecimiento de las poblaciones de peces.
- ▣ **Análisis del crecimiento individual:** El modelo logístico también se puede aplicar para analizar el crecimiento individual de los peces, lo que permite identificar patrones de crecimiento y evaluar la salud de las poblaciones.

Modelo de Gompertz

El modelo de Gompertz es una ecuación que se utiliza para describir el crecimiento de organismos, como peces, en función del tiempo. Este modelo asume que el

crecimiento es inicialmente lento, luego se acelera y finalmente se desacelera hasta alcanzar un valor asintótico máximo.

La ecuación del modelo de Gompertz viene dada por:

$$L(t) = L_0 * \exp[G(1 - \exp(-k*t))]$$

Donde:

- ▣ $L(t)$: Este término representa la longitud (o peso) del organismo en un tiempo t determinado. Es la variable dependiente que se está modelando.
- ▣ L_0 : Este parámetro representa la longitud (o peso) inicial del organismo al inicio del periodo de crecimiento modelado ($t = 0$). Es el valor inicial de la curva de crecimiento
- ▣ G = Este parámetro se conoce como el parámetro de crecimiento intrínseco o tasa de madurez. Representa la longitud (o peso) máxima que el organismo puede alcanzar en relación con su longitud (o peso) inicial. Es decir, G determina la amplitud de la curva de crecimiento.
- ▣ k = constante de crecimiento específica. Determina la tasa a la cual el organismo alcanza su longitud (o peso) máximo. Un valor alto de k implica que el organismo alcanza rápidamente su longitud (o peso) máximo, mientras que un valor bajo indica un crecimiento más lento.
- ▣ t = tiempo

Los parámetros L_0 , G y k son constantes que se determinan empíricamente a partir de datos reales de crecimiento.

- ▣ $\exp(-k*t)$: Esta expresión representa la fracción de la longitud (o peso) máximo que aún no se ha alcanzado en el tiempo t . A medida que t aumenta, esta fracción disminuye exponencialmente.
- ▣ $1 - \exp(-k*t)$: Esta expresión es complementaria a la anterior y representa la fracción de la longitud (o peso) máximo que ya se ha alcanzado en el tiempo t .
- ▣ $G(1 - \exp(-k*t))$: Esta expresión combina los parámetros G y k , y representa el logaritmo natural de la longitud (o peso) máximo alcanzado en el tiempo t .

El modelo de Gompertz tiene varias aplicaciones importantes en diferentes campos, principalmente relacionados con el estudio del crecimiento y la dinámica de poblaciones. Algunas de las aplicaciones más destacadas son: Biología y ecología; Medicina y epidemiología; Economía y finanzas; Demografía; Ingeniería y tecnología

Modelo de Brody

El modelo de Brody, también conocido como modelo de crecimiento exponencial simple, es una herramienta matemática utilizada para representar el crecimiento de peces en función del tiempo. Este modelo no lineal se basa en la suposición de que la tasa de crecimiento de los peces es

proporcional a su tamaño actual. 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 ".
- ▣ L_0 : 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:

- ▣ L_0 : La longitud inicial promedio (L_0) 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:

El modelo de Brody tiene aplicaciones limitadas en la pesca y la acuicultura, principalmente debido a su simplicidad y la suposición de que la tasa de crecimiento es proporcional al tamaño actual, lo que no siempre es realista para el crecimiento de peces. Sin embargo, el modelo puede ser útil en algunas situaciones:

- ▣ **Estimativas preliminares del crecimiento:** El modelo de Brody puede proporcionar una estimación inicial rápida del crecimiento de una población de peces en condiciones ambientales relativamente estables.
- ▣ **Comparaciones entre poblaciones:** El modelo de Brody se puede utilizar para comparar las tasas de crecimiento de diferentes poblaciones de peces en condiciones similares.
- ▣ **Modelización de crecimiento a corto plazo:** El modelo de Brody puede ser adecuado para modelar el crecimiento de peces a corto plazo, especialmente en las primeras etapas de desarrollo.

El Modelo de Saturación

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 del bagre de canal en un momento dado

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 el bagre de canal alcanza un tamaño máximo.
- ▣ El tamaño máximo del bagre de canal 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.

Debilidades y limitaciones en su utilización en especies marinas

El modelo de saturación es una herramienta útil para describir el crecimiento de una variedad de poblaciones, incluyendo especies marinas. Sin embargo, el modelo tiene algunas

debilidades y limitaciones que deben ser consideradas al utilizarlo en especies marinas.

Una de las debilidades del modelo de saturación es que asume que el tamaño máximo de la población es constante. En el caso de especies marinas, el tamaño máximo de la población puede variar en función de factores como la temperatura, la salinidad, y la disponibilidad de alimento.

Otra debilidad del modelo de saturación es que asume que la tasa de crecimiento de la población es proporcional a la diferencia entre el tamaño actual de la población y el tamaño máximo. En el caso de especies marinas, la tasa de crecimiento de la población puede estar influenciada por otros factores, como la disponibilidad de alimento, la depredación, y las enfermedades.

Por estas razones, el modelo de saturación debe utilizarse con precaución en especies marinas. El modelo puede ser utilizado para proporcionar una estimación general del crecimiento de la población, pero es importante considerar las debilidades y limitaciones del modelo al interpretar los resultados.

Específicamente, en el caso de especies marinas, el modelo de saturación puede tener las siguientes limitaciones:

- El tamaño máximo de la población puede variar en función de la temperatura del agua.
- La tasa de crecimiento de la población puede verse afectada por la disponibilidad de alimento, la depredación, y las enfermedades.
- El modelo puede no ser adecuado para describir el crecimiento de especies marinas que experimentan

cambios estacionales en su crecimiento.

En general, el modelo de saturación es una herramienta útil para describir el crecimiento de especies marinas. Sin embargo, es importante ser consciente de sus debilidades y limitaciones al interpretar los resultados.

Ventajas del modelo de saturación

- El modelo de saturación tiene una serie de ventajas que lo convierten en una herramienta útil para describir el crecimiento de una variedad de poblaciones. Estas ventajas incluyen:
- Flexibilidad: el modelo de saturación permite controlar la forma de la curva de crecimiento mediante el parámetro n . Esto puede ser útil para ajustar el modelo a diferentes poblaciones o para investigar los efectos de diferentes factores en el crecimiento de la población.
- Simplicidad: el modelo de saturación es relativamente simple de entender y aplicar. Esto lo hace una herramienta accesible para científicos y otros usuarios.
- Potencial para la predicción: el modelo de saturación puede ser utilizado para predecir el crecimiento futuro de una población. Esto puede ser útil para la gestión de poblaciones, como la conservación de especies amenazadas o el cultivo de especies comerciales.

Todos estos modelos se caracterizan por representar curvas sigmoideas, lo cual es típico del crecimiento de peces y otros organismos. Sin embargo, difieren en la

forma específica de la curva, la interpretación de los parámetros y la capacidad para ajustarse a diferentes patrones de crecimiento.

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.

Antecedentes

En el ámbito local (Universidad Autónoma de Nayarit), la investigación tiene diversos antecedentes, los principales antecedentes son los trabajos acerca de la modelación como práctica social y las prácticas de análisis de los resultados de la composición de las especies. Uno de los aspectos fundamentales de esta línea de investigación consiste en situar el estudio de las prácticas de modelación en una

- .
- Estos modelos tienen sus propias fortalezas y debilidades.

La comparación de los cuatro modelos puede ayudar a los profesionales de la pesca a comprender mejor el crecimiento del bagre de canal. La comparación también puede ayudarles seleccionar el modelo más adecuado para un propósito específico.

En resumen, la comparación de los tres modelos puede proporcionar información sobre los siguientes aspectos del crecimiento del bagre de canal:

comunidad, en un lugar y en un tiempo (Ulloa, 2013). Bajo el marco de la línea de investigación y a partir de la implementación de la modelación matemática como unidad de aprendizaje en el área biológico, agropecuaria y pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit, se han desarrollado por el grupo de investigación diferentes trabajos cuyo objetivo es el de presentar maneras de modelación sin la utilización de las ecuaciones diferenciales ya que en los programas de estudio de las licenciaturas del área no aparece el estudio de ese tipo de ecuaciones en ninguna unidad de aprendizaje.

Justificación

La comparación de los cuatro modelos para el crecimiento del bagre de canal es importante por lo siguiente:

- Los cuatro modelos son modelos no lineales que han sido utilizados para describir el crecimiento de una variedad de especies de peces
- La forma de la curva de crecimiento
- El tamaño máximo del bagre de canal
- La tasa de crecimiento del bagre de canal
- La influencia de los factores ambientales en el crecimiento del bagre de canal

La comparación de los cuatro modelos también puede ayudar a desarrollar estrategias de manejo para la conservación del bagre de canal. Por ejemplo, si el modelo de Johnson se ajusta mejor a los datos, esto podría indicar que el tamaño

máximo del bagre de canal es constante y que la tasa de crecimiento del bagre de canal es proporcional a la diferencia entre el tamaño actual del bagre de canal y el tamaño máximo. Esta información podría utilizarse para desarrollar estrategias de manejo que permitan a los bagres de canal alcanzar su tamaño máximo.

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.

La Socioepistemología es una teoría que se basa en el estudio de la epistemología de prácticas considerando los aspectos socioculturales ligados a la producción y difusión de conocimiento matemático, así como los aspectos que atañen a los procesos de cognición, de naturaleza didáctica y construcción de dicho conocimiento (Cordero, 2005). En esta teoría se parte del supuesto de que las prácticas sociales son generadoras de conocimiento, para con ello poder modelar la práctica que en un contexto histórico y social otorga una estructura y un significado a lo que hacemos (Cordero, 2001).

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.

Desde esta perspectiva tiene una gran importancia el involucrar a diferentes actores, como a los pescadores y sin faltar a las comunidades que realizan esa práctica para tratar de llegar a una adecuada construcción de los modelos y a la validación de los mismos, ya que este proceso puede enriquecer los modelos con conocimientos contextuales y experiencias prácticas. La socioepistemología enfatiza la importancia de la contextualización de los modelos considerando para esto las condiciones sociales y los ambientes específicos de las regiones pesqueras.

De igual manera la teoría recomienda el diálogo entre diferentes disciplinas, en este caso las matemáticas con la biología pesquera, sin olvidar a la ecología, la gestión de los recursos naturales, lo que llevará a la construcción de modelos integrales y relevantes.

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

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación es exploratoria, descriptiva y correlacional. El tipo de diseño de la investigación es no experimental, ya que se usarán datos históricos de desembarque de tallas y por otro lado las variables no serán modificadas, sino analizadas mediante métodos y técnicas para la estimación de parámetros poblacionales. La población de estudio fue la especie "Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)"

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 logístico y de Johnson 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.

Es decir, el análisis numérico es una herramienta valiosa para determinar modelos de crecimiento logístico y de Johnson. El análisis numérico permite estimar los parámetros de los modelos a partir de datos experimentales, lo que

permite 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 $\ln(K - y)$

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 sigmoidales 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 sigmoidal original y su significado físico o biológico.

Una herramienta de gran utilidad en la linealización de los modelos sigmoidales es el uso de los logaritmos, esto permite convertir la curva en la recta, mediante el siguiente procedimiento: Primeramente, identificar la ecuación sigmoidal, 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 Datos de crecimiento del Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*

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

Tabla 1. Datos para obtención del modelo

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	9,5	14,2	18,75	23,65	26,4	28,4	30,2	33,1	34,6	36,8	39,8	40
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
42,4	45,8	47,1	49,3	51,6	52	52,8	53,2	54,7	56,3	57	57,4	57,9

Representación gráfica de los datos:

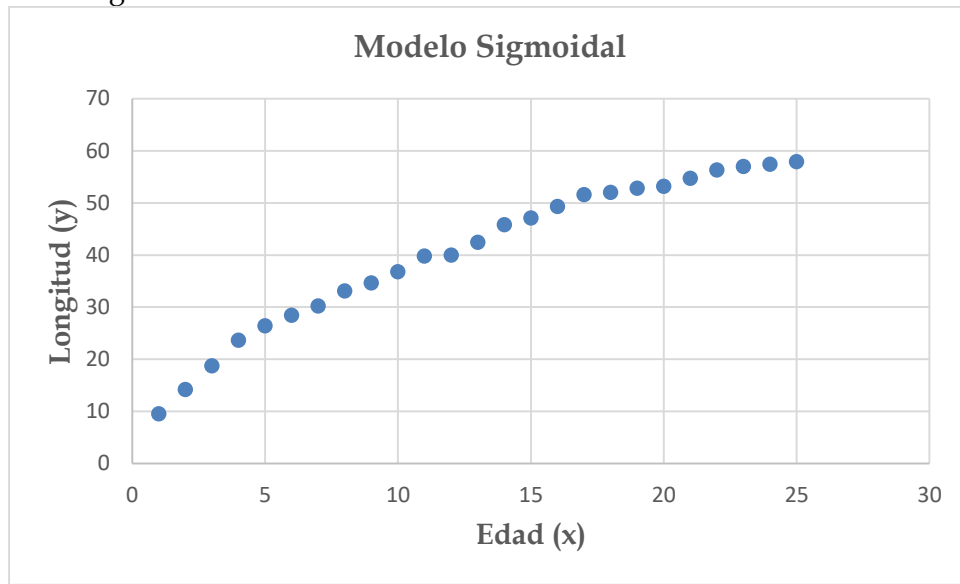


Figura No. 4. Datos del Bagre de Canal

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 $K = 59$

Yi

x	y	(K-y)/y	LN((K-y)/y)	x ²	x*Y
1	9,5	5,2105263	1,6506809	1	1,6506809
2	14,2	3,1549296	1,1489662	4	2,2979323
3	18,75	2,1466667	0,7639163	9	2,2917488
.
.
.
23	57	0,0350877	-3,349904	529	-77,04779
24	57,4	0,0278746	-3,580041	576	-85,92098
25	57,9	0,0189983	-3,963407	625	-99,08518
Sumatorias	325		-28,3327	5525	-630,7677
Promedios	13		-1,133308		

Utilizando las expresiones para a₁ y a₀:

$$a_1 = -0,201879$$

$$\text{LN } a_0 = 1,4911183$$

$$a_0 = 4.442$$

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
	0,13064	7,7505938
	0,0037953	5,2087752
	0,0147781	3,5994597

	0,0391275	4,9132984
	0,0511051	5,986501
	0,1660986	8,0094617
Sumatorias	0,9708447	53,952485

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}} = \sqrt{\frac{53.952485 - 0.9708447}{53.952485}} = 0.990961$$

Por lo que el modelo Logístico correspondientes es:

$$y = \frac{59}{1 + 4.442 * e^{-0.2018x}}$$

Ajuste al modelo de Gompertz

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = K * e^{-a_0 * e^{a_1 x}}$$

