

# ACTA PESQUERA



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

# Universidad Autónoma de Nayarit

## *Directorio*

**Dra. Norma Liliana Galván Meza**  
*Rector*

**Dra. Margarete Moeller Porraz**  
*Secretario de Rectoría*

**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 9, No. 18, Julio – Diciembre de 2023. 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	LA PESCA EN LA BAHÍA DE BANDERAS A TRAVÉS DE LAS COOPERATIVAS PESQUERAS Natalia Balzaretti Merino, Myrna Leticia Bravo Olivas, Carlos Gerardo Torres Núñez, Jesús Alberto Moreno López	1 – 10
3	La pesca en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit: breve reseña histórica Eduardo Gómez Encarnación	11 - 15
4	Evaluación del Impacto Toxicológico de los Contaminantes Emergentes en Artemia salina (Linnaeus, 1758) Gabriela Natalith Gómez Lima; Mireya Tapia Salazar y Eduardo Alfredo Zarza Meza	16 - 33
5	Composición específica de la ictiofauna desembarcada en la pesca de pequeña escala de bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. Carlos Gerardo Torres Núñez, Myrna Leticia Bravo Olivas, Jesús Alberto Moreno López, Noreli Gómez Morales	34 - 42
6	EL ESTADO DEL ARTE DE LOS PROBIÓTICOS EN LA ACUICULTURA David Jordi Álvarez Narváez	43 - 55
7	Es posible un océano sin humanos? Imagina un océano sin humanos: ¿utopía o realidad? María Teresa Morfín	56 - 61
8	Comparación de los modelos de Johnson, Logístico y de Saturación para representar el Crecimiento de Bagre de canal ( <i>Ictalurus punctatus</i> ) José Trinidad Ulloa Ibarra, Nidia D. Uribe Olivares, Juan Felipe Flores Robles, María Inés Ortega Arcega	62 - 76
9	A los autores	77 – 78



### EDITORIAL

En el equipo editorial consideramos que es muy importante comunicar la naturaleza de las ciencias pesqueras no sólo sus resultados. Y una manera de llevarlo a cabo es brindar espacio a diferentes formas de escribir, no solo el artículo de investigación es por ello que en los diferentes números publicados se encuentran al menos uno que corresponde al género de artículo de revisión, los que sin embargo aportan reflexiones y posturas que contribuyen a la línea de la revista.

La Bahía de Banderas es una región costera ubicada en el estado de Nayarit, México. Es una zona de gran importancia pesquera y acuícola, y alberga una gran diversidad de especies marinas. En los últimos años, la actividad pesquera en la Bahía de Banderas ha experimentado una serie de cambios. Por un lado, se ha producido un aumento de la presión pesquera, debido al crecimiento de la población y a la demanda de productos del mar. Por otro lado, se han producido cambios en los patrones climáticos, que han afectado a los recursos pesqueros. En este contexto, se han realizado una serie de investigaciones que han proporcionado información importante sobre la actividad pesquera y acuícola en esta zona. Un estudio reciente ha caracterizado la actividad pesquera en la Bahía de Banderas a través de las cooperativas pesqueras.

Otro estudio ha realizado un breve recorrido histórico de la pesca en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México, desde el período prehispánico hasta la década de 2010. El estudio encontró que la pesca ha sido una actividad importante en la región desde tiempos prehistóricos.

Los contaminantes emergentes, incluyendo fármacos y productos de uso personal, son una creciente preocupación en la acuicultura. Estos contaminantes pueden tener efectos negativos en la salud de los peces y en la calidad de los productos del mar. Un estudio reciente evaluó los efectos de los contaminantes emergentes, incluyendo fenilendiamina, benzofenona y naproxeno, en la *Artemia salina*. El trabajo encontró que estos contaminantes pueden causar daños en el ADN, el sistema nervioso y el sistema reproductivo de la *Artemia salina*.

Los probióticos son microorganismos vivos que pueden tener beneficios para la salud. Se han utilizado en la acuicultura para mejorar la salud de

los peces y para reducir la incidencia de enfermedades. En indagaciones de pasantes de la licenciatura en ingeniería acuícola muestran que los probióticos pueden mejorar la salud de los peces y reducir la incidencia de enfermedades.

Otra de nuestras autoras reflexiona sobre lo que sería el planeta sin humanos lo que es un escenario hipotético, sin embargo, es interesante reflexionar sobre cómo se reduciría la contaminación en un mundo así y cuáles serían los aspectos más relevantes.

Se presenta además un análisis comparativo de modelos sigmoidales con base en el análisis numérico. Como es conocido por muchos los modelos sigmoidales son modelos matemáticos que se utilizan para describir el crecimiento de una población.

¡Les invitamos a revisar el contenido de esta edición!

**Atentamente,  
El equipo editorial**



---

**LA PESCA EN LA BAHÍA DE BANDERAS A TRAVÉS DE LAS COOPERATIVAS PESQUERAS**

**FISHING IN BANDERAS BAY THROUGH FISHING COOPERATIVES**

Natalia Balzaretto Merino<sup>1</sup>, Myrna Leticia Bravo Olivas<sup>2\*</sup>, Carlos Gerardo Torres Núñez<sup>3</sup>, Jesús Alberto Moreno López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Ciencias para el Desarrollo, la Sustentabilidad y el Turismo. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco. Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. .

<sup>3</sup>Comunidad y Biodiversidad A.C.

\*myrna.bravo@academicos.udg.mx

**Recibido:** 06/10/2023

**Aprobado:** 14/12/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i18.124

**RESUMEN**

Se llevó a cabo la caracterización de la actividad pesquera de la Bahía de Banderas a través de las cooperativas pesqueras, incluyendo datos generales de la organización, datos sobre sus prácticas pesqueras y artes de pesca e infraestructura. Se encontró que en la Bahía de Banderas se encuentran registradas once cooperativas pesqueras, la mayoría realiza captura de escama marina utilizando líneas de mano y redes agalleras. La infraestructura es insuficiente para que las organizaciones puedan almacenar y conservar las capturas y hacer una venta posterior con un valor agregado.

**Palabras clave:** Pesca ribereña, unidades económicas, infraestructura, Puerto Vallarta, escama.

**ABSTRACT**

A characterization of the fishing activity in Banderas Bay was carried out through the fishing cooperatives, including general data on the organization, data on their fishing practices and fishing gear and infrastructure. It was found that eleven fishing cooperatives are registered in Banderas

Bay, most of which catch fishes using hooks and gill nets. The infrastructure is insufficient for the organizations to store and conserve their catches and sell them at a later date with added value.

**Key words:** Small scale fisheries, economic units, infrastructure, Puerto Vallarta, fishes.

**INTRODUCCIÓN**

Desde 1960, el ser humano aumentó su consumo de las pesquerías más del 67%, y a la par se incrementó el 88% el total de la producción pesquera anual. En 2020, las capturas de pesca marina a nivel mundial fueron de 78,8 millones de toneladas, del 6,8 % menos en comparación con el máximo de 84,5 millones de toneladas registrado en 2018 (FAO, 2022). Las cooperativas pesqueras, en su mayoría de pequeña escala, representan una manera efectiva de aumentar los beneficios a largo plazo para las comunidades, en respuesta a los desafíos que surgen de la mala gestión en la industria pesquera, la inseguridad en los medios de vida y la pobreza. Según los registros de la Conapesca en México, hay 10,217 organismos pesqueros, siendo la mayoría cooperativas pesqueras, con el 40.95% ubicadas principalmente en la zona noroeste, (CONAPESCA, 2020). En estas cooperativas, se procesan las principales especies en términos de tonelaje de peso vivo anual, que incluyen la sardina con 387,416 toneladas, la anchoveta con 143,467 t, el atún con 54,308 t y la macarela con 36,600 t (CONAPESCA, 2020).

Las cooperativas pesqueras tienen el potencial de desempeñar un papel importante en la promoción de la pesca sostenible, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza. Esta investigación tiene como objetivo, caracterizar la actividad pesquera de la Bahía de Banderas a través de las cooperativas pesqueras.

**ÁREA DE ESTUDIO**

La Bahía de Banderas está comprendida por tres municipios. En la zona norte el municipio de Bahía de Banderas del estado de Nayarit, y dos, Puerto Vallarta y Cabo Corrientes del estado de Jalisco. Esta bahía es considerada una de las más profundas del mundo alcanzando los 1600 m (Álvarez, 2007).

Es una zona de transferencia de tres corrientes, del norte la Corriente fría de California y en ocasiones es acompañada por la Corriente del Golfo de California, ambas se encuentran en la bahía con la Corriente cálida de Costa Rica y generan la Corriente Norecuatorial, un fenómeno que la dota de una riqueza única (SEMAR/DIGAOHM, 2018). Tiene una abertura de 42 kilómetros aproximadamente, inicia del lado norte en la zona de Punta de Mita y termina en la localidad de Los Corrales al sur de la bahía. Sus costas compartidas, entre los estados de Nayarit y Jalisco la ubican dentro de la denominada región litoral Pacífico centro (Wilkinson et al., 2009), cuyas características permiten tanto la pesca ribereña como la de alta mar.

### **METODOLOGÍA**

La caracterización de las cooperativas pesqueras se hizo a través de la recolección de datos se dividida en tres etapas. En la primera se consultó el portal de transparencia de cada uno de los tres municipios que conforman la Bahía de Banderas: Bahía de Banderas (municipio), Puerto Vallarta y Cabo Corrientes, además de la plataforma “pescando datos” (Causa Natura, 2023). Esta última se consultó con el objetivo de obtener las artes de pesca, número de embarcaciones, tipo de pesquería y vigencia de permiso de cada cooperativa.

En la segunda etapa se convocaron de manera individual a cada uno de los presidentes, o miembros de la mesa directiva de cada cooperativa, a los que respondieron se les entrevistó, lo que permitió constatar la información de esas cooperativas con las otras fuentes consultadas.

La tercera etapa consistió en la caracterización de las cooperativas pesqueras, la cual se basó en el enfoque bio-tecno-socioeconómico propuesto por Kesteven (1973). Se incluyeron datos demográficos generales de la organización, datos sobre sus prácticas pesqueras y artes de pesca e infraestructura.

La aplicación del cuestionario fue de forma oral con preguntas abiertas. Se consideraron todas las cooperativas de la zona, sin embargo, se descartaron las que no respondieron. Previo a su aplicación, cada uno de los convocados dio y firmó un consentimiento para participar en la investigación, así como para ser fotografiado y grabado.

### **RESULTADOS**

En la primera fase, se obtuvo la respuesta por parte de los tres municipios que conforman la Bahía de Banderas, donde se solicitó saber el “número de cooperativas pesqueras con número de integrantes” (Tablas I a III). Las repuestas fueron las siguientes:

**Tabla I.** Número de pescadores libres y permisionarios en el municipio de Bahía de Banderas

<b>Localidad</b>	<b>Número de pescadores</b>
Bucerías	60
La Cruz de Huanacastle	55
Punta de Mita	25
Mezcales	20
Las Jarretaderas	18

**Fuente:** Plataforma de Transparencia (INAI, 2023)



**Tabla II.** Número de pescadores y cooperativas pesqueras en el municipio de Cabo Corrientes.

Cooperativa pesquera	Miembros
Pedro Fernández	11
Langosta de Yelapa	15
Pizota	12
Cabo Jalisco	12
Cabo Corrales	38
Agroceánica	9
Ribera Suchitlán	72

**Fuente:** Plataforma de Transparencia (INAI, 2023)

**Tabla III.** Número de pescadores y cooperativas pesqueras en el municipio de Puerto Vallarta.

Cooperativa pesquera	Miembros
Boca de Tomates	9
Buzos la boquita	90
Vicente Riva Palacios	9
Boca Negra	16
El Vallartense	5
La Majahuita de Vallarta	27
Pescadores Del Rosita	10

**Fuente:** Plataforma de Transparencia (INAI, 2023)

Dentro de esta misma etapa, a través de “pescando datos” (Causa Natura, 2023), en la zona Sur de la Bahía de Banderas, municipio de Cabo Corrientes, se encontraron cinco Sociedades Cooperativas Pesqueras (SCPP). Todas contaron con embarcaciones menores. La pesquería con mayor registro en esta zona es la “escama marina” (Tabla IV).

Según la plataforma, únicamente dos de estas cuentan con sus permisos actualizados, SCPP Cabo Jalisco SC de RL y SCPP de Ribera Suchitlán SC de RL.

Por otro lado, en la zona centro de la Bahía de

Banderas, municipio de Puerto Vallarta, también se encontraron cinco unidades económicas. Todas las cooperativas pesqueras o unidades económicas contaron con embarcaciones menores. La pesquería más abundante en la zona es la “escama” y “escama marina” (Tabla V).

**Tabla IV.** Artes de pesca, número de embarcaciones, recurso capturado por cooperativa en Cabo Corrientes, Jalisco.

Cooperativa pesquera	Comunidad	Artes de pesca	Recurso	Núm. de embarcaciones
SCPP Cabo Jalisco SC de RL	Los Corrales	4 red agalera 2 atarraya 4 líneas de mano 2 palangre	Escama marina	2
SCPP de Ribera Suchitlán SC de RL	Chimo	17 líneas de mano 17 atarraya 6 palangre 34 red agalera	Escama marina	17
SCPP El Pezadero SC de RL	Pizota	1 atarraya 35 líneas de mano 4 palangre 14 red agalera 6 equipos de buceo	Escama marina	14
			Pulpo	2
SCPP Langosta de Yelapa SC de RL	Yelapa	56 líneas de mano 14 ninguna 9 equipos de buceo 27 ganchos	Escama marina	14
			Pulpo	14
SCPP Pedro Fernández Orozco SC de RL	Yelapa y Bahía de Tomatlán	2 atarraya 12 líneas de mano 6 ninguna 12 red agalera 6 equipos de buceo	Escama	6
			Pulpo	6

**Fuente:** Pescando datos (Causa Natura, 2023)

**Tabla V.** Artes de pesca, número de embarcaciones, recurso capturado por cooperativa en Puerto Vallarta, Jalisco.

Cooperativa pesquera	Sitio de arribo	Pesquería	Artes de pesca	Núm. de embarcaciones
Cooperativa de Producción Pesquera Boca de Tomatlán SC de RL	Playa Boca de Tomatlán	Escama	44 líneas de mano 50 red agalera	16
SCPP Boca Negra SC de RL	La Venita del Río Ameca	Escama Escama marina	16 atarraya 32 líneas de mano 5 palangre 32 red agalera	16
SCPP La Majahuita de Vallarta SC de RL	Lonja Pesquera Estero del Salado	Escama	29 atarraya 58 líneas 29 palangre 29 red agalera	27 27
SCPP Pescadores del Rosita SC de RL	Playa del Rosita	Escama marina	16 líneas de mano 1 palangre 24 red agalera	7
SCPP Vicente Riva Palacio SC de RL	Los Peines	Escama marina	3 palangre 40 líneas de mano 8 atarraya	9

**Fuente:** Pescando datos (Causa Natura, 2023)

En la zona norte, el municipio de Bahía de Banderas, se encuentran registrados 44 permisos de pesca, sin embargo, únicamente uno pertenece a una Sociedad cooperativa de producción pesquera, que cuenta con una embarcación menor registrada, con permiso para captura de túnidos (Tabla VI).

**Tabla VI.** Artes de pesca, número de embarcaciones, recurso capturado por cooperativa en Bahía de Banderas, Nayarit

Cooperativa pesquera	Sitio de arribo	Pesquería	Artes de pesca	Núm. de embarcaciones
SC Cruz de Huanacaxtle SC de RL de CV	Muelle de La Cruz de Huanacaxtle	Túnicos	1 cimbra	1 2 asociadas

**Fuente:** Pescando datos (Causa Natura, 2023)

### Caracterización de las cooperativas pesqueras

Para describir la pesca en la Bahía de Banderas a través de las cooperativas pesqueras, del total de 11 SCPP registradas en los tres municipios, se seleccionaron las que tienen mayor actividad pesquera y mayor número de socios activos y se describen a continuación.

La **SCPP Cabo Corrales SC de RL** se fundó en 1962, cuenta con 72 socios, 56 varones y 16 mujeres. Se ubica en la localidad de Los Corrales, Cabo Corrientes.

**Infraestructura.** Su sitio de desembarco es en la zona norte de la playa de los Corrales, no cuentan con muelle. Su infraestructura se conforma por una palapa con mesas para filetear el pescado, una cocina, gas, hieleras y unos refrigeradores (Fig. 1). El gas, agua, hielo, combustible, lo llevan desde Puerto Vallarta, Tomatlán y El Tuito. Su centro de

acopio tiene la capacidad de resguardar media tonelada de producto (Fig. 2).

**Unidad y régimen de pesca.** Sus 22 embarcaciones son de tipo menor de fibra de vidrio, miden entre 23 y 26 pies. Cada una cuenta con un motor fuera de borda de 4 tiempos, su caballaje oscila entre 60 hp y 115 hp. Trabajan los siete días a la semana. Sus horarios dependen de las especies objetivo, para la pesca de pulpo con los horarios son de 8 pm a 1 am, y para la pesca a pulmón es de 8 pm a 11 o 12 pm, para las redes estas las tienden a las 5 o 6 pm y las recogen a las 7 am del otro día, la cimbra la dejan entre las 5 y 6 pm y las recogen a las 7 am del otro día.

**Industrialización y comercialización.** El producto lo venden entero en Puerto Vallarta, La Cruz de Huanacaxtle y Guadalajara.



**Figura 1.** Infraestructura de la SCPP Cabo Corrales SC de RL.



**Figura 2.** Centro de acopio de la cooperativa Cabo Corrales

La **SCPP Ribera de Suchitlán**, localizada en la comunidad de El Chimo, Cabo Corrientes, cuenta con 50 socios, todos varones, tienen permiso para captura de escama y pulpo.

**Infraestructura:** La cooperativa no cuenta con muelle como tal, cuentan con algunas bodegas de almacenamiento, pero no están en funcionamiento ya que el hielo solo dura unas horas (Fig. 3).

**Unidad y régimen de pesca:** Cuentan con 17 embarcaciones tipo buggie de 21 pies de fibra de vidrio. Cuentan con motores fuera de borda de 25 a

125 caballos de fuerza de dos y cuatro tiempos, las embarcaciones cuentan con capacidad de una tonelada. La operación de pesca es de todo el año pero salen a pescar según las condiciones del clima y del mismo pescador. La tripulación es de cuatro pescadores por embarcación. Las artes de pesca que utilizan son cuerda, compresor, red de trasma-yo de 3.5 a 5 pulgadas y arpón.

**Industrialización y comercialización:** El producto no es procesado, es vendido entero al momento y distribuido a Puerto Vallarta.



**Figura 3.** Infraestructura de la Cooperativa Ribera de Suchitán. Centro de acopio.

La **SCPP La Majahuita de Vallarta SC de RL** se fundó en 1998, cuenta con 30 socios, 29 varones y una mujer. Se ubica en la localidad de Puerto Vallarta, en la zona de los Peines, en lo que denomina la Lonja Pesquera, en el Estero del Salado (Fig. 4).

**Infraestructura.** Cuentan con infraestructura, como muelle de cemento, cámara fría, y fábrica de hielo, sin embargo, estas dos últimas se encuentran fuera de servicio desde hace varios años. No cuentan con agua, ni luz por parte del muelle. Su centro de acopio tiene la capacidad de resguardar entre 4 a 7 toneladas.

**Unidad y régimen de pesca.** Sus 27 embarcaciones

son de tipo menor de fibra de vidrio, miden entre 22 y 24 pies (Fig. 5). Cada una cuenta con un motor fuera de borda, 25 con motor 4 tiempos y dos con motor de 2 tiempos, su caballaje oscila entre 20 hp y 75 hp. Sus horarios dependen de los sitios de pesca, los viajes largos son de 2 a 3 días, salen de 9 am y regresan el último día a las 10 pm. En los días cortos, a sitios cercanos, su salida es a las 6 am y regresan entre 4 pm y 5 pm. Operan entre 3 y 4 días de la semana. Dependiendo de la temporada.

**Industrialización.** El producto lo venden de forma independiente a restaurantes y pescaderías de la zona, y la presentación puede ser entero, fileteado o molido para ceviche



**Figura 4.** Instalaciones en zona de Los Peines, en la Lonja Pesquera, desembocadura del Estero del Salado.



**Figura 5.** Unidad de pesca de la cooperativa La Majahuita de Vallarta

La **SCPP La Cruz de Huanacaxtle**, cuenta con 16 socios, todos varones, se ubica en la localidad de La Cruz de Huanacaxtle, en el mercado del mar.

**Infraestructura.** Su sitio de desembarco es en el muelle de la marina de La Cruz. Cuentan con instalaciones con gas, agua, luz y centro de acopio (Fig. 6). La cooperativa cuenta con tres bodegas de las cuales una tiene una capacidad de 600 kg que es un refrigerador, el segundo tiene una capacidad de 100 kg que también es un refrigerador ambos refrigeradores descritos son reciclados y el tercero tiene una capacidad de una tonelada.

**Unidad y régimen de pesca.** Cuentan con permiso para extracción de túnidos y escama, con cimbra y línea de mano. Trece embarcaciones de las cuales

solo nueve están registradas. Son de tipo imemsa con un eslora de 23 pies y de tipo nava ambas embarcaciones son de fibra de vidrio (. Cuentan con motores de fuera de borda de 90 y 60 caballos de fuerza Yamaha y 150, 115 caballos de fuerza Mercuri. La operación de pesca es de todo el año 3 viajes cada quince días, las salidas tardan entre dos horas en promedio con una tripulación de tres personas las salidas varían dependiendo el tiempo y al equipo de pesca.

**Industrialización y comercialización.** El producto lo venden entero, fresco, y lo distribuya a Puerto Vallarta y Guadalajara. y el poco producto con el que se quedan es vendido a los pobladores locales enteros en filete y molido.



**Figura 6.** Infraestructura de la SCPP La Cruz de Huanacaxtle



**Figura 7.** Unidades de pesca de la SCPP La Cruz de Huanacaxtle

## CONCLUSIONES

En la Bahía de Banderas se encuentran registradas 11 cooperativas pesqueras, 10 de ellas se encuentran en los municipios pertenecientes al estado de Jalisco. Todas cuentan con embarcaciones menores de fibra de vidrio,

El recurso principal es la escama, que se captura línea de mano y red agallera. También se captura pulpo y atún. La participación de las mujeres en la pesca existe, aunque no se visibiliza formalmente en los registros.

Las características presentadas por las cooperativas pesqueras en la Bahía de Banderas permiten concluir que el área es aun un sitio donde predomina la pesca ribereña o de pesqueña escala, en la mayoría de los casos la infraestructura es insuficiente para que las organizaciones puedan almacenar y conservar las capturas y hacer una venta posterior con un valor agregado.

## REFERENCIAS

- Álvarez, R. (2007). Submarine topography and faulting in Bahía de Banderas, Mexico. *Geofísica Internacional*, 46(2), 93–116.
- Causa Natura. (2023). *Pescando Datos | Permisos*. <https://pescandodatos.causanatura.org/permisos>
- CONAPESCA. (2020). *Cooperativas pesqueras: un modelo que aporta a la seguridad alimentaria | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cooperativas-pesqueras-un-modelo-que-aporta-a-la-seguridad-alimentaria>
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. En *Fao*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007>  
<http://www.fao.org/publications/es>
- INAI. (2023). *Plataforma de transparencia*. <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>
- Kesteven, G. (1973). *Manual de ciencia pesquera. Una introducción a la ciencia pesquera* (FAO (ed.)). FAO.
- SEMAR/DIGAOHM. (2018). *Agenda Turística del*

*Golfo y Pacífico Mexicano - Jalisco*. <https://digaohm.semar.gob.mx/hidrografia/imageneshidrografia/Pacifico/7-Jalisco.pdf>

Wilkinson, T., Wiken, E. D., Bezaury Creel, J., Hourigan, T. F., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevsji, L., Madden, C., Lance, M., & Padilla, M. (2009). Ecorregiones marinas. En *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental. <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/ecorregiones1.html>



---

**La pesca en el municipio de Bahía de Banderas,  
Nayarit: breve reseña histórica**

**The fisheries in municipality of Bahía de Banderas, Nayarit:  
brief historical overview**

Eduardo Gómez Encarnación  
Cronista Oficial del Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit.

**Recibido:** 01/11/2023

**Aprobado:** 12/12/2023

**DOI:**10.60113/ap.v9i18.125

**Resumen**

Se presentan los resultados de un breve recorrido histórico de la pesca en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México, desde el período prehispánico hasta la década de 2010. Se destacan datos sobre la pesquería de tiburones.

**Palabras clave:** crónica histórica, océano Pacífico, sociedades cooperativas, tiburones, tradición oral.

**Abstract**

The results of a brief historical overview of the fisheries at the municipality of Bahía de Banderas, Nayarit, Mexico, from prehispanic period to 2010 decade, are presented. Data about sharks fishery are highlighted

**Key words:** cooperative societies, historical chronicle, oral tradition, Pacific ocean, sharks.

**Desarrollo**

De acuerdo con los resultados de estudios arqueológicos sobre algunos pueblos marinos del occidente de México, en la región de la Bahía de Banderas, compartida por los estados de Jalisco y Nayarit, fueron conocidas y utilizadas nasas y redes de pesca, anzuelos, lanzas, pesas de buceo, así como la sabia y hojas de árboles para atontar a los peces. Lo anterior supone que, antes de la conquista española, los pueblos costeros desarrollaron la pesca y el rescate de especies y productos marinos con fines de consumo e intercambio comercial (Beltrán-Medina, 2001).

En el año de 1621, en su Descripción Geográfica de la Nueva Galicia (políticamente, se encontraba en lo que hoy es el occidente de México, que corresponde a todo el estado de Aguascalientes y Zacatecas, así como algunas regiones de los estados de Jalisco, Nayarit y Sinaloa), Lázaro de Arregui nos ilustra sobre los peces de mar y ríos de este reino; además, deja constancia de la actividad pesquera durante La Colonia (Lázaro de Arregui, 1946):

“Los pescados de esta costa también son casi los mismos que los de la demás costa de la Nueva España, aunque creo tiene más camarón y ostia que las otras costas, y otros géneros de pescados. Los más comunes son liza, robalo y pargo, camarón y ostia, y otro pescadillo que llaman puyequé que se coge en unas lagunas o esteros de la mar, y es a modo de mojarrillas pequeñas, y lo aderezan para que se guarde con sólo revolverlo así como sale con tripas y todo en una saltierra, o tierra salada, y dejándolo secar al sol; y aunque no es muy limpio sustenta la gente común como la sardina, y es muy gustoso como quiera que se aderece. Cógense muchas y grandes tortugas, y de su carne hacen tasajo los indios como de carne de vaca, y tienen muchos huevos, y todo es de buen gusto. Hay muchos géneros de pescados y peces espadas y ballenas, y en las bocas de los ríos muchos caimanes y lagartos que hacen harto daño en las crías de los ganados llegando a beber o a pasar los ríos y esteros, y estando cebados han comido algunas personas [...] hay también en los ríos pedregosos unos camarones muy grandes, tanto como sardinas, con la cáscara y todo, y son de muy buen gusto aunque tenidos por grueso mantenimiento y de difícil digestión. Y por muchos ríos suben los robalos y otros pescados de la mar hasta muy arriba”.

En 1563 el conquistador Juan Fernández de Híjar recibió una licencia de la Real Audiencia de Guadalajara para establecer una pesquería de atún en las costas de la Mar del Sur (el actual océano Pacífico), Provincia de Purificación. Dicha merced abarcaría diez leguas entre el pueblo llamado Pascua, hoy Tomatlán en Jalisco, la punta de Coronados o Cabo Corrientes, hasta Chacala en la Bahía de Banderas. La licencia tuvo una duración de ocho años y establecía que ninguna otra persona “sea osado pescar atunes en dichas partes “

(Amaya, 1951). El pescado salado y seco, era vendido en las minas de la zona serrana que entraron en bonanza a mediados del siglo XVI.

A finales del siglo XVIII, con la Revolución Industrial en ascenso, Inglaterra buscó mercado para sus productos y proveedores de materias primas. Entre las especies más perseguidas en esta carrera comercial estuvo la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Estos mamíferos proporcionaban grasa que podía transformarse en aceite y barbas muy valiosas en la industria de corsetería, fustas y paraguas. Del aceite de la cabeza se fabricaban velas, y del hígado se obtenían vitaminas. La Bahía de Banderas es un santuario de reproducción de ballenas y por casi un siglo se tienen consignadas visitas de embarcaciones balleneras. Por la caza abundante de cetáceos, en ese siglo los ingleses llamaron a la bahía “Humpback Bay” o Bahía de las Ballenas Jorobadas (Munguía-Fregoso, 2003).

En diciembre de 1892, el gobierno del presidente Porfirio Díaz firmó un contrato para la pesca de mariscos y anfibios en la zona comprendida entre la desembocadura del río Ameca (límite estatal entre Jalisco y Nayarit) hasta Altata, Sinaloa. Una de las especies más explotadas fue el tiburón (Periódico Oficial del Territorio de Tepic, 1893).

