

# ACTA PESQUERA



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

# Universidad Autónoma de Nayarit

## *Directorio*

**Mtro. Jorge Ignacio Peña González**  
*Rector*

**Mtro. José Ángel González Rodríguez**  
*Secretario de Rectoría*

**Lic. Magaly Sánchez Medina**  
*Dirección Editorial*

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

**Dr. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco Arce**  
*Director de la Unidad Académica de Ingeniería Pesquera*

---

**ACTA PESQUERA**, Año 7, No. 14, Julio – Diciembre de 2021. 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. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco Arce**

*Subdirector*

**Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus**

*Coeditor*

**Dr. Oscar Iram Zavala Leal**

*Coordinador Científico*

**Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca**

*Coordinador de Contenido*

**M. en C. Aurelio Benítez Valle**

*Editor Ejecutivo*

**M. en C. Elsa García de Dios**

*Coordinadora de Edición*

**LDI Gabriela Ulloa García**

**Lic. Francisco Rafael Martínez nosense**

*Coordinador de Diseño Grafico*

---



## Contenido

		Pág.
1	Editorial	0
2	Lisa blanca <i>mugil curema</i> (valenciennes 1836): situación del manejo pesquero en Nayarit	Oscar Iram Zavala-Leal, Claudia Azucena González-Huerta, Juan Ramón Flores-Ortega, Francisco Javier Valdez-González y Jorge Soto-Alcalá 1 – 4
3	Modelo lineal múltiple para proteína en la corvina ( <i>Cynoscion Parvipinnis</i> )	José Trinidad Ulloa Ibarra, José David Ramos Carrillo, Nidia D. Uribe Oliveras, Juan Felipe Flores Robles, María Inés Ortega Arcega 5 - 16
4	La vida del planeta	María Teresa Morfín 17 – 28
5	Restos ictioarqueológicos en el sitio Arroyo Piedras Azules, Jalisco, México	Fabio Germán Cupul-Magaña, Joseph B. Mountjoy, Alma Rosa Raymundo-Huizar y Rafael García de Quevedo-Machain 29 – 33
6	Variación espacio-temporal de las densidades de las especies ictioplanctónicas y su relación con la temperatura y salinidad en Bahía de Banderas, México.	Cristian Eduardo Torres-Barajas, María del Carmen Navarro-Rodríguez, Liza Kelly-Gutiérrez y Ramiro Flores-Vargas 34 – 50
7	Relación Longitud-Peso y comparación entre dos modelos de crecimiento de una unidad experimental para cultivo de tilapia en jaulas flotantes	Elifonso Isiordia-Pérez <sup>1</sup> , Arlis Isiordia-Cortez <sup>1</sup> , Nallely Estrada-Pérez <sup>1</sup> , Javier M. J. Ruiz-Velazco 51 – 57
8	Tilapias: de la introducción a la producción, desarrollo económico de su cultivo en México	Claudia Azucena González-Huerta, Oscar Iram Zavala-Leal, Juan Ramón Flores Ortega 58 – 64
9	A los autores	65 – 67

---

### EDITORIAL

En los últimos años se ha incrementado la preocupación social por la conservación de los recursos naturales debido principalmente por la evidente percepción de la escasez relativa de varios elementos causada en gran parte por la progresiva degradación del medio ambiente, en este tema contamos una vez más con la aportación de María Teresa Morfín. Los aspectos ambientales han generado una gran inquietud en diversas comunidades de prácticas en donde las economistas y quienes investigan sobre el tema utilizan una serie de herramientas para presentar evidencias y generar propuestas para analizar y con ello contribuir a la explotación sustentable de los recursos, los pesqueros entre ellos, parte de ese panorama lo presentan Claudia Azucena González y coautores.

La ictioarqueología es una disciplina que estudia los restos de peces. Puede ayudar a entender cómo se explotaron los ambientes acuáticos del pasado y su repercusión en la historia de la pesca en ecosistemas y culturas antiguas. En nuestra revista hemos publicado trabajos en los que Fabio Cupul nos explica de forma convincente los métodos empleados en los hallazgos que él y sus colegas han estudiado.

La publicación de número de la revista Acta Pesquera ocurre después de 51 años de la fundación de nuestra Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. En una de las conferencias que se dictaron en el aniversario se resaltó la importancia del Ingeniero Pesquero y se puntualizó en que el océano ha

despertado siempre una gran curiosidad en la especie humana. El hombre, a lo largo de su evolución, ha sentido la necesidad de perfeccionar el conocimiento científico sobre el mar, por lo que ha consagrado, en una escala sin precedentes, su energía y sus recursos al estudio de los océanos.