Aplicando logaritmos y sus propiedades, se tiene que

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

Tomando K = 59

x	y	K/y	Ln(K/y)	Ln(Ln(K/y))	x*Y	x^2	
1	9,5	6,2105263	1,8262456	0,6022623	0,6022623	1	
2	14,2	4,1549296	1,4242955	0,3536773	0,7073546	4	
3	18,75	3,1466667	1,1463437	0,1365775	0,4097324	9	
..	
..	
..	
23	57	1,0350877	0,0344862	-3,367197	-77,44552	529	
24	57,4	1,0278746	0,0274931	-3,593819	-86,25165	576	
25	57,9	1,0189983	0,0188201	-3,972832	-99,3208	625	
Suma	325	1012,9	45,163274	11,548783	-34,54307	-670,1141	5525
Prom	13			-1,381723			

Utilizando las expresiones para a1 y a0:

$$-a_1 = 0,1700417$$

$$\ln a_0 = 0,8288199$$

$$a_0 = 2,2906141$$

Para determinar el coeficiente de correlación se debe calcular SR y ST:

$$S_R = \sum (Y_i - \ln a_0 - a_1 x_i)^2 \quad S_T = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

SR	ST
0,003194	3,9361963
0,018241	3,0116129
0,0331667	2,3052353

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

Por comparación con la ecuación lineal $y = mx + b$, se pueden calcular a1 y a0 de la manera siguiente

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

.....
.....
.....
0,0812573	3,9421073
0,1167158	4,8933691
0,3031697	6,7138477
1,1730865	38,761537

$$r = \frac{\sqrt{S_T - S_R}}{S_T} = \sqrt{\frac{38.7615 - 1.1730}{38.7615}} = 0.9847$$

Por lo que el modelo de Gompertz correspondientes es:

$$y = 59 * e^{-2.2906 * e^{-0.17x}}$$

Aplicando logaritmos y sus propiedades, se tiene que:

$$\ln(K - y) = \ln a_0 - a_1 x$$

Ajuste de los datos al modelo de Brody

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

$$y = K - a_0 * e^{-a_1 x}$$

$$a_1 = - \frac{n \sum x_i Y_i - \sum x_i \sum Y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Haciendo $Y = \ln(K - y)$ se tiene que $Y = \ln a_0 - a_1 x$

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

$$\ln a_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{x}$$

Tomando $K = 59$

x	y	K - y	Ln(K-y)	x*Y	x^2
1	9,5	49,5	3,9019727	3,9019727	1
2	14,2	44,8	3,8022081	7,6044163	4
3	18,75	40,25	3,69511	11,08533	9
..
..
..
23	57	2	0,6931472	15,942385	529

Criterio de análisis del ajuste de datos utilizando análisis numérico

24	57,4	1,6	0,4700036	11,280087	576
25	57,9	1,1	0,0953102	2,3827545	625
325			62,056953	619,05668	5525
13			2,4822781		

Utilizando las expresiones para a_1 y a_0 :

$a_1 = 0,1443721$
 $\ln a_0 = 4,3591153$
 $a_0 = 78,187933$

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

$$S_R = \sum (Y_i - \ln a_0 - a_1 x_i)^2 \quad S_T = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

SR	ST
0,0978254	2,0155326
0,0719114	1,7422152
0,0533098	1,4709611
....
....
....
0,1193081	3,2009896
0,17993	4,0492487
0,428374	5,697616
1,7336418	28,829933

$$r = \frac{\sqrt{S_T - S_R}}{S_T} = \sqrt{\frac{28.8299 - 1.7336}{28.8299}} = 0.9694$$

Por lo que el modelo de Brody correspondientes es:

$$y = 59 - 78.1879 * e^{-0.1443x}$$

Ajuste al modelo de Saturación

Para el análisis numérico tomaremos el modelo de la forma

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

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

Revista ACTA PESQUERA. Vol. 10, No. 19. Publicación semestral

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

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

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

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 $1/a_0$

x	y	1/x	1/y	(1/x)(1/y)	(1/x)^2	
1	9,5	1	0,105263158	0,105263158	1	
2	14,2	0,5	0,070422535	0,035211268	0,25	
3	18,75	0,333333333	0,053333333	0,017777778	0,111111111	
...	
...	
...	
23	57	0,043478261	0,01754386	0,000762777	0,001890359	
24	57,4	0,041666667	0,017421603	0,0007259	0,001736111	
25	57,9	0,04	0,017271157	0,000690846	0,0016	
Suma =	325	1012,9	3,815958178	0,765479229	0,215129749	1,605723404
Promedio =			0,152638327	0,030619169		

$a_1/a_0 = 0,096053881$

$1/a_0 = 0,015957665$

$a_0 = 62,66580804$

$a_1 = 6,019294062$

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

$$S_T = \sum \left(\frac{1}{y_i} - \bar{\frac{1}{y}} \right)^2$$

SR	ST
4,55407E-05	0,005571725
4,14469E-05	0,001584308
2,8705E-05	0,000515933
.....
.....
.....
6,70842E-06	0,000170964

6,44301E-06	0,000174176
6,39414E-06	0,000178169
0,000218431	0,009659402

$$r = \sqrt{\frac{S_T - S_R}{S_T}} = 0.9886287$$

Por lo que el modelo de Saturación correspondientes es:

$$y = a_0 \frac{x}{a_1 + x} = 62.6658 \frac{x}{6.019294 + x}$$

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 del bagre de canal, 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 = 0.990961
Gompertz	r = 0.9847
Brody	r = 0.9694

De Saturación	r = 0.9886
---------------	------------

Finalmente queda pendiente la interpretación los parámetros estimados de los modelos en términos biológicos y evaluar su coherencia con el conocimiento existente sobre el crecimiento del organismo o población en estudio, trabajo que deberá realizarse por expertos en la biología pesquera.

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

Referencias:

Arrieta, J. (2003). Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula. Disertación doctoral publicada, Cinvestav, México.

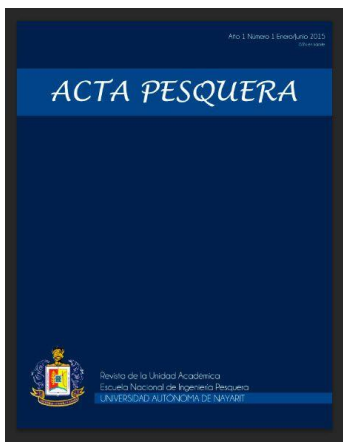
Burnham, K.P., D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer. 2nd Ed. New York, N.Y. 488p.

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.
- Lombardero, A. (2014). *Un vistazo a la Biomatemática*. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*. Volumen 86, pp 29 - 38. Recuperada el 16 de marzo de 2024 de: https://drive.google.com/file/d/1U70XAIGHsN2g9rTalwzqtXp_6v8K1Xgc/view
- 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. (2012). La deconstrucción como diseño didáctico para la modelación. En Flores, R (Eds.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 25* (pp. 889 - 895). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa AC.
- Ulloa, J.; Rodríguez, J. 2013. La modelación matemática como puente entre el conocimiento científico y el matemático. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET®*. España [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org) ® - Comunidad Virtual [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org) ® - Veterinaria Organización S.L. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020213.html>.
- Ulloa, J.; Uribe, N.; Flores, J.; Ortega, M. (2023). Comparación de los modelos de Johnson, Logístico y de Saturación para representar el Crecimiento de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). *Acta Pesquera*, Vol. 9. No. 18.







Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 49 - 60
Recibido: Mayo 25 de 2024
Aprobado: Junio 27 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.135

**Determinación de Surgencias provocadas
por el viento en el océano Pacífico Oriental**

**Determination of Upwellings caused by
the wind in the Eastern Pacific ocean**

María Elena González Ruelas
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
elenuzhka@gmail.com
ORCID: <https://0000-0002-5014-4518>

Raymundo René Rivas Cáceres
UA de Ciudad Juárez Dpto de Ciencias Químico-biológicas
rrivas@uacj.mx
ORCID: <https://0000-0002-4147-7871>

María del Carmen Navarro Rodríguez
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
carmenrodriguez2828@cuc.udg.mx
ORCID:<https://0000-0002-6734-2350>

Rosío Teresita Amparan Salido
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
rosio.amparan@gmail.com
ORCID:<https://0000-0002-7444-4793>

Liza Danielle Kelly Gutiérrez
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
lizadke@cuc.udg.mx
ORCID:<https://0000-0002-1437-7517>

Determinación de Surgencias provocadas por el viento en el océano Pacífico Oriental

Determination of Upwellings caused by the wind in the Eastern Pacific ocean

RESUMEN

Se calcularon las velocidades verticales para determinar las zonas de surgencias en el océano Pacífico Oriental del hemisferio Norte colindante a las costas mexicanas. Con base en la serie de datos de viento del año 1957 hasta 1975, se determinaron los componentes meridional y zonal del flujo total en la capa de deriva para enero, abril, julio y octubre. También se calcularon y graficaron los campos de las isotacas del componente de velocidad vertical para determinar las zonas de divergencias positivas y negativas (upwelling y downwelling). Como resultado se encontró que, en las regiones del Norte del Pacífico, se presentan las surgencias más intensas en otoño. En invierno, en esta región las surgencias se debilitan o se detienen por completo.

Palabras Clave: Surgencias, Viento, Pacifico Oriental.

ABSTRACT

The vertical velocities were calculated to determine the upwelling zones in the Eastern Pacific Ocean of the Northern Hemisphere adjacent to the Mexican coast. Based on the wind data series from 1957 to 1975, the meridional and zonal components of the total flow in the drift layer were determined for January, April, July and October. The isotach fields of the vertical velocity component were also calculated and plotted to determine the zones of positive and negative divergence (upwelling and downwelling). As a result, it was found that, in the regions of the North Pacific, the most intense upwellings occur in autumn. In winter, in this region the upwellings weaken or stop completely.

Keywords: Upwellings, Wind, Eastern Pacific ocean.

INTRODUCCIÓN

Las corrientes que se desarrollan en la delgada capa superior del océano mundial bajo la acción de arrastre directo del viento se denominan de deriva. Debido a la desigualdad del campo de viento sobre el océano, los límites costeros y la rotación de la tierra la divergencia horizontal de las corrientes de deriva no es cero; estas corrientes de deriva para el océano Pacífico Oriental fueron descritas a detalle en el artículo de González Ruelas, *et al* (2022).

Como resultado en lugares con divergencia positiva, flujo de agua y su ascenso desde las profundidades llamado afloramiento o surgencia (Upwelling), lo que implica una disminución del nivel. Estas surgencias son flujos verticales de agua fría con muchos nutrientes que vienen desde las profundidades y llegan hasta la capa fótica (donde llega la luz solar), lo que provoca una productividad alta por el crecimiento del fitoplancton (base de la cadena trófica). En contraste en lugares con divergencia negativa (Downwelling) provoca una acumulación o una oleada de agua superficial y su descenso vertical hacia las profundidades acarreamo oxígeno disuelto donde es consumido por la materia orgánica. Bajo estas condiciones la productividad biológica disminuye drásticamente (Yukov, 1990).

La región del océano Pacifico, en especial frente a las costas de la República Mexicana, es relevante para los investigadores que requieren identificar regiones productivas; incluyendo las alejadas de las costas donde se encuentran los Giros Anticiclónicos donde hay mas productividad primaria. (González Ruelas, 1995).

Las surgencias en el océano pacifico han sido estudiadas por diferentes autores, entre ellas Villegas *et al* (2016); donde como resultado de su investigación encontraron una asociación directa entre la concentración de clorofila y la surgencia durante todo el año.

Otras investigaciones se han centrado en estudiar la relación de las surgencias con la producción pesquera; encontraron que no siempre que hay más viento y que se produzca más surgencia, no necesariamente significó que hubiera más producción pesquera. Detallan que se tienen que considerar otros aspectos relacionados con el viento, la hidrografía, la concentración de nutrientes, la biomasa del

fitoplancton, la plataforma continental, el aporte de ríos, la presencia de islas y otros factores. (Alfredo Gómez Gaspar y Arturo Acero 2020).

Para el estudio de las surgencias se tienen que considerar diversos procesos físicos a pequeña escala, como la turbulencia, la circulación local o la formación de pequeños giros o filamentos, la existencia de fuentes de enriquecimiento adicionales como aportes de ríos y ondas internas pudiera condicionar la presencia de elevada abundancia y biomasa (Hernández y Gaspar, 2014).

Por lo que el objetivo de este artículo es determinar las surgencias en el océano Pacífico Norte.

METODOLOGÍA

El área estudiada es la correspondiente al océano Pacífico Norte colindante con la república mexicana, dentro del cuadrante desde los 5°N hasta los 35°N, en el Este está limitada por la línea de costa, y al Oeste por los 145°O (Figura 1). Para el cálculo de las surgencias (los flujos meridionales y zonales del flujo integral y el campo de las componentes de la velocidad

vertical); se utilizaron datos de viento publicados por Gorvach (1980), para la parte Norte del Océano Pacífico; obteniendo un total de 2 millones de observaciones de los años desde 1957 hasta 1975, de las cuales se calculó la media para cada mes, en cada cuadrado de 5°. Los componentes del vector de corrientes de deriva para una dirección arbitraria del viento y la velocidad vertical (el componente vertical del viento de la corriente de deriva), en la frontera inferior de la capa de fricción se determinaron para el hemisferio Norte, mediante las fórmulas de Ekman. Las surgencias se calcularon a partir de las ecuaciones de movimiento y conservación de la masa en el océano a través de las fórmulas de transporte de Ekman como función del parámetro de Coriolis y el estrés del viento superficial zonal y meridional con base en campos de viento, dicha metodología es la misma que la descrita en el artículo de Díaz *et al* (2011).

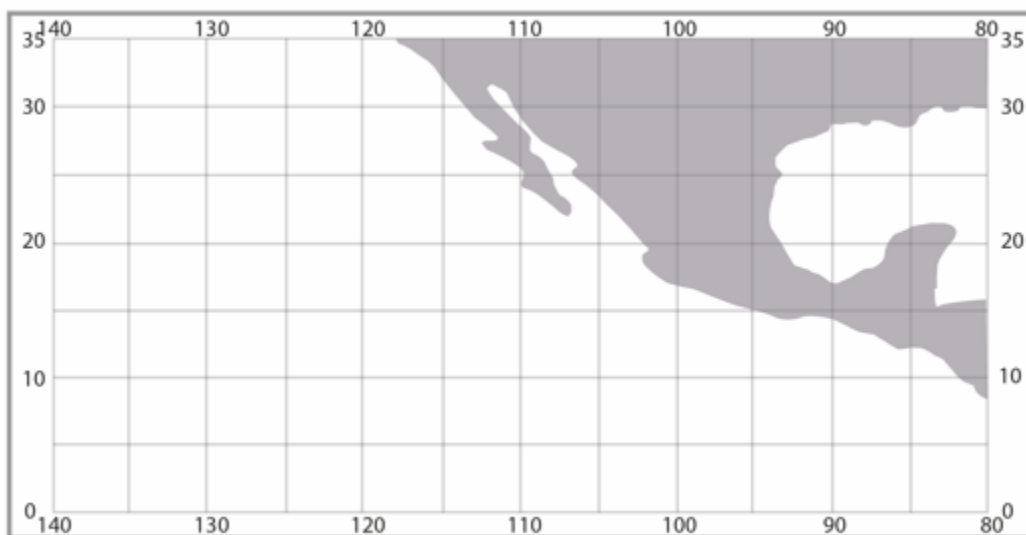


Figura 1. Mapa de las estaciones de muestreo con datos de viento

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para el análisis de los efectos del flujo y reflujo (disminución o aumento de oleaje) el interés que representa no solo para la velocidad de la corriente superficial de deriva, sino para los componentes del flujo total (el transporte o transferencia integral del agua) en la capa de deriva, lo que se puede observar en las Figuras de la 2 a la 9. En esta región el flujo meridional en invierno y verano se dirige hacia el Norte en toda la región estudiada, aunque sus valores absolutos no son los mismos.