Los convenios y concesiones contribuyeron a satisfacer el mercado de materias primas de los Estados Unidos ya entrado el siglo XX. En un embarco registrado en Las Peñas (el actual Puerto Vallarta, Jalisco) en 1913, entre otros productos se anota el aceite de pescado y la aleta de tiburón. En 1918, la Secretaría de Agricultura y Fomento firmó un Acuerdo en el que facultaba “a los Capitanes de Puerto y a las autoridades, para dar permisos de pesca para la explotación de tiburón, tintoreras y demás especies similares”. El Acuerdo facultaba a los capitanes de puerto para otorgar permisos para la pesca de tiburón (Diario Oficial de la Federación, 1918).

El 13 de agosto de 1920, la ciudad de Puerto Vallarta fue elevada a Aduana Marítima y, a partir de 1921, se concedieron varias licencias para explotar recursos marítimos en el Pacífico que incluyen concha perla, cetáceos, tiburones, guanos, aves y

reptiles. De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación (1921) del 4 agosto de 1921, los Hermanos Güereña de Puerto Vallarta y la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, acordaron el establecimiento de un servicio regular de navegación de cabotaje en el litoral del océano Pacífico que les proveyó de facilidades para la movilidad de productos del mar.

En la década de 1930 se incentivó la pesca de tiburón que abundaba en la Bahía de Banderas. Durante la Segunda Guerra Mundial creció la demanda de aleta y aceite de hígado de tiburón, y los volúmenes de exportación aumentaron. La carne seca y salada era enviada a la Ciudad de México, la piel a los Estados Unidos y Alemania. El hígado se tasa-jeaba, se salaba y se ponía al sol para que el aceite escurriera a un depósito para el llenando de latas. Por testimonio de varios pescadores, se sabe del establecimiento de saladeros en La Cruz de Huanacastle, Sayulita e Higuera Blanca en Nayarit, así como en otros puntos de la Bahía de Banderas.

Ante la demanda, en 1941 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público emitió una circular que otorgaba franquicia de retorno al país, libre de impuestos aduanales, a los envases de hojalata con capacidad de 18.9 litros en que se exportaba el aceite de hígado de tiburón. El 26 de abril de 1941 (Diario Oficial de la Federación, 1941) fue otorgada una licencia de pesca a la Sociedad Cooperativa de Pescadores de Puerto Vallarta, S.C.L. Así, los “tiburoneros” (Fig. 1) locales comerciaban con Don Antonio Güereña.

La tradición oral conserva los nombres de Aurelio Solís Verde, Guillermo Joya, Polanco, Aurelio Guerrero y otros “tiburoneros” en el área de La Cruz de Huanacastle, Punta de Mita y Sayulita. Las diferentes variedades de tiburones locales se reconocían con los siguientes nombres: “Tiburón de copa o martillo” (*Sphyrna lewini* y *S. mokarran*; Figs. 1-5), “panza güera”, “línea prieta”, “perro”, “colorado” y “volador” (*Carcharhinus limbatus*). Bonifacio Peña Ramos, de Sayulita, recuerda embarcaciones provenientes de Manzanillo que realizaban operaciones de pesca y comercio.

Fi-



**Figura 1.** Tiburoneros de Bahía de Banderas con sus presas de un día de pesca. Década de 1960. El primer ejemplar de la foto es, posiblemente, un tiburón martillo de la especie *Sphyrna lewini*. El resto de los ejemplares pueden ser tiburones de puntas negras *Carcharhinus limbatus*. (Cortesía: Archivo fotográfico Aurelio Solís Verde).

La flotilla se componía de embarcaciones nombradas como “Costeñita”, “Nueva España”, “Nueva Galicia” y “Tapatía”. Es probable que la empresa a la que se refiere el señor Peña, sea Productos Pesqueros de Manzanillo S.A., con acuerdo de concesión otorgado por la Secretaría de Marina el 28 de noviembre de 1955 (Diario Oficial de la Federación, 1955) para explotar por diez años la pesca general en el litoral del Pacífico.

En 1970, la creación del Fideicomiso Bahía de Banderas propició las condiciones favorables para llevar a cabo otro proyecto del presidente Luis Echeverría: la colectivización ejidal. Las metas generales de esta colectivización estuvieron orientadas al aumento de la producción agrícola, el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y la mayor intervención del Estado en la división, organización y comercialización de la producción ejidal.

El 26 de marzo de 1971 quedó constituida la Unión Ejidal Bahía de Banderas. El programa de pesca contempló la organización de los pescadores de la zona. Se acordó la creación de una cooperativa, una empresa procesadora y empacadora de pescados y mariscos y la instalación de una fábrica de harina de pescado. La cooperativa pesquera quedó

distribuida en cuatro zonas: Rincón de Guayabitos, Sayulita, Punta de Mita y La Cruz de Huanacaxtle. Para 1973 se habían adquirido 83 motores fuera de borda, cuatro cajas de refrigeración para camionetas, cinco camiones, 49 embarcaciones y 38 redes. Se construyó la bodega auxiliar de Bucerías, la fábrica de hielo en Rincón de Guayabitos, el tendido de una almadraba en Sayulita y el campamento de La Cruz de Huanacaxtle que, además de sus respectivas oficinas, contó con una bodega para hielo y otra para pescado.



**Figura 3.** Niño familiar de tiburoneros montando un tiburón martillo. Posiblemente corresponda a la especie *Sphyrna mokarran*. (Cortesía: Archivo fotográfico Aurelio Solís Verde).



**Figura 4.** Tiburoneros de Bahía de Banderas y sus familiares. Se observa la aleta de un tiburón martillo *Sphyrna mokarran*. (Cortesía: Archivo fotográfico Aurelio Solís Verde).

Este desarrollo, pretendía contar con la capacidad para comerciar con los mercados regionales de Puerto Vallarta, Tepic, Guadalajara y México; además de cubrir las necesidades de la demanda creciente del turismo. Así, se fundaron las cooperativas de La Peña de Jaltemba, Sayulita y La Cruz de Huanacastle. Hacia 1981, La Peña obtuvo el tercer lugar en el estado de Nayarit con 1,859 toneladas de pescado fresco, sólo teniendo por delante a San Blas, con 3,638 toneladas, así como a Tuxpan, con 2,030 toneladas. Ese mismo año, La Cruz de Huanacastle obtuvo una producción de 144 toneladas. Las especies comerciales explotadas fueron el huachinango, pargo, sierra, camarón y langosta. Pero como sucedió con otros proyectos del Fideicomiso, a finales del sexenio de Luis Echeverría todos ellos terminaron en el fracaso.

Hacia el año 2017, el desarrollo turístico había desplazado a los pescadores de los espacios que tradicionalmente habían ocupado para realizar su actividad. El pescador dedicaba ya parte de su tiempo a las actividades turísticas. Aun así, el municipio de Bahía de Banderas incluía localidades pesqueras importantes como Bucerías, La Cruz de Huanacastle, Corral del Risco y Sayulita, en las que se capturaba cazón, sierra, jurel, huachinango, barrilete, pargo, ostión, mojarra y camarón, todos destinados principalmente al consumo local. Se contaba con cinco cooperativas pesqueras, 658 pescadores registrados y una buena cantidad de "pescadores libres". En las aguas del río Ameca se aprovechaba el langostino (*Macrobrachium teneillum*), cada vez en menor cantidad.



**Figura 5.** La pesca del día. Se observan tiburones colorados o zarcos (*Carcharhinus brachyurus*; los de las aletas dorsales como deshilachadas) y puntas negras (*Carcharhinus limbatus*; aleta dorsal falcada y cabeza puntiaguda). (Cortesía: Archivo fotográfico Aurelio Solís Verde).

## Referencias

- Amaya, J. (1951). Ameca, protofundación mexicana. Guadalajara: Unidad Editorial Gobierno del Estado de Jalisco.
- Beltrán-Medina, J.C. (2001). La explotación de la costa del Pacífico en el occidente de Mesoamérica y los contactos con Sudamérica y con otras regiones culturales. Cuadernos del Seminario Nayarit. México: Universidad Autónoma de Nayarit.
- Diario Oficial de la Federación. (1918). Acuerdo que faculta a los capitanes de puerto para otorgar permisos para la pesca de tiburón. 24 de agosto de 1918. Consultado el 1 de octubre de 2023. [https://www.dof.gob.mx/index\\_113.php?year=1918&month=08&day=24#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/index_113.php?year=1918&month=08&day=24#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (1921). Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas: Decreto aprobando el contrato celebrado con los señores Güereña Hermanos, para el establecimiento de un servicio regular de navegación de cabotaje en el litoral del Océano Pacífico. 4 de agosto de 1921. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=44](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=44)
- 28821&fecha=04/08/1921&cod\_diario=186357
- Diario Oficial de la Federación. (1941). Licencia de pesca a la Sociedad Cooperativa de Pescadores de Puerto Vallarta, S.C.L. El 26 de abril de 1941. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?cod\\_diario=187363&pagina=1&seccion=1](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_diario=187363&pagina=1&seccion=1)

Diario Oficial de la Federación. (1945). Abril 23 de 1945. Decreto que dicta revocación de la licencia a la Sociedad Cooperativa de pescadores de Puerto Vallarta.

Diario Oficial de la Federación. (1955). Concesión a Productos Pesqueros de Manzanillo S.A. por la Secretaría de Marina para explotar por diez años la pesca general en el litoral del Pacífico. 28 de noviembre de 1955. [https://www.dof.gob.mx/index\\_113.php?year=1955&month=11&day=28#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/index_113.php?year=1955&month=11&day=28#gsc.tab=0)

Lázaro de Arregui, D. (1946). Descripción de la Nueva Galicia. Sevilla: Escuela de Estudios Hispano - Americanos de la Universidad de Sevilla.

Munguía-Fregoso, C. (2003). Panorama histórico de Puerto Vallarta y de la Bahía de Banderas. Guadalajara: Secretaría de Cultura del Estado de Jalisco.

Periódico Oficial del Territorio de Tepic. (1893). Secretaría de Fomento, Colonización e Industria: Sección 1 Contrato. 3 de enero de 1893. Consultado el 1 de octubre de 2023. <https://hndm.iib.unam.mx/consulta/publicacion/visualizar/558075be7d1e63c9fea1a3c1?anio=1893&mes=01&dia=03&tipo=publicacion>



**Evaluación del Impacto Toxicológico de los Contaminantes Emergentes en *Artemia salina* (Linnaeus, 1758)**

**Evaluation of the Toxicological Impact of Emerging Contaminants on *Artemia salina* (Linnaeus, 1758)**

Gabriela Natalith Gómez Lima<sup>1</sup>; Mireya Tapia Salazar<sup>2</sup> y Eduardo Alfredo Zarza Meza\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana,

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

\*ezarza@uv.mx

**Recibido:** 07/11/2023

**Aceptado:** 26/12/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i18.128

**RESUMEN**

Los contaminantes emergentes, incluyendo fármacos y productos de uso personal, cada vez son encontrados con mayor frecuencia en medios acuáticos, incluidos ambientes marinos e hipersalinos. El objetivo de este estudio fue determinar el impacto toxicológico de las sustancias p-fenilendiamina, benzofenona y naproxeno a dos temperaturas (24 ° C y 30 ° C) y dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) usando *Artemia salina* como modelo. La concentración letal (CL50) se determinó después de exponer a *Artemia* a diferentes concentraciones y la sobrevivencia fue considerada como la principal variable a evaluar. Los resultados obtenidos señalan la p-fenilendiamina y la benzofenona aumentan su toxicidad conforme incrementa la temperatura y el tiempo de exposición, mientras que la toxicidad del naproxeno fue afectada por el tiempo de exposición más no por la temperatura. No se observan diferencias significativas para interacción entre temperatura y tiempo de exposición para las sustancias evaluadas.

**PALABRAS CLAVE:** Toxicidad, contaminantes emergentes, CL50, *Artemia salina*

**Abstract**

Contaminants of emerging concern, including pharmaceuticals and personal care products, are increasingly been found in aquatic environments, including marine and hypersaline media. The objective of this study was to determine the toxicological impact of the substances p-phenylenediamine, benzophenone and naproxen at two temperatures (24 ° C and 30 ° C) and two exposition time (24 and 48 hours) using *Artemia salina* as model. The lethal concentration (LC50) was determined after exposure of *Artemia* to different concentration and considering survival as the main variable to evaluate. The results obtained indicate that p-phenylenediamine and benzophenone increase its toxicity as the temperature and exposition time increases, while naproxen toxicity was affected by the exposition time but not for the temperature. No significant differences for interaction between temperature and exposition time were observed for the substances evaluated.

**Key words:** Toxic, Emerging pollutants, CL50, *Artemia salina*

**Introducción**

El término contaminantes emergentes (CEs), ha sido ampliamente utilizado desde inicios del año 2000, e implica posibles riesgos que pudieran ocasionar estos compuestos tanto a seres humanos como al medio ambiente (Halden, 2015). Estos productos de origen farmacéutico, de cuidado personal, surfactantes, aditivos industriales, plastificantes, plaguicidas, así como una gran variedad de compuestos químicos, las concentraciones que se pueden encontrar en el medio ambiente oscilan entre valores de ng/L a µg/L (Kuster *et al.*, 2008). Su presencia en el medio ambiente se atribuye principalmente a la descarga de aguas residuales tratadas debido a la ineficiencia de los procesos secundarios y convencionales de degradarlos, residuos industriales o descargas urbanas, llegando a aguas superficiales tales como ríos, lagos, lagunas y zonas costeras (Petrie 2015; Ávila *et al.*, 2018). Por otro lado, algunos compuestos tienen la característica de pasar de aguas superficiales a aguas del subsuelo o bien transformarse en sustancias más tóxicas cuando están en el medio

ambiente (Barceló, 2008). Así mismo, la velocidad de transformación y/o eliminación se puede compensar debido a su continua introducción en el ambiente (Kuster et al., 2008).

Estos contaminantes entran al ambiente ya sea por procesos antropogénicos, o por procesos naturales o bien pueden intercambiarse entre los diferentes compartimentos medioambientales (sistema terrestre, acuático, aire y biota) en función de sus propiedades y las condiciones ambientales (Kümmerer, 2004; Jemba, 2006; Jones et al., 2004; Fent et al., 2006; Zuccato et al., 2006; SEMARNAT 2007; Gil et al., 2012).

Su concentración puede variar de acuerdo con la zona de muestreo, como: planta de tratamiento de aguas, ríos, lagos, lagunas, subsuelos, cercanía con poblaciones humanas etc. (Gil et al., 2012); para el caso del ibuprofeno se reportan valores de 5 ng/L a 2700 ng/L en aguas de río y de 5 ng/L a 85000 ng/L en aguas de efluentes de plantas de tratamiento de aguas (Öllers et al., 2001; Corcoran et al., 2010). Galindo-Miranda et al (2019) reportan en aguas colectadas de diferentes zonas de países alrededor del mundo una concentración de 2.9 a 323, 40-3462, 3.9-4820, 25-277, 1-163, 19-15,000, 1.7-3700 y 0.43-1168 ng/L para carbamezapina, diclofenaco, naproxeno bisfenol, triclosán, atrizina 17- $\beta$ -estradiol,  $\beta$ -estradiol respectivamente.

Vieno et al (2005) reportan una mayor concentración de tres a cinco veces mayor en época de invierno que en verano y primavera para fármacos en agua proveniente de plantas de tratamiento. Un estudio realizado en Alemania entre 1996 a 1998, reportó la presencia de 55 fármacos en efluentes de plantas de tratamiento, Ternes et al (2004) reportan la presencia de 82 componentes de fármacos en un arroyo en Estados Unidos.

El tiempo de vida media de estos contaminantes en el medio ambiente es variado, siendo de 0.8 a 32 días en el aire y de 8 días a 40 días en agua, para la aspirina, paracetamol, ibuprofeno, naproxeno y diclofenaco; siendo el paracetamol y el ibuprofeno los más persistentes. Santibáñez (2014) realizó una revisión de 134 artículos publicados entre los años 1997 y 2009, donde obtuvo que el grupo de anti-

inflamatorio es el más abundante en el ambiente con un 16% respecto a los demás grupos farmacéuticos.

El naproxeno se comercializó por primera vez como el medicamento recetado Naprosyn en 1976 y el naproxeno sódico se comercializó por primera vez bajo el nombre comercial de Anaprox en 1980. Este contaminante se ha reportado en diversas partes del mundo incluyendo aguas superficiales, efluentes de aguas de tratamiento de aguas residuales, aguas del subsuelo e incluso en suelo (McEachran et al., 2016).

La eficiencia de degradación de este compuesto depende del proceso empleado, Qurie *et al* (2015) observa una degradación del 80% de naproxeno después de 15 días de tratamiento cuando aguas residuales de una planta de tratamiento fueron sometidas a un proceso de micro y nano filtración. Mohamed *et al* (2018) observa una mayor degradación (<90%) después de exponerlo por 30 minutos a un proceso de fotocátalisis empleando nanopartículas elaboradas a base de dióxido de titanio y un composito de nano fibras cuando se empleó poli-acrilonitrilo (0%).

La p- fenilendiamina (PPD), también llamada 1,4-diaminobenceno o 1,4-fenilendiamina, se utiliza como componente de polímeros y compuestos de ingeniería, fibras de aramida, tintes para el cabello, productos químicos de caucho, tintes textiles, pigmentos, como reactivo de laboratorio y en revelado fotográfico, se presenta como un sólido blanco o ligeramente rojo o como cristales que se oscurecen con la exposición al aire; ligeramente soluble en agua.

Se emplea también como base de oxidación bases o intermediarios primarios en la composición de los tintes para cabello y algunos productos de uso personal como cremas aclarantes p-fenilendiamina, p-toluendiamina, o-cloro-p-fenildiamina, o-aminofenol y p-aminofenol son las bases más utilizadas en la industria (Cegarra,1987). La exposición a p-fenilendiamina por contacto dérmico en el cuero cabelludo es inevitable entre las personas cuyo cabello está teñido con tintes que contienen cualquiera de estas sustancias conocidas como bases primarias, alrededor del 40 por ciento de las

mujeres estadounidenses son usuarias habituales de tintes para el cabello (Corbett & Menkart, 1973). La degradación de este compuesto mediante un proceso de reacción fento, a una condición de pH 3.5, 50 mg/L peróxido de hidrogeno, 3 mg/L Fe<sup>2+</sup> y en presencia de luz UV por un tiempo de 3 h se puede remover la p-fenilendiamina en un 54-71%.

Existen diferentes tipos de procesos químicos y físicos para la remoción de sustancias donde se tienen compuestos tóxicos de alto peso molecular, como la p-fenilendiamina, entre estos procesos se encuentran la ozonización, procesos oxidativos, procesos fotoquímicos, oxidación por hipoclorito de sodio, oxidación de curcubituril, destrucción electroquímica, adsorción, tratamiento con carbón activado, membrana de filtración, intercambio iónico, irradiación, entre otros. A pesar de tener un alto grado de remoción presentan desventajas debido a sus altos costos y generación de nuevos residuos (Robinson *et al.*, 2001).

La toxicidad acuática aguda se determina normalmente estudiando los resultados de la CL50 en peces tras una exposición de 96 horas, en crustáceos de 48 horas y para algas de 72 o 96 horas de CE50, estas especies se consideran representativas de todos los organismos acuáticos.

Este método es conocido como un ensayo de toxicidad aguda que cuantifican las concentraciones letales de un xenobiótico o sustancia a una especie en particular. El valor calculado se denomina concentración letal media (CL50), en un tiempo determinado que generalmente es de 48 o 96 horas (Benítez & Lesmes, 2014).

La concentración letal, efectiva o inhibitoria 50 (CL50/CE50/CI50), es la concentración que produce la respuesta esperada sobre el 50% de los organismos expuestos, se emplea para determinar el efecto tóxico de los contaminantes emergentes. Estas pruebas emplean concentraciones múltiples las cuales permiten calcular este valor a partir de la concentración a la cual el 50% de la población muere. Para estos estudios se recomiendan los siguientes métodos para la estimación de CL50/CE50/CI50: Método Probit (paramétrico), método de Litchfield-Wilcoxon (gráfico), método de Sperman-

Karber (no paramétrico) y/o método gráfico. Este método es el método más empleado para la evaluación de toxicidad de los CE en organismos acuáticos tales como crustáceos, microalgas, peces, etc. (Castillo, 2004).

Un lugar sobresaliente dentro del grupo de bioensayos más utilizados lo ocupa el género *Artemia*. es utilizada ampliamente ya que determina el efecto letal de materiales y sustancias en larvas de *Artemia* spp. (McLaughlin *et al.*, 1998; Fatope, 1995; Fatope *et al.*, 1993). El género *Artemia* está compuesto por varias especies, de las cuales se han identificado al menos cinco especies bisexuales y varias poblaciones partenogenéticas, entre ellas *Artemia salina*; *Artemia persimilis*; *Artemia franciscana* (bisexuales) y *Artemia partenogenética* (Serrano *et al.*, 1996; Varo *et al.*, 1998).

Entre estas las más relevantes son *A. franciscana* la cual tiene una gran importancia en la industria acuícola por sus resultados en la alimentación de larvas de peces y crustáceos (Delbare *et al.*; 1995) y que ha sido utilizada como un sistema de prueba para medir toxicidad de sustancias químicas, biológicas y para estudios en el desarrollo de la toxicología (Borowitz y McLaughlin, 1999; Fuentes *et al.*, 2011).

Este crustáceo se utiliza como organismo modelo dándole gran importancia en estudios de ecotoxicología en medios marinos e hipersalinos de contaminantes emergentes como son los compuestos farmacéuticos y las nanopartículas (Nunes *et al.*, 2006; Libralato, 2014).

En peces se ha reportado que los medicamentos  $\beta$ -bloqueadores tienen un efecto inhibitor de la actividad espermática de algunas especies (Jones *et al.*, 2004). Kwak *et al.* (2018) evaluaron la toxicidad crónica del naproxeno empleando *Daphnia magna* y *Moina macrocopa* y *Oryzias latipes*. Los efectos del naproxeno sobre las hormonas esteroides sexuales y la transcripción de genes relacionados con la esteroidogénesis también se evaluaron en células H295R. Se determinó que las concentraciones crónicas sin efecto observado (NOEC) de hormonas sexuales.

## Materiales y Métodos

La investigación se realizó en condiciones de laboratorio, dentro del programa de Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Para el diseño experimental cada contaminante fue evaluado a dos temperaturas de incubación (24 y 30°C) con la finalidad de determinar si la temperatura modifica las concentraciones de la CL50 a un tiempo de exposición de 24 y 48 horas.

Para la evaluación del impacto toxicológico de los contaminantes emergentes de tipo farmacéutico y de uso personal, se emplearon las sustancias p-Phenylenediamine CAS: 106-50-3  $C_6H_8N_2$ , Benzophenone CAS: 119-61-9  $C_{13}H_{10}O$  y Naproxeno CAS: 26159-34-2  $C_{14}H_{13}NaO_3$ . en la especie modelo *Artemia salina*.

La eclosión de los quistes de *Artemia* se llevó a cabo utilizando agua marina preparada (29.90g/1000ml) y posteriormente 10ml de cloro, eclosionando después de 24 horas.

Se colocaron 10 Artemias por microplaca, y fueron colocadas a diferentes temperaturas (24 y 30°C) durante 24 y 48 horas. de exposición. Posteriormente se preparó un stock para cada sustancia a evaluar y a partir de esta se hicieron concentraciones crecientes para poder establecer la CL50 y se añadió a cada microplaca 230µL de las soluciones.

La CL50 se determinó empleando el programa Excel considerando el porcentaje de sobrevivencia inicial de *Artemias* con el porcentaje de sobrevivencia a las 24 y 48 h. Se determinó la fórmula de regresión de la curva ( $r^2 > 0.90$ ) y se calculó el valor de la CL50. Al valor obtenido se le aplicó el antilogaritmo y se obtuvo la concentración a la cual moriría el 50% de la población. Se realizó un análisis factorial para determinar diferencias significativas entre los productos evaluados, el tiempo de exposición y la temperatura a la cual fueron evaluados, se utilizó el programa estadístico SPSS y un nivel de significancia ( $P < 0.05$ ).

## Resultados

Las condiciones de temperatura y de salinidad fue-

ron óptimas para esta especie, 5-250 g/L y de 6-35°C (Nunes *et al.*, 2006), teniendo un alto porcentaje de sobrevivencia de los organismos que se usaron como control negativo, donde el porcentaje de esta fue superior al 85%, por lo que los resultados obtenidos entre los diferentes productos evaluados fueron en base al efecto del contaminante sobre la sobrevivencia en *Artemia*.

En cuanto al cambio en los valores de CL50 para las diferentes concentraciones evaluadas y sustancias analizadas se establece que la presencia de contaminantes emergentes tales como la p-fenilendiamina, bezofenona y naproxeno afecta la sobrevivencia de *Artemia* y su toxicidad se ve incrementada por la temperatura y el tiempo de exposición; aunque para el naproxeno solamente el tiempo de exposición tuvo un efecto significativo sobre los valores de CL50.

En la figura 1 (A, B, C y D) se presentan los porcentajes de mortalidad de *A. salina* expuesta a diferentes concentraciones de p-fenilendiamina a diferentes condiciones de temperatura y tiempo de exposición.

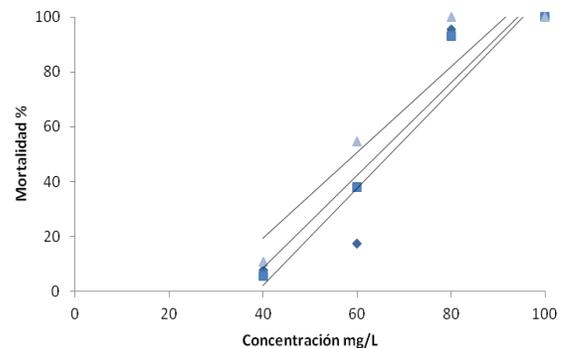
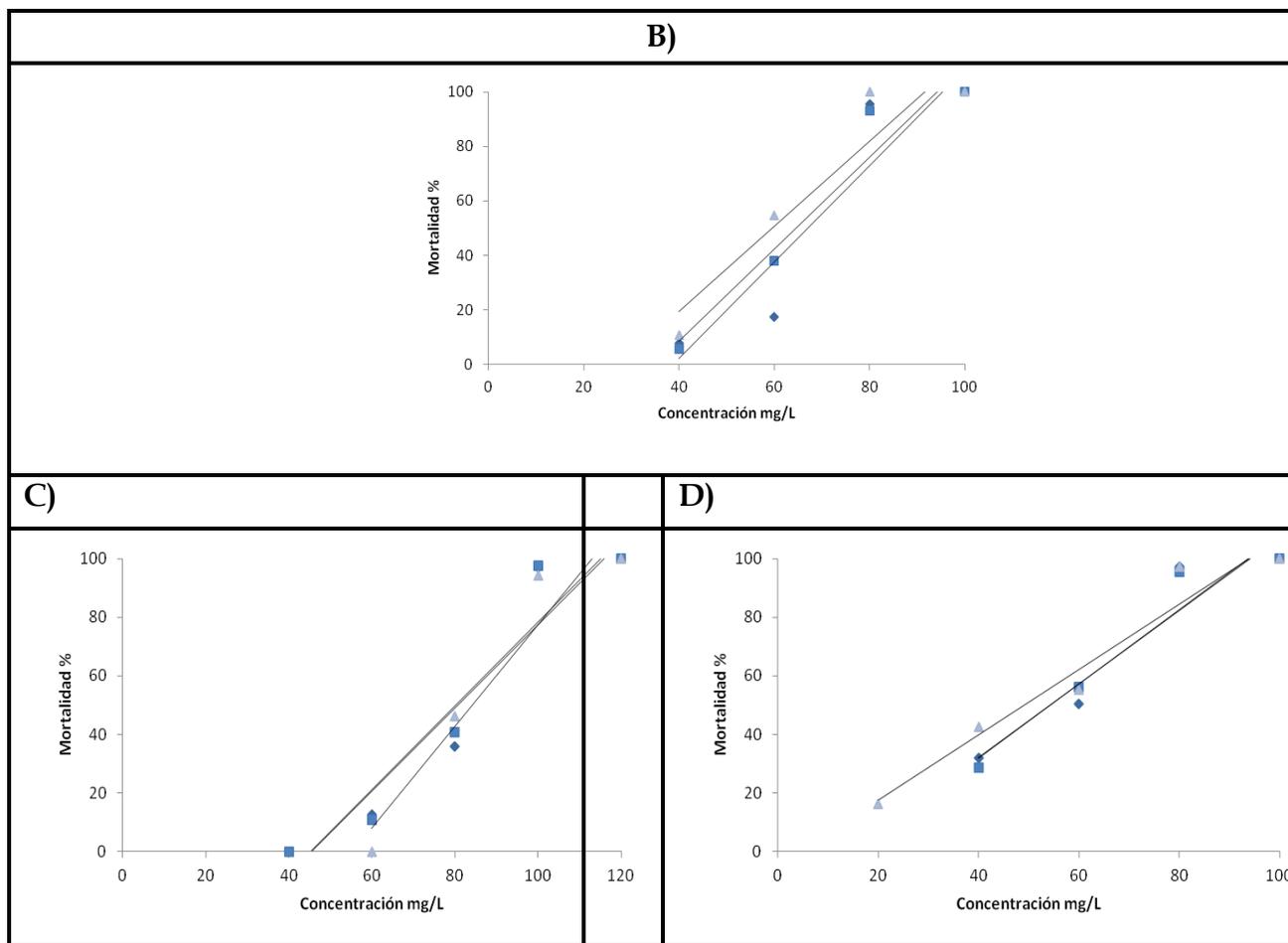


Figura 1 A



**Fig. 1** Mortalidad de *Artemia salina* expuesta a p-fenilediamina a (A) 24°C durante 24 h, (B), 24°C por 48 h, (C) 30°C por 24 h y (D) 30°C por 48 h.