Por la importancia que tiene para la humanidad el aprovechamiento de los recursos vivos del mar mediante la pesca y la acuicultura, se ha creado la llamada ciencia pesquera, en la que intervienen una serie de disciplinas tales como la oceanografía pesquera, la biología pesquera, la ingeniería y la socioeconomía pesqueras.

La pesca también permite al hombre obtener los recursos animales del océano; antaño sólo se explotaban las aguas litorales y únicamente algunos países, tradicionalmente pesqueros, contaban con embarcaciones para realizar esta actividad en aguas lejanas; en la actualidad se ha incrementado el interés por las aguas de mayores profundidades al conocerse la existencia de recursos aprovechables comercialmente. Uno de los procedimientos para aumentar el rendimiento de los recursos marinos es la acuicultura, que está considerada como el camino que seguirán los países para aumentar las posibilidades de solucionar el problema de la falta de proteínas. El cultivo de moluscos como ostras y mejillones en las lagunas litorales está totalmente dominado y se obtienen varios cientos de miles de toneladas por este medio en todo el mundo; se empieza a lograr el cultivo de crustáceos como el camarón y de peces marinos como los guachinangos.

---

Las administraciones pesqueras tienen la necesidad de conocer, de manera sistemática, los posibles impactos resultantes de estrategias alternativas para el manejo sostenible de recursos pesqueros, se presentan los trabajos desarrollados por Elifonso Isiordia y coautores así como los del grupo de modelación de matemática educativa de la Universidad Autónoma de Nayarit que contribuyen mediante modelos matemáticos al estudio de las especies.

*EDITOR*

---

**Lisa blanca *Mugil curema* (valenciennes 1836):  
situación del manejo pesquero en Nayarit**

**White mullet *Mugil curema* (valenciennes  
1836): situation of fisheries management in  
Nayarit**

Oscar Iram Zavala-Leal\*<sup>1</sup>, Claudia Azucena González-Huerta<sup>1</sup>, Juan Ramón Flores-Ortega<sup>1</sup>, Francisco Javier Valdez-González<sup>1</sup> y Jorge Soto-Alcalá<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Occidente. Campus Guasave.

**Recibido:** 25 de noviembre de 2021

**Aceptado:** 25 de diciembre de 2021

**RESUMEN**

México es uno de los diez países más productivos de Mugilidos en el mundo. La lisa blanca *Mugil curema* se captura en todo el litoral de México. El recurso lisa ocupa el lugar 15 de producción pesquera en México. Nayarit ocupa el cuarto lugar en producción con un volumen de 2,080 toneladas en el año 2018. Actualmente, para esta especie existen cuatro periodos de veda, las cuales son establecidas por zonas. Para la zona I (BC., BCS., Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco) el periodo de veda es del 01 de abril al 30 de junio. Para la zona II (Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas) del 15 de mayo al 15 de julio, la zona III (Tamaulipas y Veracruz) del 01 al 31 de diciembre y del 01 al 28 de febrero, y la zona IV (Laguna Madre, Tamaulipas) del 01 de septiembre al 10 de noviembre, del 01 al 31 de diciembre y del 01 al 28 de febrero. Para el estado de Nayarit, se realizó un estudio sobre la reproducción de esta especie. Se observó que esta especie presenta dos periodos de reproducción, el principal ocurre entre marzo-agosto y otro de noviembre-diciembre y la talla de madurez sexual es menor a 20 cm. Si se

considera que una veda tiene la finalidad de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie, en virtud de los resultados se observa que la veda establecida para la zona I no cumple con su finalidad. A lo largo del litoral mexicano se puede observar una situación similar entre las vedas establecidas y el desfase con respecto al periodo reproductivo de esta especie. Por tal motivo, se debería establecer un periodo de veda para cada zona de pesca en función de la reproducción de la especie.

**Palabras clave:** Manejo pesquero, Nayarit, *Mugil curema*, talla de madurez sexual, veda.

**ABSTRACT**

Mexico is one of the ten most productive countries for Mugilidae in the world. The white mullet *Mugil curema* is caught all over the coast of Mexico. The mullet resource ranks 15th in fish production in Mexico. Nayarit ranks fourth in production with a volume of 2,080 tons in 2018. Currently, for this species there are four periods of fishing ban, which are established by zones. For zone I (BC, BCS, Sonora, Sinaloa, Nayarit and Jalisco) the fishing ban period is from April 1 to June 30. For zone II (Colima, Michoacan, Guerrero, Oaxaca and Chiapas) From May 15 to July 15, zone III (Tamaulipas and Veracruz) From December 1 to 31 and from December 1 to 28 February, and zone IV (Laguna Madre, Tamaulipas) from September 1 to November 10, from December 1 to 31 and from February 1 to 28. For the state of Nayarit, a study was carried out on the reproduction of this species. It was observed that this species has two reproduction periods, the main one occurs between March-August and the other from November-December and the size at sexual maturity is less than 20 cm. If it is considered that a fishing ban has the purpose of protecting the reproduction and recruitment processes of a species, by virtue of the results it is observed that the closure established for zone I does not fulfill its purpose. Along the Mexican coast,

a similar situation can be observed between the established fishing ban and the lag with respect to the reproductive period of this species. For this reason, a fishing ban period should be established for each fishing area based on the reproduction of the species.