En abril el flujo meridional se dirige hacia el Sur, comenzando desde la parte superior de la región observada aproximadamente desde la latitud de los 35° N hasta los 15° N cerca de la costa, y en la parte de mar abierto el flujo meridional se dirige hacia el Norte como se muestra en la Figura 5.

En la parte inferior del área estudio, el flujo meridional se dirige hacia el Sur en los meses de julio y octubre como se puede observar en las Figuras 6 y 8.

El mayor interés lo representa la componente zonal del transporte integral en la capa superior de deriva, en primer lugar, porque ésta generalmente es más meridional por su tamaño y en segundo lugar, la componente zonal dependiendo de la dirección hacia el Este (hacia la costa) o hacia el Oeste (desde la costa hacia mar abierto) provocando un incremento o decremento del oleaje respectivamente.

En la zona de California, el flujo zonal en invierno se dirige hacia el Oeste (desde la costa) comenzando a partir de los 35° N y casi hasta el Ecuador. Los valores más altos del flujo zonal, se observan en la zona hacia el mar entre los 12° N y 15° N y 140° O y 125° O (Figuras 12 y 13).

En octubre el componente zonal del flujo total alcanza su valor máximo. En las latitudes de los 25°N a los 15° N y a los 140° O y 130° O va en dirección hacia el Este, en cambio en la costa el flujo se dirige hacia el Sur y hasta el Ecuador.

En las regiones del Norte se presentan las más intensas surgencias en otoño. En invierno en esta región las surgencias se debilitan o se detienen por completo. En las zonas del Sur la intensidad de las surgencias es característico del verano. En invierno es reemplazado por la acumulación del flujo en la capa de deriva. Un indicador de la divergencia de las corrientes de deriva es la velocidad vertical en el límite inferior de la capa de deriva. La desigualdad en la distribución con respecto a los componentes latitudinales y meridionales de la tensión del viento tangencial conduce a complejas distribuciones del campo de vórtice ($\text{rot } T$) y, en consecuencia, a un campo de velocidad vertical complejo. La valoración de las velocidades verticales condujo a los resultados presentados en las Figuras 10 a la 13. En las figuras se muestra con regiones sombreadas con rayas, la velocidad vertical se dirige hacia arriba. En

contraste en las regiones sin sombreados, la velocidad vertical se dirige hacia abajo.

Tanto en invierno como en verano en la mayoría de las partes y hasta el Ecuador se observa el ascenso de agua, aunque se alternan las subidas y bajadas de agua (Upwelling y Downwelling) en el límite inferior de la capa de deriva.

Los valores absolutos de la velocidad vertical son 10^{-4} cm/s, sin embargo, en la parte costera existe una zona de surgencia donde estos valores alcanzan 10^{-3} cm/s.

Con base a los resultados anteriores se pueden hacer las siguientes conclusiones:

La circulación de deriva de las aguas analizadas en este artículo permite detectar algunos de sus patrones y características estacionales e identificar áreas de surgencias costeras. Establecer la variabilidad estacional de sus fronteras. Estimar el orden de velocidades verticales en el límite inferior de la capa de

deriva. Sin embargo, la circulación del agua en general se forma no sólo puramente de la transferencia de deriva. Los fenómenos de oleaje flujos y reflujos provocan la subida y bajada de agua (Upwelling y Downwelling), la redistribución de la densidad y la inclinación de las superficies isobáricas (líneas de igual valor de presión) de la superficie.

Los cambios de densidad asociados con el efecto del viento, se superponen a los cambios espaciales en los campos de densidad, causados por el calor y los flujos de sal a través de la superficie y determinan la naturaleza compleja de los gradientes de presión internos. En la formación de un sistema de corrientes también está influenciada por otros factores: la topografía o relieve del fondo, las formas de la línea de costa y en algunos casos, el intercambio turbulento lateral.

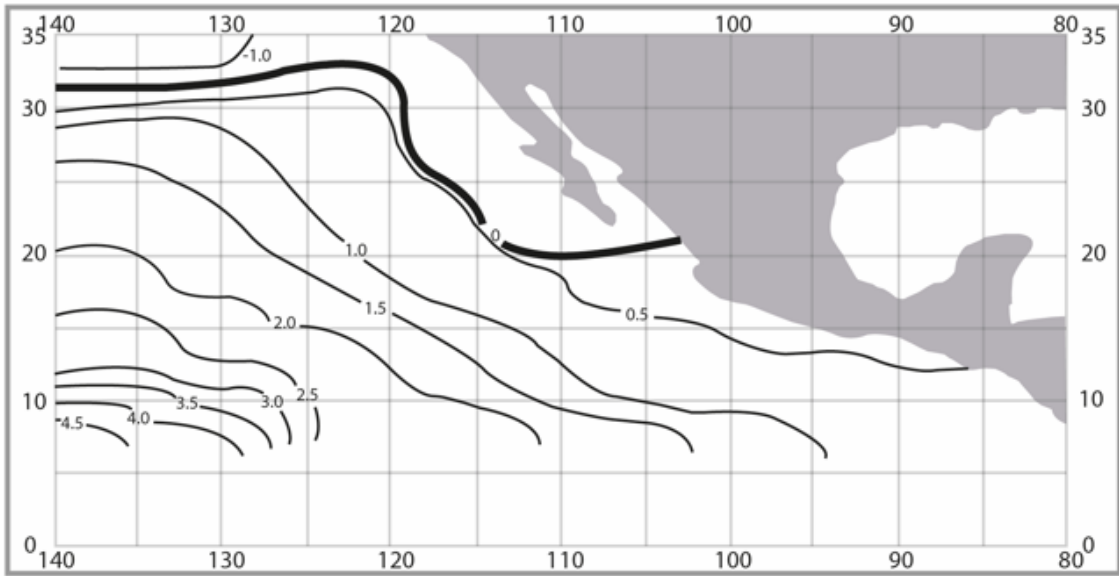


Figura 2. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

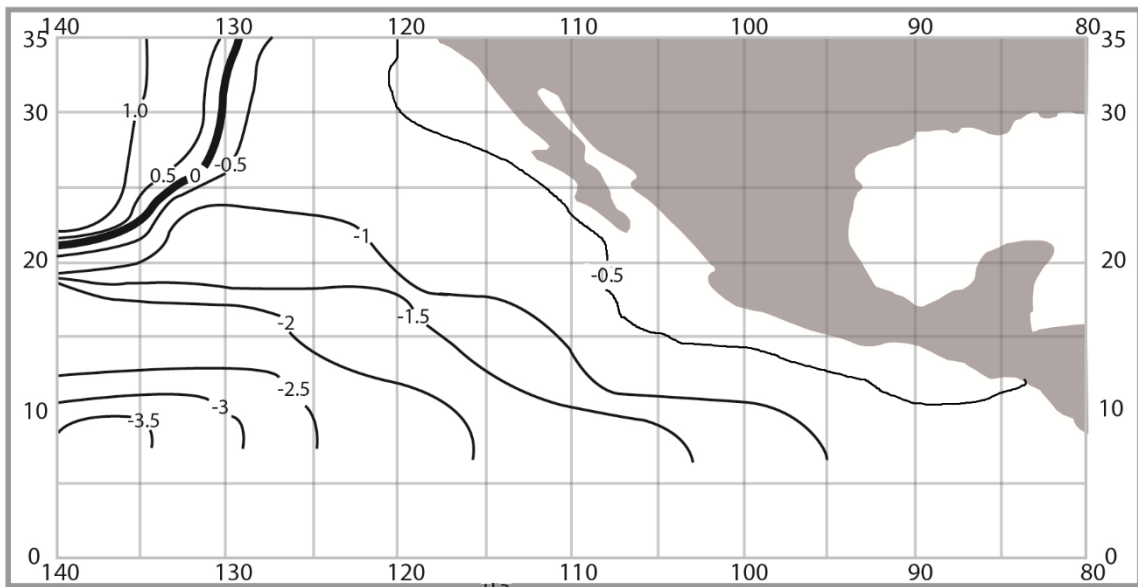


Figura 3. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

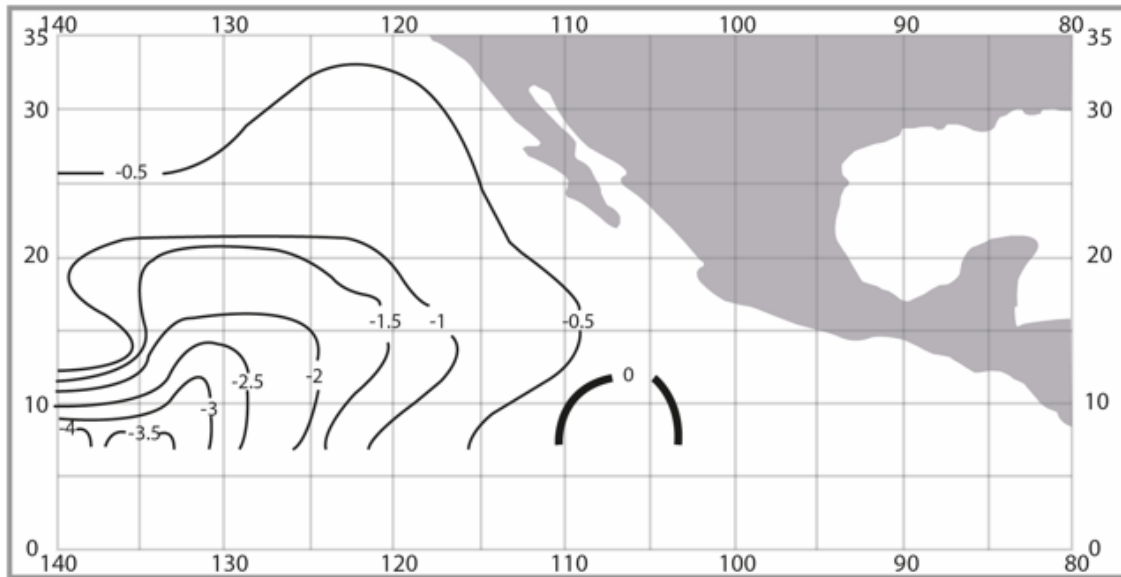


Figura 4. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacifico Norte para el mes de abril.

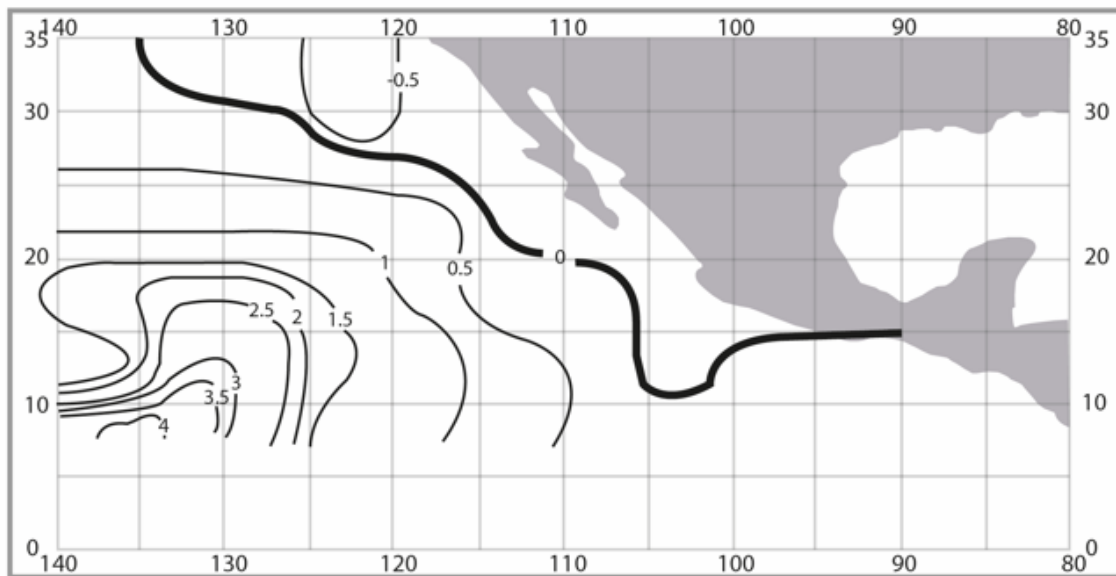


Figura 5. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacifico Norte para el mes de abril.