Estos datos fueron empleados para calcular los valores de CL50 a las diferentes condiciones ambientales evaluadas. La CL50 se calculó mediante regresión lineal para cada una de las diferentes condiciones evaluadas. En el cuadro 1 se presentan los valores de la fórmula de regresión, así como el valor de  $r^2$  para cada una de las condiciones evaluadas para este contaminante, el valor de  $r^2$  varío entre 0.84 a 0.96.

Al realizar el análisis del efecto de la temperatura y el tiempo de exposición podemos observar que tanto la temperatura como el tiempo afectaron de manera significativa ( $P < 0.01$ ) los valores de la CL50 obtenida para el colorante p-fenilendiamina (Cuadro 2).

Conforme se incrementa la temperatura de exposición el valor promedio de la CL50 pasa de un valor de 67.8 a 57.9 mg/L; mientras que para el factor tiempo de exposición los valores de CL50 pasaron de 75.5 mg/L a 50.1 mg/L a un tiempo de exposición de 24 y 48 h respectivamente. No se observan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la interacción de los parámetros evaluados.

**Cuadro 1.-** Ecuación de las diferentes regresiones para p-fenilendiamina

Temp. (°C)	Tiempo de incubación (h)	y- a + bx (R <sup>2</sup> )
24	24	y = 297.6x - 519.84 (R <sup>2</sup> = 0.9687) y = 297.76x - 523.88 (R <sup>2</sup> = 0.9608) y = 212.16x - 345.88 (R <sup>2</sup> = 0.9117)
	48	4) y = 263.23x - 414.55 (R <sup>2</sup> = 0.8417) 5) y = 256.76x - 399.07 (R <sup>2</sup> = 0.951) 6) y = 242.63x - 366.71 (R <sup>2</sup> = 0.9468)
30	24	1) y = 232.06x - 377.06 (R <sup>2</sup> = 0.8689) 2) y = 234.7x - 381.16 (R <sup>2</sup> = 0.8813) 3) y = 353.33x - 612.58 (R <sup>2</sup> = 0.9595)
	48	4) y = 189.83x - 268.94 (R <sup>2</sup> = 0.9149) 5) y = 193.44x - 275.19 (R <sup>2</sup> = 0.9578) 6) y = 125.44x - 148.62 (R <sup>2</sup> = 0.9192)

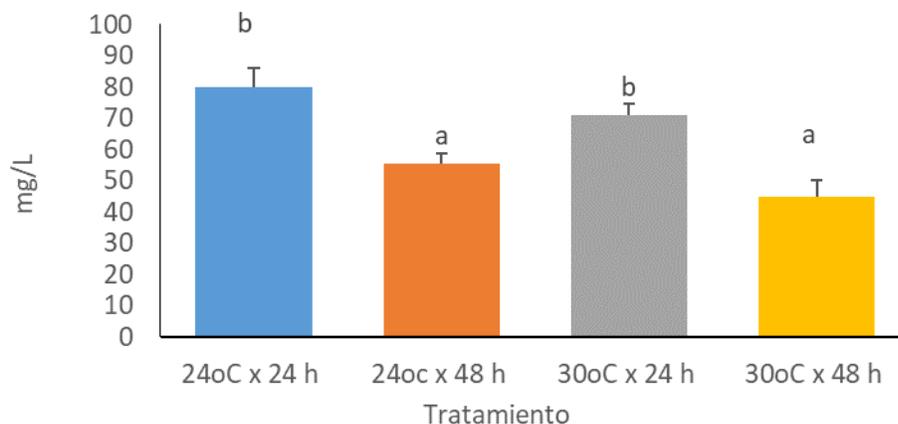
**Cuadro 2.-** Valor de la CL50 de la p-fenilendiamina a dos temperaturas y dos tiempos de exposición en *Artemia salina*

Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (h)	CL50 (□±sd)
24	24	80.1±5.9
	48	55.5±3.1
	Total	67.8±14.1
30	24	71.0±3.5
	48	44.7±5.6
	<b>Total</b>	57.9±15.0
<b>Total</b>	24	75.5±6.6
	48	50.1±7.1
	<b>Total</b>	62.8±14.8
<b>Probabilidades análisis factorial</b>		
	Temperatura	0.006
	Tiempo de exposición	0.000
	Interacción	0.721

□ = promedio, sd = desviación estándar

Al realizar el análisis anova de una vía entre las diferentes condiciones evaluadas, se observó que la condición de 24 h ya sea a 24 ó 30°C presentan los mayores valores de CL50= 80.1 y 71 mg/L, conforme se incrementa el tiempo de exposición este se reduce a 55.5 y 44.7 mg/L respectivamente, lo cual demuestra que la

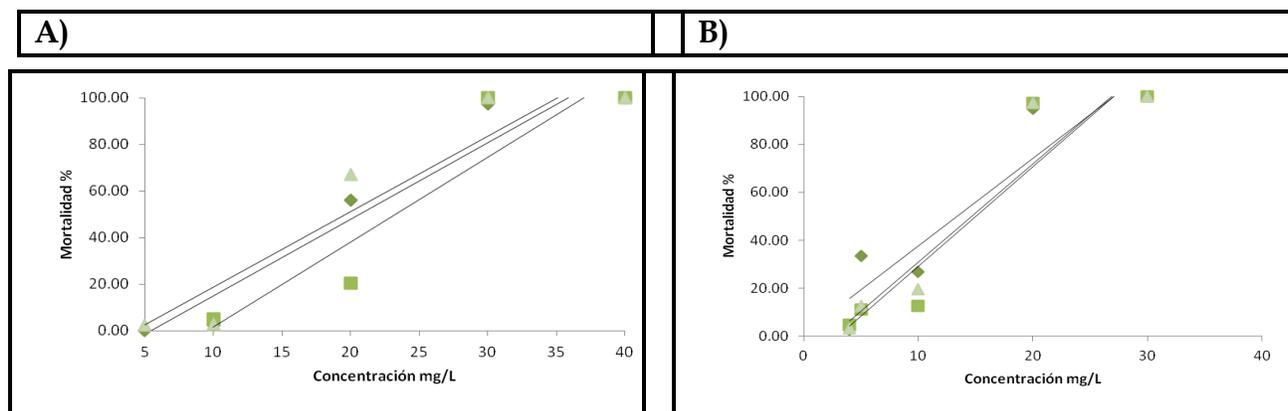
toxicidad del compuesto evaluado aumenta con el tiempo de exposición y no con las condiciones de temperatura (Figura 2). Para el caso del control no contaminado el porcentaje de sobrevivencia vario entre 85 a 100% entre todos los replicados evaluados.

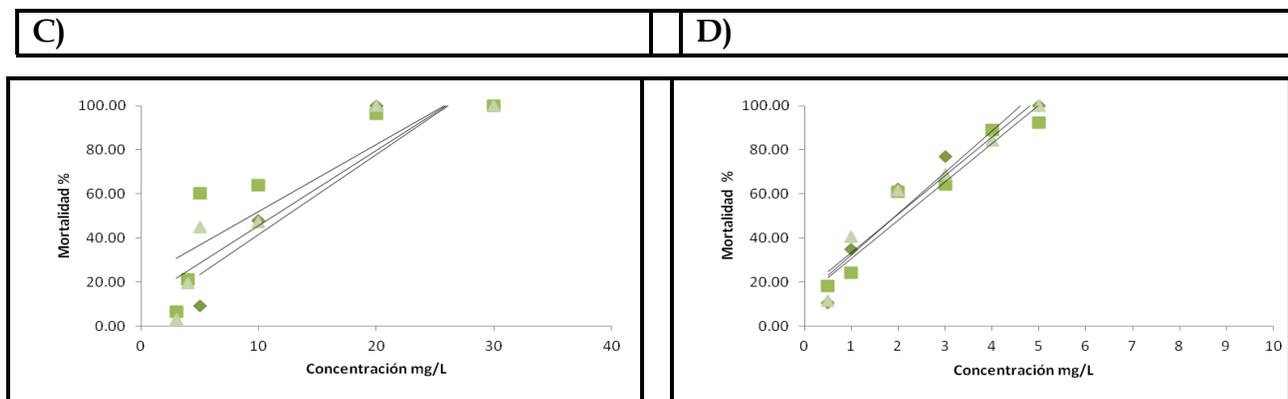


**Fig.2** Efecto de la presencia de p-fenilenediamina sobre los valores de CL50 en *Artemia salina* expuesta durante 24 y 48 h a una temperatura de 24 y 30°C.

En la figura 3 (A, B, C Y D) se presentan los porcentajes de mortalidad de *A. salina* expuesta a diferentes concentraciones de benzofenona a una temperatura 24 y 30°C y a 24 y 48h de exposición respectivamente. Los datos fueron empleados para

calcular los valores de CL50 a las diferentes condiciones ambientales evaluadas. La CL50 se calculó mediante regresión lineal para cada una de las concentraciones.





**Fig.3** Mortalidad de *Artemia salina* expuesta a benzofenona a (A) 24°C durante 24 h, (B), 24°C por 48 h, (C) 30°C por 24 h y (D) 30°C por 48 h.

En el cuadro 3 se presentan los valores de la fórmula de regresión, así como el valor de  $r^2$  para cada una de las condiciones evaluadas

de dicho contaminante. Para este contaminante, los valores de  $r^2$  fueron de 0.83 a 0.99.

**Cuadro 3.-** Ecuación de las regresiones para benzofenona

Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (h)	y- a + bx ( $R^2$ )
24	24	y = 127x - 99.445 ( $R^2 = 0.908$ ) y = 177.44x - 177.01 ( $R^2 = 0.8316$ ) y = 127.36x - 96.559 ( $R^2 = 0.9024$ )
	48	4) y = 108.1x - 55.742 ( $R^2 = 0.8516$ ) 5) y = 120.5x - 73.652 ( $R^2 = 0.8588$ ) 6) y = 120.51x - 72.309 ( $R^2 = 0.8948$ )
30	24	1) y = 126.16x - 73.132 ( $R^2 = 0.9559$ ) 2) y = 89.821x - 22.402 ( $R^2 = 0.8924$ ) 3) y = 96.816x - 34.295 ( $R^2 = 0.9316$ )
	48	4) y = 88.373x + 38.523 ( $R^2 = 0.9982$ ) 5) y = 79.707x + 36.941 ( $R^2 = 0.9415$ ) 6) y = 79.487x + 40.419 ( $R^2 = 0.9501$ )

Con el análisis factorial del efecto de la temperatura y el tiempo de exposición se observó que tanto la temperatura como el tiempo afectaron de manera significativa ( $P < 0.01$ ) la CL50 (Cuadro 4). Conforme se incrementa la temperatura el valor promedio de la CL50 pasa de un valor de 13.9 mg/L a 4.6 mg/L para 24 y 30 °C respectivamente; mien-

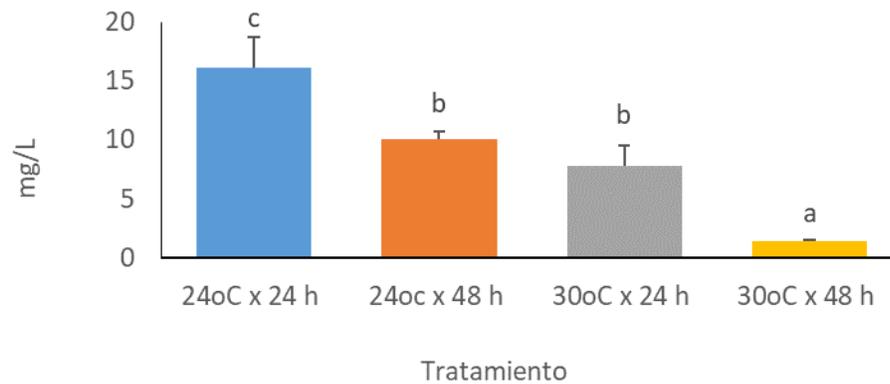
tras que para el factor tiempo de exposición los valores de CL50 pasaron de 11.9 mg/L a 5.7 mg/L a un tiempo de exposición de 24 y 48 h respectivamente. No se observan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la interacción de los parámetros evaluados

**Cuadro 4.-** Valor de la CL50 de la benzofenona a dos temperaturas y dos tiempos de exposición en *Artemia salina*

Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (h)	LC50 ( $\bar{x} \pm sd$ )
24	24	16.1±2.6
	48	10.1±0.6
	<b>Total</b>	13.1±3.7
30	24	7.8±1.7
	48	1.4±0.1
	<b>Total</b>	4.6±3.7
Total	24	12.0±4.9
	48	5.8±4.8
	<b>Total</b>	8.9±5.7
<b>Probabilidades análisis factorial</b>		
	Temperatura	0.000
	Tiempo de exposición	0.000
	Interacción	0.779

Al realizar el anova de los tratamientos evaluados se observa que la condición de 24°C por 24 h presenta el valor mayor de CL50 (16.1 mg/L), seguido de las condiciones de 24°C por 48 h y 30°C 24 h

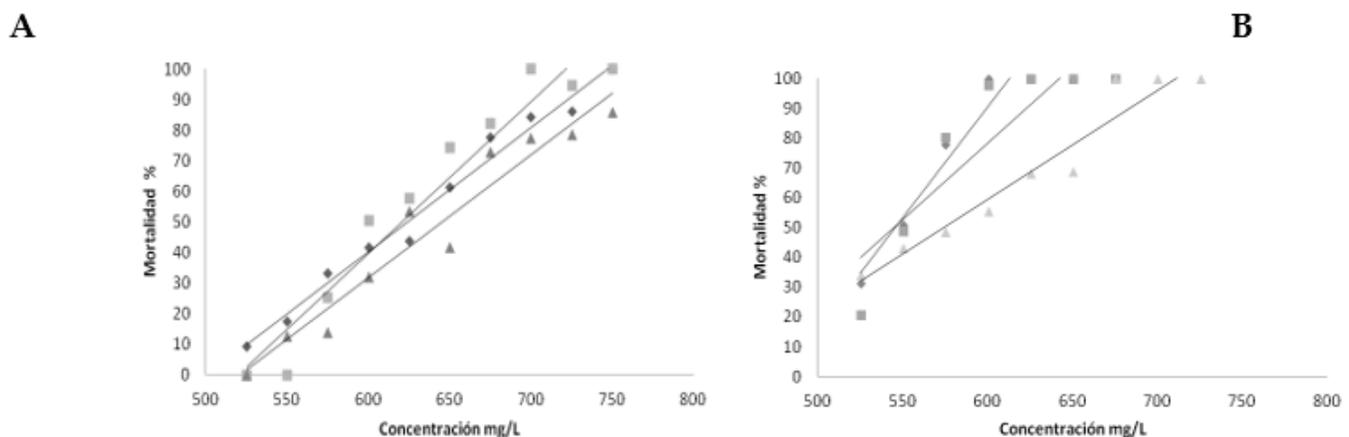
(10.1 y 7.8 mg/L respectivamente) y la condición de 30°C a 24 h de exposición presento la condición con mayor toxicidad con un valor de 1.4 mg/L (Figura 4).



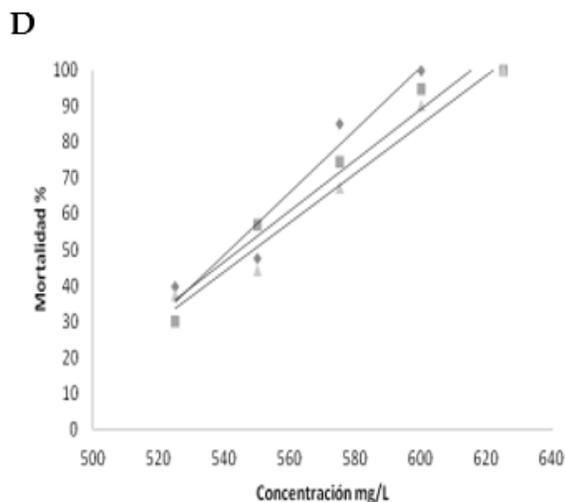
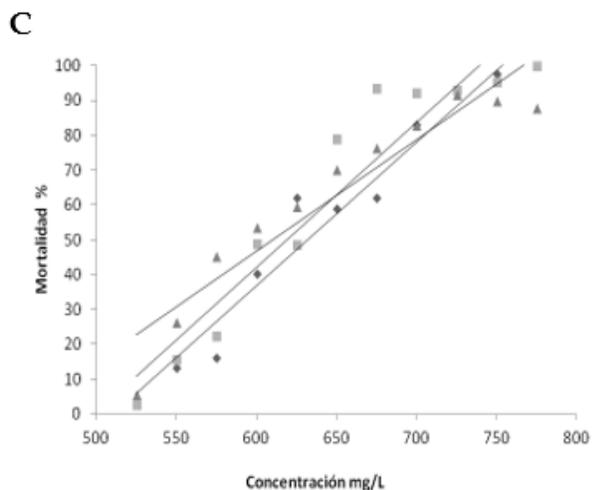
**Fig.4** Efecto de la presencia de benzofenona sobre los valores de CL50 en *Artemia salina* expuesta durante 24 y 48 h a una temperatura de 24 y 30°C.

En la figura 5 (A, B, C y D) se presentan los porcentajes de la mortalidad de *Artemia salina* al ser expuesta a diferentes concentraciones del antiinflamatorio naproxeno con diferentes condiciones de temperatura y tiempo de exposición. Los datos obtenidos fueron empleados para calcular los valores de CL50 para cada una de las condiciones evalua-

das. La CL50 se calculó mediante regresión lineal para cada una de las diferentes condiciones evaluadas. En el cuadro 12 se presentan los valores en base a la fórmula de regresión y los valores de  $r^2$  para cada una de las condiciones evaluadas, en el cual el valor de  $r^2$  se encontró entre los valores 0.92 a 0.97.



**Fig.5** Mortalidad de *Artemia salina* expuesta al compuesto naproxeno a (A) 24°C durante 24 h, (B), 24°C por 48 h, (C) 30°C por 24 h y (D) 30°C por 48 h.



En el cuadro 5 se presentan los valores en base a la fórmula de regresión y los valores de  $r^2$  para cada una de las condiciones evaluadas,

en el cual el valor de  $r^2$  se encontró entre los valores 0.92 a 0.97.

**Cuadro 5.-** Ecuación de las diferentes regresiones para naproxeno.

Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (h)	y- a + bx (R <sup>2</sup> )
24	24	y = 604.25x - 1615.9 (R <sup>2</sup> = 0.97839)
		y = 728.85x - 1957.1 (R <sup>2</sup> = 0.9522)
		y = 587.14x - 1576.9 (R <sup>2</sup> = 0.9481)
	48	4) y = 990.27x - 2624.1 (R <sup>2</sup> = 0.9479)
		5) y = 1102.2x - 2931.3 (R <sup>2</sup> = 0.9373)
		6) y = 522.42x - 1371.8 (R <sup>2</sup> = 0.9359)
30	24	1) y = 612.29x - 1641.6 (R <sup>2</sup> = 0.9587)
		2) y = 625.28x - 1671.8 (R <sup>2</sup> = 0.9335)
		3) y = 482.11x - 1274.5 (R <sup>2</sup> = 0.9271)
	48	4) y = 1123.8x - 2981.1 (R <sup>2</sup> = 0.938)
		5) y = 940.8x - 2490 (R <sup>2</sup> = 0.9671)
		6) y = 902.22x - 2388.5 (R <sup>2</sup> = 0.9679)

Mediante el análisis factorial realizado del efecto de la temperatura y el tiempo de exposición se observó que sólo el tiempo de exposición afectó de manera significativa ( $P < 0.01$ ) la CL50 (Cuadro 6). Conforme se incrementa el tiempo de exposición el valor promedio de la CL50 pasa de un valor de 572 mg/L a 506.4 mg/L para 24 y 30 °C respecti-

vamente.

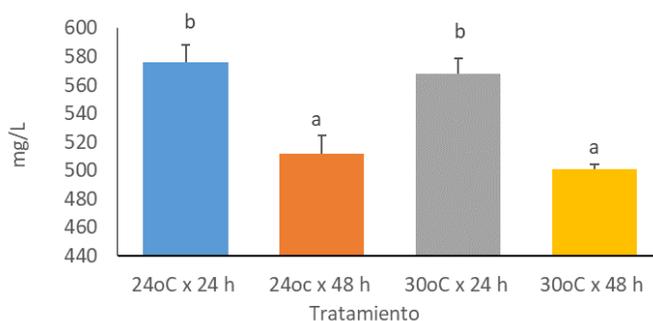
El factor temperatura no afectó de manera significativa los valores obtenidos, siendo estos de 544.0 y de 534.7 mg/L respectivamente. No se observan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la interacción de los parámetros temperatura y tiempo.

**Cuadro 6.-** Valor de la CL50 del naproxeno a dos temperaturas y dos tiempos de exposición en *Artemia salina*.

Temperatura (°C)	Tiempo de incubación (h)	LC50 (□±sd)
24	24	576.3±12.1
	48	511.7±13.2
	<b>Total</b>	544.0±37.1
30	24	568.3±10.2
	48	501.1±3.2
	<b>Total</b>	534.7±37.4
Total	24	572.3±10.9
	48	506.4±10.4
	<b>Total</b>	539.4±35.9
<b>Probabilidades análisis factorial</b>		
	Temperatura	0.163
	Tiempo de exposición	0.000
	Interacción	0.829

Al realizar el anova de los tratamientos evaluados se observa que las condiciones de 24°C a 24 h y de 30°C a 24 h presentaron un valor mayor de CL50 con valores de 576.3 mg/L y de 568.3 mg/L respectivamente, seguido de

las condiciones de 24°C a 48 h y de 30°C a 48 h donde las CL50 fueron de 511.7 y de 501.1 mg/L respectivamente (Figura 5).



**Fig.5** Efecto del compuesto naproxeno sobre los valores de CL50 en *Artemia salina* expuesta durante 24 y 48 h a una temperatura de 24 y 30°C.

## DISCUSIÓN

Los tintes para el cabello son, semi-permantes y permantes, siendo estos últimos los más empleados (85%) para los tintes de cabello alrededor del mundo (Hundari *et al.*, 2014; Zanoni *et al.*, 2015). El proceso de coloración se lleva a través de reacciones de oxidación, las cuales ocurren entre aminas aromáticas y son sustituidas por la p-fenilendiamina, el p-toluendiamina y algunos derivados aromáticos sustituidos con grupos amino e hidroxilo tales como el resorcino (Bessegato *et al.*, 2018). La p-fenilendiamina es un colorante empleado en la fabricación de tintes para el cabello y generalmente se ha relacionado con problemas de alergias por contacto en piel (Han *et al.*, 2018).

La toxicidad reportada por la presencia de p-fenilendiamina y la p-fenilentiaramina este compuesto se piensa que ocurre debido a que cuando se oxidan y reaccionan con otros compuestos forman compuestos con múltiples anillos (Bessegato *et al.*, 2018).

Los productos que se generan de la oxidación de la p-fenilendiamina son el cation radical diimina semibenzoquinona, el dimerico del catión radical diimina semibenzoquinona, diimina para-benzoquinona, para-benzoquinona, para-nitroanilina, 4-aminofenil formamida, 4,4'-diamino-azobenzeno, 2-(1,4-benzoquinona diimina)-1,4-benzoquinona diimina, 2-(4'-aminoaniline)-5-hidroxi1,4-benzoquinone diimina, 2-(4'-aminoaniline)-1,4-diaminobenzene, Bandrowski's base N',N'-bis-(4-aminofenil)-2,5-diamino-1,4-benzoquinona diimina (Meyer & Fischer, 2015). Existen muy pocos estudios donde se reporta la toxicidad de colorantes en organismos acuáticos, Pauli y Berger (2000) reportan un valor de LC50 2 mg/L para el ciliado *Tetrahymena pyriformis* expuesto por 24 h a 25°C.

La CL50 evaluada en microalgas y bacterias es a través de la determinación de la CL50 basada en la inhibición del crecimiento. Para la microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* y la bacteria *Vibrio fischeri* se reporta un valor de CL50 de 0.80 y 0.24 mg/L para un tiempo de exposición de 72 y 96 h respectivamente y de 37.5 mg/L a 30 min de exposición (hoja de seguridad para la p-fenilenediamina de Thermo Fischer, 2018)

En crustáceos como *Daphnia magna* los valores reportados van de >0.4 mg/L a 0.25-1.4 mg/L para un tiempo de exposición de 24 y 48 h (hoja de seguridad de Thermo Fisher; 2018)

En el presente estudio, los valores de CL50 de *Artemia* expuesta a este compuesto fueron afectadas por el tiempo de exposición, así como por la temperatura, los valores tienden a reducirse tanto por el tiempo de exposición como por la temperatura. Se ha reportado que en embriones de pez cebra expuestos a 250 µg/mL de p-fenilendiamina produce un aumento en la tasa cardiaca y edemas en el saco vitelino, mientras que la concentración de 500 µg/mL causa 100% de mortalidad después de 24 de exposición (Oh *et al.*, 2018).

Las sustancias reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés) son moléculas radicales y no radicales que son agentes oxidantes y/o son fácilmente convertidos a radicales libres (Avello & Suwalsky, 2006) y en organismos acuáticos que han sido sometidos a la presencia de contaminantes tales como p-fenilendiamina puede ocasionar un inbalance del estado redox en las células o tejidos en larvas de pez cebra y que al incluirse algunos compuestos activos tales como extractos de macroalga (5-7% de *E. cava*) se puede llegar a reducir la producción de ROS (Oh *et al.*, 2018). La producción de ROS es regulada por la actividad de enzimas antioxidantes, tales como la catalasa CAT, la superoxidodismutada (SOD) y el glutatión peroxidasa (GPx); donde la CAT y la GPx son las responsables de la desintoxicación de peróxidos, mientras la SOD es la responsable de proteger a los tejidos contra los radicales aniones superóxidos (Livingstone, 2001; Nunes *et al.*, 2006). Con el incremento del ROS también se alteran otros procesos tales como la peroxidación lipídica la cual resulta en un detrimento del sistema antioxidante en los organismos (Livingstone *et al.*, 1993). Estas modificaciones tanto en el aumento del ROS, alteración del sistema antioxidante y la generación de otras sustancias repercuten directamente sobre otros procesos tales como el sistema inmune, donde se ha visto que un incremento en el ROS ocasionado por un estrés a cambios de pH causa daño y mortalidad de los hemocitos en camarón *L.*

*vannamei* (Wang *et al.*, 2009). Es muy probable que las *Artemias* estén presentando un aumento en la cantidad de ROS las cuales estarían afectando el sistema antioxidante además de la generación de compuestos tóxicos provenientes de la oxidación de lípidos los cuales repercuten directamente sobre la sobrevivencia.

Por su parte la benzofenona es un compuesto aromático, cristalino e insoluble en agua, que actúa como filtro para las radiaciones UV (Brausch & Rand, 2011; Gago-Ferrero *et al.*, 2013). Los niveles de inclusión de este compuesto varían entre un 0.5 a 10%, aunque pueden llegar hasta una inclusión del 25% en algunos países (Fent *et al.*, 2006), se le atribuyen efectos como disrupción hormonal principalmente en peces, así como inhibición del crecimiento en algas, y uno de los problemas con mayor auge en la actualidad el blanqueamiento coralino, la degradación del compuesto oscila entre 1 y 10 días. Sin embargo, su liberación constante al medio ambiente por descarga de aguas residuales, lixiviados de los vertederos industriales, desechos de aguas de regaderas ó su introducción directa debido al turismo puede darles un carácter pseudo persistente (Badia-Fabregat *et al.*, 2012).

Los productos que se generan de la degradación de este compuesto son la 2,4-dihidroxibenzofenona, la 2,2'-dihidroxi-4-metoxibenzofenona, la 2,4-dihidroxibenzofenona, la 2,2'-dihidroxi-4-metoxibenzofenona y la 2, 3,4-trihidroxibenzofenona (Felix *et al.*, 1998).

Du *et al* (2017) reportan valores de CL50 de 2.98, 1.09 y 3.98 mg/L para la microalga *Chorella vulgaris*, el crustáceo *Daphnia magna* y el pez *Brachydanio rerio* expuestos a benzofenona-3 y de 201, 47.4 y 633 mg/L respectivamente cuando fueron expuestos a benzofenona-4. Tsui *et al* (2014) reportan valores de 1.67 mg/L para *Daphnia magna* y de la microalga *Desmodesmus subspicatus* de 1.67 y 0.96 mg/L después de 48 y 72 h de exposición respectivamente. Zhang *et al.* (2017) reporta valores de LC50 para bacterias tales como *Vibrio fishery*, *Salmonella typhimurium* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* después de un tiempo de exposición de 15 min, 2 y 24 h de 18.85, 10.6 y 0.48 mg/L. No se encontraron antecedentes para *Artemia salina*, sin embargo, los valores obtenidos de CL50 coinciden con los repor-

tados para otras especies.

Para contaminantes de uso farmacéutico fue evaluado el compuesto naproxeno el cual es uno de los antiinflamatorios no esteroides ampliamente utilizados a nivel mundial (Aus der Beek *et al.*, 2016) cuando este se degrada se generan el metabolito dismetil naproxeno y sus conjugados (Segre, 1975), los cuales no se eliminan de manera eficiente en los procesos de tratamientos de aguas residuales y agua purificada (Kibuye *et al.*, 2019).