**Keywords:** Fishing management, Nayarit, *Mugil curema*, sexual maturity size, fishing ban .

## INTRODUCCIÓN

La lisa blanca o lebrancha *Mugil curema* pertenece a la familia mugilidae, esta familia incluye peces de tamaño mediano a grande (hasta 160 cm), de color grisáceo plateado, con un cuerpo moderadamente alargado, la cabeza a menudo ancha y aplanada en la parte superior, presentan una boca pequeña que se abre al frente o debajo del hocico, y presentan dientes generalmente muy pequeños cuando los tienen o en su defecto ausentes. Las lisas se encuentran en todos los mares tropicales y templados, generalmente cerca de la costa, con frecuencia en estuarios salobres y agua dulce (Robertson y Allen, 2015).

La lisa blanca, *M. curema* se distribuye en ambas costas de América (incluso en la costa atlántica africana). En el Océano Pacífico se encuentra desde el Golfo de California hasta Chile (Harrison, 1995). Mientras que en el Océano Atlántico desde Cabo Cod en Estados Unidos de América hasta Brasil (Yáñez-Arancibia, 1976). En territorio mexicano se distribuye a lo largo de ambas costas. Por el Pacífico mexicano es más abundante en Guerrero, Sinaloa y Nayarit. Mientras que en el Golfo de México es más abundante en los estados de Tamaulipas y Veracruz (CONAPESCA, 2018a). La lisa constituye uno de los recursos más importantes de la pesca artesanal en sistemas lagunares, bahías y en algunas zonas de la costa del Pacífico mexicano (Vasconcelos-Pérez *et al.*, 1996).

En cuanto a la pesquería, México es uno de los diez países más productivos de mugílidos en el mundo (FAO, 2015). La producción anual en 2018 fue de 21,089 toneladas al año y el promedio de producción entre 2009 y 2018 fue de 13,489

toneladas anuales y la tasa de crecimiento promedio fue de 9.95% (CONAPESCA, 2018a). En México esta pesquería se encuentra posicionada en el lugar número 15 de la producción pesquera nacional, mientras que, por su valor monetario, se encuentra en el lugar número 20 (CONAPESCA, 2018a). Este recurso es de los más explotados por las comunidades pesqueras prácticamente durante todo el año.

## Manejo de los recursos pesqueros

El PMP o Plan de Manejo Pesquero, es un conjunto de normas y acciones que permiten realizar la actividad pesquera de manera equilibrada, integral, sustentable y sostenible, las cuales se deben basar en el conocimiento de los distintos aspectos biológicos, pesqueros, ecológicos, económicos, socio-culturales que se tengan de los recursos susceptibles de ser aprovechados.

Lograr el manejo adecuado de un recurso pesquero es un proceso sumamente complejo, requiere la integración de aspectos de su biología y ecología con los factores socio-económicos e institucionales que afectan al comportamiento de los pescadores y a los responsables de su administración (Seijo *et al.*, 1997).

Como parte del manejo pesquero de los recursos, se establecen periodos de vedas, tallas mínimas de captura, cuotas de captura, entre otras medidas. De acuerdo con la CONAPESCA, la veda “es el acto administrativo por el que se prohíbe llevar a cabo la pesca en un periodo o zona específica establecido mediante acuerdos o normas oficiales, con el fin de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie” (CONAPESCA, 2018b).

## Vedas para las lisas en México

En México existen tres tipos de veda para especies marinas y dulceacuícolas, veda permanente, veda temporal fija y veda temporal variable. Existen en la actualidad 17 recursos acuáticos en veda permanente, 21 de origen marino en veda temporal y 7 dulceacuícolas también en veda temporal. Dentro de las especies catalogadas