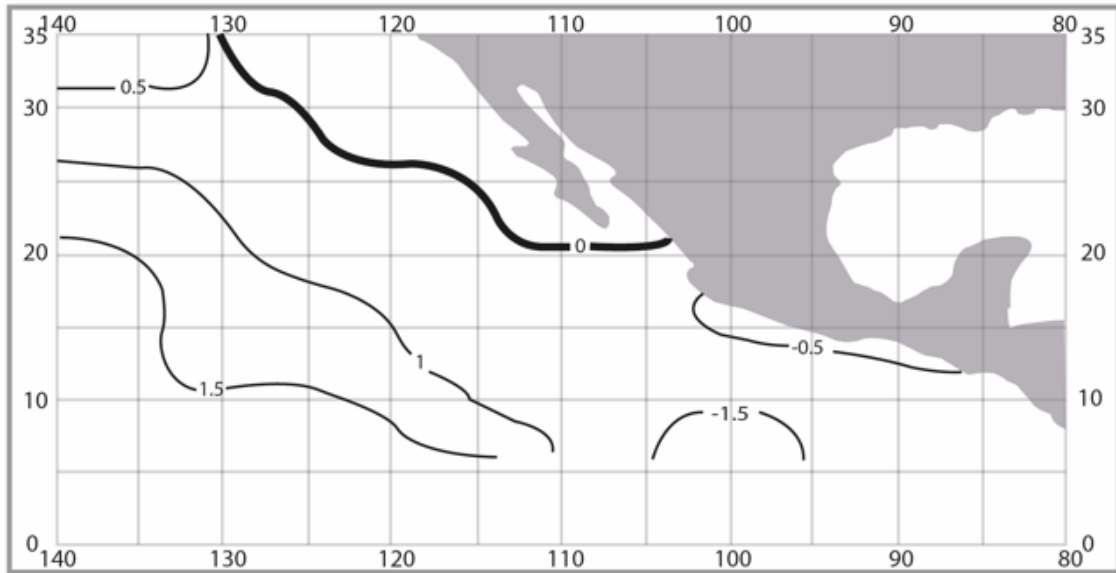


Figura 6. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

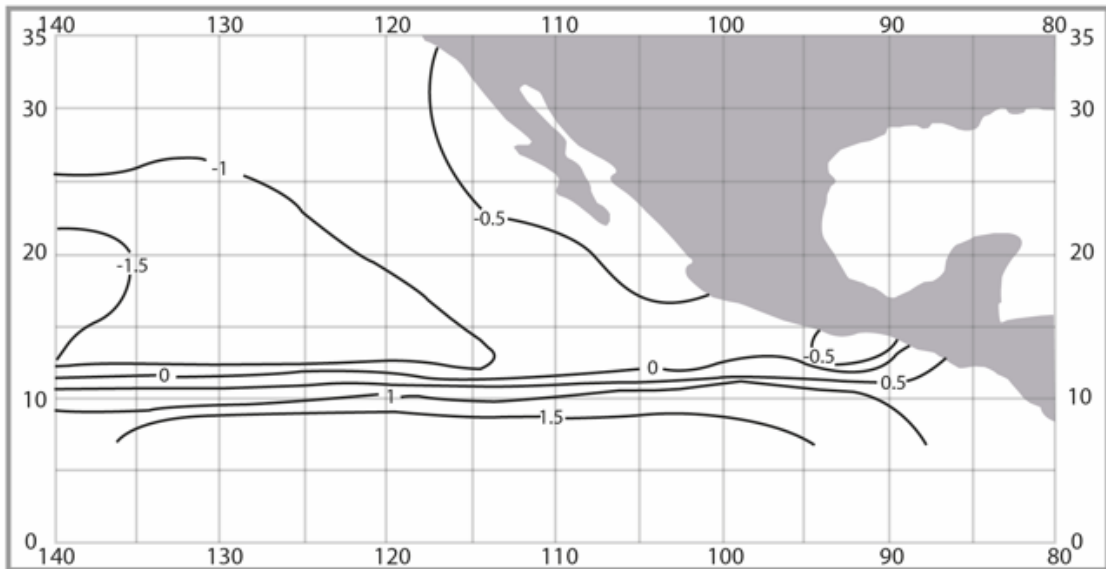


Figura 7. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

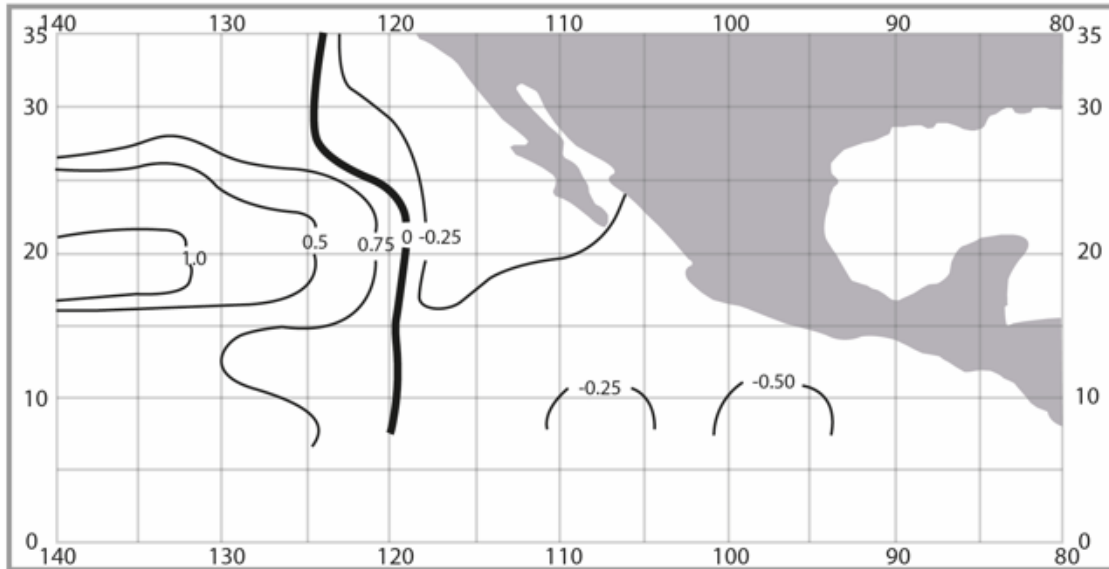


Figura 8. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

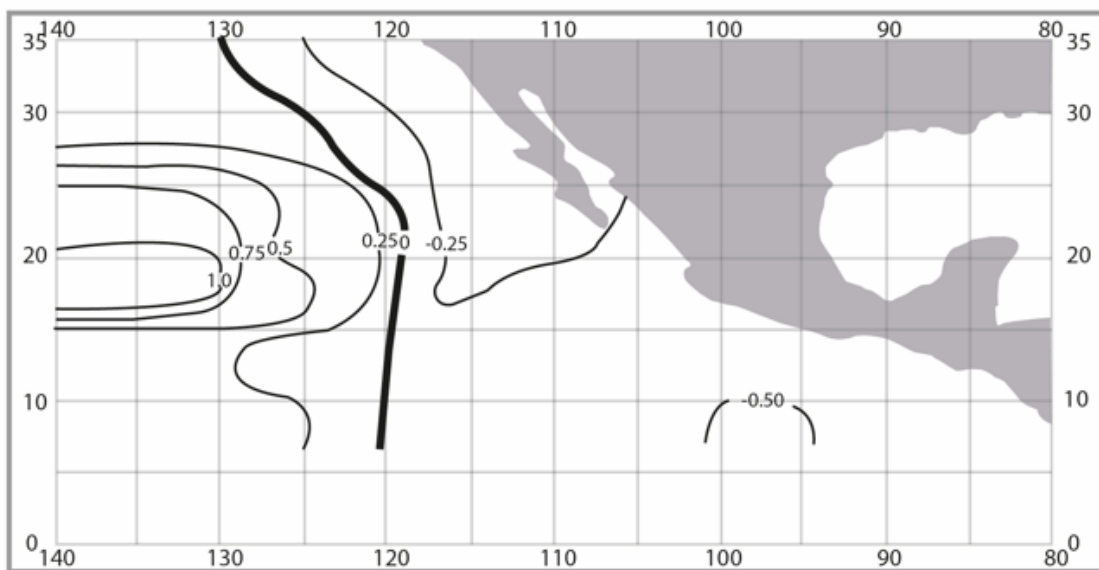


Figura 9. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

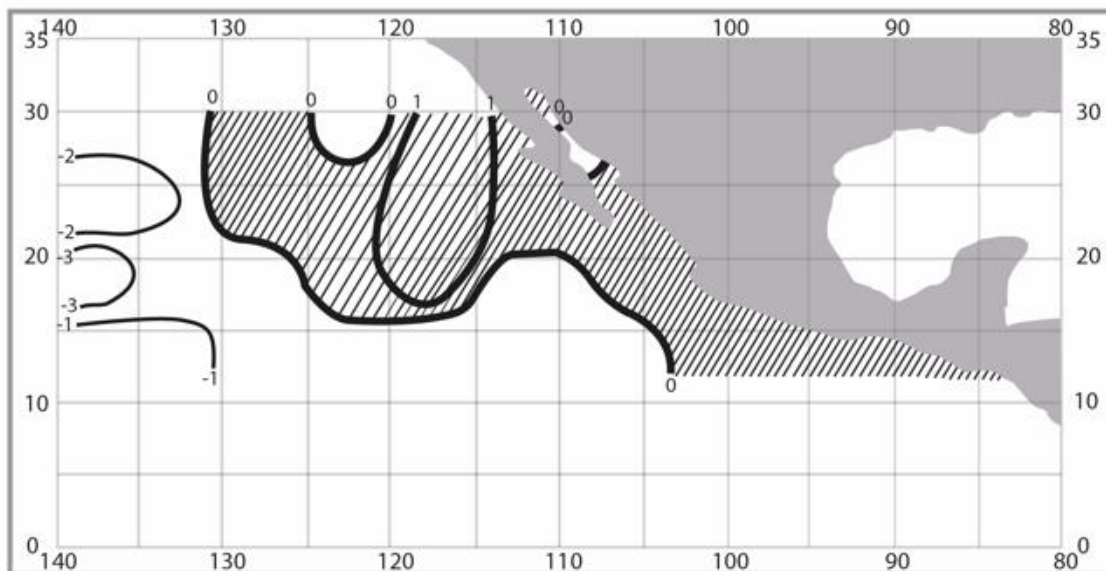


Figura 10. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

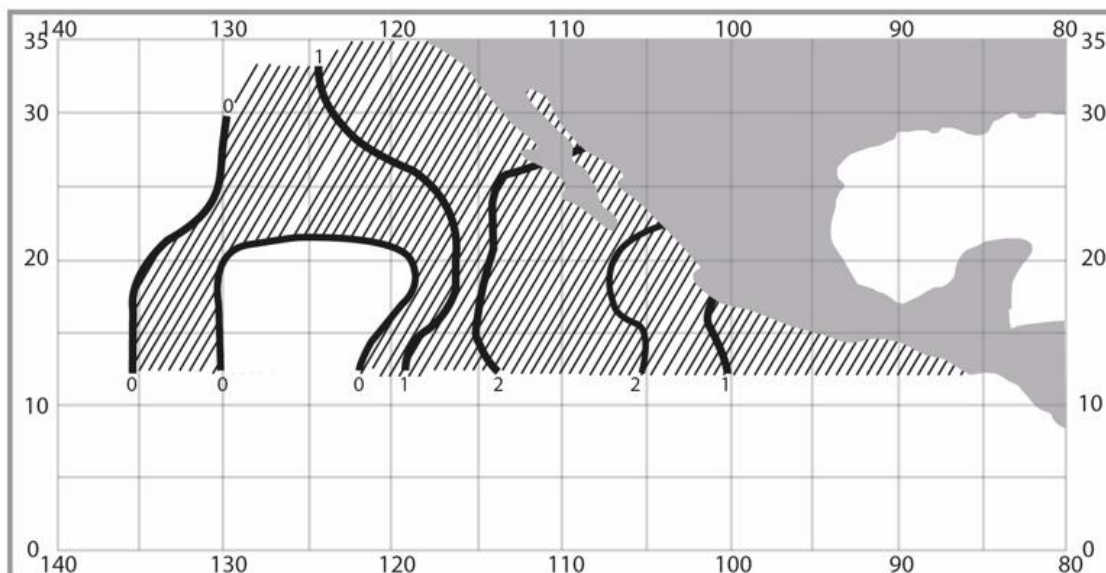


Figura 11. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

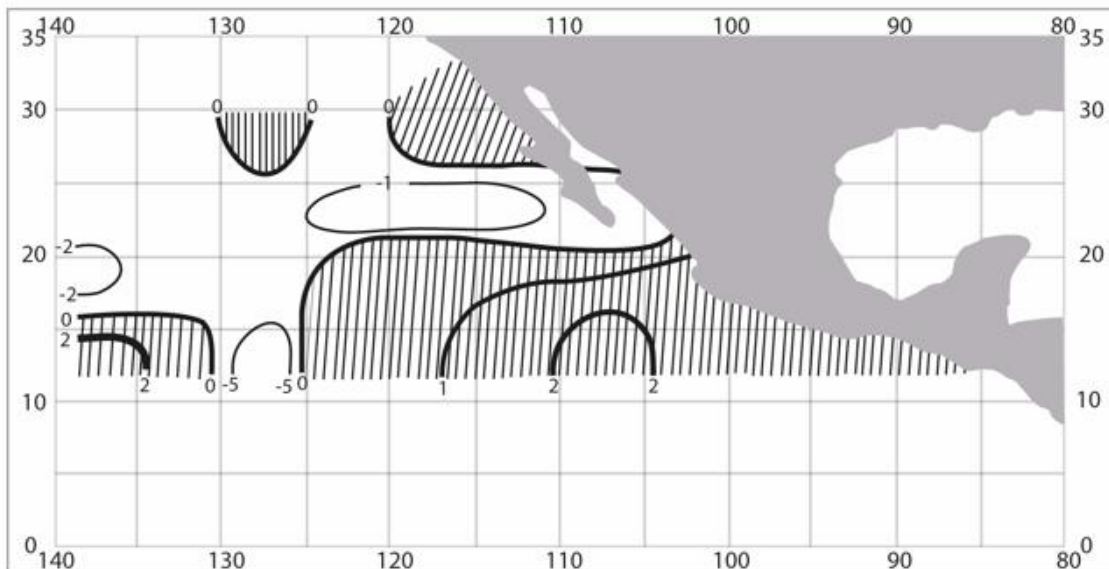


Figura 12. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de abril.

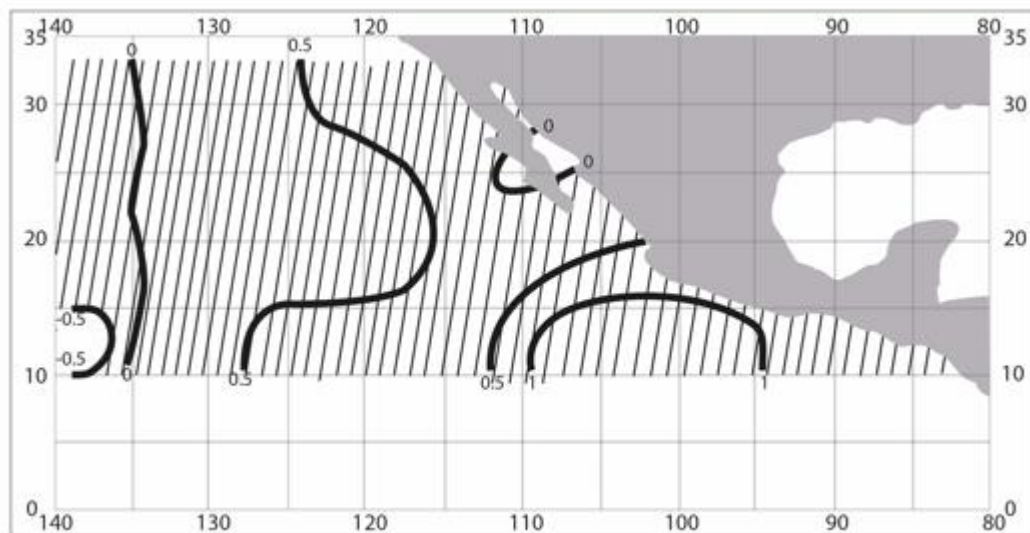


Figura 13. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

REFERENCIAS

Díaz, D. C., Villegas, N., & Málikov, I. (2011). Análisis de la convergencia y la

divergencia de Ekman en el Pacífico colombiano.