Los valores reportados de la CL50 sobre el efecto de naproxeno en los renacuajos de rana temporaria varía de 115-218 mg/L, 143-164 mg/L y de 121-136 mg/L para un periodo de exposición de 48, 72 y 96 h a una temperatura de 21°C (Cory *et al.*, 2019).

Isidori *et al* (2005) reportan valores de CL50 para el rotífero *B. calyciflours*, el crustáceo *T. platyurus* y la pulga de agua *C. dubia*, para el naproxeno y su sal de 84 y 66 mg/L para el naproxeno, de 54, 43 y de 63 mg/L para la sal de naproxeno en *B. calyciflours*, *T. platyurus* y *C. dubia* respectivamente. Estos mismos autores determinaron la toxicidad de cuatro fotoproductos generados por la degradación de este compuesto y observan que la toxicidad de estos es mucho mayor que el naproxeno y su sal, los valores variaron entre 4.5 a 14.5 mg/L, de 5.3 a 4.0 y de 6.3 a 16.7 mg/L para *B. calyciflours*, *T. platyurus* y *C. dubia* respectivamente.

En el caso del microcrustáceo *Daphnia magna* se han reportado valores de CL50 de 101.2 mg/L. Cleuvers (2004) reporta valores de CL50 para el naproxeno de 166 y de 625 mg/L para el crustáceo *Daphnia magna* y del alga verde plantónica *D. subspicatus*, Kwak *et al* (2018) reportan un valor de CL50 para *D. magna* y *Moina macrocopa* de 85.3 y de 74.4 mg/L respectivamente después de 48 h de exposición. En el presente estudio los valores de la CL50 oscilaron entre 501 a 576 mg/L podría compararse con la CL50 mencionada por Calleja *et al.*, 1994 donde fue de 577mg/L en *Artemia salina* para el compuesto paracetamol, el cual se encuentra dentro de los AINEs mismo grupo al que pertenece el naproxeno. Sin embargo, estos valores están muy por encima de valores reportados para el naproxeno en crustáceos tales como *D. magna*, *T. platyurus*, *C. dubia* y

y *B. calyciflous* con valores menores a 84 mg/L. Estas diferencias pudieran estar ligadas a la sensibilidad de la especie para este compuesto. El aumento en la toxicidad del compuesto independientemente de la temperatura pudiera estar ligado a la generación de los metabolitos de este compuesto al degradarse a través del tiempo, donde se ha reportado que los metabolitos de naproxeno son más tóxicos que este y/o su sal (Isidori *et al.*, 2005).

De acuerdo con Du *et al* (2017) quienes reportan criterios de clasificación de prueba de toxicidad para poder clasificar su impacto en organismos acuáticos tales como algas, crustáceos y peces; indicando una toxicidad elevada cuando los valores de la CL50 fueron menores 1 mg/L, toxicidad alta cuando los valores de CL50 varían entre 1 a 10 mg/L, toxicidad media cuando los valores de CL50 oscilen entre 10-100 mg/L y toxicidad muy baja cuando los valores de CL50 fueran mayores a 100 mg/L.

## CONCLUSIÓN

La exposición a los compuestos p-fenilendiamina, benzofenona y naproxeno afecta la sobrevivencia de *A. Salina*.

Los parámetros evaluados temperatura y tiempo de exposición no tienen ninguna interacción significativa entre sí, sin embargo, ambos parámetros por su parte afectan la toxicidad de los compuestos. Una temperatura = o >30°C y un tiempo de exposición igual o mayor a 48h provoca que tanto el compuesto benzofenona como la p-fenilendiamina aumenten su toxicidad causando la muerte del 50% de la población de *A. salina*.

Mientras que para el compuesto naproxeno la temperatura no fue un factor determinante en el aumento del nivel de toxicidad, pero si el factor tiempo de exposición teniendo un incremento de toxicidad después de 48h de exposición, esto podría atribuirse al surgimiento de metabolitos más tóxicos debido a la degradación del compuesto. En el presente estudio se observó que para el caso de la p-fenilendiamina y el naproxeno el grado de toxicidad es bajo, mientras que para el caso de la benzofenona el grado de toxicidad observado fue de medio a alto, dependiendo de las condiciones de la

experimentación.

La importancia de conocer el efecto que tienen los CE en los organismos acuáticos radica en que los datos obtenidos son utilizados como indicadores ecológicos, permitiendo conocer el efecto que tendrá la presencia de estos compuestos para los organismos que habitan en el medio acuático e inclusive en la salud de los humanos.

Se sugieren nuevas investigaciones sobre el compuesto p-fenilendiamina y los efectos de este en organismos de prueba para el medio acuático, debido a la escasa información disponible actualmente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aus der Beek, T., Weber, F.-A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A., & Küster, A. (2016). Pharmaceuticals in the environment-Global occurrences and perspectives: Pharmaceuticals in the global environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(4), 823-835.
- Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea* (Concepción), (494).
- Badia-Fabregat, M., Rodríguez-Rodríguez, C, E., Gago-Ferrero, P., Olivares, A., Piña, B., Díaz-Cruz, M, S. & Caminal, G. (2012). Degradation of UV filters in sewage sludge and 4-MBC in liquid medium by the ligninolytic fungus *Trametes versicolor*. *Journal of Environmental Management*, 104, 114-120.
- Benítez, B, M, E & Lesmes, M, J, L. (2014). DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 (CL50) DE TRES INSECTICIDAS DE USO DOMÉSTICO CON EL MISMO PRINCIPIO ACTIVO. Universidad Santo Tomás Facultad de Ingeniería Ambiental Sitio web: <https://pdfs.semanticscholar.org/5c53/8186b5d1ccd7085b03aa5c996356d15ac03d.pdf> Acceso 01 Noviembre 2019.
- Brausch, J, M. & Rand, G, M. (2011). A review of personal care products in the aquatic environment: Environmental concentrations and toxicity. *Chemosphere*, 82(11), 1518-1532.

- Bessegato, G. G., D'Souza, J. C., Carvalho, D., Cardoso, M. V. (2018) Assessment of several advanced oxidation processes applied in the treatment of environmental concern constituents from a real hair dye wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Vol. 6, Issue 2, Pags 2794-2802
- Borowitz, J. L. & McLaughlin, J. L. (1999). Evidence for calcium channels in brine shrimp: Diltiazem protects shrimp against cadmium. In: *Bull. Environ. Contam. Toxicol. Prudue Univ., Sch Phar. And Pharm. Sci., USA*. 48: 435-440.
- Calleja MC, Persoone G, Geladi P 1994. Comparative acute toxicity of the first 50 Multicentre Evaluation of *in vitro* cytotoxicity chemicals to aquatic non-vertebrates. *Arch Environ Con Tox* 26: 69-78.
- Castillo, M. G. (2004). Ensayo de toxicidad crónica con *Selenastrum capricornutum*. En *Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones* (189pp). México: Gabriela Castillo, IMTA.
- Cegarra, J., Puente, P., & Valldeperas, J. (1992). *Fundamentos científicos y aplicados de la tinción de materias textiles*. Barcelona: Universidad Politécnica de Barcelona. 756pp.
- Cleuvers, M. (2004). Mixture toxicity of the anti-inflammatory drugs diclofenac, ibuprofen, naproxen, and acetylsalicylic acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(3), 309-315.
- Corbett JF and Menkart J (1973) Hair colouring. *Cutis* 12:190-193.
- Cory, W. C., Welch, A. M., Ramirez, J. N., & Rein, L. C. (2019). Naproxen and Its Phototransformation Products: Persistence and Ecotoxicity to Toad Tadpoles (*Anaxyrus terrestris*), Individually and in Mixtures. *Environmental Toxicology and Chemistry*
- Delbare, D., Lavens, P. & Soregloos, P. (1995). Clownfish as a Reference Model for Nutritional Experiments and Determination of Egg/larval Quality. *European Aquaculture Society, Trondheim, Norway*, 22-25pp.
- Du, Y., Wang, W.-Q., Pei, Z.-T., Ahmad, F., Xu, R.-R., Zhang, Y.-M., & Sun, L.-W. (2017). Acute Toxicity and Ecological Risk Assessment of Benzophenone-3 (BP-3) and Benzophenone-4 (BP-4) in Ultraviolet (UV)-Filters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(11), 1414.
- Fatope, M. O., Ibrahim, H., & Takeda, Y. (1993). Screening of Higher Plants Reputed as Pesticides Using the Brine Shrimp Lethality Assay. *International Journal of Pharmacognosy*, 31(4), 250-254.
- Fatope, M. O. (1995). Phytocompounds: Their Bioassay and Diversity. *Discov. Innov.* 7(3):229 - 236.
- Felix, T., Hall, B. J., & S. Brodbelt, J. (1998). Determination of benzophenone-3 and metabolites in water and human urine by solid-phase microextraction and quadrupole ion trap GC-MS. *Analytica Chimica Acta*, 371(2-3), 195-203.
- Fuentes, H., Rojas De Gascue, B., Rojas De Astudillo, L., Bucarito, J. & Prin, J. L. (2011). Distribución, comportamiento y toxicidad de metales pesados en el agua de poro de los sedimentos superficiales del Saco del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27:5-17.
- Gago-Ferrero, P., Alonso, M. B., Bertozzi, C. P., Marigo, J., Barbosa, L., Cremer, M. & Barceló, D. (2013). First Determination of UV Filters in Marine Mammals. Octocrylene Levels in Franciscana Dolphins. *Environmental Science & Technology*, 47(11), 5619-5625.
- Haman, C., Dauchy, X., Rosin, C. & Muñoz, J.-F. (2015). Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. *Water Research*, 68, 1-11.
- Han, J. H., Lee, H. J., Bang, C. H., Lee, J. H., Park, Y. M., & Lee, J. Y. (2018). P-Phenylenediamine Hair Dye Allergy and Its Clinical Characteristics. *Annals of Dermatology*, 30(3), 316.
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Parrella, A., Previtera, L., & Rubino, M. (2005). Ecotoxicity of naproxen and its phototransformation products. *Science of The Total Environment*, 348(1-3), 93-101.
- Kibuye, F. A., Gall, H. E., Elkin, K. R., Swistock, B., Veith, T. L., Watson, J. E., & Elliott, H. A. (2019). Occurrence, Concentrations, and Risks of Pharmaceutical Compounds in Private Wells in Central Pennsylvania. *Journal of Environment Quality*, 48(4), 1057.

- Kwak, K., Ji, K., Kho, Y., Kim, P., Lee, J., Ryu, J., & Choi, K. (2018). Chronic toxicity and endocrine disruption of naproxen in freshwater waterfleas and fish, and steroidogenic alteration using H295R cell assay. *Chemosphere*, 204, 156–162.
- Libralato, G. (2014). The case of *Artemia* spp. In nanoecotoxicology. *Marine Environmental Research*, 101, 38–43.
- Livingstone DR (2001) Contaminated-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Mar Pollut Bull* 42:656–666.
- Livingstone DR, Lemaire P, Matthews A, Peters L, Bucke D, Law RJ (1993) Pro-oxidant, anti-oxidant and 7-ethoxyresorufin O-deethylase (EROD) activity responses in liver of dab (*Limanda limanda*) exposed to sediment contaminated with hydrocarbons and other chemicals. *Mar Pollut Bull* 26:602–606.
- Lu, Y., & Yu, J. (2019). A Well-Established Method for the Rapid Assessment of Toxicity Using *Artemia* spp. Model. In *Hazardous Wastes*.
- McEachran, A. D., Shea, D., Bodnar, W., & Nichols, E. G. (2016). Pharmaceutical occurrence in groundwater and surface waters in forests land-applied with municipal wastewater: Pharmaceuticals and municipal wastewater land application. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(4), 898–905.
- McLaughlin, J. L., Rogers, L. L., & Anderson, J. E. (1998). The Use of Biological Assays to Evaluate Botanicals. *Drug Information Journal*, 32(2), 513–524.
- Mohamed, A., Salama, A., Nasser, W. S., & Uheida, A. (2018). Photodegradation of Ibuprofen, Cetirizine, and Naproxen by PAN-MWCNT/TiO<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub> nanofiber membrane under UV light irradiation. *Environmental Sciences Europe*, 30(1), 47.
- Nunes, B., Carvalho, F., & Guilhermino, L. (2006). Effects of widely used pharmaceuticals and a detergent on oxidative stress biomarkers of the crustacean *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere*, 62(4), 581–594.
- Oh, J.-Y., Ryu, B., Yang, H.-W., Kim, E.-A., Lee, J.-S., & Jeon, Y.J. (2019). Protective effects of *Ecklonia cava* extract on the toxicity and oxidative stress induced by hair dye in vitro and in vivo models. *Journal of Oceanology and Limnology*.
- Pauli W, Berger S. 2000. A new Toxkit microbio-test with the protozoan ciliate *Tetrahymena*. In: Persoone G, Janssen C, DeCoen W, editors. *New microbio-tests for routine toxicity screen-ing and biomonitoring*. New York, NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers. p 169–176.
- Qurie, M., Khamis, M., Malek, F., Nir, S., Bufo, S. A., Abbadi, J. & Karaman, R. (2015). Stability and Removal of Naproxen and Its Metabolite by Advanced Membrane Wastewater Treatment Plant and Micelle-Clay Complex: Removal of Naproxen from Wastewater. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 42 (5), 594–600.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., & Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: A critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77(3), 247–255.
- Santibañez, V, S. (2014). DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE DICLOFENACO, IBUPROFENO Y SU MEZCLA, A TEMPERATURA AMBIENTE. UAEM UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO Sitio web: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14484/421048.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acceso 02 Octubre 2019.
- Serrano, C., Ortega, T. & Villar, A. (1996). Biological activity of traditional medicines from Spain and Guatemala. *Artemia salina* Bioassays: A revision. *Phytotherapy Res.* 10:S118-S120.
- Ternes, T. A., Joss, A., & Siegrist, H. (2004). Scrutinizing pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment. *Environmental Science & Technology*, 38(20), 392A–399A.
- Tsui, M.M.P.; Leung, H.W.; Wai, T.C.; Yamashita, N.; Taniyasu, S.; Liu, W.; Lam, P.K.S.; Murphy, M.B. Occurrence, distribution and ecological risk assessment of multiple classes of UV filters in surface waters from different countries. *Water Res.* 2014, 67, 55–65.

- Varó, I., Serrano, R., Navarro, J. C., López, F. J. & Amat, F. (1998). Acute Lethal Toxicity of the Organophosphorus Pesticide Chlorpyrifos to Different Species and Strains of *Artemia*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(6), 778-785.
- Vieno, N. M., Tuhkanen, T., & Kronberg, L. (2005). Seasonal Variation in the Occurrence of Pharmaceuticals in Effluents from a Sewage Treatment Plant and in the Recipient Water. *Environmental Science & Technology*, 39 (21), 8220-8226.
- Wang, W.-N., Zhou, J., Wang, P., Tian, T.-T., Zheng, Y., Liu, Y., Wang, A. L. (2009). Oxidative stress, DNA damage and antioxidant enzyme gene expression in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* when exposed to acute pH stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 150(4), 428-435.



**Composición específica de la ictiofauna desembarcada en la pesca de pequeña escala de bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México.**

**Specific composition of the ichthyofauna landed in the small-scale fisheries of Banderas bay, Nayarit-Jalisco, Mexico.**

Carlos Gerardo Torres Nuñez<sup>1\*</sup>, Myrna Leticia Bravo Olivas<sup>2</sup>, Jesús Alberto Moreno López<sup>2</sup>, Noreli Gómez Morales<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Comunidad y Biodiversidad. \* [ctorresnuñez0@gmail.com](mailto:ctorresnuñez0@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

**Recibido:** 15/11/2023

**Aprobado:** 15/12/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i18.126

**RESUMEN**

La pesca de pequeña escala que opera en la costa de bahía de Banderas es multiespecífica y cuenta con cambios en su composición en función a la estacionalidad y disponibilidad del recurso. Por ende, el presente trabajo caracteriza la composición específica de los recursos aprovechados para complementar los listados taxonómicos ya disponibles en la región. Se realizaron muestreos mensuales de las capturas desembarcadas en seis cooperativas pesqueras. En total se identificaron 63 especies distribuidas en 24 familias. Carangidae, Haemulidae y Lutjanidae fueron las familias más representativas. El grupo de los pargos y jureles aportaron el 50% de la biomasa, se definieron ocho especies de primera y once de segunda para el mercado local, finalmente, *L. guttatus* tuvo presencia en todos los meses de muestreo.

**Palabras clave:** Peces de Importancia comercial, Cooperativas pesqueras, Pesca artesanal.

**ABSTRACT**

The small-scale fishing that operates on the coast of Banderas Bay is multispecific and has changes in its composition depending on the seasonality and availability of the resource. Therefore, the present work characterizes the specific composition of the

resources used to complement the taxonomic lists already available in the region. Monthly sampling of catches landed in six fishing cooperatives were carried out. A total of 63 species were identified in 24 families. Carangidae, Haemulidae and Lutjanidae were the most representative families. The group of snappers and jacks contributed 50% of the biomass, eight first and eleven second species were defined for the local market, finally, *L. guttatus* was present in all the months of sampling.

**Key words:** Commercially important fish, Fishing cooperatives, Artisanal fisheries.

**INTRODUCCIÓN**

En toda actividad extractiva relacionada con recursos naturales el conocimiento básico de las especies explotadas es indispensable (Espino Barr et al., 2004). Por ende, los listados de especies con diferentes aplicaciones son útiles para proporcionar información apropiada sobre su diversidad, área de extracción, estimación sobre su abundancia, objeto de interés, distribución, etc., (Aguilar-Palomino et al., 2001; Espino Barr et al., 2003).

La bahía de Banderas se caracteriza por albergar una gran cantidad de especies con diversos intereses, ya sea científicos, recreativos o comerciales (Moncayo Estrada et al., 2006). Cuenta con actividad pesquera que se lleva a cabo a lo largo de todo el año, teniendo cambios en la composición de la captura en función de la estacionalidad y periodos de pesca (Luna Raya et al., 2021). Teniendo como principal soporte de la pesca, al recurso escama capturado por red agallera, línea de mano, atarraya y chinchorro.

Por lo antes mencionado, el objetivo del trabajo fue brindar un listado taxonómico que ayude a complementar los listados de García Rivera (2006) y Malcolm et al., (2021) sobre las especies que conforman el stock de peces en la captura ribereña de bahía de Banderas y destacar su importancia a nivel regional.

**MÉTODOS**

**Área de estudio**

Bahía de Banderas se localiza en el Pacífico central mexicano, ubicada específicamente en la parte sur

del estado de Nayarit y norte de Jalisco. El cuerpo de agua cuenta con una línea costera de 75 km y se ve influenciada por diversos ríos que desembocan en su interior, así mismo, cuenta con mareas mixtas

y una plataforma continental angosta (Malcolm et al., 2021; Moncayo Estrada et al., 2006; Sánchez González, 2000) (Fig. 1).

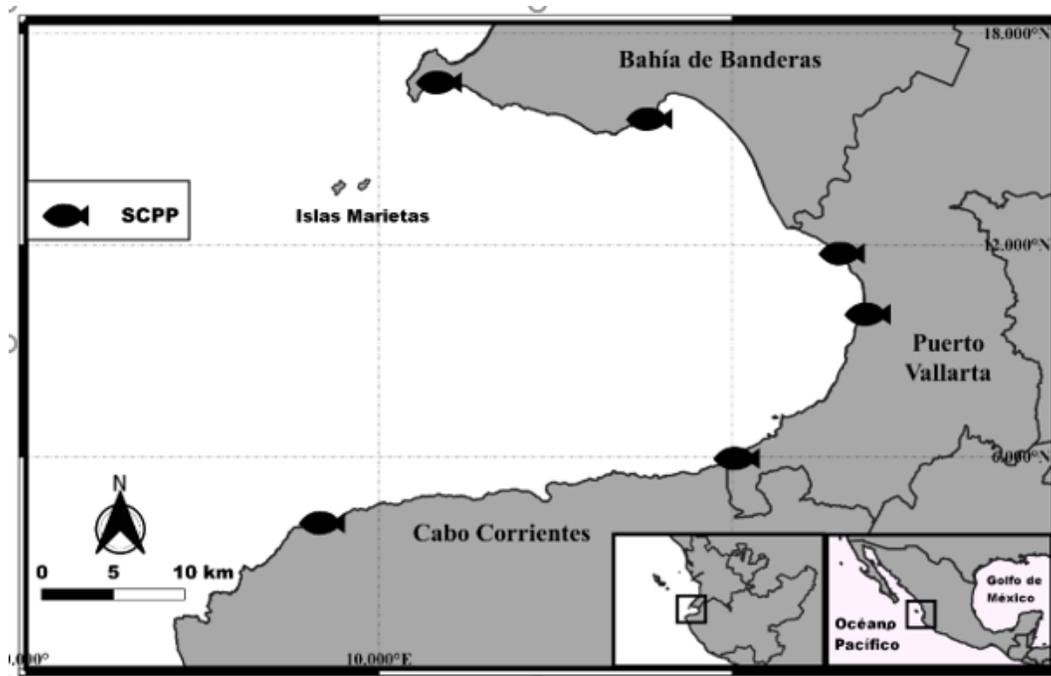


Figura 1. Localización del área de estudio

### Colecta y análisis de la información

Se realizaron muestreos mensuales en un periodo de un año (julio de 2017 a junio de 2018) en seis sociedades cooperativas de producción pesquera (SCPP), las cuales fueron seleccionadas de acuerdo con su antigüedad y número de pescadores. Se solicitó permiso para examinar e identificar los organismos desembarcados o exhibidos para su venta *in situ*. Los organismos que no se lograron identificar fueron fotografiados y si era posible fueron llevados al laboratorio de pesquerías del Centro Universitario de la Costa para realizar su correcta clasificación.

Al igual, se realizaron registros biométricos de las capturas tales como longitud total (LT) y longitud patrón (LP) utilizando un ictiómetro de 60 cm de longitud y para el registro de peso eviscerado (PE), se utilizó una balanza electrónica con capacidad de 5,000 g. Se definió la categoría comercial de cada especie a nivel local mediante una cuesta realizada a los presidentes de cada SCPP.

La identificación de los individuos fue confirmada con claves especializadas (Allen & Robertson, 1998; Last et al., 2016), guías de la región (Espino Barr et al., 2004; Ulloa Ramírez et al., 2008) y mediante el uso de la plataforma Fishbase (Froese & Pauly, 2022). Finalmente, el arreglo taxonómico fue realizado de acuerdo con (Nelson et al., 2016)

### RESULTADOS

Se muestrearon un total de 1,486 organismos de peces capturados en la pesca comercial. Se identificaron 24 familias y 63 especies distribuidas en 43 géneros (Tabla 1). Las familias con mayor representatividad de especies fue Carangidae, (11), Haemulidae (10) y Lutjanidae (9).

Se registró un total de 690 kg de PE, la especie que mayor aporte tuvo a la biomasa fue *Lutjanus peru* (83.1 kg), *L. guttatus* (82.7 kg) y *L. argentiventris* (52.8 kg) representando el 32% de la biomasa total (Fig. 2).

## Composición de la ictiofauna en la pesca de pequeña escala de Bahía de Banderas

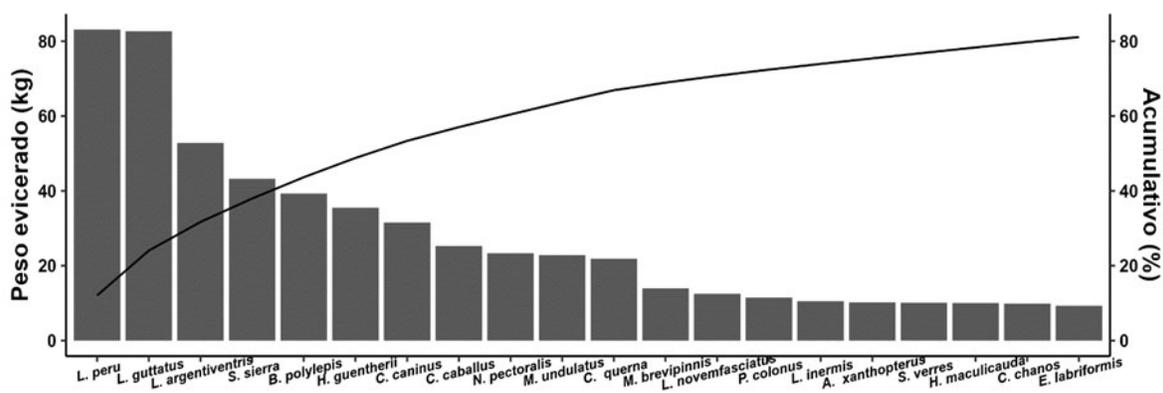


Figura 2. Especies con mayor aporte en las capturas desembarcadas

Tabla 1. Composición específica de las capturas desembarcadas.

Familia	Especie	LT (cm)	PE (kg)	Categoría comercial
Rhinobatidae	<i>Pseudobatos glaucostigma</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	63-70	2.1	2 <sup>a</sup>
Elopidae	<i>Elops affinis</i> Regan, 1909	42-54	2.3	3 <sup>a</sup>
Chanidae	<i>Chanos chanos</i> (Forsskäl, 1775)	50-107	9.9	3 <sup>a</sup>
Ariidae	<i>Ariopsis seemanni</i> (Günther, 1864)	78-85	6.2	2 <sup>a</sup>
Polynemidae	<i>Polydactylus opercularis</i> (Gill, 1863)	27-36.6	1.4	2 <sup>a</sup>
	<i>Polydactylus approximans</i> (Lay & Bennett, 1839)	26.5-34	1.1	2 <sup>a</sup>
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	36.7	0.4	2 <sup>a</sup>
Nematistiidae	<i>Nematistius pectoralis</i> Gill, 1862	28-91.6	23.4	2 <sup>a*</sup>
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	64.9-127	1.1	1 <sup>a</sup>
Carangidae	<i>Alectis ciliaris</i> (Bloch, 1787)	24-37	0.8	2 <sup>a</sup>
	<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868	21-46	25.3	3 <sup>a</sup>
	<i>Caranx caninus</i> Günther, 1867	22-78	31.5	3 <sup>a</sup>
	<i>Carangoides otrynter</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	16-43	3.5	2 <sup>a*</sup>
	<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard, 1825	21-31	3.1	3 <sup>a</sup>
	<i>Caranx vinctus</i> Jordan & Gilbert, 1882	27.2-32	1	3 <sup>a</sup>
	<i>Selene brevoortii</i> (Gill, 1863)	17.4-27	4	3 <sup>a</sup>
	<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	17.5-73	4.5	3 <sup>a</sup>
	<i>Seriola peruana</i> Steindachner, 1881	34-36	1.9	2 <sup>a</sup>
	<i>Seriola rivoliana</i> Valenciennes, 1833	75	4.1	1 <sup>a</sup>
	<i>Trachinotus rhodopus</i> Gill, 1863	22.2-38	4.3	2 <sup>a</sup>

Paralichthyidae				
	<i>Cyclopsetta querna</i> (Jordan & Bollman, 1890)	14-43	21.9	2a*
	<i>Cyclopsetta panamensis</i> (Steindachner, 1876)	23-43	4.1	2a*
Scombridae				
	<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	48-57	7.3	3a
	<i>Sarda orientalis</i> (Temminck & Schlegel, 1844)	33.3-57	8.4	3a
	<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	21	0.1	-
	<i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks, 1895	34.5-64	43.2	2a*
Scaridae				
	<i>Scarus ghobban</i> Forsskål, 1775	36	0.9	2a*
Gerreidae				
	<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	27-31.7	0.8	2a
Mullidae				
	<i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill, 1862)	24-27	0.4	2a
Serranidae				
	<i>Cephalopholis panamensis</i> (Steindachner, 1876)	26-29	1	2a
	<i>Epinephelus labriformis</i> (Jenyns, 1840)	22-35	9.3	2a
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)	23-43.5	5.7	2a
	<i>Paranthias colonus</i> (Valenciennes, 1846)	23-35	11.5	2a
Haemulidae				
	<i>Genyatremus dovii</i> (Günther, 1864)	18-32.5	4.1	2a*
	<i>Anisotremus interruptus</i> (Gill, 1862)	37-56.5	3.7	2a
	<i>Haemulon flaviguttatum</i> Gill, 1862	17-36	3.8	2a
	<i>Haemulon maculicauda</i> (Gill, 1862)	19-35.3	10.1	2a
	<i>Haemulon scudderii</i> Gill, 1862	19-28.5	0.4	2a
	<i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill, 1862	21.2-56	7.1	2a*
	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	22-27	0.9	2a*
	<i>Microlepidotus brevipinnis</i> (Steindachner, 1869)	21-34	14	2a
	<i>Haemulopsis leuciscus</i> (Günther, 1864)	22-36.5	4.5	2a
	<i>Orthopristis chalceus</i> (Günther, 1864)	27-43	1.5	2a
	<i>Rhencus panamensis</i> (Steindachner, 1876)	27.5-46	7.8	2a
Lutjanidae				
	<i>Hoplopagrus guentherii</i> Gill, 1862	19-52	35.5	2a
	<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	24-51.5	52.9	1a
	<i>Lutjanus colorado</i> Jordan & Gilbert, 1882	42.1-49	3.7	1a
	<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)	23.4-54	82.7	1a
	<i>Lutjanus inermis</i> (Peters, 1869)	27-38.5	10.5	2a*
	<i>Lutjanus jordani</i> (Gilbert, 1898)	57-64	7.3	1a

## Composición de la ictiofauna en la pesca de pequeña escala de Bahía de Banderas

	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> Gill, 1862	57.2-80	12.5	1 <sup>a</sup>
	<i>Lutjanus peru</i> (Nichols & Murphy, 1922)	24-77	83.1	1 <sup>a</sup>
	<i>Lutjanus viridis</i> (Valenciennes, 1846)	26-26.7	0.6	2 <sup>a</sup>
Ephippidae	<i>Parapsettus panamensis</i> (Steindachner, 1876)	19.5-24	5.3	2 <sup>a</sup>
Sciaenidae	<i>Cynoscion reticulatus</i> (Günther, 1864)	25-26.5	0.7	2 <sup>a</sup>
	<i>Menticirrhus undulatus</i> (Girard, 1854)	34-68.5	22.8	2 <sup>a</sup>
	<i>Umbrina bussingi</i> López S., 1980	20.5-31	2.6	2 <sup>a</sup>
	<i>Umbrina xanti</i> Gill, 1862	24.3-29	0.5	2 <sup>a</sup>
Acanthuridae	<i>Acanthurus xanthopterus</i> Valenciennes, 1835	25-58	10.2	2 <sup>a*</sup>
	<i>Prionurus punctatus</i> Gill, 1862	31-33.5	1.8	2 <sup>a</sup>
Sparidae	<i>Calamus brachysomus</i> (Lockington, 1880)	19-43	3.7	2 <sup>a</sup>
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876	25.5-50	39.3	2 <sup>a</sup>
	<i>Sufflamen verres</i> (Gilbert & Starks, 1904)	26-38	10.1	2 <sup>a</sup>

\* Especies de segunda especial.