como marinas de veda temporal fija se encuentra la lisa blanca, liseta o lebrancha (*Mugil curema*). Esta especie presenta cuatro periodos de veda en función de la zona geográfica. En el Océano Pacífico se localizan las zonas I y II, que corresponden a los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco en el caso de la zona I, y Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas para la zona II. En el Golfo de México se encuentran las zonas III y IV, que obedecen a las aguas litorales del estado de Tamaulipas y la zona norte de Veracruz (zona III), y Laguna Madre en Tamaulipas (zona IV). Los periodos de veda fija son del 01 de abril al 30 de junio para la zona I, del 15 de mayo al 15 de julio en la zona II (DOF, 1994), en la zona III del 01 al 31 de diciembre y del 01 al 28 de febrero, y finalmente, para la zona IV del 01 de septiembre al 10 de noviembre, del 01 al 31 de diciembre y del 01 al 28 de febrero (DOF, 2015). Mientras que la talla mínima de captura para esta especie en las zonas I y II es de 28 cm de longitud total y en las zonas III y IV es de 26 cm.

#### **Reproducción de la lebrancha en Nayarit**

Para el estado de Nayarit se realizó un estudio en 2018 sobre la reproducción de la lisa blanca. Dicho estudio se enfocó en evaluar el proceso reproductivo a través de índices morfológicos y de manera específica en el análisis histológico (Mena-Alcántar, datos sin publicar). En este trabajo se reporta que existen dos periodos de reproducción al año, el principal de marzo a agosto y uno pequeño en diciembre. Por otra parte, en un estudio previo de hace tres décadas, Villaseñor-Talavera (1988), observó que el evento reproductivo en esta especie era de abril a julio. Del mismo modo, la talla de madurez sexual para ambos estudios es menor a los 20 cm de longitud total. En ese sentido, se puede observar que existe un desfase de la reproducción (marzo, abril y mayo) y la veda en Nayarit (abril, mayo y junio), al igual que entre la talla de madurez sexual (menor de 20cm) y la talla mínima de captura (28 cm), establecida en el manejo pesquero de este recurso.

En los litorales de otros estados de la zona I al igual que en la zona II, también se puede observar

el desfase de los parámetros reproductivos que teóricamente son la base del establecimiento de las vedas que permiten la regulación pesquera.

#### **CONCLUSIONES**

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se puede concluir que es pertinente implementar una propuesta de manejo pesquero específico para la lisa blanca en el estado de Nayarit que permita regular de manera más eficiente este recurso.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado en marco del proyecto SEP-CONACyT 241486: Biología y Diversidad Funcional de la Ictiofauna del Sistema Estuarino de San Blas Nayarit. México.

#### **REFERENCIAS**

- CONAPESCA. (2018a). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2018. [www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca](http://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca)
- CONAPESCA. (2018b). Acuerdos de Veda Publicados en el Diario Oficial de la Federación en el año 2016-2019.
- DOF. (1994). Diario Oficial de la Federación, Órgano del gobierno constitucional de los estados unidos mexicanos. Tomo CDLXXXVI, No. 12. 128 pp.
- DOF. (2015). Norma Oficial Mexicana para regular la pesca de lisa y liseta o lebrancha en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico, Incluyendo el Golfo de California. 7 p.
- FAO, 2015. FishStat aquaculture production 1950–2013 and capture fisheries production 1950–2013. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/topic/16140/en>, consultado el 14 de abril 2019.
- Harrison, I. J. (1995). Mugilidae lisas: Guía FAO para identificación de especies para los fines de la pesca. En Pacífico Centro-Oriental. FAO, Rome, Vol. 3, pp. 1293-1298.

- Robertson, D.R y Allen, G.R. (2015). Peces Costeros del Pacifico Oriental Tropical: Sistema de Información en Línea. Versión 2.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, Republica de Panamá.
- Seijo, J.C., Defeo, O., Salas, S. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 368. Rome, FAO. 176p.
- Vasconcelos-Pérez, J., Sánchez-González, S. y Schultz-Ruiz, L. (1996). Pesquerías Relevantes de México. En: A. Sánchez-Palafox. D.F. Fuentes-Castellanos, y S. García-Real. (eds.). La pesquería de lisa. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. pp. 581-594.
- Villaseñor-Talavera, R. (1988). Biología pesquera de *Mugil curema*, Valenciennes (Pisces: Mugilidae) y perspectivas tecnológicas de captura en la zona estuarina y marina adyacente a San Blas Nayarit, México. Tesis Licenciatura, Escuela Superior de Ingeniería Pesquera, Nayarit. 233 pp.
- Yáñez-Arancibia, L. A. (1976). Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes, en áreas naturales de crianza, alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. Anales Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, 3(1):211-243



---

**Modelo lineal múltiple para proteína  
en la corvina (*Cynoscion Parvipinnis*)**

**Multiple linear model for protein  
in the croaker (*Cynoscion Parvipinnis*)**

José Trinidad Ulloa Ibarra<sup>1</sup>, José David Ramos Carrillo<sup>1</sup>, Nidia D. Uribe Olivares<sup>2</sup>, Juan Felipe Flores Robles<sup>3</sup>, María Inés Ortega Arcega<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> CBETIS 100