Gaspar, A. G., & Acero, A. (2020). Comparación de las surgencias de la Guajira colombiana y del oriente

- venezolano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 49(2), 131-172.
- González-Ruelas, M.E. (1995). Circulación de las aguas y masas de agua en el Océano Pacífico colindante a las costas de México. Tesis de Maestría. OGMI. Odessa, Ucrania. 100 p. (en ruso).
- González Ruelas M.E., Hostein, N., & Gonzalez, F. M. C. (2022). CORRIENTES DE DERIVA EN EL PACIFICO ORIENTAL. *Acta Pesquera*, 8(16).
- Gorvach, L. E., (1980). Características a largo plazo del viento de superficie sobre el océano Pacífico Norte, Ed.O.G.Kornyshim ENIGMI MDD.Obnisk, 1-114.
- Hernández, I., & Gaspar, A. (2014). Patrones de abundancia y composición del zooplancton costero a varias escalas temporales en un ciclo de surgencia estacional en la Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia*, 39(2), 122-128.
- Villegas, N., Málikov, I., & Díaz, D. (2017). Variabilidad mensual de la velocidad de surgencia y clorofila a en la región del Panama Bight.
- Yukov, L.A. (1990). *Oceanología General*. Guidrometizdat. Leningrad. 194 p. (en ruso).

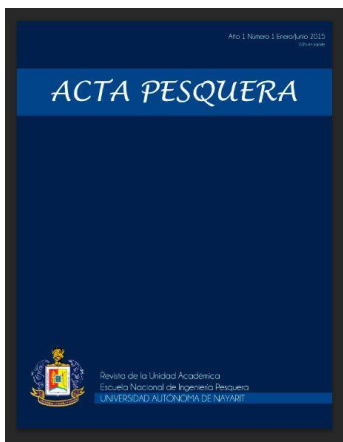


Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 61 - 69
Recibido: Abril 30 de 2024
Aprobado: Junio 29 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.137

Cambios de la actividad de acetilcolinesterasa en camarón (*Litopenaeus vannamei*) expuestos a baja concentración de malatión y sulfato de cobre

Changes in acetylcholinesterase activity in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to low concentration of malathion and copper sulfate

Pérez-Medina, Luis Gerardo
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
17020244@uan.edu.mx

Hernández-Mendoza, Edgar Gabriel
Universidad Autónoma de Nayarit
em3536317@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9368-7662>

González-Hermoso, Juan Pablo
ENIP - UAN
juanpablo_gonzalez@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9175-178X>

López-Sánchez, José Armando
ENIP - UAN
jals88@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Bautista-Covarrubias, Juan Carlos
ENIP - UAN
juanb@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Cambios de la actividad de acetilcolinesterasa en camarón (*Litopenaeus vannamei*) expuestos a baja concentración de malatión y sulfato de cobre

Changes in acetylcholinesterase activity in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to low concentration of malathion and copper sulfate

RESUMEN

En la cercanía de los sistemas de producción de camarón de Nayarit, México, existe variedad de cultivos agrícolas en los que se utiliza diferentes sustancias químicas, las cuales podrían incorporarse vía agua a los estanques de camarón. El objetivo del presente trabajo, fue evaluar en condiciones de laboratorio el cambio de actividad de AChE y proteína total en el músculo (MS) y hepatopáncreas (HPT) de camarón blanco, expuestos por 96 horas a baja concentración del malatión y de sulfato de cobre. La actividad de AChE en el MS presentó una tendencia a disminuir, mientras que en HPT la respuesta fue a incrementar la actividad enzimática, de igual manera la actividad de AChE en tejidos de camarones expuestos a sulfato de cobre fue la de incrementar. La concentración de proteína total incrementó en MS y en HPT por exposición a la mayor concentración de malatión, mientras que con sulfato de cobre, solo la proteína total en el MS presentó tendencia significativa a incrementar por el estrés ocasionado por las sustancias químicas ensayadas.

Palabras clave: Camarón, enzima, metal, plaguicida, proteína.

ABSTRACT

Near the shrimp production systems of Nayarit, Mexico, there is a variety of agricultural crops in which different chemical substances are used, which could be incorporated via water into the shrimp ponds. The aim of this study was to evaluate under laboratory conditions the change of AChE activity and total protein in the muscle (MS) and hepatopancreas (HPT) of white shrimp, exposed for 96 hours to low concentrations of malathion and copper sulfate. The AChE activity in MS showed a tendency to decrease, while in HPT there was a response to increase the enzymatic activity, likewise the

AChE activity in tissues of shrimp exposed to copper sulfate increased. Total protein concentration increased in MS and HPT due to exposure to the highest concentration of malathion, while with copper sulfate, only total protein in MS showed a significant tendency to increase due to the stress caused by the chemicals substances tested.

Keywords: Shrimp, enzyme, metal, pesticide, protein.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola de Nayarit, se posiciona en el lugar 17 en la aportación nacional, los municipios de la zona norte de Nayarit son los más productivos respecto a la actividad agrícola, el municipio de Santiago Ixcuintla cuenta con una superficie sembrada de 58,196 hectáreas, le sigue

Tecuala con 39,116 hectáreas, Rosamorada con 34,765 hectáreas y San Blas con 31,989 hectáreas sembradas (SIAP, 2019). Para lograr las cosechas de la superficie sembrada, es necesario el uso de sustancias químicas orgánicas (insecticidas) entre otras sustancias inorgánicas a base de metales para proteger los cultivos de las plagas. González-Arias *et al.* (2010) señala que en Nayarit, los más comercializados son los insecticidas (45.9 %), los herbicidas (30.5 %) y los fungicidas mayormente componentes metálicos (20.1 %). El malatión ($C_{10}H_{19}O_6PS_2$) es un insecticida organofosforado, que se deriva del ácido fosfórico y presenta átomos de fósforo y azufre (EPA, 2006), ocasionan efectos sobre el sistema nervioso y específicamente la inhibición de la actividad de acetilcolinesterasa (AChE) se ve disminuida en invertebrados y vertebrados acuáticos (Tongbai *et al.*, 2012; Russom *et al.*, 2014). El sulfato de cobre ($CuSO_4$) es un producto comercial frecuentemente aplicado al agua de los estanques de camarón, para evitar la presencia de macro y micro algas, cianobacterias y de moluscos (Mytilidae) que provocan reducción de la concentración de oxígeno del agua (Bautista *et al.*, 2015; Gallardo-Rodríguez *et al.*, 2018).

En el estado de Nayarit se tiene registro de 309 unidades de producción camaronícola (SIAP, 2019), que se localizan cerca de zonas con elevada actividad agrícola (FIRA, 2009; Frías-

Espericueta *et al.*, 2011). Debido al constante uso de insecticidas organofosforados y fungicidas a base de cobre en los cultivos agrícolas del noroeste de Nayarit y en el agua de estanques de camarón, se realizaron experimentos para evaluar el posible efecto sobre la actividad de acetilcolinesterasa y la proteína total en músculo y en hepatopáncreas de juveniles de *L. vannamei* expuestos a cuatro concentraciones de malatión y a cuatro concentraciones de sulfato de cobre por 96 horas de exposición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los 200 camarones juveniles fueron donados por la granja camaronera "Los Sauces" ubicada en el municipio de San Blas, Nayarit. Los cuales fueron transportados al laboratorio con aireación constante y a 25 unidades prácticas de salinidad (ups), posteriormente, fueron colocados en un recipiente de 400 litros de capacidad, los cuales se aclimataron gradualmente en tiempo hasta que se obtuvo agua a 10 ups. Después, 160 camarones (16/acuario) fueron colocados al azar en 10 acuarios de cristal con capacidad de 60 litros por acuario (60x40x33 cm) y fueron aclimatados por tres días más (pH 7.8, oxígeno fue 6.5 mg L⁻¹ y temperatura ambiente de 25 °C). Del malatión y del sulfato de cobre fueron aplicadas cuatro concentraciones que fueron las correspondientes al 1 %, 10 %, 20 % y 50 % de las CL50-96 h (0.078 mg L⁻¹ y 35.12 mg L⁻¹) en porcentaje reportadas por Bautista 1995 y Frías-Espericueta *et al.*, 2003, además fue utilizado un grupo de organismos control en cada sustancia química. El diseño experimental fue por duplicado y fue considerada una fuente de variación, no se realizó recambio de agua durante un tiempo de 96 horas de exposición.

Análisis de la actividad de AChE

Para medir la actividad de la acetilcolinesterasa se utilizó la metodología descrita por Ellman *et al.* (1961), adaptada a microplaca (Herbert *et al.*, 1995), la cual se basa en un método colorimétrico.

Preparación de las muestras

Los tejidos fueron diseccionados sobre cama de hielo y a temperatura ambiental de 19 °C, posteriormente fueron suspendidos por separado en una solución tampón de fosfatos 0.1

Molar a pH 7.2, en una proporción 1:5 (peso/volumen), fueron homogeneizados durante un minuto a 7000 rpm en homogeneizador Politrón (PT-1300D Kinematica Inc. USA). Las muestras de músculo fueron tomadas de la parte dorsal del primer segmento abdominal del camarón y el hepatopáncreas fue extraído completo. Las suspensiones se mantuvieron a 4 °C durante todo el proceso para evitar la desactivación de la enzima. Las suspensiones resultantes del homogeneizado se centrifugaron a 8500 rpm durante 30 minutos en una centrifuga refrigerada (HERMLE, Z383K MK2 GERMANY), a 4 °C. Una vez centrifugado fue separado el sobrenadante y fue realizado el análisis.

Preparación de la solución de reacción

Solución 1. En la preparación de acetiltiocolina como sustrato a 0.075 Molar, se pesaron 10.8 mg y se disolvieron en 0.5 mL de agua bidestilada.

Solución 2. Para la preparación del DTNB (ácido 5,5-ditio-bis-2-nitrobenzoico) a 10 milimolar, fueron pesados 9.9 mg, además 3.75 mg de hidrógeno carbonato de sodio (NaHCO₃ SIGMA). Ambos fueron diluidos en 2.5 mL de tampón fosfato. Para la preparación de la solución de reacción, fueron utilizados 30 mL de tampón fosfato, y además fue añadido 0.2 mL de la solución (1) y 1 mL de la solución (2).

La placa utilizada para el análisis fue de 96 pozos, 50 µL del sobrenadante fueron colocados y después fueron añadidos 250 µL de la solución de reacción. Una vez aplicada la solución de reacción, se realizó a los 10 minutos la primera lectura de las muestras, posteriormente, a los 5 minutos fue realizada una segunda lectura. Las lecturas de absorbancia fueron hechas a 405 nanómetros en lector de microplacas Awareness (Stat Fax® 2100). La actividad de AChE, se expresa en nmol min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

Cuantificación de la proteína total

La proteína total fue determinada en músculo y en hepatopáncreas por el método de Bradford (1976), adaptado a microplaca por Herbert *et al.* (1995). La solución de reacción (Bio-Rad) fue preparada en una proporción 1:4, con agua bidestilada, además albúmina de suero de bovino (BSA-SIGMA) fue utilizada como

estándar para realizar la curva de calibración de acuerdo con las instrucciones del kit Bio-Rad. La concentración de proteína fue determinada en 10 μL de cada tejido por triplicado, a los cuales les fue agregado 200 μL de solución de reacción. Las lecturas de absorbancia fueron realizadas a 630 nm en lector de microplacas Awareness (Stat Fax® 2100).

RESULTADOS

De acuerdo con estudios toxicológicos que señalan que el tamaño y el peso de los organismos puede influir en la respuesta ante una sustancia tóxica, fue realizado un análisis de varianza (ANOVA una vía) a los valores de talla (cm) y del peso (g) de los organismos utilizados en los dos experimentos. Los valores de talla (12.35 ± 0.40 cm) y peso (10.03 ± 1.17 g) de los organismos experimentales expuestos a malatión, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.120$) y ($P > 0.200$). Mientras, que los valores de talla (12.27 ± 0.76 cm) y peso (9.88 ± 1.79 g) de organismos utilizados en el experimento con sulfato de cobre, de igual manera no fueron detectadas diferencias significativas ($P > 0.074$) y ($P > 0.130$), respectivamente. Por lo tanto, se corrobora que el peso y la talla de los organismos utilizados, no pudo ser indicativo de variabilidad en la respuesta de los organismos a la exposición a cuatro concentraciones de malatión y del sulfato de cobre.

Actividad de AChE expuestos a malatión

Los valores promedios de actividad de acetilcolinesterasa fueron mayores en los organismos no expuestos (Control), mientras que en los diferentes tratamientos de malatión, los valores promedios de actividad de AChE fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) a los valores promedios de organismos del grupo control (Figura 1). El mayor porcentaje de inhibición de la AChE fue 68.5 % y se presentó en el análisis de músculo de camarones a 96 h de exposición a 0.039 mg L^{-1} del malatión. Contrariamente, en el análisis de actividad de AChE en hepatopáncreas, la tendencia de AChE fue la de incrementar con las diferentes concentraciones del malatión y solo la actividad promedio de AChE de camarones analizados en la concentración de $0.00078 \text{ mg L}^{-1}$ presentó

diferencias significativas ($P < 0.05$) a los valores promedios de actividad de AChE en hepatopáncreas de organismos del grupo control y de organismos expuestos a 0.039 mg L^{-1} de malatión. Mientras que el mayor porcentaje de inhibición de AChE en hepatopáncreas fue 58.6 % y sucedió en camarones que fueron expuestos a $0.00078 \text{ mg L}^{-1}$ con respecto al valor promedio de camarones expuestos a la mayor concentración de malatión (0.039 mg L^{-1}).

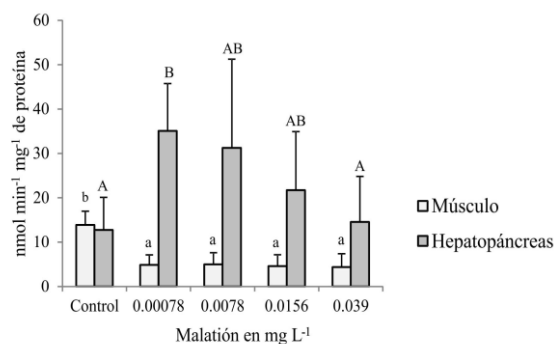


Figura 1. Actividad de acetilcolinesterasa en dos tejidos de camarón expuestos a malatión. ANOVA de una vía para cada tejido. Comparación de promedios prueba Holm-Sidak ($P < 0.05$).

Actividad de AChE expuestos a sulfato de cobre

Respecto a la actividad de AChE determinada en el músculo de camarones expuestos a sulfato de cobre, se determinó una tendencia a disminuir a partir de la actividad presente en el músculo de camarones del grupo control, pero sin representar diferencia significativa ($P > 0.05$), solo diferencias significativas fueron determinadas entre los valores promedios de AChE de camarones expuestos a la máxima concentración (17.56 mg L^{-1}), con respecto a los valores promedios de músculo de camarones expuesto a 7.02 mg L^{-1} de sulfato de cobre (Figura 2). El porcentaje de inhibición mayor fue de 52.3 % y fue calculado considerando la actividad de camarones del grupo control como el 100 % y, mencionado porcentaje de inhibición fue en el músculo de camarones expuestos a 7.02 mg L^{-1} de sulfato de cobre.