De acuerdo con su importancia en el mercado local, fueron descritas 8 especies de primera categoría, 11 especies como segunda especial, 33 como segunda, 10 clasificados en tercera y 1 especie sin categoría (Tabla 1). Los meses de enero y julio fueron los que mayor riqueza de especies se registra-

ron, mientras que enero y marzo tuvieron los registros de biomasa más elevados (Fig. 3). La especie *L. guttatus* fue la única especie con presencia durante los 12 meses de muestreos, seguido por *L. peru*, *L. argentiventris*, *C. caballus* y *C. caninus* con presencia en 10 meses (Tabla 2).

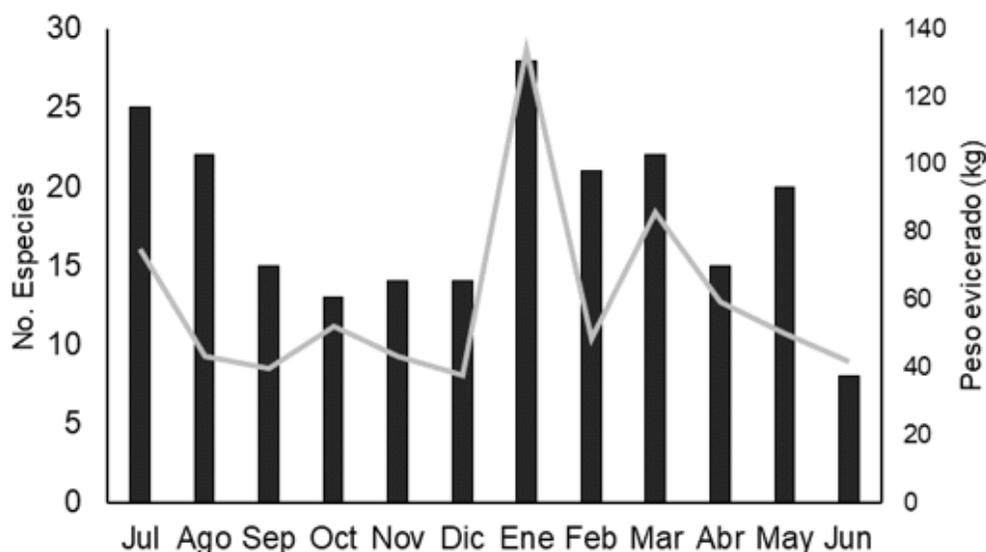
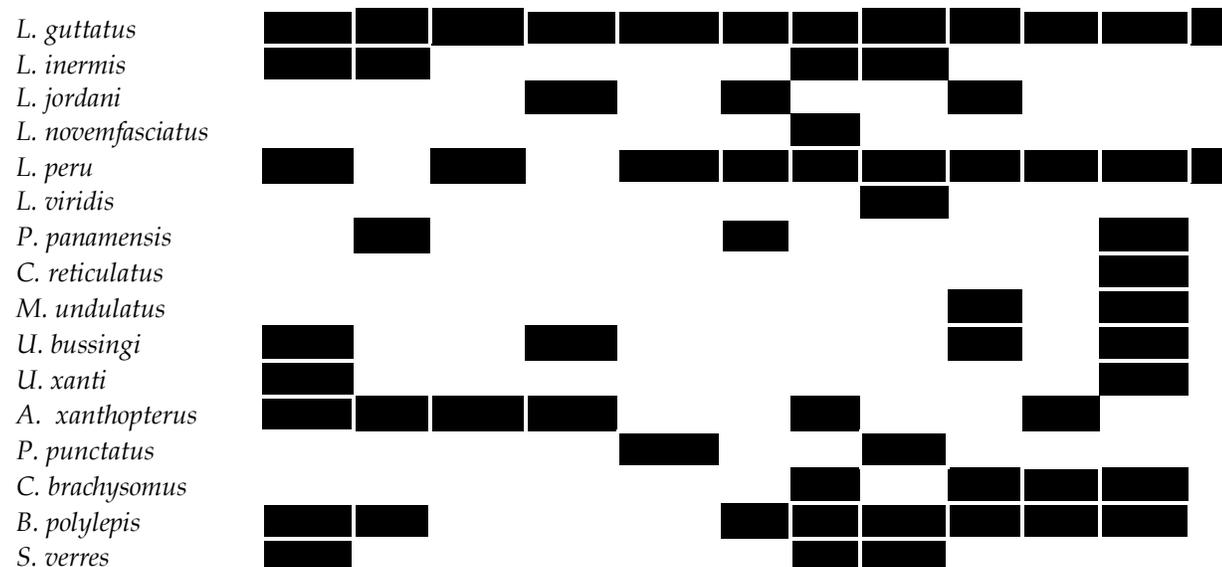


Figura 3. Relación número de especies y PE mensual

Tabla 2. Presencia mensual de las especies en la captura comercial de Bahía de Banderas.

Especie	2017						2018					
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<i>P. glaucostigma</i>							■			■		
<i>E. affinis</i>								■				■
<i>C. chanos</i>	■								■			
<i>A. seemanni</i>							■					
<i>P. opercularis</i>							■	■				
<i>P. approximans</i>							■	■	■			
<i>M. cephalus</i>						■						
<i>N. pectoralis</i>	■	■	■	■	■				■		■	
<i>C. hippurus</i>							■				■	
<i>A. ciliaris</i>		■						■				
<i>C. caballus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■
<i>C. caninus</i>	■	■	■	■	■	■	■		■		■	■
<i>C. otrynter</i>		■		■			■					
<i>C. sexfasciatus</i>		■	■	■								
<i>C. vinctus</i>							■	■	■			
<i>S. brevoortii</i>		■	■				■		■			
<i>S. peruoiana</i>	■						■					
<i>S. peruana</i>									■			
<i>S. rivoliana</i>									■			
<i>T. rhodopus</i>	■	■	■			■	■	■	■			
<i>C. querna</i>									■	■	■	
<i>C. panamensis</i>	■		■			■						
<i>A. thazard</i>						■						
<i>S. orientalis</i>								■		■		
<i>S. japonicus</i>	■											
<i>S. sierra</i>	■	■	■	■				■	■	■		■
<i>S. ghobban</i>	■										■	
<i>E. argenteus</i>		■			■							
<i>M. dentatus</i>										■		
<i>C. panamensis</i>	■											
<i>E. labriformis</i>	■	■			■		■	■	■	■		
<i>P. maculatofasciatus</i>							■		■	■		
<i>P. colonus</i>	■	■					■	■				
<i>G. dovii</i>		■									■	
<i>A. interruptus</i>							■				■	
<i>H. flaviguttatum</i>			■									
<i>H. maculicauda</i>	■	■	■			■						
<i>H. scudderii</i>	■						■					
<i>H. sexfasciatum</i>					■			■	■			
<i>H. steindachneri</i>					■							
<i>M. brevipinnis</i>					■		■		■		■	
<i>H. leuciscus</i>											■	■
<i>O. chalceus</i>					■							
<i>R. panamensis</i>		■		■				■				
<i>H. guentherii</i>	■	■		■	■	■	■	■		■		
<i>L. argentiventris</i>	■		■	■	■	■	■	■	■	■		
<i>L. colorado</i>			■									

## Composición de la ictiofauna en la pesca de pequeña escala de Bahía de Banderas



### DISCUSIÓN

Por lo general, la presencia o ausencia de comunidades de peces e invertebrados en el entorno marino está vinculada a patrones migratorios asociados con la búsqueda de refugio, alimentación e incluso procesos reproductivos. Así mismo, las variaciones a lo largo del tiempo en los parámetros ambientales, como la temperatura, salinidad y nivel de oxígeno disuelto, también afectan su aparición.

Durante las últimas dos décadas, según la mayoría de los investigadores, ha habido una disminución en la cantidad de peces capturados a nivel mundial. No obstante, es importante destacar que una menor captura en comparación con registros anteriores no necesariamente indica una reducción en la población de peces. En la bahía de Banderas, los pescadores sostienen que han experimentado una disminución en los recursos, la cual relacionan con capturas más escasas. Aunque esta percepción no se refleja en sus registros de capturas de los últimos 20 años, se destaca que el esfuerzo pesquero ha aumentado significativamente en la región (Bravo Olivas, 2014).

El análisis de la composición específica de las capturas en la bahía, revela que un reducido conjunto de especies desempeña un papel significativo en la cantidad total capturada. En este contexto, las especies más destacadas por su contribución en términos biomasa son *Lutjanus peru*, *L. guttatus* y *L. argentiventris*, *S. sierra*, *Balistes polylepis*, *Hoplopagrus guentherii*, *C. caninus* y *C. caballus*, que aportan aproximadamente el 50% de la biomasa total. En las regiones tropicales

y subtropicales, aunque la diversidad de especies es elevada, las extensiones geográficas son más limitadas (Stevens, 1989). Por lo tanto, a pesar de que estas áreas cuentan con un mayor número de poblaciones de peces, la población de cada una es menor, lo que predomina en pesquerías de pequeña escala (Mahon, 1997). Además, el proceso de captura implica el descarte de recursos no comercialmente importantes, lo que significa que el desembarque no refleja completamente la totalidad de la captura.

En general, las especies, tamaños y pesos registrados en la bahía, son similares a los encontrados en el área del Pacífico central (Amezcuca Linares, 2008; Bravo Olivas, 2014; Espino Barr, 2000; Espino Barr et al., 2003, 2004; Lucano-Ramírez et al., 1996; Moncayo Estrada et al., 2006; Rojo-Vázquez et al., 2001; Torres Núñez, 2019; Ulloa Ramírez et al., 2008). La zona costera de Jalisco y Nayarit, está catalogada como la región pesquera 77 según la FAO, siendo en su mayoría aguas tropicales y caracterizándose por una alta diversidad de especies, conocida como Provincia Panameña. Muchas de las especies son compartidas entre México, Centroamérica, Colombia, Ecuador y el norte de Perú (Chirichigno et al., 1982). La amplia distribución de especies en esta región se ve facilitada por la disposición longitudinal relativamente sencilla y recta de la línea costera, así como por la estrecha y continua plataforma continental, con escasas islas oceánicas y formaciones de arrecifes de coral (Palacios Salgado, 2011).

## CONCLUSIONES

El listado taxonómico de peces comerciales en la bahía de Banderas está compuesto por 63 especies, representadas en 24 familias y 43 géneros.

Las familias mejor representadas son Carángidae y Haemulidae, mientras que las especies *Lutjanus peru*, *Lutjanus guttatus* y *Lutjanus argentiventris*, *Scomberomorus sierra*, *Balistes polylepis*, *Hoplopagrus guentherii*, *Caranx caninus* y *Caranx caballus* aportan alrededor del 50% de la biomasa total de las capturas en la bahía.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Palomino, B., Pérez Reyes, C., Galván-Magaña, F., & Abitia-Cardenas, L. A. (2001). Ictiofauna de la Bahía de Navidad, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 173–190.
- Allen, G. R., & Robertson, D. R. (1998). *Peces del Pacífico oriental tropical* (University of Hawaii Press (Ed.); 2a ed., Vol. 2). Agrupación Sierra Madre y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Amezcuca Linares, F. (2008). *Peces demersales del Pacífico de México* (U. N. A. de M. I. de C. del M. y Limnología (Ed.)).
- Bravo Olivas, M. (2014). *Huella ecológica de las pesquerías ribereñas en la costa de Jalisco*. Universidad de Guadalajara.
- Chirichigno, N., Fischer, W., & Nauen, C. E. (1982). *Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte 2. Pacífico Centro y Sudoriental*. FAO.
- Espino Barr, E. (2000). *Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, México*. Universidad de Colima.
- Espino Barr, E., Cabral Solís, E., Garcia Boa, A., & Puente Gómez, M. (2004). *Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México* (Primera ed). Instituto Nacional de Pesca.
- Espino Barr, E., Cruz Romero, M., & Garcia Boa, A. (2003). *Peces Marinos con Valor Comercial de la Costa de Colima, México* (Primera ed).
- Froese, R., & Pauly, D. (2022). *FishBase*. <https://www.fishbase.se/search.php>
- García Rivera, L. M. (2006). *Caracterización ictiológica de Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit, México*. Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas.
- Last, P. R., White, W. T., de Carvalho, M. R., Seret, B., Stehmann, M., & Naylor, G. J. P. (Eds.). (2016). *Rays of the World*. CSIRO Publishing. <https://doi.org/10.1071/9780643109148>
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., Aguilar-Palomino, B., & Rojo-Vázquez, J. A. (1996). Listado de las especies de peces de la región costera de Jalisco y Colima, México. *Ciencia y Mar*, 5(15), 13–20.
- Luna Raya, M. C., de la Cruz González, F. J., Rodríguez Preciado, J. A., Pérez Velázquez, P. A., & Mejía Echegaray, Y. (2021). *Pescadores de Bahía de Banderas. Forjadores de una nueva historia*.
- Mahon, R. (1997). Does fisheries science serve the needs of managers of small stocks in developing countries? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(9), 2207–2213. <https://doi.org/10.1139/f97-112>
- Malcolm, C. D., Olivas, M. L. B., & Dagostino, R. M. C. (2021). Reported capture, fishery perceptions, and attitudes toward fisheries management of urban and rural artisanal, small-scale fishers along the Bahía de Banderas coast, Mexico. *Environmental Challenges*, 4 (March), 100110. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100110>
- Moncayo Estrada, R., Castro Aguirre, J. L., & Cruz Agüero, J. de la. (2006). Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de Banderas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 67–80.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World*. En J. S. Nelson, T. C. Grande, & M. V. H. Wilson (Eds.), *Fishes of the World: Fifth Edition* (Fifth). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119174844>
- Palacios Salgado, D. S. (2011). *Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del Pacífico Mexicano*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Rojo-Vázquez, J. A., Aguilar-Palomino, B., Galván-Piña, V. H., Godínez-Domínguez, E., Hernández-Vázquez, S., Ruiz-Ramírez, S., & Lucano-Ramírez, G. (2001). Ictiofauna de la pesquería ribereña en Bahía de Navidad, Jalisco, México, asociada al evento El Niño 1997-1998. *Revista de Biología Tropical*, 49(3), 915–929.

## Composición de la ictiofauna en la pesca de pequeña escala de Bahía de Banderas

---

Sánchez González, S. (2000). *Ictiofauna de la Bahía de Banderas Nayarit, Jalisco y zonas adyacentes, México Responsable: M en.*

Stevens, G. C. (1989). The Latitudinal Gradient in Geographical Range: How so Many Species Coexist in the Tropics. *The American Naturalist*, 133(2), 240-256.

Torres Nuñez, C. G. (2019). *Ecología trófica de las pesquerías ribereñas de la Banderas, Nayarit-*

*Jalisco.* Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas.

Ulloa Ramírez, P., Valencia Patiño, J. L., Guevara Rascado, M., Hernández Ventura, S., Sánchez Regalado, R., & Pérez Velázquez, A. (2008). *Peces marinos de valor comercial del estado de Nayarit, México.* Instituto Nacional de Pesca.



---

EL ESTADO DEL ARTE DE LOS PROBIÓTICOS  
EN LA ACUICULTURA

THE STATE OF THE ART OF PROBIOTICS IN  
AQUACULTURE

Álvarez Narváez David Jordi  
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera  
Universidad Autónoma de Nayarit

**Recibido:** 10/09/2023

**Aceptado:** 13/10/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i18.127

**RESUMEN**

Actualmente la acuicultura produce la mitad de los organismos del medio acuático que se consume en el mundo, en México esta actividad debe tender a la sustentabilidad, propiciando que los medios de producción y los productos obtenidos incrementen su calidad y cantidad, se diversifiquen y disminuyan su impacto ambiental. Por lo anterior en este trabajo se analizó información referente al uso de probióticos en la acuicultura y su perspectiva actual de desarrollo en México y el mundo; para ello se compiló la literatura disponible sobre probióticos en procesos relacionados con las técnicas acuícolas, con énfasis en la evaluación de los efectos positivos en la producción y sustentabilidad de los cultivos. La información analizada permite establecer que, la resistencia de los microorganismos patógenos a antibióticos se ha vuelto un problema en esta actividad cuando se desea prevenir o tratar enfermedades en las especies cultivadas, además de que en los cultivos se pretende lograr que los organismos crezcan en menos tiempo y con ello mejorar su medio, haciendo énfasis en la calidad de los suelos y del agua en donde se realizan dichos cultivos. Se ha demostrado que los probióticos en la acuicultura pueden tener grandes beneficios, como, por ejemplo: estimular la respuesta inmune, incrementar la sobrevivencia de las post-larvas, estimular el sistema digestivo para un mayor aprovechamiento de nutrientes, asimismo incrementar la resistencia a enfermedades de los organismos, estimular el crecimiento y por último reducir significativamente la producción de residuos contami-

nantes. Los probióticos más utilizados son las bacterias ácido lácticas, los géneros más utilizados son *Bacillus* y *Streptomyces*, además de microalgas y levaduras. En México se han realizado estudios del uso de probióticos en procesos de producción acuícola y se han realizado diversos trabajos acerca del efecto benéfico o adverso hacia los organismos cultivados, pero aún falta estudiar más los efectos que presentan los probióticos en los organismos de interés acuícola. Los sectores involucrados deben poner especial atención en el uso de estos productos y sus efectos, ya que sin duda representan un gran potencial ecológico-ambiental, económico y social en el ámbito de la acuicultura.

**Palabras clave:** Acuicultura, *Bacillus*, *Streptomyces*, Probióticos

**ABSTRACT**

Currently, aquaculture produces half of the organisms in the aquatic environment that are consumed in the world. In Mexico, this activity must tend towards sustainability, ensuring that the means of production and the products obtained increase their quality and quantity, diversify and decrease its environmental impact. Therefore, in this work, information regarding the use of probiotics in aquaculture and its current development perspective in Mexico and the world was analyzed; To this end, the available literature on probiotics in processes related to aquaculture techniques was compiled, with emphasis on the evaluation of the positive effects on the production and sustainability of crops. The information analyzed allows us to establish that the resistance of pathogenic microorganisms to antibiotics has become a problem in this activity when it is desired to prevent or treat diseases in cultivated species, in addition to the fact that in crops the aim is to ensure that the organisms grow in less time and thereby improve their environment, emphasizing the quality of the soils and water where these crops are grown. It has been shown that probiotics in aquaculture can have great benefits, such as: stimulating the immune response, increasing the survival of post-larvae, stimulating the digestive system for greater use of nutrients, and also increasing resistance to diseases of organisms, stimulate growth and finally significantly reduce the production of polluting waste

The most used probiotics are lactic acid bacteria, the most used genera are *Bacillus* and *Streptomyces*, as well as microalgae and yeasts. In Mexico, studies have been carried out on the use of probiotics in aquaculture production processes and various works have been carried out on the beneficial or adverse effect on cultured organisms, but there is still a need to study more the effects that probiotics have on organisms of aquaculture interest. The sectors involved must pay special attention to the use of these products and their effects, since they undoubtedly represent great ecological-environmental, economic and social potential in the field of aquaculture.

**Keywords:** Aquaculture, *Bacillus*, *Streptomyces*, Probiotics

## INTRODUCCIÓN

### Historia de la Acuicultura.

La acuicultura o acuícultura es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas vegetales y animales. Estas especies se desarrollan en diversos cultivos ya sea de agua salada o dulce, bajo condiciones totalmente controladas y al cuidado de ingenieros pesqueros zootecnistas, ingenieros acuícolas y biólogos marinos, la acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para producir alimentos y aprovechar los recursos acuáticos, la actividad se ha desarrollado para sumarse a la pesca y complementarla (INAES, 2018).

Sin embargo, esta no es una práctica reciente, la producción de peces en estanques, es una práctica antigua, presumiblemente desarrollada por los primeros agricultores como uno de los muchos sistemas de producción primaria dirigidos a asegurar el aprovisionamiento de alimentos. Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4 000 años, en China, y de 3 500 años, en la Mesopotamia. Ya, en la China antigua, durante la dinastía de Han Oriental (25 a 250 d. J. C.) fue documentada la producción combinada de arroz y de peces. La cría de peces también era practicada por los antiguos romanos de la época imperial, la cual, más tarde se convertiría en parte del sistema de producción alimentaria de los Monasterios Cristianos de Europa Central (Sánchez, 2017).

Claro que la acuicultura se ha desarrollado en diferentes fases desde la antigüedad hasta la época actual. Desde la época del imperio romano que cayó en declive, hasta que los monasterios y abadías de la Edad Media lograron recuperar las técnicas, y dando un gran salto en el tiempo hasta llegar al siglo XIX cuando se crea en Huningue (Francia) el primer centro de estudios sobre acuicultura.

### La Acuicultura en México.

En materia de acuicultura nuestro país registra antecedentes desde el siglo pasado y a partir de la década de los cincuenta inicia su desarrollo formal con la creación de amplios cultivos extensivos o de carácter experimental. Y desde 1923 en México se define como “el aprovechamiento de las aguas y riberas para la cría y reproducción de animales”, a mediados de los cincuenta y los años sesenta la piscicultura de repoblación tuvo un incremento intenso, buscando repoblar las aguas dulces con una orientación de beneficio social, es decir, lograr resolver problemas de las comunidades donde se instalaron los centros acuícolas que se dedicaron a la reproducción de carpa espejo (FAO, 2019).

En los ochentas se comenzó la producción para fines meramente comerciales, y se ha logrado que la acuicultura en América Latina mantenga el crecimiento más elevado a escala global, superando constantemente el 9% anual promedio en las últimas dos décadas. Colocándola como el sector primario productor de alimentos con mayor desarrollo. En México se ha dividido en dos grandes vertientes, la producción de peces para el consumo humano y la producción de peces de ornato. Profundizando un poco en la primera rama de producción, comer pescado forma parte de la tradición cultural mexicana y es una excelente fuente de proteínas, ácidos grasos, minerales y nutrientes esenciales en la dieta del hombre (INAES, 2018).

La producción de proteína de especies acuáticas, derivada de la pesca de captura y de la acuicultura (a pesar de su impresionante incremento productivo en los últimos 40 años), muestra grandes contrastes entre países desarrollados y en desarrollo en cuanto avance tecnológico, eficiencia productiva y reducción de niveles de impacto ambiental. En México (y gran parte de Latinoamérica), la pesca de captura de las especies de escama marinas más

importantes, se encuentran sobreexplotadas. Mientras la producción acuícola se ha incrementado y mantenido en las últimas dos décadas en nuestro país, su desarrollo también presenta grandes niveles de desigualdad productiva y económica a nivel regional o estatal (Inzunza-Montoya, 2014).

Actualmente, las principales especies de acuicultura en México son el camarón (150 mil 76 toneladas); mojarra tilapia (149 mil 54 toneladas); ostión (45 mil 148 toneladas), carpa (30 mil 300 toneladas) y trucha (siete mil toneladas) y los principales estados productores son Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Veracruz. (FAO, 2021).

### Principales problemas que se presentan en la acuicultura.

La acuicultura se enfrenta a diversos problemas como son las enfermedades infecto-contagiosas, que se presentan a menudo como un factor limitante que pueden determinar la rentabilidad de las empresas. Si bien el uso de antibióticos es el método más rápido para controlar este problema, al día de hoy, hay un creciente reconocimiento de sus limitaciones en la acuicultura, debido a que en algunos casos, más que proporcionar una solución, puede ocasionar efectos adversos en la salud de los animales mediante la activación de la toxicidad, la resistencia antibiótica, producción de residuos, etc., dando lugar a graves consecuencias medio ambientales, y en ciertas ocasiones, problemas en la salud pública (Irianto y Austin, 2002).

Es por ello que un diagnóstico rápido y preciso de las enfermedades infecto-contagiosas, la aplicación de medidas preventivas y unos estudios epidemiológicos precisos, constituyen la clave para minimizar el impacto de estas enfermedades en la acuicultura. Por ello, hoy en día las investigaciones se centran en la búsqueda de métodos profilácticos alternativos que sean amigables con el medio ambiente y contribuyan a una mejor producción, limitando el uso de antibióticos, lo cual lleva al uso de probióticos en acuicultura como una alternativa viable al uso de antibióticos, debido a que el beneficio que juegan las bacterias no patógenas para proteger a su huésped contra infecciones es enorme, así como los efectos positivos sobre el crecimiento, supervi-

vencia, y en general, sobre el bienestar animal (Parker, 1974).

### Historia de los probióticos.

Si nos remontamos en la historia, el uso de probióticos no es algo novedoso, ya que su utilización está ampliamente estudiada tanto en humanos como en animales terrestres. Los estudios en humanos los inició Elie Metchnikoff (1907), quien postuló que las bacterias ácido lácticas ofrecían beneficios a la salud y llevaban a la longevidad, sugiriendo que la “autointoxicación intestinal” y el envejecimiento resultante, podría suprimirse modificando la microbiota intestinal utilizando microbios útiles para sustituir a los microbios proteolíticos como *Clostridium*, desarrollando así una dieta con leche fermentada por una bacteria a la que denominó “bacilo búlgaro”, y que en la actualidad es lo que conocemos como yogur (Fuller, 1989).

En 1989, Fuller introdujo la idea de que los probióticos tienen un efecto beneficioso para el huésped mejorando su balance intestinal. Por otra parte, los probióticos también se definen como células microbianas que una vez suministradas entran al tracto gastrointestinal y se mantienen vivas contribuyendo a mejorar la salud de los animales.

La mayoría de los intentos para crear probióticos, se habían llevado a cabo aislando y seleccionando cepas de ambientes acuáticos. Por ello, Moriarty en 1998, sugiere que la definición de un probiótico en acuicultura debería incluir una fuente viva de bacteria tanto a tanques como a estanques donde viven los peces.

### Concepto de Probióticos.

Hasta la fecha, el término probiótico ha recibido multitud de definiciones, pero una de las más completas, en la que se incluye la importancia de la microbiota, ha sido propuesta en el año 2000 por Verschuere, que define a un probiótico como “suplemento vivo microbiano que tiene efectos beneficiosos en el hospedador modificando la flora asociada al mismo y la flora asociada al ambiente”. Sin embargo, Reid en 2003, modifica este concepto incluyendo la frase “cuando son administradas en cantidades adecuadas, confieren un beneficio saludable para el huésped”.

En 2005 Salminen, sugirió que los probióticos pueden ser parte de una microbiota gastrointestinal saludable, y que su adición puede ayudar a devolver los beneficios a una microbiota perturbada.

La palabra probiótico se origina de dos vocablos griegos “pro” y “bios” que significa “para la vida”. Dicho término fue introducido por primera vez en 1965 por Lilly y Stillwell. A diferencia de los antibióticos, se definió al probiótico como aquel factor de origen microbiológico que estimula el crecimiento de otros organismos. Posteriormente la palabra probiótico fue aplicada para referirse a extractos de tejido que estimulan el crecimiento bacteriano. Sin embargo, en 1974 Parker, fue el primero en utilizar el término probiótico de acuerdo a las definiciones actuales, es decir, “organismos o sustancias que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal” (Gateusope, 1999).

La mayoría de estas definiciones se refieren más al hombre y a mamíferos, ya que son en ellos donde se han realizado la mayor parte de estos estudios. Por lo tanto, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones antes de aplicarlas en acuicultura debido a que, en animales acuáticos, el microbiota depende del medio en el que están en constante interacción, siendo este medio, la dieta y la edad, los responsables de la misma, llegando ésta a ser estable en la etapa adulta del animal.