<sup>3</sup> CETMAR 26

**Recibido:** 10 de octubre de 2021

**Aceptado:** 04 de diciembre de 2021

**Resumen.**

Se presenta una contribución a los trabajos de modelación que desarrolla el grupo de matemática educativa - modelación matemática, cuyo objetivo es elaborar propuestas para la elaboración de modelos asociados al análisis proximal de especies, en este caso par al Corvina aleta corta, utilizando el análisis numérico como metodología para ello. La propuesta tiene como base el estudio bromatológico desarrollado por Ramos (2009) como parte del trabajo de tesis realizado. El sustento teórico para el trabajo es la Socioepistemología dado que se analizan las actividades de una comunidad de profesionales y que su resultado puede ser utilizando por docentes y estudiantes del área como un complemento en su formación. Se presenta la propuesta del análisis numérico para llegar modelos, la que ha sido utilizada con grupos de estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit.

**Palabras clave:** Modelos matemáticos, modelo lineal múltiple, proteína, curvina

**Abstract**

A contribution is presented to the modeling work carried out by the group of educational mathematics - mathematical modeling, whose objective is to elaborate proposals for the elaboration of models associated with the

proximal analysis of species, in this case for the Short-finned Corvina, using numerical analysis. as a methodology for it. The proposal is based on the bromatological study developed by Ramos (2009) as part of the thesis work carried out. The theoretical support for the work is Socioepistemology since the activities of a community of professionals are analyzed and its result can be used by teachers and students in the area as a complement in their training. The proposal of the numerical analysis to arrive at models is presented, which has been used with groups of students of the degree in Fisheries Engineering of the Autonomous University of Nayarit.

**Key words:** Mathematical models, multiple linear model, protein, curvin

**Introducción.**

Al estudiar fenómenos en las ciencias se requiere la utilización de las matemáticas para tratar de comprenderlos y poder hacer predicciones sobre otros similares a los del estudio, esto se considera parte de la construcción de las ciencias. Como recurso didáctico se puede utilizar tal reciprocidad de manera amena, en cualquiera de sus formas para enriquecer la enseñanza, la praxis y formación del docente de matemática. Todo esto se puede hacer desde una pedagogía integral que aboga por un proceso educativo vivo y transdisciplinar que muestre el concierto de fantasías que entrelazan todas las ciencias, en mayor o menor intensidad.

De esta manera en algunos momentos es necesario recurrir a la historia de grandes creaciones de las ciencias y algunos descubrimientos para presentar la investigación. La afirmación de Rodríguez (2011): "En todas las ciencias está presente la matemática y por tanto puede usarse la relación matemática-ciencias como recurso didáctico en cualquier nivel educativo", permite establecer no solo la relación entre ambas ramas de la ciencia, sino que permite contextualizar la matemática con base en la química, para ello consideremos que: "El balanceo algebraico de ecuaciones químicas, debe abordarse en los cursos de álgebra. Y ello no sólo porque introduce aspectos de sistemas de

ecuaciones lineales con más o menos incógnitas, o porque permite iniciarse en el tema de matrices”, (Garritz y Rincón, 1997).

Por otra parte, la química no solo influye en la vida de un ser vivo, sino que también afecta a toda la sociedad, cuando se quema un combustible fósil ocurren reacciones químicas que liberan energía capaz de suministrar potencia para el transporte y electricidad o calor para hogares y negocios. Recordemos que la química estudia características y composición de todos los materiales.

#### Características de la especie

##### Corvina de aleta corta

Alargado, robusto, comprimido, ovalado en sección transversal; cabeza, larga y puntiaguda; boca ligeramente oblicua, grande, termina detrás del borde posterior del ojo, mandíbula inferior proyectante; sin barbillas o poros en el mentón; branquiespinas inferiores 7-9; parte frontal de la mandíbula superior con 1 par de caninos grandes y puntiagudos; margen del preopérculo liso; dorsal con una base larga, con un espacio corto entre los dos partes, VII-IX + I, 21-23; anal II, 10-11; aletas pectorales 15-16, cortas, terminando muy delante las puntas de las pélvicas; margen posterior de la aleta caudal levemente cóncava; escamas del cuerpo y cabeza casi todas ásperas, lisas abajo la dorsal y la pectoral; aletas anal y dorsal suave con una banda angosta de escamas en la base de la misma; 65-75 escamas en la línea lateral; escamas de la línea lateral más pequeñas que las escamas adyacentes, con escamas accesorias pequeñas; línea lateral arqueada anteriormente y volviéndose recta cerca del nivel del origen de la aleta dorsal. Color plateado, gris azul dorsalmente; axila de la aleta pectoral cenizo; anaranjado amarillo dentro de la boca, con un creciente oscuro detrás dientes inferiores centrales; adentro del opérculo oscuro. Tamaño: crece hasta 60 cm. Habita en aguas costeras, usualmente afuera de playas arenosas.