Respecto a la actividad de AChE determinada en hepatopáncreas de camarones expuestos a sulfato de cobre, la tendencia fue similar a la presentada en el mismo tejido de camarones que fueron expuestos a malatión, la cual fue la de incrementar la actividad de la enzima en camarones expuestos a 0.35 mg L⁻¹ de sulfato de cobre, con diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a los valores promedios de actividad de AChE en hepatopáncreas de camarones del grupo control y con camarones expuestos a la mayor concentración experimental de sulfato de cobre (17.56 mg L⁻¹). El porcentaje de inhibición de la actividad de AChE en hepatopáncreas fue de 57.8 %, entre los camarones expuestos a 0.35 mg L⁻¹, con respecto a los camarones expuestos a 17.56 mg L⁻¹ de sulfato de cobre.

Concentración de proteína de camarón expuesto a sustancias químicas

El valor promedio más bajo de proteína total fue registrado en el músculo de camarones expuestos a la menor concentración de malatión (0.00078 mg L⁻¹) y presentó solo diferencias significativas ($P < 0.05$), con respecto a los valores promedio de proteína de camarones expuestos a la mayor concentración (0.39 mg L⁻¹) de malatión (Tabla 1).

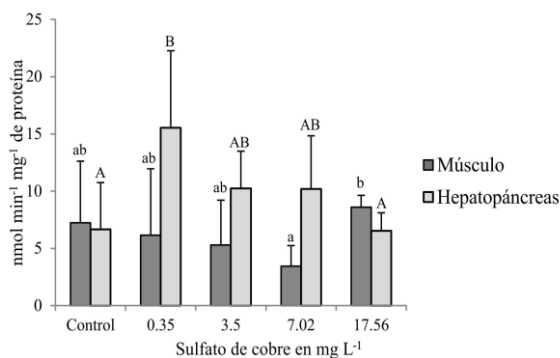


Figura 2. Actividad de acetilcolinesterasa en dos tejidos de camarón expuestos a sulfato de cobre. ANOVA de una vía para cada tejido. Comparación de promedios prueba Holm-Sidak ($P < 0.05$).

Mientras que los dos menores valores promedio de proteínas fueron en el hepatopáncreas de camarones del grupo control (3.18 ± 0.71 mg mL⁻¹

¹) y en los camarones expuestos a 0.0156 mg L⁻¹ (3.36 ± 1.30 mg mL⁻¹) de malatión, valores de proteína que fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) a los valores de proteína de camarones expuestos a la mayor concentración del malatión.

Respecto a los camarones expuesto al sulfato de cobre, la tendencia determinada fue la de incrementar la concentración de proteína total en el músculo de camarón con relación al valor promedio de proteína de camarones del grupo control (5.74 ± 3.13 mg mL⁻¹). Diferencias significativas ($P < 0.05$) fueron encontradas entre los valores promedios de proteína total en el músculo de camarones del grupo control, con respecto a los valores promedios de proteína de camarones expuestos a tres concentraciones del sulfato de cobre (0.35 mg mL⁻¹, 3.5 mg mL⁻¹ y con 7.0 mg mL⁻¹).

Referente a la concentración de proteína total determinada en el hepatopáncreas de camarones no expuestos y expuestos a sulfato de cobre, no fueron determinadas diferencias significativas mediante la prueba de ANOVA una vía ($P = 0.429$), por lo que la presencia de las diferentes concentraciones aplicadas de sulfato de cobre no fue evidente un efecto sobre la concentración de proteína total presente en el tejido analizado.

Tabla 1. Valores promedio (\pm D.E.) de proteína total (en mg mL⁻¹) en dos tejidos de camarón expuestos a dos sustancias químicas.

Tejido	Malatión mg L ⁻¹				
	0	0.00078	0.0156	0.039	0.39
Músculo	7.14 \pm 2.38ab	4.56 \pm 2.43a	8.04 \pm 3.32ab	5.32 \pm 3.59ab	9.49 \pm 2.68b
Hepatopáncreas	3.18 \pm 0.71a	6.37 \pm 3.39ab	7.83 \pm 4.72ab	3.36 \pm 1.30a	9.61 \pm 4.05b

Tejido	Sulfato de cobre mg L ⁻¹				
	0	0.35	3.5	7.02	17.56
Músculo	5.74 \pm 3.13a	9.66 \pm 2.48b	9.15 \pm 2.03b	9.49 \pm 1.60b	7.92 \pm 1.90ab
Hepatopáncreas	6.06 \pm 3.21a	7.34 \pm 3.76a	8.07 \pm 2.26a	8.59 \pm 4.77a	7.82 \pm 1.81a

DISCUSIÓN

La acetilcolinesterasa (AChE) es una enzima que hidroliza a la acetilcolina (ACh) en colina y acetato en la sinapsis nerviosa. La ACh es el neurotransmisor localizado en el sistema nervioso central y del sistema nervioso autónomo, en las terminales de las fibras posganglionares de las uniones neuromusculares (López-Durán *et al.*, 2018). El principal efecto ocasionado por plaguicidas organofosforados y carbamatos es la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa, lo cual, al no llevar a cabo la hidrólisis del neurotransmisor ACh, se acumula en las membranas post sinápticas y afecta el sistema nervioso (García-de la Parra, *et al.*, 2006). La cuantificación de la AChE como biomarcador en el monitoreo de sustancias químicas, ha sido ampliamente utilizada como indicador de la presencia de plaguicidas organofosforados y carbamatos (Lavarías y García, 2015; Sabu y Gopal, 2016; Pham *et al.*, 2017; Duarte-Restrepo *et al.*, 2020). En el presente trabajo, fue observada una inhibición mayor al 50 % en los dos tejidos analizados y en presencia de malatión y sulfato de cobre, la tendencia de inhibición dosis-respuesta fue mayormente identificada en el músculo de camarones expuestos a malatión, además fue registrado el mayor porcentaje de inhibición (68.5 %). Eamkamon *et al.* (2012), en su estudio de exposición a concentraciones subletales del plaguicida clorpirifos (organofosforado), determinaron también la inhibición de la actividad de la AChE de los camarones *Penaues monodon* expuestos con respecto a camarones no expuestos (grupo control). Mientras el presente estudio, en el hepatopáncreas de camarones expuestos a malatión y a sulfato de cobre fue determinada una inducción de la actividad enzimática. Anteriormente, se describía que sólo los plaguicidas organofosforados y los carbamatos interferían con la hidrólisis del neurotransmisor (acetilcolina), lo cual se acumula en las membranas postsinápticas y afecta el sistema nervioso debido a la inhibición de la actividad de la AChE (García-de la Parra, *et al.*, 2006).

Otros estudios realizados con el anfípodo *Echinogammarus meridionalis* y con el camarón *Atyaephyra desmarestii*, expuestos a cobre

(aproximadamente 351 veces menor y a 48 h de exposición), no fue detectada inhibición de la actividad de AChE (Quintaneiro *et al.*, 2014). Lo cual coincide con el presente trabajo, ya que con *Litopenaeus vannamei* no fue determinada una tendencia clara de inhibición de la actividad de AChE en 96 h de exposición. Se ha publicado diversos trabajos de investigación que se ha utilizado cobre y no ha sido evidente el efecto de inhibición de la actividad de AChE en las siguientes especies acuáticas; copépodos (*Tigriopus brevicornis*), peces (*Sparus aurata*), músculo del peces *Scomber scombrus* (Forget *et al.*, 1999; Varo *et al.*, 2007; Vieira y Nunes, 2021). Sin embargo, el trabajo publicado por Frasco *et al.* (2005), "inhibición de AChE *in Vitro*", refiere que es necesario evitar el uso de búfer tampón fosfato y se debe utilizar búfer trisaminometano (TRIS), además de utilizar el sustrato o-nitrofenil acetato, para lograr efecto de inhibición de la enzima, los autores señalan en su trabajo, que el cobre ocasionó inhibición de AChE y presentó una tendencia dosis-respuesta.

Las proteínas son moléculas grandes y complejas que desempeñan muchas funciones críticas en los organismos, ya que realizan la mayor parte del trabajo en las células necesarias para estructuras, función y regulación de tejidos. En condiciones de estrés extremo, las proteínas suministran energía en las vías metabólicas y reacciones bioquímicas (Verma, 2020). En el presente trabajo, y en ambos tejidos de camarones expuestos a malatión fue observado que la concentración de proteína total incrementó a las 96 h de exposición. La tendencia detectada coincide con la reportada para la especie de *Fenneropenaeus indicus* cuando fueron expuestos a 2.5×10^{-5} mg L⁻¹ y a 5×10^{-5} mg L⁻¹ de malatión durante 20 días continuos (Sabu y Gopal 2016). Sin embargo, se ha determinado en peces *Labeo rohita* y *Oreochromis niloticus* expuestos a malatión (3×10^{-5} mg L⁻¹ y 1.42 mg L⁻¹, respectivamente) la concentración de proteína disminuyó significativamente (Thenmozhi *et al.*, 2011; Amin *et al.*, 2022). En hepatopáncreas fue determinado un incremento en la concentración de proteína en músculo, mientras que en análisis de proteína en hepatopáncreas, no fueron evidentes diferencias significativas.

CONCLUSIÓN

Debido al constante uso de sustancias químicas en los campos agrícolas del noroeste de Nayarit México, las cuales son utilizadas para la prevención de plagas que pudieran afectar los cultivos, los residuos han sido detectados en sedimento, agua y organismos de los sistemas de producción de camarón. Con los resultados obtenidos en el presente trabajo se ha evidenciado el efecto de dos sustancias químicas sobre la actividad enzimática y la concentración de proteína tota de camarones juveniles de *Litopenaeus vannamei* aún con bajas concentraciones utilizadas. Es necesario realizar más estudios para conocer efectos sobre sistema nervioso, inmunológico y sobre el metabolismo energético en concentraciones menores de malatión y sulfato de cobre.

AGRADECIMIENTOS

A Jonathan Omar Arreola Hernández por su apoyo y asesoría de manejo en la granja camaronera "Los Sauces" del ejido La Chiripa, municipio de San Blas Nayarit, México.

REFERENCIAS

- Amin, M., Yousuf, M. y Ahmad, N. (2022). Effects of pesticides on total protein content of different organs of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Pakistan J. Zool.* 54(3): 1435-1438. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20201118201101>
- Bautista-Covarrubias, J.C., Frías-Espéricueta, M.G., Velarde-Montes, G.J., Domenico Voltolina; García-de la Parra, L.M. y Soto-Jiménez, M.F. (2015). Relationships between copper and stress indicators in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology.* 48 (3): 193-203. <https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1024079>
- Bautista, C.J.C. (1995). Estudio preliminar de la toxicidad aguda del malatión sobre camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México. 51 p.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry.* 72: 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Duarte-Restrepo, E., Jaramillo-Colorado, E.B. y Duarte-Jaramillo, L. (2020). Effects of chlorpyrifos on the crustacean *Litopenaeus vannamei*. *PLoS ONE* 15(4): e0231310. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231310>
- Ellman, L.G., Courtney, D.K., Valentino, A. y Featherstone, M.R. (1961). A new rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology.* 7: 89-95. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(61\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9)
- Eamkamon, T., Klinbunga, S., Thirakhupt, K., Menasveta, P. y Puanglarp, N. (2012). Acute toxicity and neurotoxicity of chlorpyrifos in black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *EnvironmentAsia.* 5(1): 26-31. <http://dx.doi.org/10.14456/ea.2012.3>
- EPA (2006). United States Environmental Protection Agency. R.E.D. FACTS. Endosulfan. Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7508P). EPA 738-R-06-030.196 p.
- FIRA (2009). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Situación actual y perspectivas del camarón en México. Boletín Informativo No. 3, 122 pp.
- Forget, J.,[†] Pavillon, J.F., [†] Beliaeff, B., [§] y Bocquene, G.[‡] (1999). Joint action of pollutant combinations (pesticides and metals) on survival (LC 50 values) and acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis* (copepoda, harpacticoida). *Environmental Toxicology and Chemistry.* 18(5): 912-918. <https://doi.org/10.1002/etc.5620180514>
- Frasco, M.F., Fournier, D., Carvalho, F., y Guilhermino, L. (2025). Do metals inhibit acetylcholinesterase (AChE)? Implementation of assay conditions for

- the use of AChE activity as a biomarker of metal toxicity. *Biomarkers*. 10(5): 360-375. <https://doi.org/10.1080/13547500500264660>
- Frías-Espericueta, M.G., Aguilar-Juárez, M., Osuna-López, I., Abad-Rosales, S., Izaguirre-Fierro, G. y Voltolina, D. (2011). Los metales y la camaricultura en México. *Hidrobiológica*. 21(3): 217-228.
- Frías-Espericueta, M.G., Voltolina, D. y Osuna-López, I. (2003). Acute toxicity of copper, zinc, iron and manganese and of the mixtures copper-zinc and iron-manganese to whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 71: 68-74. <https://doi.org/10.1007/s00128-003-0132-z>
- García-de la Parra, L.M., Bautista-Covarrubias, J.C., Rivera-de la Rosa, N., Betancourt-Lozano, M., y Guilhermino, L. (2006). Effects of methamidophos on acetylcholinesterase activity, behavior, and feeding rate of the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 65(3): 372-380. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.09.001>
- Gallardo-Rodríguez, J.J., Astuya-Villalón, A., Llanos-Rivera, A., Avello-Fontalba, V. y Ulloa-Jofré, V. (2018). A critical review on control methods for harmful algal blooms. *Reviews in Aquaculture*. 1-24. <https://doi.org/10.1111/raq.12251>
- González-Arias, C.A., Robledo-Marenco, M.L., Medina-Díaz, I.M. Velázquez-Fernández, J.B., Girón-Pérez, M.I., Quintanilla-Vega, B., Ostrosky-Wegman, P., Pérez-Herrera, N.E., y Rojas-García, A.E. (2010). Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 26 (3) 221-228.
- Herbert, A., Guilhermino, L., Assis de Silva, C.H. y Hansen, P.D. (1995). Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*. 3: 1-13.
- Lavariás, S. y García, C.F. (2015). Acute toxicity of organophosphate fenitrothion on biomarkers in prawn *Palaemonetes argentines* (Crustacea: Palaemonidae). *Environmental Monitoring Assessment*. (187): 65. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4224-5>
- López-Durán, R.M., Valencia-Quintana, R., Sánchez-Alarcón, J., Pérez-Aguilar, B., Salinas-Arreortua, N., Serrano, H., García-Suárez, M.D., Muñoz-Nava, H., Hernández-Hernández, A., Vidal-Moreno, C., y Gómez-Olivares, J.L. (2018). La estructura y función de las colinesterasas: blanco de los plaguicidas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 34: 69-80.
- Pham, B., Miranda, A., Allinson, G. y Nugegoda, D. (2017). Evaluating the non-lethal effects of organophosphorous and carbamate insecticides on the yabby (*Cherax destructor*) using cholinesterase (AChE, BChE), Glutathione S-Transferase and ATPase as biomarkers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 143: 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.035>
- Quintaneiro, C., Monteiro, M., Soares, A.M.:V.M, Ranville, J., Nogueira, A.J.A. (2014). Cholinesterase activity on *Echinogammarus meridionalis* (Pinkster) and *Atyaephyra desmarestii* (Millet): characterization and in vivo effects of copper and zinc. *Ecotoxicology*. 23:449-458. <https://doi.org/10.1007/s10646-014-1204-z>
- Russom, C.L.†, Lalone C.A.†, Villeneuve, D.L.†, y Ankley, G.T.† (2014). Development of an adverse outcome pathway for acetylcholinesterase inhibition leading to acute mortality. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 33(10): 2157-2169. <https://doi.org/10.1002/etc.2662>
- Sabu, A.S. y Gopal, C. (2016). Changes in the haemolymph of *Fenneropenaeus indicus* exposed to malathion and endosulfan. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 4(1): 264-269.
- SIAP (2019). Nayarit Infografía Agroalimentaria 2012. Servicio de Información

- Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 56p.
- Tongbai, W., Boonplueng, R. y Damrongphol, P. (2012). Enzymatic responses of the riceland prawn, *Macrobrachium lanchesteri*, to chlorpyrifos exposure. *Biologia*. 67: 762-766. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0061-6>
- Thenmozhi, C., Vignesh, V., Thirumurugan, R., y Arun, S. (2011). Impacts of malathion on mortality and biochemical changes of freshwater fish *Labeo rohita*. *Iran Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 8 (4): 325-332.
- Varo, I., Nunes, B., Amat, F., Torreblanca, A., Guilhermino, L., y Navarro, J.C. (2007). Effect of sublethal concentrations of copper sulfate on seabream *Sparus aurata* fingerlings. *Aquatic Living Resources*. 20: 263-270. DOI: 10.1051/alr:2007039
- Verma, A. (2020). Biochemical Studies of the Freshwater Crabs, *Barytelphusa cunicularis*. *Journal UGC Care*. 40 (60):2765-2774.
- Vieira, M., y Nunes, B. (2021). Cholinesterases of marine fish: characterization and sensitivity towards specific chemicals. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13748-2>

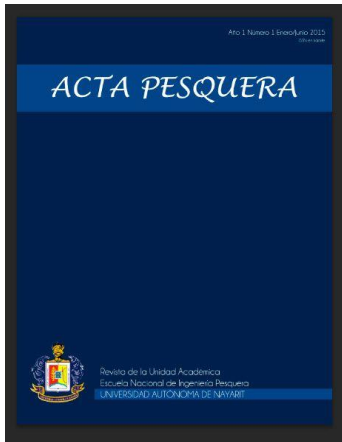


Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing





Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit, México
Pp. 70 - 79
Recibido: Mayo 02 de 2024
Aprobado: Junio 29 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.136

Composición de la dieta del pargo alazán *Lutjanus argentiventris* y del pargo colorado *L. colorado* (Perciformes: Lutjanidae) en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit, México.

Diet composition of the snappers *Lutjanus argentiventris* and *L. colorado* (Perciformes: Lutjanidae) in the Reserva de la Biosfera de Marismas Nacionales Nayarit, Mexico.

Pérez-Sermeño Isaac Hiram
ENIP - UAN

<https://orcid.org/0000-0003-0244-2577>

Flores-Ortega Juan Ramón
ENIP - UAN

juan.flores@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9809-6586>

Granados-Amores Jasmín
ENIP - UAN

j.granados@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4486-4399>

Vélez-Ramírez Brian Alexis
Centro Regional de Investigación Acuícola y
Pesquera

<https://orcid.org/0000-0002-2685-3189>

Nieblas-Duarte Alan Edem
CETMAR 23

alanduarte02@outlook.es

<https://orcid.org/0009-0000-1772-3019>

Composición de la dieta del pargo alazán *Lutjanus argentiventris* y del pargo colorado *L. colorado* (Perciformes: Lutjanidae) en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales Nayarit, México.

Diet composition of the snappers *Lutjanus argentiventris* and *L. colorado* (Perciformes: Lutjanidae) in the Reserva de la Biosfera de Marismas Nacionales Nayarit, Mexico.

RESUMEN: La composición de la dieta del pargo alazán (*Lutjanus argentiventris*) y el pargo colorado *L. colorado* fue descrita a partir del análisis de contenido estomacal en la Reserva de Biósfera de Marismas Nacionales Nayarit (RBMNN) entre octubre de 2017 y septiembre del 2018. El análisis trófico fue realizado mediante la metodología tradicional (N%, W% y FO%) para describir la dieta. Se analizaron 122 estómagos de *L. argentiventris* y 22 de *L. colorado*. Fueron identificados 33 ítems alimentarios como parte de la dieta de ambas especies. Las principales categorías alimentarias identificadas en los contenidos estomacales fueron los camarones, cangrejos y peces, entre los que destacan los camarones peneidos y los cangrejos porcelánidos. Presentan una estrategia alimentaria de tipo generalista y una similitud alimentaria alta al compartir un alto número de ítems alimentarios. Las especies de pargo amarillo y colorado utilizan la RBMNN para alimentarse debido a la disponibilidad de recursos alimentarios propios de los sistemas estuarinos y de zonas de fondos blandos arenosos próximos a las zonas costeras.

Palabras claves: Pargos, Alimentación, Marismas Nacionales, Nayarit.

ABSTRAC: The diet composition of the yellow snapper (*Lutjanus argentiventris*) and colorado snapper (*L. colorado*) was described

from the analysis of stomach contents in the Marismas Nacionales Nayarit Biosphere Reserve (MNNBR) between october 2017 and september 2018. Trophic analysis was performed using the traditional methodology (N%, W% and OF%) to describe the diet. 122 stomachs of *L. argentiventris* and 22 of *L. colorado* were analyzed. 33 food items were identified in the diet of both species. The main food categories in the stomach contents are shrimp, crabs and fish, where main food items in the diet are penaeid shrimp and porcelain crabs. The snappers developed a generalist feeding strategy and food similarity by sharing a high number of food items. The yellow and colorado snapper use the RBMNN to feed due to the availability of food resource typical of estuarine systems and sandy soft bottom areas near the coastal areas.

Key words: Snappers, feeding, biosphere reserve, Nayarit.

INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Lutjanidae (pargos) son especies objetivo de la pesca artesanal y comercial en los sistemas estuarinos, costeros y oceánicos. La importancia de estas especies en las pesquerías del Pacífico central mexicano, es por su volumen de captura, así como por su alto valor comercial frecuentemente vendidos en mercados a precios elevados (Amezcu-Linares, 1996; Díaz-Urbe *et al.*, 2004; Espino Barr *et al.*, 2006). *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y *L. colorado* (Jordan & Gilbert, 1882) son especies importantes para la pesquería artesanal de la Reserva de la Biosfera de Marismas Nacionales Nayarit (RBMNN) al estar entre los cinco primeros lugares en las capturas del estado (INEGI, 2017). Actualmente en la costa del Pacífico mexicano no existe ninguna medida regulatoria dirigida a las especies objetivo de la captura ribereña, estas especies

representan hasta 62% respecto a las especies asociadas, la mayor parte de la pesca se compone de organismos que no han alcanzado la madurez sexual (Espino-Barr *et al.*, 2006; Zarate-Becerra *et al.*, 2014). Desde el punto de vista ecológico los pargos utilizan lagunas costeras y estuarios como zonas de refugio, crianza y alimentación (De la Morinière, 2003), y residen en estos ambientes mientras son juveniles gracias a la disponibilidad de recursos alimentarios y para minimizar la incidencia de depredación (Pimentel & Joyeux, 2010). Estudios de la dieta de *L. argentiventris* y *L. colorado* se han efectuado en distintas regiones del Pacífico mexicano (Santamaría-Miranda *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2008; Flores-Ortega *et al.*, 2010; Flores-Ortega *et al.*, 2014) y describen a estas especies como carnívoros de crustáceos, moluscos y peces. Estudios de aspectos alimentarios son escasos dentro de la RBMNN, por lo que el objetivo de este trabajo es describir la composición de la dieta e interacciones alimentarias de *L. argentiventris* y *L. colorado* en la RBMNN.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Reserva de la Biosfera de Marismas Nacionales Nayarit abarca los municipios de Acaponeta, Rosamorada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan en Nayarit, y Escuinapa en Sinaloa. Es uno de los sistemas de humedales de mayor relevancia en la costa del Pacífico Mexicano, ya que contiene una gran biodiversidad debido a su extensión, estructura, productividad y estado de conservación. Está ubicado en 21° 30' 44" a 23° 51' 59" N y 105° 14' 13" a 106° 01' 23" W con una extensión superficial de 3,103 km² (CONAMP, 2013). La recolecta de muestras fue realizada entre octubre del 2017 y septiembre del 2018, a partir de la pesca artesanal en la zona de la RBMNN desde Teacapán Sinaloa hasta San Blas, Nayarit.

Fueron realizadas biometrías a los organismos capturados, la longitud total (LT) y el peso total (PT). Se extrajeron los estómagos, se etiquetaron, se colocaron en bolsas de plástico y se congelaron para su posterior procesamiento en el Laboratorio de Ecología Trófica de la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Los ítems alimentarios encontrados en el contenido estomacal fueron contados, pesados e identificados al taxón mínimo posible con ayuda de claves especializadas para cada grupo, y agrupados en categorías alimentarias para su posterior análisis. Para determinar si el número de estómagos analizados fue suficiente para la descripción de la dieta, se utilizó el índice de Shannon-Wiener para generar curvas de acumulación de las entidades alimentarias por especie por medio de un procedimiento de remuestreo con 100 aleatorizaciones usando el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2009). Para conocer si las curvas de acumulación cuentan con la asíntota requerida, fue aplicado el coeficiente de variación (CV). Un valor menor a 0.05 del CV, a partir de ese estómago la curva de acumulación se considera asíntótica, al considerar que existe baja variabilidad, en caso contrario, el tamaño de muestra no es representativo.

Los ítems alimentarios fueron cuantificados de acuerdo con los métodos numérico (%N), gravimétrico (%G) y frecuencia de ocurrencia (%FO). Además, se determinó el Índice de Smith (1982), para conocer la amplitud del subnicho trófico y la estrategia alimentaria de la especie, este índice fue calculado con el programa Ecological Methodology 7.0. Se estimaron los porcentajes de similitud (SIMPER) para identificar la importancia de los grupos de presas en la dieta (Clarke, 1993) y además un ANOSIM para analizar las diferencias en la dieta entre especies. Se

utilizó el índice de Bray-Curtis como medida de similitud (Clarke y Warwick, 2001). Los análisis se realizaron con el programa PRIMER versión 6 (Clarke & Gorley, 2004).

RESULTADOS

En total se analizaron 102 estómagos de *L. argentiventris* y 22 de *L. colorado*, en los cuales fueron identificados 33 ítems alimentarios agrupados en siete categorías (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la dieta de *L. argentiventris* y *L. colorado* en la RBMMN, en porcentaje de contribución de los métodos Numérico (N%), Gravimétrico (G%) y frecuencia de Ocurrencia (FO%) de las entidades alimentarias.

Categoría alimentaria	Items alimentarios	<i>L. argentiventris</i>			<i>L. colorado</i>		
		G%	N%	FO%	G%	N%	FO%
Camarones	<i>Alpheus californiensis</i>	0.67	1.33	2.88			
	<i>Alpheus mazatlanicus</i>	2.51	2.22	4.81			
	<i>Alpheus</i> sp.	0.99	1.2	4.76			
	<i>Palaemon</i> sp.	0.27	0.44	0.96			
	<i>Penaeus californiensis</i>	1.01	0.44	0.96			
	<i>Penaeus</i> sp.	13.55	4.44	7.69	9.57	8.7	8.33
	<i>Penaeus vannamei</i>	18.51	5.78	7.69	20.63	4.35	8.33
	Restos de camarón	14.91	11.56	23.08	4.24	4.35	8.33
Cangrejos	<i>Arenaeus mexicanus</i>	0.5	0.44	0.96			
	<i>Callinectes arcuatus</i>	2.24	5.33	8.65			
	<i>Eurypanopeus ovatus</i>	0.57	0.44	0.96			
	Grapsidae	1.44	1.33	2.88	0.89	4.35	8.33
	<i>Panopeus bermunidensis</i> <i>Bottoxanthodes</i> <i>insculptus</i>	0.56	1.78	1.92	0.77	4.35	8.33
	<i>Panopeus chilensis</i>	2.44	10.22	12.5	0.44	4.35	8.33

	<i>Panopeus purpureus</i>	1.79	4	4.81			
	<i>Panopeus</i> sp.	3.37	8	11.54	0.44	4.35	8.33
	<i>Portunus asper</i>				5.54	4.35	8.33
	<i>Petrolisthes agassizzi</i>	4.49	5.33	4.81			
	<i>Petrolisthes armatus</i>	0.04	0.44	0.96			
	<i>Petrolisthes glasselli</i>	0.04	0.44	0.96			
	<i>Petrolisthes robsonae</i>	4.22	9.78	14.42	4.45	17.39	25
	<i>Pitho picteti</i>	0.34	0.44	0.96	8.89	13.04	8.33
	Porcelanidae	2.46	2.67	5.77			
	Restos de cangrejos n. i.	1.6	2.67	5.77	14.82	4.35	8.33
	Xanthidae	2.61	6.67	14.42			
	<i>Xanthodius cooksoni</i>	0.26	0.89	1.92	0.63	8.7	16.7
Estomatopodo	<i>Squilla mantoidea</i>	0.27	0.44	0.96			
Caracoles	Gasteropoda	0.76	0.89	1.92	1.72	4.35	8.33
Peces	<i>Lutjanus</i> sp.	1.69	0.44	0.96			
	<i>Achirus mazatlanus</i>				13.34	8.7	16.7
	Restos de peces n. i.	11.99	7.56	16.35	13.63	4.35	8.33
Otros	Materia organica	1.71	0.89	1.92			
Otros	Restos vegetales n. i.	2.21	1.33	2.88			

De acuerdo con las curvas acumuladas de la diversidad (H') de los ítems alimentarios en la dieta es apropiado el número de muestras utilizadas para describir la dieta de ambas especies, en el caso de *L. argentiventris* la asíntota de la curva se alcanzó con 22 estómagos y para *L. colorado* con 19 (Fig. 1).