#### Uso de probióticos en la Acuicultura.

La primera historia exitosa en la selección de probióticos del medio acuático ha sido lograda con larvas de crustáceos. En Japón. Nogami y Maeda (1992), aislaron una cepa bacteriana que reprime el crecimiento del *Vibrio spp.* patógeno, e incrementa la producción de la larva del cangrejo *Portunus trituberculatus*. En laboratorios de crianza ecuatorianos, Griffith (1995) reportó que larvas de camarón fueron afectadas por una enfermedad bacteriana caracterizada por un descenso en cantidades de *Vibrio alginolyticus* y el incremento de *V. parahaemolyticus*. Esta cepa de *V. alginolyticus* fue exitosamente empleada para curar la enfermedad.

Después, el efecto de este probiótico fue investigado por Austin *et al.* (1995) quienes observaron que el sobrenadante del cultivo inhibió a los patógenos

de los peces in vitro; el probionte sobrevivió en el intestino del salmón Atlántico después de tres semanas; un baño preliminar con el probionte mejoró la sobrevivencia del salmón puesto a prueba con patógenos.

Otro ejemplo, se realizó mediante un baño preliminar con *Pseudomonas fluorescens* que mejoró la resistencia del salmón del Atlántico a *Aeromonas salmonicida* (Smith y Davey, 1993). El mismo efecto fue observado con un baño preventivo de *Vibrio alginolyticus*, el cual también protegió al salmón contra *Vibrio anguillarum* y *Vibrio ordalii* (Austin *et al.*, 1995). Larvas de gurrubata tratadas con bacterias ácido lácticas, u otras especies de *Vibrio*, o *Pseudomonas*, incrementaron su resistencia al realizar pruebas con un *Vibrio sp.* Patógeno (Gatesoupe, 1994; 1997). El *Vibrio pelagius* parece ser que protegió a larvas de gurrubata contra *Aeromonas caviae* (Ringo y Vadstein, 1998). *Carnobacterium divergens* mejoró la resistencia de los juveniles de bacalao expuestos a *Vibrio anguillarum* (Gildberg *et al.*, 1997). Una cepa de *Lactococcus lactis* mejoró la tasa de producción de rotíferos expuestos a *Vibrio anguillarum* (Shiri-Harzevili *et al.*, 1998).

La incorporación de probióticos es una herramienta viable para reducir o eliminar la incidencia de microorganismos patógenos, y además constituye una alternativa para la sustitución de agentes quimioterapéuticos en la prevención de enfermedades infectocontagiosas. Por otra parte, también cabe mencionar los beneficios de estos microorganismos a nivel nutricional, aportando enzimas, vitaminas y micronutrientes, contribuyendo así a reducir la mortalidad y a mantener a los organismos saludable, por lo cual para poder seleccionar a los probióticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Producción de compuestos inhibitorios.
- Competición por compuestos químicos o energía disponible.
- Competición por sitios de adhesión.
- Aumento de la respuesta inmune.
- Mejora de la calidad del agua.
- Contribución enzimática para la digestión.
- Fuente de macro-micronutrientes.

Los probióticos comúnmente usados en acuicultura, incluyen desde bacteria Gram-positivas y Gram negativas, bacteriófagos, levaduras y algas unicelulares. Hoy en día, estos probióticos han sido proba-

dos en dietas artificiales, alimento vivo (artemia y rotíferos) y en agua. A continuación, se detallan los microorganismos más utilizados hasta la fecha en peces, moluscos, equinodermos y crustáceos.

**Tabla 1.** Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de peces

Probiótico	Especie probada	Referencia
<i>Streptococcus lactis</i>	Larvas de rodaballo	García de la Banda (1992)
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>		
<i>Lactobacillus</i> sp.	Larvas de rodaballo	Gatesoupe (1994)
<i>Carnobacterium</i> sp.		
<i>Vibrio alginolyticus</i>	Salmon atlántico	Austin (1995)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Salmon atlántico	Gildberg (1995)
<i>Carnobacterium</i> sp.	Salmon atlántico	Jöborn (1997)
<i>Carnobacterium divergens</i>	Bacalao	Gildberg (1997)
<i>Carnobacterium divergens</i>	Alevines de bacalao	Gildberg y Mikkelsen (1998)
<i>Bacillus megaterium</i>	Pez gato	Queiroz y Boyd (1998)
<i>Bacillus polymyxa</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>		
<i>Vibrio pelagius</i>	Larvas de rodaballo	Ringo y Vadstein (1998)
G-probiotic	Tilapia nilótica	Naik (1999)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Trucha arcoiris	Gram (1999)
<i>Carnobacterium</i> sp.	Salmón atlántico	Robertson (2000)
Bacterias marinas	Rodaballo	Makridis (2000)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Trucha arcoiris	Nikoskelainen (2001)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Salmon atlántico	Gram (2001)
<i>Pseudomonas</i> sp.	Trucha arcoiris	Spanggaard (2001)
Bacteria marina	Rodaballo	Huys (2001)
<i>Enterococcus faecium</i>	Anguila	Chang y Lui (2002)
<i>Bacillus toyoi</i>		
<i>Carnobacterium</i> sp.	Trucha arcoiris	Irianto y Austin (2002)
<i>Vibrio fluvialis</i>		
<i>Aeromonas hydrophyla</i>		
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Abadejo	Gatesoupe (2002)
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Lubina	Tovar (2002)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Streptococcus faecium</i>	Tilapia nilótica	Lara-Flores (2003)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Lactobacillus acidophilus</i>		
<i>Aeromonas sobria</i>	Trucha arcoiris	Brunt y Austin (2005)
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Trucha arcoiris	Aubin (2005)
<i>Saccharomyces boulardii</i>		
<i>Micrococcus</i> sp.		
<i>Pseudomonas</i> sp.	Lenguado	Chabrilón (2005)
<i>Roseobacter</i> sp.	Dorada	Makridis (2005)
<i>Cyphofaga</i> sp.		
<i>Lactobacillus delbrückii</i>	Dorada	Salinas (2005)
<i>Bacillus subtilis</i>		
<i>Paracoccus</i> sp.		
<i>Micrococcus</i> sp.	Dorada	Chabrilón (2006)
<i>Vibrio</i> sp.		
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Juveniles de lubina	Carnevali (2006)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Trucha arcoiris	Vendrell (2007)
<i>Lactobacillus plantarum</i>		

**Tabla 2.** Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de peces.

Probiótico	Especie probada	Referencia
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Trucha arcoiris	Bálcazar (2007)
<i>Lactobacillus sakei</i>		
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>		
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Dorada	Reyes-Becerra (2008)
<i>Enterobacter cloacae</i>	Trucha arcoiris	Capkin y Altinok (2008)
<i>Bacillus mojavensis</i>		
<i>Lactobacillus</i> sp	Larvas de dorada	Suzer (2008)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Larvas de lubina	Picchietti (2009)
<i>Bacillus circulans</i>	Carpa (hindú)	Bandyopadhyay (2009)
<i>Enterococcus</i> sp.	Larvas de bacalao	Lauzon (2009)
<i>Arthrobacter</i> sp.		
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Juveniles de perca	Gobeli (2009)
<i>Kocuria</i> SM1	Juveniles de trucha	Sharifuzzaman y Austin (2010)
<i>Shewanella</i> sp.	Juveniles de lenguado	García de la Banda (2010)
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Tilapia roja	Ferguson (2010)
<i>Bacillus subtilis</i>	Larvas de dorada	Avella (2010)
<i>Bacillus pumilus</i>		
<i>Bacillus licheniformis</i>		
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Larvas de lubina	Tovar-Ramírez (2010)

**Tabla 3.** Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de moluscos, crustáceos y equinodermos.

Probiótico	Especie probada	Referencia
<b>Moluscos</b>		
<i>Alteromonas</i> sp.	<i>Crassostrea gigas</i>	Douillet y Langdon (1993 y 1994)
Levadura y bacteria	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (1997)
<i>Aeromonas media</i>	<i>Pecten maximus</i>	Gibson (1998)
<i>Roseobacter</i> sp.	<i>Crassostrea gigas</i>	Ruiz-Ponte (1999)
<i>Alteromonas haloplanktis</i>	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (2000)
<i>Vibrio</i> sp.	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (2001)
<i>Pseudomonas</i> sp.		
<i>Bacillus</i> sp.		
<i>Aeromonas media</i>	<i>Haliotis midae</i>	Alavandi (2004)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Crassostrea gigas</i>	Macey y Coyne (2005)
<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	<i>Haliotis midae</i>	Doeschate y Coyne (2008)
<b>Equidermos</b>		
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Apostichopus japonicus</i>	Zhang (2010)

Tabla 3. Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de moluscos,

Crustáceos		
<i>Thalassobacter utilis</i>	<i>Portunus trituberculatus</i>	Nogami (1997)
<i>Bifidobacteria thermophilum</i>	<i>Penaeus japonicus</i>	Itami (1998)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Phianphak (1999)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Moriarty (1998)
<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Rengpipat (1998)
<i>Saccharomyces</i>		
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Chythanya (2002)
<i>Vibrio hepatarius</i>		
<i>Vibrio sp.</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Balcázar (2003)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Meunpol (2003)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Vaseeharan y Ramasamy (2003)
<i>Vibrio fluvalis</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Alavandi (2004)
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Penaeus stylirostris</i>	Castex (2008)
<i>Vibrio fluviales</i>		
<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Venkat (2004)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Penaeus chinensis</i>	Li (2006)
<i>Arthrobacter XE-7</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Gullian (2004)
<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Zhou (2009)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Tseng (2009)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Liu (2010)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Penaeus stylirostris</i>	Castex (2010)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Homarus gammarus</i>	Daniels (2010)

Tabla 4. Principales cepas probióticas usadas en la producción de alimento vivo.

Bacteria ácido láctica	<i>Brachionus plicatilis</i>	Gatesoupe (1991)
Bacteria marina	<i>Chaetoceros ceratosp.orum</i>	Fucami (1992)
<i>Flavobacterium sp.</i>	<i>Chaetoceros gracilis</i>	Suminto e Hirayama (1996 y 1997)
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Shiri-Harzevili (1998)
<i>Aeromonas sp.</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Hirata (1998)
Mezcla bacterias	<i>Skeletonema costatum</i>	Rico-Mora (1998)
Bacteria marina	<i>Isochrysis galbana</i>	Avendaño y Riquelme (1999)
Bacterias marinas	<i>Artemia sp.</i>	Verschuere (1999)
<i>Alteromonas sp.</i>	<i>Artemia franciscana</i>	Douillet (2000)
<i>Vibrio alginolyticus</i>	<i>Chaetoceros muelleri</i>	Gómez-Gil (2002)
<i>Saccharomyces boulardii</i>	<i>Artemia franciscana</i>	Orozco-Medina (2002)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Artemia sp.</i>	Gatesoupe (2002)
Bacteria ácido láctica	<i>Artemia sp.</i>	Villamil (2003)
Bacteria ácido láctica	<i>Brachionus plicatilis</i>	Planas (2004)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Asanka Gunasekara (2010)

### **Bacillus como probiótico en acuicultura.**

El género *Bacillus* se ha convertido en los últimos años en un probiótico usado en humanos, productos de origen animal y acuicultura, ya que es reconocido como un microorganismo con potencial antimicrobiano por la diversidad de metabolitos que produce, como son: glucopéptidos, lipopéptidos, péptidos cíclicos, policétidos, enzimas líticas, péptidos no ribosomales y bacteriocinas (Phelan *et al.*, 2012; Álvarez-Cisneros *et al.*, 2017; Kuebutornye *et al.*, 2019). Además, también es utilizado como probiótico para mejorar el crecimiento y captación de nutrientes por su capacidad de sintetizar enzimas digestivas, puede tener efectos inmunorreguladores y de estimulación de la microflora intestinal beneficiosa mejorando así la inmunidad innata y adaptativa del huésped (Van Hai, 2015; Kuebutornye *et al.*, 2019).

Algunos mecanismos de inhibición de patógenos reportados por *Bacillus sp.* utilizados como probióticos en acuicultura son: a) despolarización celular por formación de poros en la membrana celular, b) inhibición del crecimiento por competencia en sitios de adhesión, c) inhibición de la expresión de genes de virulencia (quorum sensing), d) producción de enzimas líticas (proteasas, quitinasas, celulasas,  $\beta$ -1,3-glucanasas), e) inducción de antioxidantes como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx) y f) activando los genes de los moduladores de la inmunidad humoral que pueden actuar a nivel de suero como antibacterianos, por ejemplo la lisozima, peroxidasas, SOD, CAT, proteasas y mieloperoxidasas (MPO), que al aumentar su actividad en el huésped, incrementan la respuesta inmune; o a nivel de la mucosa donde juegan un rol vital en la defensa contra bacterias infecciosas induciendo moléculas que participan en el sistema inmunológico como son: almodulina, interferon, lectina, inmunoglobulinas, aglutinina C, péptidos antimicrobianos, enzimas proteolíticas, y vitelogenina (Kuebutornye *et al.*, 2019).

Las principales especies de *Bacillus* utilizadas como probióticos en acuicultura son: *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* y *B. amyloliquefaciens* aisladas principalmente de suelo, agua de estanque, tracto intestinal de peces, algas marinas, esponjas de mar (Prieto *et al.*, 2012; Yi *et al.*, 2018)

Prieto *et al.* (2012) aislaron cepas de *Bacillus sp.* a

partir de algas marinas, arena de mar y agua de mar en Irlanda; identificando a las bacterias marinas como una importante fuente de compuestos antimicrobianos, en particular se identificó la bacteriocina lichenicidina producida por *Bacillus licheniformis* WIT 562, 564 and 566, aisladas de algas (*Polysiphonia lanosa*, Tandy, 1931, *Ulva sp.* y *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753, respectivamente).

### **Género Streptomyces, phylum actinobacteria.**

Los actinomicetos son bacterias filamentosas prolíficas Gram positivas que se encuentran ampliamente dispersas en el ambiente, como puede ser suelo, agua estancada y estiércol, aunque recientemente es muy frecuente su aislamiento en ecosistemas marinos (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2016); tienen similitud con los hongos, por su morfología, tipo de reproducción y crecimiento en cultivos sólidos y líquidos ya que presenta crecimiento micelar filamentosos formado por hifas enramadas no septadas en medios sólidos y líquidos (Martínez *et al.*, 2017; León *et al.*, 2016), principalmente el género *Streptomyces sp.* es de interés en biotecnología por su potencial de producir diversos metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (antibióticos), inmunoestimulante, antiparasitaria, y exoenzimas, entre otros, los cuales en un medio acuático contribuyen en la reducción de patógenos como: *Vibrio sp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Aeromonas sobria*; y de la materia orgánica (León *et al.*, 2016; Tan *et al.*, 2016). La principal fuente de aislamiento de *Streptomyces* es el sedimento marino, pero recientemente León *et al.* (2016) aislaron 3 cepas potenciales como probióticos en acuicultura a partir de *Argopecten purpuratus*.

Dharmaraj y Dhevendaran (2010), realizaron el primer estudio utilizando el género *Streptomyces* aislado de esponjas marinas como probiótico para aumentar el crecimiento del pez ornamental *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848), después de 50 días del experimento, los parámetros de crecimiento, tasa de crecimiento, crecimiento relativo y eficiencia de conversión del alimento fue significativamente más alta en los animales alimentados con probióticos, teniendo unos animales más grandes que el control. Ellos concluyeron que las aplicaciones de *Streptomyces* como probiótico deberían jugar un papel importante en la nutrición en la acuicultura, se ha determinado también el potencial antimicrobiano de actinomicetos marinos frente a cepas

*S. aureus* meticilino-resistentes (MRSA) y *E. faecalis* vancomicina-resistentes (VRE) encontrando que los porcentajes inhibitorios fueron superiores a 85% para ambos patógenos con halos de inhibición mayores a 69 y 78 mm de diámetro para MRSA y VRE respectivamente (León *et al.*, 2011).

García-Bernal *et al.* (2015) aislaron 3 actinomicetos de sedimentos marinos que mostraron buenas características probióticas utilizando técnicas *in vitro* que pueden ser fácilmente implementadas en diferentes instituciones alrededor del mundo.

El género *Streptomyces* ha demostrado tener efectos probióticos entre los cuales se encuentra la producción de compuestos antagonistas, actividad antivirulencia, actividad antiviral, secreción de exoenzimas, aumenta el crecimiento de los peces, tienen una tolerancia a pH bajos y resisten enzimas intestinales, protección contra patógenos, etc. Sin embargo, se menciona que también tienen 2 grandes limitaciones: la primera es que producen 2 compuestos terpenoides los cuales producen olores y sabores desagradables que tienen un efecto negativo en la acuicultura, pero se ha demostrado que un tratamiento con ozono es un buen removedor de olores, por lo que podría ser una alternativa. La segunda es que existe un riesgo de transferencia de genes resistentes a antibióticos, el cual es un argumento contra el uso de *Streptomyces* en la acuicultura. Sin embargo, ha sido reportada la resistencia a antibióticos de cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Bacillus* comúnmente usadas como probióticos (Tan *et al.*, 2016). Yang y Sun (2016), desarrollaron el primer agente anti-Vibrio debido a que éste es el patógeno más serio en la acuicultura marina, el extracto crudo de seis *Streptomyces sp.* NHF165 inhibe drásticamente el crecimiento celular de 2 especies de Vibrio, la actinonina fue identificada como el componente funcional y que su efecto es dependiente de la dosis empleada. Los autores concluyeron que los *Streptomyces sp.* de origen marino pueden producir actinonina con actividad anti Vibrio.

#### Administración de probióticos.

La administración de los probióticos se realiza de manera oral, diluidos en el agua o como aditivos alimenticios, por ejemplo, a los camarones se les administra oralmente (Huang *et al.*, 2006). Sin embargo, el método más comúnmente utilizado en la acuicultura es diluidos en agua (Hai *et al.*, 2009) ya

que la mayoría de los probióticos están diseñados para mezclarse con el alimento (Gomes *et al.*, 2009). Los probióticos como aditivo alimenticio, por ejemplo (*Lactobacillus rhamnosus*), mejoraron la fecundidad del pez cebrá (*Danio rerio*) (Gioacchini *et al.*, 2010). Por lo regular los probióticos se pueden agregar directamente al agua (Gram *et al.*, 1999; Hai *et al.*, 2009) como aditivos para ésta (Cha *et al.*, 2013), o en suspensión bacteriana (Gram *et al.*, 1999). Finalmente, el método de inmersión también es útil (Itami *et al.*, 1998).

Los probióticos pueden aplicarse de manera individual o combinados, se ha observado que los probióticos basados en una sola cepa son menos efectivos que aquellos basados en variedades mixtas (Verschuere *et al.*, 2000; Hai *et al.*, 2009). Por otra parte, los probióticos de múltiples cepas mejoran la protección contra la infección de patógenos. Asimismo, se ha utilizado una combinación de probióticos con prebióticos, inmunoestimulantes o productos vegetales naturales (Hai y Fotedar, 2009). La aplicación combinada de probióticos y prebióticos es conocida como producto simbiótico, puesto que se basa en el principio de proporcionar un probionte con ventaja competitiva sobre poblaciones endógenas competitivas, además de mejorar la supervivencia y la implantación de un suplemento dietético con microorganismos vivos en el tracto digestivo del huésped (Gibson y Roberfroid, 1995). La alimentación simbiótica de *Enterococcus faecalis* y oligosacáridos de manano mostró una mejor relación de conversión alimenticia que la probiótica individual o la aplicación prebiótica sola, toda vez que las aplicaciones de probióticos, prebióticos y simbióticos han elevado el índice de su pervivencia de los animales acuáticos, la salud de estos animales fue mejor en el tratamiento con probióticos, seguido de los que se alimentaron solo con prebióticos o simbióticos.

La encapsulación de los probióticos vivos para la alimentación de los animales acuáticos es una propuesta interesante porque los probióticos pueden permanecer viables o incluso proliferar en la alimentación *in vivo* (Gatesoupe, 1994). Por lo tanto, el huésped puede adquirir los probióticos de manera directa y efectiva. La concentración de probióticos, por ejemplo, en *Artemia* (Gatesoupe 1994; Hai *et al.*, 2010; Daniels *et al.*, 2013), rotíferos (Gatesoupe, 1997) y copépodos

(Sun et al., 2013), podría ser un excelente vehículo para su administración en animales acuáticos (Sun et al., 2013; Daniels et al., 2013). Por ejemplo, se ha encapsulado en *Artemia nauplii* una combinación de *Pseudomonas synxantha* y *Pseudomonas aureoginosa* para langostinos gigantes, *Penaeus latisulcatus* (Hai et al., 2010). Copépodos (*Pseudodiaptomus annandalei*) es un vector adecuado para probióticos *Bacillus spp.* en larvas de mero *Epinephelus coioides* (Sun et al., 2013).

### Conclusión

El uso de probióticos en la acuicultura, es una alternativa viable en cuanto a fines productivos en sistemas acuícolas, es por ello que deben de tener en cuenta los aspectos relacionados a los beneficios que se pudieran obtener al implementar un probiótico en los organismos de interés acuícola, por lo cual, es de crucial importancia contar con un estudio previo de lo que se pretende obtener, el manejo que se debe de tener y los posibles impactos tanto en el sistema como en los organismos, pero siempre se deben de cuidar los aspectos negativos que se pudieran presentar, debido a que dependiendo del tipo de probiótico que se empleé, puede provocar algún efecto adverso, es por ello que se deben de cuidar dichos aspectos para poder emplear un método de profilaxis en relación al comportamiento del sistema de producción, para ello es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: (Tipo de profilaxis que se desea implementar, ¿qué tipo de probiótico se debe emplear?, conocer las características biológicas del organismo en cultivo, las características del probiótico, y los efectos positivos y negativos que se pudieran derivar al implementar dicho probiótico), una vez que se tengan resueltos dichos aspectos, se podría realizar una evaluación o predicción de lo que se pudiera originar al implementar el probiótico seleccionado en el organismo que se tuviera en cultivo, para el caso de México, y de los países que utilizan probióticos en el sector acuícola, se debe de tener en cuenta el potencial que se obtiene en los sistemas acuícolas con base en la aplicación de probióticos, para ello debe de considerarse como un método crucial debido a los siguientes aspectos: promueve el manejo y la utilización racional de los recursos acuáticos, la rehabilitación ambiental y la conservación ecológica, disminuye y amortigua el impacto ambiental que gene-

ran los procesos de producción y fomenta la producción de alimentos en calidad y disponibilidad en el contexto de la seguridad alimentaria. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones sobre este tema, porque, así como se obtienen efectos positivos en los organismos, también se han presentado casos en que provocan efectos negativos, en el organismo en cultivo, en el sistema de cultivo y en la comercialización del producto, por lo cual se deben de trabajar más los aspectos negativos, para poder determinar una posible solución a dichos aspectos y en vez de que le resten créditos a los probióticos se los incrementen.

### Referencias Bibliográficas

- Austin, B., Stuckey, L.F., Robertson, P.A.W., Effen-  
di, I. and Griffith, D.R.W. (1995) A probiotic  
strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing  
diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio*  
*anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *Journal of Fish Dis-*  
*eases*, 18:93-96.
- Álvarez-Cisneros, Y. M., F. J. Fernández y Alqui-  
cira, E. P. (2017). Characteristics of antibacterial  
peptides produced by bacteria. *Antimicrobial*  
*research: Novel bioknowledge and educational*  
*programs. Formatex research center*, (2): 35-45.
- Cha, J. H., Rahimnejad, S., Yang, K., Kim, W. y Lee,  
J. (2013). Evaluations of *Bacillus spp.* as dietary  
additives on growth performance, innate immu-  
nity and disease resistance of olive flounder  
(*Paralichthys olivaceus*) against *Streptococcus iniae*  
and as water additives. *Aquaculture*, 402(3): 50-  
57. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.03.03
- Dharmaraj, S., y Dhevendaran, K. (2010). Evalua-  
tion of *Streptomyces* as a probiotic feed for the  
growth of ornamental fish *Xiphophorus helleri*.  
*Food Technology and Biotechnology*, (4): 497-504.  
DOI:10.3856/vol43-issue1-fulltext-11
- Daniels, C. L., Merrifield, E. Ringo, D. y Davies, S.  
(2013). Probiotic, prebiotic and synbiotic appli-  
cations for the improvement of larval European  
lobster (*Homarus gammarus*) culture. *Aquaculture*,  
416-417: 396-406. DOI: 10.1016/  
j.aquaculture.2013.08.001
- FAO, (2019). La Acuicultura en México. Obtenido  
de [https://www.gob.mx/inaes/articulos/  
acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?](https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%ADxico)  
[idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%  
20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%](https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%ADxico)

- FAO, (2021). Las principales especies de interés acuícola en México. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/acuicultura-en-mexico-genera-una-derrama-economica-por-15-940> mdp#: ~:text=Por%20orden%20de%20importancia%2C%20las,%20osti%C3%B3n%20carpa%20y%20trucha.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal Applied Bacteriology*, 66(3): 365-378.
- Griffith, D.R.W. (1995) Microbiology and the role of probiotics in Ecuadorian shrimp hatcheries. In: Larvi'95 -Fish & Shellfish Larviculture Symposium. *European Aquaculture Society, Special Publication*, 24: 1-478.
- Gildberg, A., Johansen, A. and Bogwald, J. (1995). Growth and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry given diets supplemented with fish protein hydrolysate and lactic acid bacteria during a challenge trial with *Aeromonas salmonicida*. *Aquaculture*, (138): 23-34.
- Gatesoupe, F. J. (1999). The use of probiotic in aquaculture. *Aquaculture*, 180: 147-165.
- Gatesoupe, F. J. (1994). Lactic acid bacteria increase the resistance of turbot larvae, *Scophthalmus maximus*, against pathogenic vibrio. *Aquatic Living Resources*, 12(7): 277-282.
- Gatesoupe, F.J. (1997a) Siderophore production and probiotic effect of *Vibrio sp.* associated with turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. *Aquatic Living Resources*, 21(10): 239-246.
- Gomes, L. C., Brinn, J. L., Marcon, L. A., Dantas, F. R., Brand, J. S., De Abreu, P. E., Lemos, M. y McComb, D. M. (2009). Benefits of using the probiotic EfinolL during transportation of cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* (Schultz), in the Amazon. *Aquatic Research*, 21(8): 157-165.
- Gioacchini, G., Maradonna, F., Lombardo, D., Bizzaro, I., Olivotto, R. y Carnevali, O. (2010). Increase of fecundity by probiotic administration in zebra fish (*Danio rerio*). *Reproduction*, 140(4): 953-959. DOI:10.1530/REP10-014
- García-Bernal, M., Campa-Córdova, A., Saucedo, P., Casanova-González, M., Medina-Marrero, R. y Mazón-Suástegui, J. M. (2015). Isolation and in vitro selection of actinomycetes strain as potential probiotics for aquaculture. *Veterinary World*, 8(2): 170-176. DOI:10.14202/vetworld.2015.170-176.
- Gram, L., Melchiorson, B., Spanggaard, I., Huber, S. Y Nielsen, T. (1999). Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* strain AH2-a possible probiotic treatment of fish. *Applied Environmental Microbiology*, 65(8): 969-973.
- Gibson, R. y Roberfroid, M. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125(5): 1401-1412. DOI:10.12691/jfnr-1-3-1.
- Huang, X., H. Zhou & H. Zhang. 2006. The effect of Sargassum fusiforme polysaccharide extracts on vibriosis resistance and immune activity of the shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *Fish Shellfish Immunology*, 20(5): 750-757. DOI: 10.1016/j.fsi.2005/09.008.
- Hai, N., Buller, N. y Fotedar, R. (2009). Effects of probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the growth, survival and immune parameters of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 40(4): 590-602.
- Hai, N. y Fotedar, R. (2009). Effects of probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the growth, survival and immune parameters of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 40(3): 590-602.
- Hai, V., Buller, N. y Fotedar, R. (2010). Encapsulation capacity of *Artemia nauplii* with customized probiotics for use in the cultivation of western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 41(5): 893-903.
- INAES (2018). El estado de la Acuicultura en América Latina. Obtenido de <https://cuartoslimpiosmexico.com/situacion-actual-de-la-acuicultura-en-mexico/>
- Inzunza-Montoya, A. (2014). La maricultura es la industria del futuro. In: Cámara de Diputados & Poder Legislativo Federal (eds.). *Acuicultura. Alternativa para la Seguridad Alimentaria*. LXII Legislatura. México, 37(6): 13-19.
- Itami, T., Asano, K., Tokushige, K., Kubono, A., Nakagawa, A. N., Takeno, H., Nishimura y Maeda, M. (1998). Enhancement of disease resistance of kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*, after oral administration of peptidoglycan derived from *Bifidobacterium thermophilum*. *Aquaculture*, 164(9): 277-288.
- Irianto, A. y Austin B. (2002). Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 25(6): 633-642.