Profundidad: 1-101 m. (ISIT, 2021)

La figura 1 muestra la relación de la química con otras áreas y algunas de sus aplicaciones.

En ella se puede observar que entre otras es importante destacar que: la química se relaciona con la matemática, porque desarrolla ecuaciones que explica el comportamiento de la materia, como el cálculo de la composición porcentual de los elementos en la fórmula, o las ecuaciones matemáticas que representan las leyes de Gases; la química se relaciona con la física, por las leyes establecidas que estudian la estructura de la materia y la interacción de los átomos para formar moléculas, y los diferentes cambios que suceden en estos; La química se relaciona con la biología, porque ambas estudian la composición química/biológica de un ser vivo desde el átomo, molécula, macromolécula, hasta un sistema complejo; La química se relaciona con la medicina, porque gracias a la química la farmacéutica desarrolla nuevos medicamentos que contienen sustancias que actúan de forma específica al agente infeccioso.

La Química matemática es el área científica que se encarga de las aplicaciones de las matemáticas en la química. Se trata de usar instrumentos matemáticos que ayuden a modelar procesos químicos y no se debe confundir. Se trata de usar instrumentos matemáticos que ayuden a con la química computacional.

En los últimos tiempos, se ha manifestado una fuerte tendencia en las ciencias hacia la formulación de *modelos matemáticos* que consisten en la representación numérica de los elementos que forman un sistema en la naturaleza, los que permiten conocer sus interrelaciones y predecir su comportamiento, ya que constituyen la única forma de manejar situaciones muy complicadas y de probar hipótesis científicas básicas. Sin embargo, todavía no se cuenta con modelos

matemáticos enteramente satisfactorios en relación con los fenómenos que se suceden en la biología, especialmente en el océano, (Cifuentes, et al, 1995)

### Modelación Matemática

Un modelo matemático es un sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de

acuerdo con lo que se quiere contemplar. Permiten obtener resultados en base a experiencias anteriores o a estadística.

Se utiliza en pronósticos (de demanda, ventas), en control de inventarios, de calidad, muestreo). Hay que rescatar que todo modelo matemático sufre de error cuando se compara con la realidad, pues siempre será un cálculo y factores externos que no permitan la exactitud (Esparza, 2017).

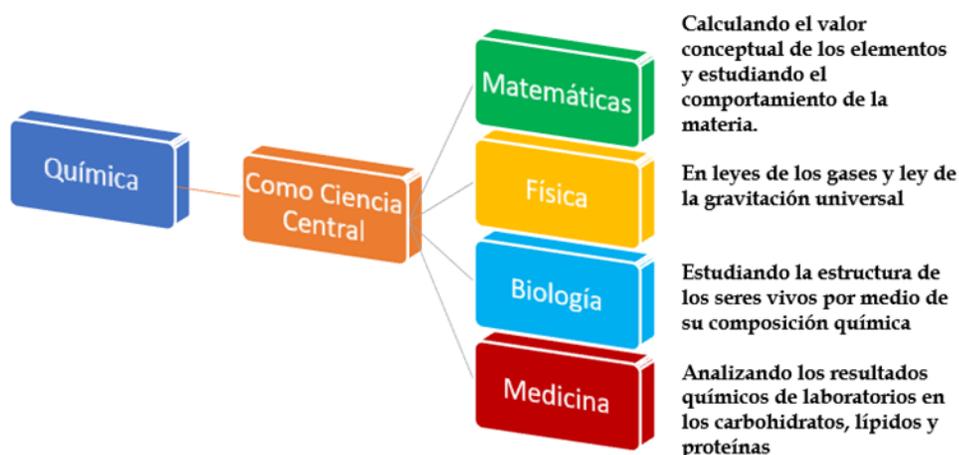


Figura 1. La química relaciones y aplicaciones (espaciohonduras.net/)

El objetivo del modelo matemático es entender ampliamente el fenómeno y tal vez predecir su comportamiento en el futuro. Los pasos para elaborar un modelo matemático pueden ser:

- Encontrar un problema del mundo real
- Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.
- Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas.
- Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales. Si los datos son diferentes, se reinicia el proceso. Los modelos simbólicos o matemáticos están constituidos por todas las ecuaciones matemáticas requeridas para representar satisfactoriamente un fenómeno o experimento. Cuando se usan los modelos matemáticos, a veces es posible determinar, mediante un proceso de-

ductivo, cuáles serán los resultados de un experimento sin realizarlo. Generalmente esto ahorra tiempo, trabajo y dinero, y proporciona resultados aún más precisos que los que se pueden obtener por medio de la simulación. En la figura No. 2 se muestra el proceso metodológico para la desarrollar modelos.