En *L. argentiventris* fueron identificados 31 ítems alimentarios, de los cuales destacaron los camarones, cangrejos, estomatópodos y peces. En la dieta de *L. colorado* se identificaron 15 ítems, agrupados en cuatro categorías alimentarias: camarones, cangrejos, caracoles y peces, este último constituido por restos de peces no identificados por su alto grado de digestión (Fig. 2).

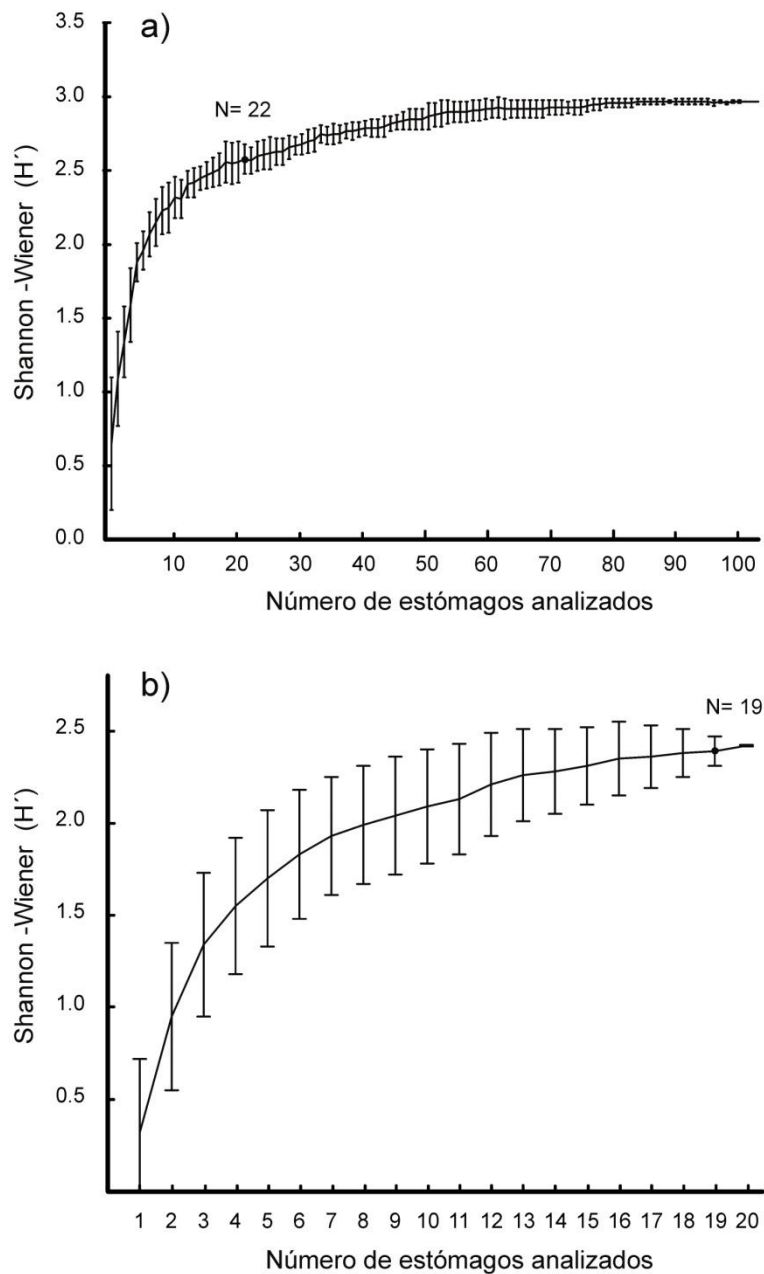


Figura 1. Curvas acumuladas de la diversidad (H') de los ítems alimentarias en la dieta de a) *L. argentiventris* y b) *L. colorado* en la Reserva de la Bosfera de Marismas Nacionales Nayarit, México.

Los cangrejos son las categorías alimentarias con mayor proporción en la dieta de *L. argentiventris* de acuerdo a los métodos %N y %FO (60% y 94% respectivamente), y los camarones en el método %G (52%). Para *L. colorado* las principales categorías alimentarias son los cangrejos en los tres métodos (37 %G, 65%N y 100% FO).

De acuerdo con el Índice de Smith ambas especies muestran un sub-nicho trófico amplio (≥ 0.5) ya que consumen un número elevado de presas desarrollando una estrategia alimentaria de tendencia generalista, ya que los valores oscilan entre 0.8 a 0.9 para *L. argentiventris* y entre 0.66 a 0.96 para *L. colorado*.

El análisis de SIMPER corrobora la importancia de las categorías alimentarias de los camarones y los cangrejos como las principales que tipificar la dieta en ambas especies de pargos, y no presentar diferencias significativas en la composición de la dieta entre ambas especies (ANOSIM $p > 0.05$).

DISCUSIÓN

L. argentiventris y *L. colorado* presentaron un comportamiento alimentario carnívoro similar a lo descrito por otros autores, con preferencia por los cangrejos, camarones y en menor proporción por peces, (Allen, 1985; Fischer *et al.*, 1995; Amezcua-Linares, 1996; Thomson *et al.*, 2000; Saucedo-Lozano *et al.* 1999, Saucedo-Lozano *et al.*, 2000; Santamaría-Miranda *et al.* 2005; Flores-Ortega *et al.* 2010; Flores-Ortega *et al.* 2014). Los ítems alimentarios con mayor abundancia es *P. vannamei*, restos de camarón, *Penaeus* sp. y restos de peces n. i., entidades alimentarias reportadas por otros autores en otras especies simpátricas que habitan en áreas con características similares a las de la RBMNN (Saucedo-Lozano *et al.* 1999, Kiso y Mahyam, 2003; Santamaría-Miranda *et al.* 2005; Vázquez *et al.*, 2008; Flores-Ortega *et al.*, 2010; Aguilar-Betancourt *et al.*, 2017).

La presencia de un alto número de ítems alimentarios en la dieta de las especies de pargos analizadas permite evidenciar una estrategia de tipo generalista en la gran mayoría de especies de la familia Lutjanidae, este comportamiento es observado entre las especies de peces, sin excluir a las especies de esta familia, al adaptarse a consumir de los recursos que están presentes. Sá *et al.* (2006) lo interpreta como el oportunismo de las especies para aprovechar de la disponibilidad y abundancia de los recursos alimentarios del medio. Sin embargo, Santamaría-Miranda *et al.* (2005) reportan una estrategia alimentaria de tipo especialista en las especies *L. argentiventris* y *L. colorado* para costa de Sinaloa. Esta similitud alimentaria entre las especies de pargos en los sistemas estuarinos está influenciada por las características de los hábitats donde se desarrollan, al permitir poder utilizar recursos disponibles y con baja competencia con los adultos que podrían estar utilizando las mismas áreas para alimentarse, ya que la segregación de los adultos y juveniles son distintas de acuerdo a lo reportado por Guevara *et al.* (2008) y De la Morinière, 2003. Allen, (1985) menciona que los pargos son peces depredadores nocturnos que se alimentan de gran variedad

de organismos principalmente de crustáceos y peces, variado el diámetro de la boca, lo cual obedece a la afinidad de las especies a consumir las mismas categorías alimentarias e influenciadas por las adaptaciones morfológicas y en especial la forma de la boca y los tipos de dientes. Los pargos de la RBMNN son depredadores voraces con un comportamiento carnívoros, ya que consumen camarones, cangrejos y en una menor proporción peces y gasterópodos, compartiendo recursos alimentarios dentro de la RBMNN que son característicos de los sistemas estuarinos y fondos arenosos.

Conclusión

Las especies de pargos en la RBMNN son depredadores de camarones, cangrejos y en una menor proporción peces y gasterópodos. Este comportamiento está relacionado con la alta diversidad de especies que alberga un sistema estuarino de alta productividad. Presentan una estrategia alimentaria de tipo generalista al aprovechar los recursos disponibles durante todo el año, y una alta similitud en los ítems alimentarios observados en el contenido estomacal como resultado de gran diversidad de recursos alimentarios existentes en la RBMNN.

Agradecimientos

Los autores agraden los recursos financieros otorgados de Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) (2017) y “Impulso al desarrollo y conclusión de proyectos de investigación con financiamiento externo” realizado con recursos provenientes del impuesto especial del 12% destinado a la UAN 2018. A las cooperativas de pescadores de Teacapán en Sinaloa, Llano del Tigre, San Miguelito, Pimientillo y Unión de Corrientes en Nayarit por las facilidades y apoyo otorgado para la recolecta de muestras biológicas.

Referencias

- Allen, G. (1985). Snappers of The world. An Annotated and Illustrated Catalogue of Lutjanid Species Known to date Rome: FAO Fisheries. 6(1): 208p.
- Aguilar-Betancourt, C. M., González-Sansón G., Flores-Ortega, J. R., Kosonoy-Aceves D., Lucano-Ramírez G., Ruiz-Ramírez S., Padilla-Gutiérrez, S., and Curry, R. A. (2017). Comparative analysis of diet composition and its relation to morphological characteristics in juvenile fish of three lutjanid species in a Mexican Pacific coastal lagoon. *Neotropical Ichthyology*, 15(4), e170056. doi.org/10.1590/1982-0224-20170056
- Amezcu-Linares, F. (1996). Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México (No. Sirsi i9789683656414). Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (México).
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth Laboratory, UK. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/221962838>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal Ecology*, 18: 117-143. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Plan de Manejo Reserva de La biosfera Marismas Nacionales Nayarit. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2013). Disponible en:

- https://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2013/MARISMAS.pdf
- De la Morinière, E. C., Pollux, B. J. A., Nagelkerken, I., and Van der Velde, G. (2003). Diet shifts of Caribbean grunts (Haemulidae) and snappers (Lutjanidae) and the relation with nursery-to-coral reef migrations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57(5): 1079-1089. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(03\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(03)00011-8)
- Díaz-Uribe, J. G., Chávez E. A., y Elorduy-Garay, J. F. (2004). Assessment of the Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) fishery in the southwestern Gulf of California. *Ciencias marinas*, 30(4), 561-574. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802004000500006&lng=es&tlng=en
- Dualiby, D. O. 1988. (n.d.). Ecología trófica de *Mugil curema*, *M. incilis* y *M. liza* (PISCIS: MUGILIDAE en la cienega grande de Santa Marta, caribe Colombiano. I. Analisis cualitativo y cuantitativo. (Mi). Disponible en: www.invemar.org.co/redcostera1/.../BIMC_18_08_OSORIO.pdf
- Espino-Barr, E., Hernández-Montaño, D., Cabrera-Mancilla, E., Gutiérrez-Zavala, R. M., Gil-López, H. A., Cabral-Solís, E. G. y Arreguín-Sánchez, F. (2006). Huachinango del Pacífico Sur. Sustentabilidad y pesca responsable en México. *Evaluación y Manejo*: 101-129. Disponible en: <https://www.inapesca.gob.mx/.../2006-Sagarpa-Sustentabilidad-y-pesca-responsable.pdf>
- Fischer, W., Krupp, F., Scheinder, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., and Niem, V. H. (Eds.) (1995). *Pacífico Centro-Oriental. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. FAO; Roma (Vol. I-II-III) 1652. Disponible en: www.fao.org/3/t0852s/t0852s00.htm
- Flores-Ortega, J. R., Avila-Castro. E., Haro-Preciado H. J., and Godínez-Domínguez E. (2014). Food habits and trophic interactions of *Anisotremus interruptus* (Pisces: Haemulidae) and *Lutjanus argentiventris* (Pisces: Lutjanidae) in the Central Mexican Pacific. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(1), 276-282. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3856/vol42-issue1-fulltext-24>
- Flores-Ortega, J. R., Godínez-Domínguez, E., Rojo-Vázquez, J. A. R., Corgos, A., Galvan-Piña, V. H., and González-Sansón, G. (2010). Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 383-397. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i1.5217>
- INEGI (2017). Anuario estadístico y geográfico de Nayarit. http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITXef_Docs/NAY_ANUARIO_PDF.pdf
- Kiso, K., and Mahyam, M. I. (2003). Distribution and feeding habits of juvenile and young John's snapper *Lutjanus johnii* in the Matang mangrove estuary, west coast of Peninsular Malaysia. *Fisheries Science*, 69(3): 563-568. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00657x>
- Pianka, E.R. (1973) The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 4: 53-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>
- Pimentel, C. R., and Joyeux, J. (2010), Diet and food partitioning between juveniles of mutton *Lutjanus analis*, dog *Lutjanus jocu* and lane *Lutjanus synagris* snappers (Perciformes: Lutjanidae) in a mangrove-fringed estuarine environment. *Journal of Fish Biology*, 76: 2299-2317. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02586.x

- Ramírez-Zavala, J. R., Cervantes-Escobar, A., and Hernández, F. J. T. (Eds.). (2012). Marismas Nacionales Sinaloa: futuro y conservación. Pronatura Noroeste A. C.: 165-167. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/marismas-nacionales-sinaloa-futuro-y-conservacion>
- Sá, R., C. Bexiga, P. Veiga, Vieira L., and K. Erzini. (2006). Feeding ecology and trophic of fish species in the lower Guadiana river estuary and Castro Marim e Vila Real de Santo António Salt Marh. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 70: 19-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.05.038>
- Santamaría-Miranda, A., Saucedo-Lozano, M., Herrera-Moreno, M. N., and Apún-Molina, J. P. (2005). Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 40(1): 33-44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572005000100004>
- Saucedo-Lozano, M., González-Sansón, G., and Chiappa-Carrara, X. (1999). Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Lutjanidae: perciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 25(3). Disponible en: cienciasmarinas.com.mx/index.php/cmarias/article/download
- Smith, E. (1982). Niche Breadth, Resource Availability, and Inference. *Ecology*, 63(6), 1675-1681. <https://www.jstor.org/stable/1940109> doi:10.2307/1940109
- Thomson, D. A., Findley, L. T., and Kerstitch, A. N. (2000). Reef fishes of the Sea of Cortez: the rocky-shore fishes of the Gulf of California. University of Texas Press: 182 p.
- Vázquez, R. I., Rodríguez, J., Abitia, L. A., and Galván, F. (2008). Food habits of the yellow snapper *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Percoidei: Lutjanidae) in La Paz Bay, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2): 295-302. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47943207>
- Zarate-Becerra, M. E., Espino-Barr, E., and García-Boa, A. (2014). Huachinango del Pacífico Centro-Sur, costa de Nayarit a Chiapas. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. SAGARPA Instituto Nacional de Pesca, México, D. F.: 141-175. Disponible en: <https://www.inapesca.gob.mx/.../2006-Sagarpa-Sustentabilidad-y-pesca-responsable>



Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing



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 publicará 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 doble espacio, 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 se realizó la investigación y direcciones de la(s) misma(s).
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. Pag

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.

A los autores

- 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.
- Título para encabezado de páginas: con 60 caracteres como máximo y lo más parecido al título completo.

El trabajo original y tres copias deben 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

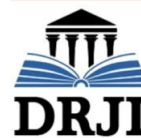
antes de su publicación y son responsables de esta revisión final.

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