- Kuebutornye, F. K., E. D. Abarike y Lu, Y. (2019). A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. *Fish & shellfish immunology*, 23(87): 820-828. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.02.010.
- León, J., Aponte, N., Cuadra, L., Galindo, M., Jaramillo, M., Vallejo, S. y Marguet, E. (2016). Actinomicetos aislados de *Argopecten purpuratus*, productores de enzimas extracelulares y con actividad inhibitoria de patógenos marinos. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51 (1): 69-80. DOI:10.4067/S0718-19572016000100007.
- León, J., Aponte, R., Rojas, D. L., Cuadra, N., Ayala, G. y Guerrero, M. (2011). Estudio de actinomicetos marinos aislados de la costa central del Perú y su actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* meticilina resistentes y *Enterococcus faecalis* vancomicina resistentes. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 28(2): 237-246.
- Moriarty, D. (1998). Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. *Aquaculture*, 164(5): 351-358.
- Martínez, Z. E., Aguilar, G. R., y Enríquez, A. (2017). Potencial biotecnológico de las actinobacterias aisladas de suelos de México como fuente natural de moléculas bioactivas: compuestos antimicrobianos y enzimas hidrolíticas. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 21(63): 39-51.
- Nogami, K. and Maeda, M. (1992) Bacteria as bio-control agents for rearing larvae of the crab *Portunus trituberculatus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 2373-2376.
- Prieto, M. L., Sullivan, S. P., Tan, P., Mc-Loughlin, H., Hughes, P. M., Connor, O. y Gardiner, G. E. (2012). Assessment of the bacteriocinogenic potential of marine bacteria reveals lichenicidin production by seaweed-derived *Bacillus* spp. *Marine drugs*, 10 (10): 2280-2299. DOI:10.3390/md10102280.
- Parker, R. B. (1974). Probiotics, the other half of the Antibiotic Story. *Animal Nutrition and Health*, 29 (4): 4-8.
- Phelan, R. W., J. A. Halloran, J., Kennedy, J. P. Morrissey, A. D., Dobson, F. y Barbosa, T. (2012). Diversity and bioactive potential of endospore-forming bacteria cultured from the marine sponge *Haliclona simulans*. *Journal of applied microbiology*. 112 (1): 65-78. DOI:10.1111/j.1365-2672.2011.05173.
- Quiñones-Aguilar, E., Evangelista-Martínez, Z. y Rincón-Enríquez, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica, *Elementos*, 28(101): 59-64.
- Reid, G., Jass J., Sebulsky MT., McCormick, J. K. (2003). Potential uses of probiotics in clinical practice. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(9): 658-672.
- Ringo, E. y Vadstein, O. (1998) Colonization of *Vibrio pelagius* and *Aeromonas caviae* in early developing turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *Journal of Applied Microbiology*, 14(84): 227-233.
- Sánchez, R. (2017). Historia de la Acuicultura, obtenido de <https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20acuicultura%20se%20enfoca%20en,remontan%20al%20a%20C3%B1o%203800%20a.c.&text=La%20acuicultura%20%20acuicultura%20es,especies%20acu%20A1ticas%20vegetales%20y%20animales>.
- Salminen, S.P.; Gueimonde, M.; and Isolauri, E. (2005). Probiotics that modify disease risk. *Journal of Nutrition*, 135(6): 1294-1298.
- Shir Harzevili, A.R., Van Duffel, H., Dhert, P., Swings, J. y Sorgeloos, P. (1998) Use of a potential probiotic *Lactococcus lactis* AR21 strain for the enhancement of growth in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture Research*, 14(29): 411-417.
- Smith, P. y Davey, S. (1993). Evidence for the competitive exclusion of *Aeromonas salmonicida* from fish with stress-inducible furunculosis by a fluorescent pseudomonad. *Journal of Fish Diseases*, 16(4):521-524.
- Sun, Y. Z., Yang, K. P., Huang, J. D. y Zhang, C. (2013). Application of autochthonous *Bacillus* bio-encapsulated in copepod to grouper *Epinephelus coioides* larvae. *Aquaculture*, 392(3): 44-50. DOI: 0.1016/j.aquaculture.2013.01.037.
- Tan, L., Chan, L., Lee, H. y Goh, B. (2016). *Streptomyces* bacteria as potential probiotics in aquaculture. *Frontiers in microbiology*, 14(7): 1-8. DOI:10.3389/fmicb.2016.00079.
- Verschuere, L.; Rombaut G.; Sorgeloos P.; Verstraete W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology*, 64(5): 655-671.
- Van Hai, N. (2015). Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: a review. *Fish Shellfish Immunology*, 14(45): 592-597. DOI: 10.1016/j.fsi. 2015.05.026.

- Yi, Y., Zhang, F., Zhao, H., Liu, L., Yu, J. y Wang, G. (2018). Probiotic potential of *Bacillus velezensis* JW: antimicrobial activity against fish pathogenic bacteria and immune enhancement effects on *Carassius auratus*. *Fish Shellfish Immunology*, 16(78): 322-330. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.055.
- Yang, N. y Sun, C. (2016). The inhibition and resistance mechanism of actinonin, isolated from marine *Streptomyces* sp. NHF 165, against *Vibrio anguillarum*. *Frontiers in Microbiology*, 23(7): 1467-1478. DOI:10.3389/fmicb.2016.01467.



### Es posible un océano sin humanos?

*Imagina un océano sin humanos: ¿utopía o realidad?*

*Is an ocean possible without humans?*

*Imagine an ocean without humans: utopia or reality?*

María Teresa Morfín  
FMAS/SECTUR

**Recibido:** 25/09/2023

**Aprobado:** 10/11/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i.1829

#### Resumen:

Aunque un mundo sin humanos es un escenario hipotético, es interesante reflexionar sobre cómo se reduciría la contaminación en un mundo así y cuáles serían los aspectos más relevantes. En primer lugar, es importante destacar que la contaminación es causada principalmente por la actividad humana, por lo que en un mundo sin humanos, la contaminación sería prácticamente inexistente. Sin embargo, es posible imaginar cómo se reduciría la contaminación en un mundo en el que los humanos se hacen cargo de sus necesidades de consumo y mantienen las poblaciones en un control demográfico estricto.

**Palabras clave:** océano, biodiversidad, sostenibilidad, medio ambiente, México

#### Abstract:

Although a world without humans is a hypothetical scenario, it is interesting to reflect on how pollution would be reduced in such a world and what the most relevant aspects would be. First of all, it is important to highlight that pollution is mainly caused by human activity, so in a world without humans, pollution would be practically non-existent. However, it is possible to imagine how pollution would be reduced in a world where humans take charge of their consumption needs and keep populations under strict demographic control.

**Keywords:** ocean, biodiversity, sustainability, environment, Mexico

#### Introducción

El océano es el mayor ecosistema del planeta, y alberga una gran diversidad de seres vivos. Sin embargo, la actividad humana está poniendo en peligro la salud de los océanos. La contaminación, la sobrepesca y el cambio climático están provocando la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas marinos.

En este artículo, nos imaginamos un océano sin humanos. Un océano en el que las aguas están limpias y saludables, y en el que la vida marina prospera. Un océano en el que la naturaleza puede regenerarse por sí misma.

Imaginemos arrecifes de coral sanos y variados, con todas sus especies vivas, con sus zooxantelas haciendo fotosíntesis entre los rayos de luz, y así oxigenando las aguas, y también la atmósfera. Imaginemos a las diversas esponjas filtrando las aguas arrecifales, y los tiburones, estrellas de mar, caracoles, langostas y cangrejos, consumiendo materiales de desecho y manteniendo limpios todos los entornos.

La contaminación marina es un problema grave que afecta a todos los océanos del mundo. La contaminación por plásticos es una de las principales amenazas a la vida marina. Los plásticos pueden enredarse en los animales marinos, provocarles lesiones o incluso la muerte. También pueden ser ingeridos por los animales marinos, lo que puede causarles problemas digestivos o incluso la muerte.

Imaginemos las anémonas, las gorgonias, los crinoideos, los cangrejos, las langostas y zapateras, realizando sus funciones entre los corales, o entre rocas inertes cubiertas de vida... Imaginemos que nadie los amenaza, y que pueden servir a los ecosistemas cada uno con su pequeña contribución, y que pueden repoblar nuestras aguas.

Imaginemos la presencia de hermosas comunidades de moluscos: ostiones, diversos tipos de ostras, las hachas, las escalopas, y entre la arena las almejas y patas de mula, los caracoles que se ocultan durante el día, y alguno que aloja un cangrejo ermitaño... una multiplicidad enorme de estrellas y pepinos de mar de distintos tipos, acompañados por la temible corona de espinas que se alimenta del coral... Imaginemos que pueden reproducirse y vivir libremente, y que se puede recuperar la inmensa diversidad de seres vivos que había hasta hace pocos años, y que por nuestro consumo se ha perdido.

E imaginemos también miríadas de peces y otros organismos arrecifales, entre los que se encuentran todas las especies en sus variedades y colores: los ángeles, las mariposas, los loros, las tortugas, las morenas, los calamares y pulpos, los gusanos y los reptiles, los manatíes, los peces ballesta, los roncós, los cofres, los toritos, los peces globo de distintos tipos, los hipocampos, las damiselas, los chromis, los lábridos, los cirujanos, las chopas, las palometas...

La sobrepesca es otra amenaza importante a la salud de los océanos. La sobrepesca se produce cuando se capturan más peces de los que puede soportar el ecosistema. Esto puede provocar la disminución de las poblaciones de peces, lo que puede tener un impacto negativo en las cadenas alimentarias marinas.

Imaginemos ese arrecife en cuyas cavidades duermen los tiburones gata y las rayas de diversos tipos, y en los que las barracudas vigilan que nada pase, y en los que las mantarrayas sobrevuelan las colinas de coral, acompañadas por sus rémoras.

Y entre los grandes podemos ver los atunes que están rondando los cardúmenes de pelágicos pequeños como las sardinas, los arenques o los barriletes, y más allá las rondas de los picudos, marlines, peces espada, peces vela, también haciendo por la vida... Todos ellos bajo las grandes y pequeñas sombras que hacen las aves marinas como fragatas, gaviotas y albatros.

Y más abajo, grupos de tiburones de diversos tipos:

los martillos rodeando las cordilleras como hipnotizados por sus propios pensamientos, los blancos, los azules y otros tiburones oceánicos recorriendo sus regiones, alrededor de los arrecifes, los toros, los punta blanca y los punta negra, uno que otro sedoso, algún tiburón zorro...

Y como reina de este aquelarre oceánico, una gran tintorera, precedida por sus peces piloto, recorriendo las aguas con displicencia, como si se tratara de elegir una buena presa, algún bocado exquisito que llevarse a la boca, o simplemente paseando para cerciorarse de que todo está bien en sus dominios.

Y nos podemos alejar un poco hacia aguas más profundas, y podemos imaginar en el azul a los delfines recorriendo sus dominios, grandes ballenas de todo tipo saltando por los aires y alimentándose de toneladas de krill y otros tipos de plancton, sin plásticos, sin chapopote, sin detergentes...

Y en los islotes focas, lobos y elefantes marinos, retoyando como reguiletes cuando caen al agua... Y en las aguas más frías, pingüinos, más focas y narvales, y por aquí y por allá en los témpanos algunos que otros osos polares...

El cambio climático también está afectando a los océanos. El calentamiento global está provocando el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos y el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos. Estos cambios están teniendo un impacto negativo en la vida marina, ya que pueden alterar los hábitats marinos y dificultar la supervivencia de los organismos marinos.

En un océano sin humanos, la contaminación, la sobrepesca y el cambio climático no serían problemas. Las aguas estarían limpias y saludables, y la vida marina prosperaría.

Ejemplos concretos de la vida marina que prosperaría en un océano sin humanos.

En un océano sin humanos, los arrecifes de coral estarían sanos y llenos de vida. Los corales son organismos vivos que se alimentan de la luz solar y

de las algas que viven en ellos. Los corales proporcionan hábitat a una gran variedad de peces, moluscos, crustáceos e invertebrados.

Las esponjas también son importantes habitantes de los arrecifes de coral. Las esponjas filtran el agua y la mantienen limpia. También proporcionan hábitat a otros organismos marinos.

Los peces son una parte importante de la vida marina. Los peces son fuente de alimento para los humanos y para otros organismos marinos. En un océano sin humanos, las poblaciones de peces se recuperarían y la pesca sería sostenible.

Los mamíferos marinos, como las ballenas, los delfines y los manatíes, también prosperarían en un océano sin humanos. Los mamíferos marinos son importantes depredadores que ayudan a mantener el equilibrio de las poblaciones de peces.

... ¡Todos cantando a la vida!

Toda esta multiplicidad de seres vivos cantando a la Naturaleza, viviendo en armonía, cumpliendo sus funciones vitales y reinando en las aguas oceánicas sin ser molestados por nadie, salvo por sus depredadores naturales que solamente hacen su trabajo. Imaginemos que, en lugar de crear zonas de reserva, que no están funcionando, por lo menos en México, comenzamos a ver en el océano la gran reserva de la vida en el planeta, y comenzamos a respetarla.

Toda esta multiplicidad de seres vivos estuvo presente desde hace millones de años sin que lo que llamamos seres inteligentes pudiera presenciar su vida. Y entonces aparecimos nosotros, y las piezas de ese enorme rompecabezas han comenzado a desaparecer una tras otra hasta el momento en que nos encontramos con unas condiciones alarmantes en la naturaleza mancillada y acabada por nuestras costumbres.

Un océano sin humanos sería un lugar hermoso y saludable. Sería un lugar en el que la vida marina prosperaría y la naturaleza podría regenerarse por sí misma.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que un océano sin humanos es una utopía. Los humanos somos parte de la naturaleza, y nuestra presencia en los océanos tiene un impacto, tanto positivo como negativo. Es importante que trabajemos para reducir nuestro impacto negativo en los océanos y para proteger este importante ecosistema.

### Desarrollo

En un océano sin humanos, los arrecifes de coral estarían sanos y llenos de vida. Las esponjas, los peces, las estrellas de mar y otros organismos filtrarían el agua y la mantendrían limpia. Las aves marinas anidarían en las rocas y en los árboles, y los mamíferos marinos nadarían libremente por las aguas.

¿Cómo podrían existir en paz todos estos seres vivos, con una naturaleza en la que reinan los humanos?

Imaginemos que los humanos se hacen cargo de sus necesidades de consumo, y mantienen las poblaciones en un control demográfico estricto: Sin tener más hijos que los que sus ecosistemas pueden sostener, y sin caer en un desequilibrio. Imaginemos que estos seres humanos consumen sólo lo necesario, tratando de utilizar los dones que regala la naturaleza sin abusar, directamente, sin envolverlos en envases desechables, sin producir una infinita cantidad de plásticos que terminarían acumulándose tanto en la tierra como en los mares.

Imaginemos también que los humanos se hacen cargo de todos los desechos que generan, utilizando las heces como abono, reusando y reciclando las cosas que van sobrando en sus comunidades, y limpiando las aguas residuales antes de regresarlas al mar, a los lagos o a los ríos. Imaginemos que utilizan lo que actualmente llamamos basura, para producir energía sin contaminar. Que utilizan los objetos una y otra vez hasta que terminan siendo inservibles, y entonces se deshacen de ellos sin dejar rastro... Sin dejar huella.

Imaginemos que en todo el mundo se decide optar por las energías limpias, y reducir al mínimo de todos modos el consumo de energía, y se hace

todo lo necesario para limpiar los ríos y los lagos, y se prohíbe el uso de sustancias tóxicas o contaminantes. Imaginemos que se modifican las formas de producción y consumo para que sean realmente sustentables, y que se generaliza el uso de cultivos orgánicos, sin desechos dañinos para el mar, la atmósfera y la tierra.

Imaginemos que en todos los países se reduce al mínimo el uso de hidrocarburos, plásticos, pesticidas, fertilizantes tóxicos, y se substituyen por fuentes de energía que no causan daño, y por sustancias perfectamente reciclables, que benefician el entorno. Imaginemos que todos los esfuerzos de la ciencia se enfocan a buscar todo lo que hace bien, y se evitan para siempre los avances que dañan o destruyen.

Imaginemos que en todos los países se regula la pesca artesanal e industrial, y que se desarrollan sistemas de acuicultura que no dañan el ambiente, y que permiten alimentar a la población sin diezmar los mares. Imaginemos que se hace el esfuerzo de restaurar ecosistemas que están a punto de desaparecer por la actividad humana, como los esteros, los manglares y los arrecifes coralinos.

Los océanos serían el hogar de una gran variedad de peces, desde pequeños peces pelágicos hasta grandes depredadores como los tiburones. Los mamíferos marinos, como las ballenas, los delfines y los manatíes, también prosperarían en un océano sin humanos.

Los océanos serían una fuente de alimento y recursos para las personas, pero la pesca se realizaría de forma sostenible, sin agotar las poblaciones de peces.

En un océano sin humanos, los arrecifes de coral estarían sanos y llenos de vida. Los corales son organismos vivos que se alimentan de la luz solar y de las algas que viven en ellos. Los corales proporcionan hábitat a una gran variedad de peces, moluscos, crustáceos e invertebrados.

Las esponjas también son importantes habitantes de los arrecifes de coral. Las esponjas filtran el agua

y la mantienen limpia. También proporcionan hábitat a otros organismos marinos.

Los peces son una parte importante de la vida marina. Los peces son fuente de alimento para los humanos y para otros organismos marinos. En un océano sin humanos, las poblaciones de peces se recuperarían y la pesca sería sostenible.

Los mamíferos marinos, como las ballenas, los delfines y los manatíes, también prosperarían en un océano sin humanos. Los mamíferos marinos son importantes depredadores que ayudan a mantener el equilibrio de las poblaciones de peces.

Además de estos ejemplos, podemos imaginar que otros organismos marinos también prosperarían en un océano sin humanos. Por ejemplo, los calamares, las medusas, los pulpos, las tortugas marinas, los tiburones, las rayas, los cachalotes y los cachalotes también podrían alcanzar poblaciones saludables. En un océano sin humanos, la vida marina estaría en equilibrio. Las cadenas alimentarias estarían intactas, y los ecosistemas marinos serían resilientes a los cambios.

### **Impactos positivos de un océano sin humanos**

Un océano sin humanos tendría un impacto positivo en el medio ambiente de varias maneras.

- **Reducción de la contaminación:** La contaminación marina es un problema grave que afecta a todos los océanos del mundo. La contaminación por plásticos es una de las principales amenazas a la vida marina. Los plásticos pueden enredarse en los animales marinos, provocarles lesiones o incluso la muerte. También pueden ser ingeridos por los animales marinos, lo que puede causarles problemas digestivos o incluso la muerte. En un océano sin humanos, la contaminación por plásticos y otras formas de contaminación se reduciría drásticamente.
- **Aumento de la biodiversidad:** La actividad humana está provocando la pérdida de biodiversidad en los océanos. La sobrepesca, la contaminación y el cambio climático están reduciendo las poblaciones de peces y otros organismos marinos. En un océano sin humanos, la biodiversidad aumentaría, ya que las especies marinas tendrían más espacio para prosperar.

- **Mejora de la salud humana:** Los océanos son importantes para la salud humana. Los océanos proporcionan alimento, oxígeno y otros recursos esenciales para la vida. En un océano sin humanos, los humanos podrían disfrutar de los beneficios de los océanos sin poner en peligro la salud de los ecosistemas marinos.

### Conclusión

Imaginemos que los gobiernos se dan cuenta de que el planeta no es una fuente inagotable de recursos, y se regula la extracción de bienes de todo tipo. Imaginemos que se hacen en todo el mundo grandes campañas de educación y concientización, para convencer a todos los ciudadanos de que es necesario cuidarlo TODO: El mar, la atmósfera y la tierra, con todos los seres vivos que los habitan, y también con todos los bienes que contienen. Imaginemos que se actualizan las leyes que protegen el entorno a nivel mundial, y se hace obligatorio su cumplimiento.

Imaginemos que todos los países hacen un esfuerzo inmenso para regenerar sus bosques, sus selvas, sus praderas, y que se prohíbe la alteración genética de las semillas. Imaginemos que se rescatan y se hacen eficientes formas de cultivo que en su tiempo fueron casi milagrosas, como la milpa, con un equilibrio perfecto, los sistemas de terrazas y las chinampas que podían dar hasta seis cosechas al año.

Imaginemos que se regula el uso de la tecnología para producir sólo objetos que son útiles a la humanidad y no dañan el entorno. Imaginemos que la verdadera inteligencia humana, la que nos lleva a elegir lo que está bien, reina por encima de cualquier otro tipo de inteligencia, y nos conduce hacia un buen puerto, ahora que todavía estamos a tiempo de evitar el desastre que vemos llegar.

Imaginemos que los bienes que hay en el mundo se utilizan para preservar, para desarrollar, para asegurar el bien para todos sus habitantes, incluyendo a los humanos, los animales y los vegetales, y para proteger nuestros verdaderos tesoros, los naturales y los culturales. Imaginemos que podemos transformar esta humanidad dañina, en un conjunto de

seres buenos y conscientes que buscan la armonía en todas sus formas.

Imaginemos que este mar está en México... Y que, de un día para otro, todos los funcionarios, desde el más humilde hasta el Ejecutivo, los tres poderes, deciden cumplir las leyes, y especialmente todas las leyes que impliquen protección: de las mujeres, de los ancianos, de los niños, y, por supuesto, de todos nuestros ecosistemas y recursos culturales.

Imaginemos que cada persona en el país cae en la cuenta de que debemos cuidar lo nuestro, y también lo que no nos pertenece.

También imaginemos que todos los ciudadanos deciden dejar de hacer lo que se les ocurre, y apearse a las leyes. Es algo difícil de creer en un país en el que cada uno hace lo que le da la gana... Pero, podría suceder.

Imaginemos un esfuerzo generalizado para reconstruir todos los ecosistemas del país, esfuerzo que incluye la regulación voluntaria del consumo de todo tipo de bienes, el reciclado y el reuso de los objetos, en lugar de comprar y comprar, desechar y desechar.

Imaginemos que en todos nosotros nace el amor por nuestros mares, por nuestros lagos, por nuestros ríos, por nuestros bosques, por nuestra fauna nativa y adoptada, por nuestras montañas, por nuestros acuíferos, especialmente por los que tienen cuevas y cavernas, por nuestras culturas ancestrales, por nuestras tradiciones... Y también por los demás humanos.

Imaginemos que cada uno hace su parte... Puedo imaginar que yo también hago mi parte... ¡Y tú los estás haciendo!

Un océano sin humanos sería un lugar hermoso y saludable. Sería un lugar en el que la vida marina prosperaría y la naturaleza podría regenerarse por sí misma.

¿Es posible imaginar un océano sin humanos?

En cierto modo, sí. Podemos imaginarlo en nuestra mente, y podemos trabajar para crearlo en la realidad.

Para crear un océano sin humanos, necesitamos cambiar nuestra forma de interactuar con los océanos. Necesitamos reducir la contaminación, detener la sobrepesca y hacer frente al cambio climático.

En México, podemos empezar por exigir a nuestros gobernantes que cumplan las leyes que protegen los océanos. También podemos educarnos sobre la importancia de los océanos y compartir nuestro conocimiento con los demás.

Si todos hacemos nuestra parte, podemos crear un océano sin humanos, un océano en el que la vida prospere y la naturaleza esté en armonía.



#### Fuentes consultadas

- Appadurai, A. (2015). El futuro como hecho cultural. Ensayos sobre la condición global. Buenos Aires: FCE.
- Bratton, B. (2021). La terraformación. Programa para el diseño de una planetariedad viable. Buenos Aires: Caja Negra.
- Capra, F. (1996). La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Barcelona: Anagrama.
- Fernández, E.; Vázquez, A. El cielo en la tierra. Dos horizontes para pensar un futuro desantropical. Andamios. UACM
- Monton, T. (2021). Reciclar la ecología. España: Penguin.



**Comparación de los modelos de Johnson, Logístico y de Saturación para representar el Crecimiento de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)**

**Comparison of Johnson, Logistic and Saturation models to represent the Growth of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*)**

José Trinidad Ulloa Ibarra<sup>1</sup>, Nidia D. Uribe Iivares<sup>2</sup>, Juan Felipe Flores Robles<sup>1</sup>, María Inés Ortega Arcega<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nayarit

<sup>2</sup> CBETIS 100

**Recibido:** 13/10/2023

**Aceptado:** 29/11/2023

**DOI:** 10.60113/ap.v9i18130

**Resumen.**

El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es una especie de pez de agua dulce que se encuentra en América del Norte. Puesto que es comercialmente importante, y su cultivo se ha incrementado en los últimos años, se considera necesario poder realizar predicciones sobre su crecimiento y desarrollo con base en modelos matemáticos. El crecimiento del bagre de canal es un proceso complejo que está influenciado por una serie de factores, incluyendo la temperatura, la alimentación, y la densidad de población, como ya es conocido, no se debe olvidar que un modelo es una representación simplificada de la realidad, pero su utilización aporta buenos resultados ya que el desarrollo de modelos que puedan predecir su crecimiento es importante para la gestión de su cultivo. En este artículo, se comparan los modelos de Johnson, Logístico y de Saturación para representar el crecimiento del bagre de canal. Estos son modelos no lineales que han sido utilizados para describir el crecimiento de una variedad de especies de peces. Son ecuaciones diferenciales que representan crecimientos sigmoidales. Los datos se obtuvieron de un estudio realizado en México y fueron utilizados para ajustar los parámetros de los modelos. Los resultados del ajuste mostraron que los tres se ajustan bien a

los datos. Sin embargo, el de Saturación se ajusta ligeramente mejor que los otros. Se ha comprobado que el modelo de Saturación tiene algunas ventajas sobre los otros, es más flexible que el logístico, ya que su parámetro  $n$  permite controlar la forma de la curva de crecimiento por lo que puede ser utilizado para predecir el crecimiento del bagre a lo largo de un rango de condiciones de temperatura y alimentación por lo que puede ser utilizado para mejorar la gestión del cultivo del bagre y para optimizar la producción de esta especie.

**Palabras clave:** bagre de canal, crecimiento, modelo de Johnson, modelo logístico, modelo de saturación

**Abstract**

The channel catfish (*Ictalurus punctatus*) is a species of freshwater fish found in North America. Since it is commercially important, and its cultivation has increased in recent years, it is considered necessary to be able to make predictions about its growth and development based on mathematical models. The growth of channel catfish is a complex process that is influenced by a number of factors, including temperature, feeding, and population density. As is already known, it should not be forgotten that a model is a simplified representation of reality, but its use provides good results since the development of models that can predict its growth is important for the management of its crop. In this article, the Johnson, Logistic, and Saturation models are compared to represent channel catfish growth. These are nonlinear models that have been used to describe the growth of a variety of fish species. They are differential equations that represent sigmoidal growth. The data were obtained from a study carried out in Mexico and were used to adjust the parameters of the models. The fitting results showed that all three fit the data well. However, the Saturation one fits slightly better than the others. It has been proven that the Saturation model has some advantages over the others, it is more flexible than the logistic one, since its parameter  $n$  allows controlling the shape of the growth curve, so it can be used to predict the growth of catfish over time. over a

range of temperature and feeding conditions so it can be used to improve the management of catfish farming and to optimize the production of this species.

**Key words:** channel catfish, growth, Johnson model, logistic model, saturation model

### Introducción

El modelo más utilizado en el estudio del crecimiento de peces el modelo de von Bertalanffy considerándolo a priori como el único modelo que se ajusta a los datos de longitud-edad de las especies; una consideración que genera incertidumbres en los valores de los parámetros de crecimientos que son estimados, por cuanto se sabe que existen otros modelos de crecimiento que podrían ajustarse igualmente a los datos de longitud-edad (González, 2023, Ulloa et al, 2022)

El bagre es una especie de pez de agua dulce que se encuentra en América del Sur, América Central y México. Es una especie comercialmente importante, y su cultivo se ha incrementado en los últimos años. El crecimiento del bagre es un proceso complejo que está influenciado por una serie de factores, incluyendo la temperatura, la alimentación, y la densidad de población.

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

El cultivo de bagre inicio su desarrollo hace más de cincuenta años en forma experimental y algunas pequeñas granjas empezaron a operar a principios de la década de los cincuenta, el cultivo comercial en una escala significativa no va más allá de 1963, cuando se produjeron algunas toneladas principalmente en Arkansas, EU., para 1966 ya se producía 11, 000 toneladas, y en 1969 30,000 tone-

ladas en los estados de Arkansas, Mississipi y Luisiana y en otros quince estados de la unión americana.

En México los antecedentes del cultivo se remontan a las experiencias de las granjas de Rosario en Sinaloa, Tancol y Miguel Alemán en Tamaulipas desde la década de los setenta. Existen 3 familias de bagres nativos, de la familia Ictaluridae la de mayor importancia comercial. La especie más importante para la acuicultura del país es *Ictalurus punctatus* nativo de la cuenca del río Bravo al norte del país, habita en aguas de presas, lagos y ríos caudalosos con fondo de grava o arena. Sin embargo, la línea genética de bagre que actualmente se cultiva se importó de los Estados Unidos de Norte América (Ceballos y Velásquez, 1988).

### 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 popular en la acuicultura y se cultiva en todo el mundo. Es un pez de rápido crecimiento y puede alcanzar una longitud de hasta 1 metro y un peso de hasta 25 kilogramos. Cuerpo cilíndrico sin escamas en la piel; puntos sobre los costados figura 1. Los rayos de las aletas son blandos con excepción de las aletas dorsal y pectoral que tienen espinas. Aleta adiposa presente. Barbillas ubicadas en los extremos bajo boca, con dos barbillas sobre la superficie dorsal de la cabeza delante de los ojos y detrás del hocico. Aleta caudal profundamente bifurcada y aleta anal curvada con 24-29 rayos.