¿Qué es y para qué sirve un modelo matemático?

Para entender si algo funcionara correctamente, en determinado momento se tiene que recurrir al diseño de un modelo matemático que ayude a limar esos imperfectos que puedan presentarse, a través de las matemáticas. Hay que recalcar algo y es que, aunque un modelo matemático pueda ofrecer resultados exactos teóricamente hablando, estará expuesto al error al ser aplicado en el mundo real, debido a factores externos.

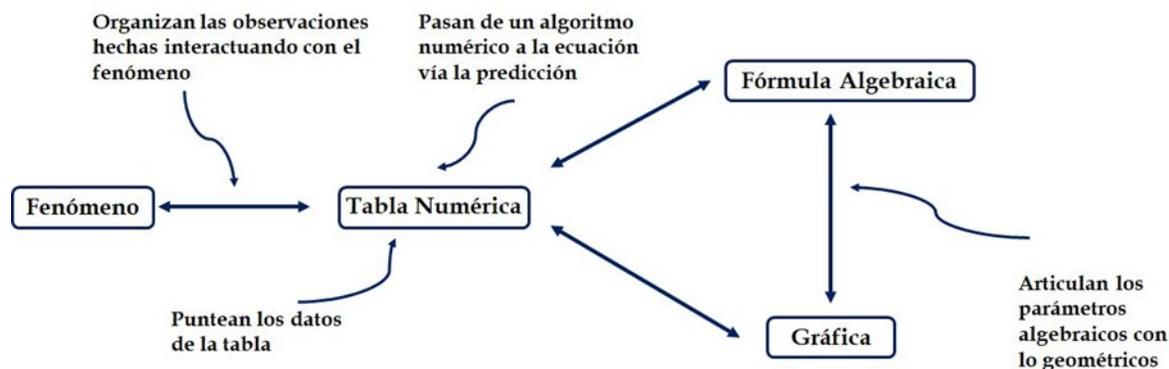


Figura 2. La numerización de los fenómenos (Arrieta y Díaz, 2015)

### ¿Qué es un modelo matemático?

Es uno de los tantos modelos científicos que permiten representar de forma gráfica o visual y/ o a través de ecuaciones matemáticas, relaciones, hechos, variables, parámetros o comportamientos que son difíciles de observar en la realidad. Cumpliendo el objetivo de los modelos científicos el cual es en general, explorar, controlar y predecir. Para obtener resultados correctos, es necesario decidir cuáles son las variables significativas y aquellas que no son tan importantes, distinguir cuales son las variables dependientes e independientes y definir correctamente las *unidades de medida* del modelo matemático.

### ¿Para qué sirve un modelo matemático?

Este tipo de modelos son principalmente usados en **estadística**, ya sea para representar problemas o situaciones del mundo real o para analizar, explicar o describir fenómenos o procesos que podrían ocurrir a la hora de pasar a la práctica. Un ejemplo de modelo matemático popular es lo que ocurrió con el **punto "Del Milenio"** en Londres, que se movía por el flujo de gente que transitaba por él, a partir de ello un grupo de investigadores desarrolló un modelo matemático que consideraba el largo, ancho, así como los materiales que constituyen el puente y basado en ello podría deducirse a partir de qué número de personas la estructura genera un **movimiento oscilatorio**.

Un modelo matemático puede ofrecer respuestas muy acertadas que ayudan a evaluar esas situaciones que ponen en aprietos a muchos, entonces se plantea la pregunta **¿puede responderse matemáticamente?** Para poder utilizar correctamente un modelo, es necesario conocer bien el problema y definirlo con precisión, que es uno de los aspectos más importantes en la solución de todo problema. Un error que se presenta frecuentemente es que las personas prestan poca atención a la definición del problema, lo cual da como resultado un trabajo de mala calidad o la repetición de este (Ulloa, et al 2021).