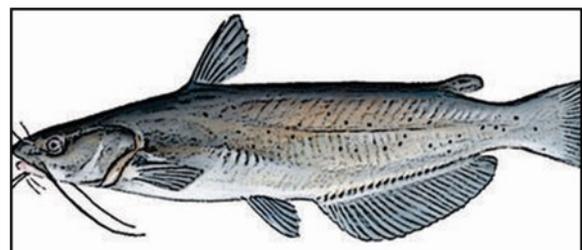


Figura No. 1. Bagre de Canal

Los bagres son nativos de aguas que fluyen en ambientes templados dentro de Norte América, incluyendo el sur de Canadá y el norte de México. Los adultos desovan por primera vez a los dos o tres años. El desove en la naturaleza ocurre en la primavera, comenzando alrededor de marzo en la parte sur de la distribución geográfica y más tarde en la medida que aumenta la latitud. Los huevos son depositados a menudo bajo troncos caídos o en algún tipo de depresión natural. Los huevos son puestos en una masa adhesiva. Las hembras de 0,5-1,8 kg producen un promedio de 8 800 huevos/kg de peso corporal, con hembras más grandes produciendo un promedio de 6 600 huevos/kg. Una vez que los huevos son puestos y fertilizados, el macho persigue y expulsa a la hembra del área del nido y atiende los huevos ventilando la masa con sus aletas para mantener agua oxigenada moviéndose sobre ellos. Dependiendo de la temperatura, los huevos eclosionarán dentro de 5-10 días y el macho continuará protegiendo por varios días a las larvas con saco hasta que los sacos vitelinos son absorbidos y las crías son capaces de nadar alrededor en busca de alimento.

Los bagres son conocidos como omnívoros oportunistas dado que ellos se alimentarán de una amplia variedad de material vegetal y animal; esto es, virtualmente de cualquier cosa que esté disponible.

Hay por lo menos 39 especies de bagre en Norteamérica y México, pero solamente 7 se han cultivado o tienen potencial para la producción comercial:

Bagre azul, *furcatus ictalurus*

Bagre blanco, *catus ictalurus*

Bagre negro, *melas ictalurus*

Bagre marrón, *nebulosus ictalurus*

Bagre amarillo, *natalis ictalurus*

Bagre de cabeza llana: *olivaris Pylodictis*

Bagre de canal: *Ictalurus Punctatus*

Clasificación taxonómica:

GENERO: *Punctatus*

CLASE: *Osteichthyes*

ORDEN: *Siluriformes*

FAMILIA: *Ictaluridae*

PHYLUM: *Chordate*

Descripción de la especie:

Es generalmente delgado y sobre todo gris azulado  
Los lados pueden ser azules o plateados ligeramente con los puntos negros  
dispersos, y el vientre es blanco  
Tiene una cabeza plana grande con los ojos grandes  
Presentan ocho barbas alrededor de su boca  
Cola profundamente bifurcada

Hábitos

Es omnívoro come casi cualquier materia, moluscos, pájaros muertos, ranas, insectos, gusanos, plantas acuáticas, algas, semillas que caigan en el agua, siendo las barbas la herramienta para encontrar el alimento.

Su alimentación es más activa en la noche y una hora después de la salida del sol o dos horas antes de la puesta del sol.

Se encuentra generalmente en fondos con preferencia de fango, grava, escombros, arena y se encuentra raramente entre algunas hierbas acuáticas densas.

El estudio del crecimiento del bagre es importante para la gestión de su cultivo. Los modelos de crecimiento pueden ayudar a los productores de bagre a predecir el crecimiento de los peces, y a optimizar la producción. El bagre es una especie de pez de agua dulce que se encuentra en América del Sur, América Central y México. Es una especie comercialmente importante, y su cultivo se ha incrementado en los últimos años. El crecimiento del bagre es un proceso complejo que está influenciado por una serie de factores, incluyendo la temperatura, la alimentación, y la densidad de población.

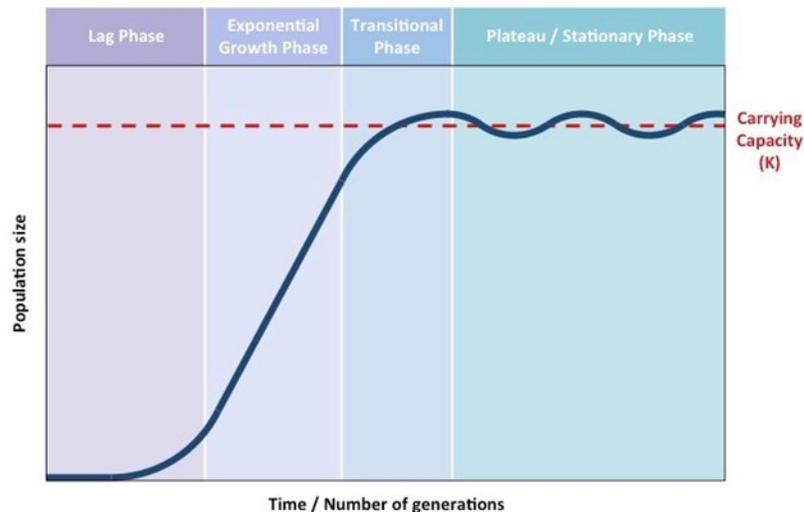
En general, el crecimiento del bagre se puede describir como una función exponencial. La velocidad de crecimiento aumenta a medida que el pez se hace más grande. Los factores que influyen en el crecimiento del bagre incluyen la temperatura del agua, la disponibilidad de alimento y la densidad de población.

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 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 sigmoide 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 sigmoide, se puede ver. En la figura 2.



**Figura No.2** Curva Sigmoide

Debido a la monotonía, continuidad y diferenciación de la función sigmoide, junto con su derivada, es sencillo formular y actualizar las ecuaciones para el aprendizaje de los diferentes parámetros.

Una posible trayectoria de crecimiento se representa mediante una curva S al trazar el tamaño de una población frente al tiempo. Para entender el ciclo de vida de un organismo, hay que tener en cuenta este aspecto. Además, las funciones sigmoideas pueden emplearse en las redes neuronales para modelar funciones de decisión complejas, ya que las funciones no lineales dan lugar a límites no lineales.

#### **Un patrón sigmoide consta de tres etapas**

La curva tendrá tres fases principales: una etapa/ período acelerado, una etapa/ período de transición y una etapa/ período de meseta.

##### **Etapas exponencial**

En las primeras etapas, el crecimiento de la población sería relativamente lento (período de retraso), ya que pocos individuos reproductores estarían

ampliamente dispersos. Como la natalidad supera a la mortalidad, el tamaño de la población crece constantemente. La energía es abundante y la resistencia al clima es mínima, lo que se traduce en una baja tasa de mortalidad.

##### **Etapas de transición**

Debido al crecimiento de la población, los recursos se vuelven más escasos, lo que provoca una lucha por la supervivencia. Se produce una ralentización del crecimiento de la población como consecuencia de la disminución de las tasas de natalidad y el aumento de las tasas de mortalidad.

##### **Etapas de meseta**

Con el tiempo, la creciente tasa de mortalidad igualará la producción de nuevos organismos, por lo que el crecimiento de la población se estabilizará. Como resultado de las fuerzas restrictivas, la población ha superado la capacidad del medio ambiente para hacer frente al aumento. Es probable que el tamaño de la población no sea estable en este punto, sino que fluctúe en torno a la capacidad de carga para mantener un número uniforme.

### **El problema**

La modelación es una práctica que se ejerce en diversas comunidades entre otras en las ciencias del mar y es una actividad recurrente y les otorga identidad, con base en diferentes estudios consideramos que puede funcionar como un vínculo entre la escuela y su entorno. Para ello se realizan investigaciones sobre las prácticas de modelación de comunidades, en este caso, de profesionales de la pesca. Las prácticas de esta comunidad se encuentran constituidas, y como tal, al igual que otros muchos procesos se realizan de forma casi mecánica o algorítmica, (Ulloa y Arrieta, 2012).

**El modelo de Johnson** es un modelo de crecimiento no lineal que se utiliza para describir el crecimiento de una población, tiene las siguientes suposiciones:

- El crecimiento es casi exponencial hasta que la población alcanza un tamaño máximo.
- El tamaño máximo de la población es constante.

La tasa de crecimiento de la población es proporcional a la diferencia entre el tamaño actual de la población y el tamaño máximo.

### **Debilidades y limitaciones en su utilización en especies marinas**

El modelo de Johnson es un modelo general que puede ser utilizado para describir el crecimiento de una variedad de especies de peces. Sin embargo, el modelo tiene algunas debilidades y limitaciones que pueden limitar su utilidad en especies marinas. Una de las debilidades del modelo de Johnson 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 Johnson 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 Johnson 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.

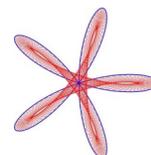
### **Específicamente, en el caso de especies marinas, el modelo de Johnson puede tener las siguientes limitaciones:**

- 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 Johnson 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.

El modelo más común de crecimiento de saturación es el modelo logístico, que se describe mediante una ecuación diferencial que relaciona la tasa de cambio de la población con la población misma y su capacidad de carga. El modelo logístico ha sido ampliamente utilizado para describir el crecimiento de poblaciones biológicas, como células, bacterias, plantas y animales, así como para modelar el crecimiento de la economía y las ventas de productos.



### Modelo logístico:

El modelo logístico es uno de los modelos más utilizados para describir el crecimiento de una población que alcanza su capacidad de carga. Se puede representar mediante la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left( 1 - \frac{N}{K} \right)$$

Donde:

- $dN/dt$  es la tasa de cambio de la población con respecto al tiempo.
- $N$  es la población en un momento dado.
- $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento de la población.

$K$  es la capacidad de carga del ambiente, es decir, el tamaño máximo de la población que el ambiente puede sostener.

Suposiciones más comunes en la determinación del modelo logístico

El modelo logístico es uno de los modelos más utilizados para describir el crecimiento de una población que alcanza su capacidad de carga. Algunas de las suposiciones más comunes en la determinación del modelo logístico son:

1. La población crece de forma exponencial hasta alcanzar su capacidad de carga: El modelo logístico asume que la población crece de forma exponencial al principio, cuando los recursos son abundantes, y que luego la tasa de crecimiento disminuye a medida que la población se acerca a su capacidad de carga.
2. La capacidad de carga es constante: El modelo logístico supone que la capacidad de carga del ambiente es constante, es decir, que no cambia a lo largo del tiempo. En la realidad, la capacidad de carga puede variar debido a factores como el cambio climático, la alteración del hábitat y la introducción de especies invasoras.
3. No hay factores limitantes adicionales: El modelo logístico asume que la capacidad de carga del ambiente es el único factor limitante para el crecimiento de la población. En la realidad, puede haber otros factores limitantes, como la predación, la competencia por recursos y las enfermedades.
4. Las tasas de natalidad y mortalidad son constantes: El modelo logístico supone que las tasas de

natalidad y mortalidad son constantes a lo largo del tiempo. En la realidad, estas tasas pueden variar debido a factores como la edad, el sexo, la densidad de la población y las condiciones ambientales.

La población es homogénea: El modelo logístico supone que la población es homogénea y que todos los individuos tienen las mismas tasas de natalidad y mortalidad. En la realidad, las poblaciones pueden estar compuestas por diferentes grupos de edad y sexo, con diferentes tasas de natalidad y mortalidad.

Debilidades y limitaciones del modelo logístico

El modelo logístico, como cualquier otro modelo estadístico, tiene sus propias limitaciones y debilidades. Algunas de las debilidades comunes del modelo logístico son:

1. Linealidad: El modelo logístico asume que la relación entre la variable de respuesta y las variables predictoras es lineal. Esto puede ser una limitación en casos donde la relación no es lineal.
2. Supuestos de independencia: El modelo logístico asume que las observaciones son independientes entre sí. Esto puede ser una debilidad en casos donde las observaciones están correlacionadas, como en estudios de grupos o de datos longitudinales.
3. Dependencia de las variables predictoras: El modelo logístico asume que las variables predictoras son independientes entre sí. En casos donde hay dependencia entre las variables predictoras, el modelo puede ser inexacto.
4. Ausencia de variables relevantes: El modelo logístico se basa en las variables predictoras que se incluyen en el modelo. Si hay variables importantes que no se incluyen en el modelo, entonces el modelo puede ser inexacto.
5. Sensibilidad a valores atípicos: El modelo logístico es sensible a valores atípicos en los datos. Si hay valores atípicos en los datos, entonces el modelo puede ser inexacto.
6. Problemas de convergencia: El modelo logístico puede tener problemas de convergencia cuando los datos son muy complejos o hay pocas observaciones por categoría.

### 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.

### **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 comunidad, en un lugar y en un tiempo (Ulloa, 2013).

### **Justificación**

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

- Los tres modelos son modelos no lineales que han sido utilizados para describir el crecimiento de una variedad de especies de peces.

Estos modelos tienen sus propias fortalezas y debilidades.

La comparación de los tres 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:

- 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 tres 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).

**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.

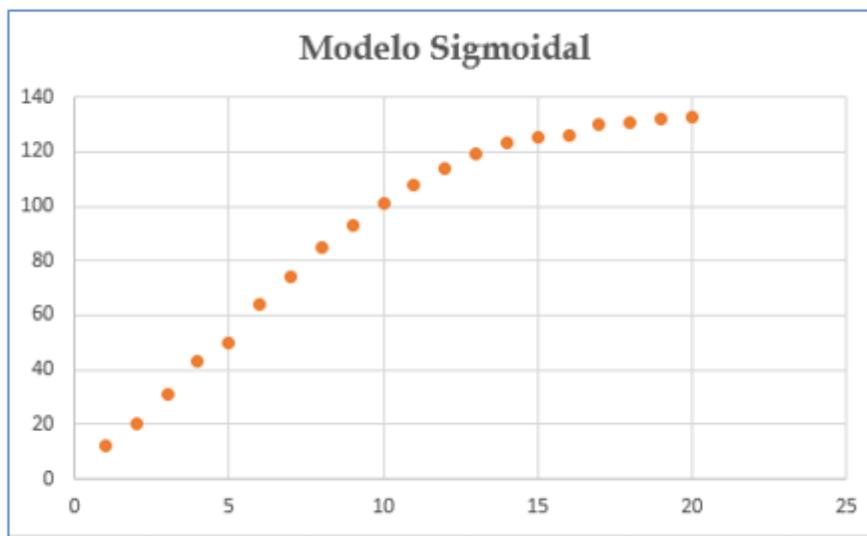
**Resultados**

Datos de crecimiento del Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)

**Tabla 1.** Datos para obtención del modelo

Edad	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Longitud	y	12	20	31	43	50	64	74	85	93	101	108	114	119	123	125	126	130	131	132	133

Representación gráfica de los datos:



**Figura No. 3.** Datos del Bagre de Canal

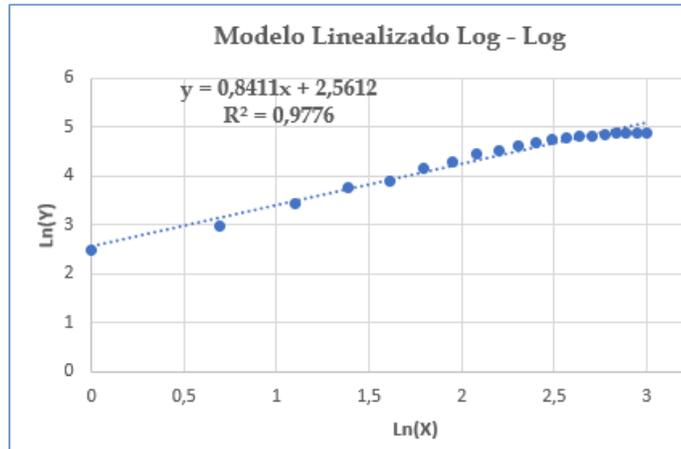


Figura No. 4. Modelo Linealizado Log - Log

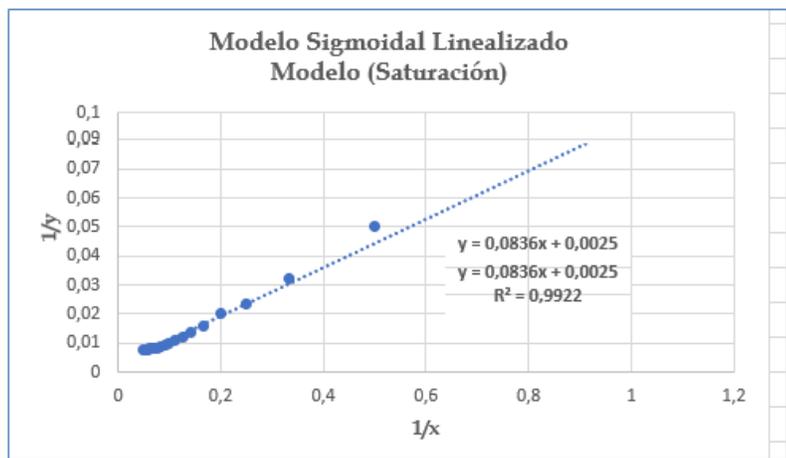


Figura No. 5. Curva linealizada de los datos de Bagre de Canal

La figura No. 5 representa una metodología descrita para los modelos de crecimiento de saturación descrito por Quintana, Villalobos & Cornejo (2005), mismo que se describe de manera analítica a continuación:

La ecuación que caracteriza el crecimiento de la población bajo condiciones limitantes es la siguiente:

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

Al reordenar la ecuación:

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

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

Esta ecuación representa la ecuación de una línea recta en la que la pendiente es  $a_1/a_0$  y la ordenada al origen es  $1/a_0$

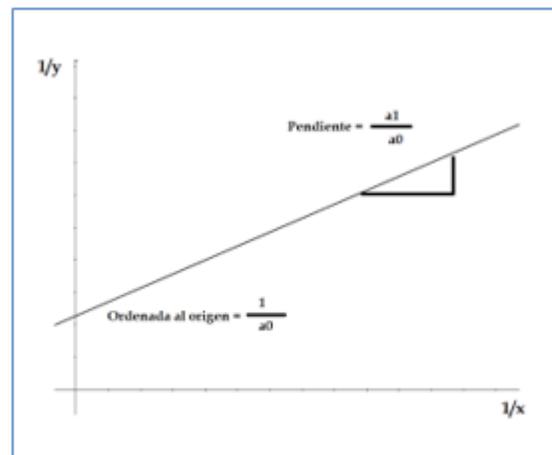


Figura No. 6. Parámetros del modelo linealizado

Comparación de tres modelos de crecimiento para bagre de canal

Al aplicar el método de mínimos cuadrados a la última ecuación se obtienen las siguientes ecuaciones para calcular la pendiente y la ordenada al origen:

Para la pendiente

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

Para la ordenada al origen

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

Además

$$S_R = \left(\frac{1}{y_i} - \frac{1}{a_0} - \frac{a_0}{a_1 * x_1}\right)^2$$

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

Coefficiente de Determinación

$$r^2 = \frac{S_T - S_R}{S_T}$$

Coefficiente de Correlación:

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

Procediendo con lo anterior

x	y	1/x	1/y	(1/x)(1/y)	(1/x)^2
1	12	1	0,08333333	0,08333333	1
2	20	0,5	0,05	0,025	0,25
3	31	0,33333333	0,03225806	0,01075269	0,11111111
4	43	0,25	0,02325581	0,00581395	0,0625
5	50	0,2	0,02	0,004	0,04
6	64	0,16666667	0,015625	0,00260417	0,02777778
7	74	0,14285714	0,01351351	0,0019305	0,02040816
8	85	0,125	0,01176471	0,00147059	0,015625
9	93	0,11111111	0,01075269	0,00119474	0,01234568
10	101	0,1	0,00990099	0,0009901	0,01
11	108	0,09090909	0,00925926	0,00084175	0,00826446
12	114	0,08333333	0,00877193	0,00073099	0,00694444
13	119	0,07692308	0,00840336	0,00064641	0,00591716
14	123	0,07142857	0,00813008	0,00058072	0,00510204
15	125	0,06666667	0,008	0,00053333	0,00444444
16	126	0,0625	0,00793651	0,00049603	0,00390625
17	130	0,05882353	0,00769231	0,00045249	0,00346021
18	131	0,05555556	0,00763359	0,00042409	0,00308642
19	132	0,05263158	0,00757576	0,00039872	0,00277008
20	133	0,05	0,0075188	0,00037594	0,0025
<b>209</b>	<b>1814</b>	<b>3,59773966</b>	<b>0,3513257</b>	<b>0,14257056</b>	<b>1,59616324</b>
		<b>0,17988698</b>	<b>0,01756628</b>		

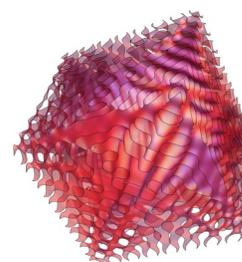
$(1/y - 1/a_0 - a_0/a_1 x)^2$	$(1/y - 1/y)^2$
0,000136436	0,009322607
0,000128193	0,016870628
2,09031E-05	0,021794298
1,13545E-06	0,024533323
1,22603E-06	0,025563847
1,14363E-06	0,026981999
2,5942E-06	0,027680131
4,76017E-06	0,0282651
5,18849E-06	0,02860641
5,74439E-06	0,028895238
5,94838E-06	0,02911382
5,88858E-06	0,029280361
5,62852E-06	0,029406632
5,21377E-06	0,029500433
4,40749E-06	0,029545135
3,56493E-06	0,029566966
3,57149E-06	0,029651006
3,00341E-06	0,029671232
2,5537E-06	0,029691158
2,19466E-06	0,029710791
<b>0,000349299</b>	<b>0,533651117</b>

<b>a0 =</b>	<b>175,3545204</b>	<b>Coefficiente de determinación</b>	<b>r² =</b>	<b>0,99934545</b>
<b>a1 =</b>	<b>11,56463598</b>	<b>Coefficiente de Correlación</b>	<b>r =</b>	<b>0,99934545</b>

Por lo que el modelo queda representado por la ecuación:

$$y = a_0 \frac{x}{a_1 + x} = 175.354 \frac{x}{11.564 + x}$$

Como puede observarse en la figura No. 7 las dos curvas están prácticamente solapadas lo que indica que el modelo propuesto representa con bastante exactitud los datos del problema, esto además queda evidente con la determinación del coeficiente de correlación.



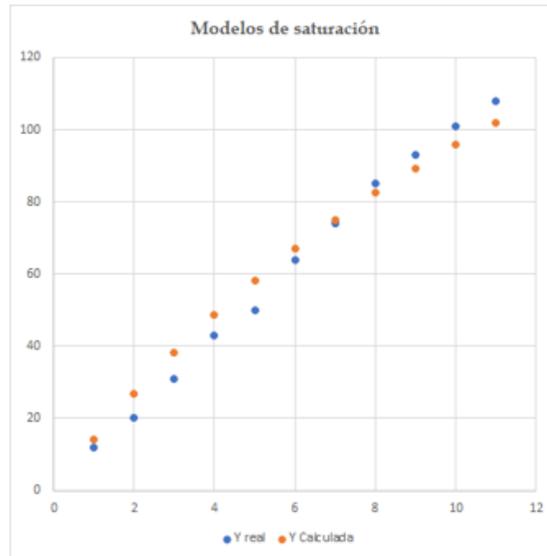


Figura No.7. Gráfico de los datos reales VS datos calculados

Procediendo de igual manera con el procedimiento anterior se tiene lo siguiente:

$$y = \frac{215}{1 + 1.4435 * e^{-0.3374x}}$$

**Modelo Logístico**

$$y = \frac{K}{1 + A * e^{-Bx}}$$

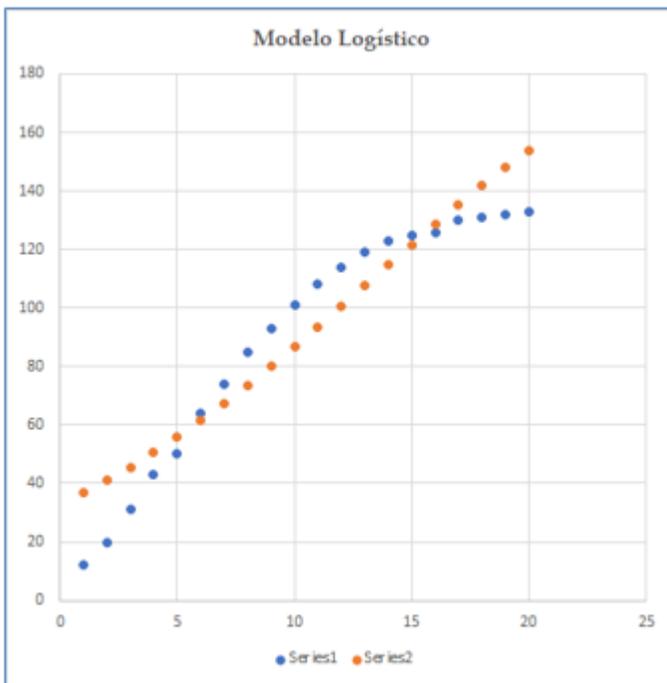
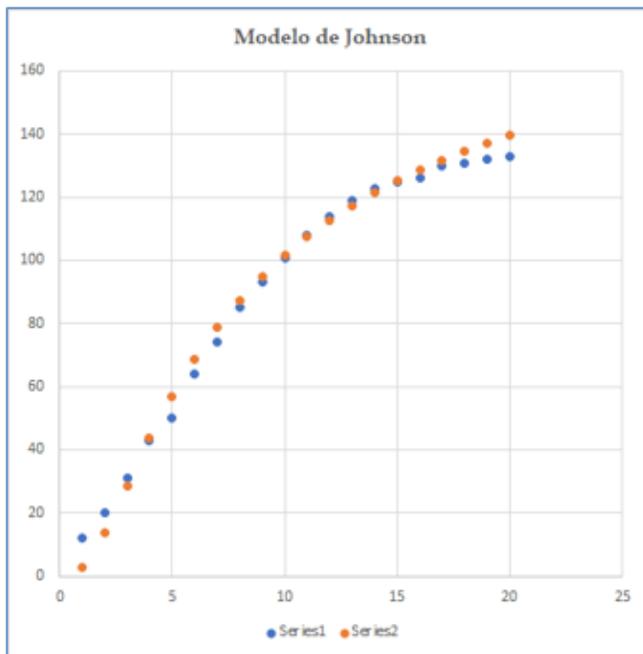


Fig. No. 8.

Coef Determinación = 0,89547974  
 Coef Correlación = 0,94629791

## Modelo de Johnson



$$196.5 e^{\frac{-1}{0.14(x+0.63)}}$$

Coef Determinación = 0,987833323

Coef Correl = 0,993898045

### Discusión

Los resultados del ajuste mostraron que los tres modelos se ajustan bien a los datos. Sin embargo, el modelo de saturación se ajusta ligeramente mejor que los otros dos modelos.

Los resultados de este estudio muestran que el modelo de saturación es una buena opción para representar el crecimiento del bagre de canal. El modelo es flexible y se ajusta bien a los datos. Este modelo puede ser utilizado para mejorar la gestión del cultivo del bagre de canal, y para optimizar la producción de esta especie.

La metodología utilizada para la obtención de los modelos a pesar de ser una herramienta de la ingeniería y las matemáticas la que se utilizó es con base en su facilidad por el tipo de conocimiento requerido. No obstante, y tomando la definición de Coeficiente de Correlación: el valor de  $r$  denota la fuerza de la asociación.

El manejo algorítmico resulta ser más sencillo y rápido ya que la linealización se efectúa por medio de álgebra básica y no requiere el uso de logaritmos, por lo que se considera como una buena opción para profesionales que no tienen una formación fuerte en matemáticas.

### Conclusiones

Cómo lo menciona Ulloa et al, 2021, el grupo de trabajo elabora diferentes propuestas que faciliten la modelación en casos en el que se tiene poca habilidad en el uso de las ecuaciones diferenciales, o en los casos propuestos anteriormente la utilización de los logaritmos, esto sigue otro de los procedimientos utilizados por el grupo: la Deconstrucción (Ulloa, 2013), de los trabajos del área de la pesca y la acuicultura en la que se requiere el uso de la matemática.

### Referencias Bibliográficas

- Ceballos, O.M.L. y Velázquez, E.M.A. (1988). Perfiles de la Alimentación de Peces y Crustáceos en los Centros y Unidades de Producción Acuícola en México. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO-Italia. Proyecto AQUILA. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Dirección General de Acuicultura, Secretaria de Pesca. México, 139 pp.
- Cordero, F. (2005). El rol de algunas categorías del conocimiento matemático en educación superior. Una socioepistemología de la integral. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa 8 (3), 265-286.

- Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 4 (2), 103-128
- González-Suárez, Ángel. (2023). Crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* en la región del Orinoco Medio usando modelos múltiples. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, v. 21, n. 1, 2023, p.97-107. Doi:<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.2030>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptisto, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Santa Fe, México. 634 p.
- 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. (2013). *Las prácticas de modelación y la construcción de lo exponencial en comunidades de profesionales: un estudio socioepistemológico* (Tesis doctoral no publicada). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Distrito Federal, México.
- Ulloa, J.; Uribe, N.; Flores, J.; Ortega, M. (2020). Comparación de cinco modelos de crecimiento para pargo lunarejo *Lutjanus coeruleolineatus* (Rüppell, 1838). *Acta Pesquera*, Vol. 8, No. 15. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Ulloa, J.; Ramos, D.; Uribe, N.; Flores, F.; Ortega, M. (2021). Análisis numérico para determinar modelos asociados a la composición proximal de corvina (*Cynoscion Parvipinnis*). *Acta Pesquera*, Vol. 7, No. 13. Universidad Autónoma de Nayarit



## **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](mailto: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