Otro requerimiento en el uso de los modelos es que obliga a los usuarios a identificar las áreas en las que el conocimiento o la información son deficientes y en las que se requiere de mayor esfuerzo o de mayores conocimientos. La probabilidad, por su esencia, requiere del uso de modelos gráficos y matemáticos. Los modelos gráficos los usa para presentar la información y los matemáticos para procesar la misma y hacer inferencias con ella. Al plantear un problema estadístico, se deben buscar los métodos y procedimientos adecuados para la solución y representarlos mediante un modelo matemático. El éxito que se obtenga dependerá de cuán fiel y completamente represente el modelo al problema y de que tan bien se puedan deducir soluciones al modelo una vez que estese ha elaborado (Esparza, 2017).

### Antecedentes

Los antecedentes sobre el tema se basan principalmente en los desarrollados a partir de la numerización de los fenómenos descritos inicialmente por Arieta (2003) y refinados por Arrieta y Díaz (2015) en los que además de la numerización se ve a la modelación como una práctica social; otra de las bases son las prácticas de análisis de los resultados de la composición de las especies (Nieto, 2006). 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).

Cabe mencionar que en los primeros trabajos sobre aspectos químicos de las especies en la ENIP (Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera), el análisis matemático para relacionar los

componentes se basó en la utilización de software con lo que se determinaron los gráficos y la correlación entre dos o más componentes químicos

### Justificación

La composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año (FAO, 1998).

Los principales constituyentes de los peces y los mamíferos pueden ser divididos en las mismas categorías. En el Cuadro 1 se ilustran ejemplos de las variaciones entre ellos. La composición del músculo de la carne vacuna ha sido incluida para comparación.

**Cuadro 1** Principales constituyentes (porcentaje) del músculo de pescado y de vacuno

Constituyente	Pescado (Filete)			Carne vacuna (músculo aislado)
	Mínimo	Variación Normal	Máximo	
Proteínas	6	16 - 21	28	20
Lípidos	0.1	0.2 - 25	67	3
Carbohidratos		<0.5		1
Cenizas	0.4	1.2 - 1.5	1.5	1
Agua	28	66 - 81	96	75

FUENTES: Stansby, 1962; Love, 1970

Como se evidencia en el Cuadro 1, se observa una variación normal substancial en los constituyentes del músculo de pescado. Los valores máximos y mínimos son casos extremos y se encuentran raramente.

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. El pez tiene períodos de inactivación por razones naturales o fisiológicas (como desove o migración) o bien por factores externos como la escasez de alimento. Usualmente el

desove, independientemente de que ocurra luego de largas migraciones o no, requiere mayores niveles de energía. Los peces que tienen energía almacenada en la forma de lípidos recurrirán a ella. Las especies que llevan a cabo largas migraciones antes de alcanzar las zonas específicas de desove o ríos, degradarán -además de los lípidos- las proteínas almacenadas para obtener energía, agotando las reservas tanto de lípidos como de proteínas, originando una reducción de la condición biológica del pez. En adición, muchas especies generalmente no ingieren mucho alimento durante la migración para el desove y por lo tanto no tienen la

capacidad de obtener energía a través de los alimentos (FAO, 1998).

Durante los períodos de intensa alimentación, el contenido de proteínas del músculo aumenta hasta una extensión que depende de la cantidad de proteína agotada; por ejemplo, con relación a la migración por el desove. Posteriormente, el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento. Después del desove el pez recobra su comportamiento de alimentación y generalmente migra hasta encontrar fuentes adecuadas de alimento. Las especies que se alimentan de plancton, como el arenque, experimentan una variación estacional natural dado que la producción de plancton depende de la estación.

Respecto al valor nutricional, los pescados son una excelente fuente de proteínas de alta calidad y digestibilidad. Las proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales<sup>9</sup> y son de mayor valor biológico que las de la carne. El pescado es rico en lisina y metionina, por lo que tiene un gran valor en la dieta humana. Una porción de 150 g de pescado puede proporcionar entre un 50 % y un 60 % de las necesidades proteínicas diarias para un adulto<sup>2</sup>.

Destacan las vitaminas del grupo B y las vitaminas A y D en el caso de pescados grasos. Son buena fuente de minerales como hierro, zinc, calcio, fósforo y selenio. Junto con los mariscos (después de la sal yodada) son los alimentos que más aportan yodo a la dieta. Además, el contenido de sodio en la carne de pescado es relativamente bajo (siempre que sea como filete de pescado fresco), lo cual le hace apropiado para regímenes alimenticios de tal naturaleza<sup>4</sup>.

Poseen un bajo contenido en grasas saturadas y alto contenido en grasas insaturadas, siendo la principal fuente de ácidos grasos omega 3 de cadena larga (EPA y DHA)<sup>4</sup>. Estos ácidos grasos han demostrado ser eficaces en el tratamiento y prevención de variadas enfermedades, tales como cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoidea e injuria por isquemia/reperfusión. Siendo

importantes para el desarrollo óptimo del cerebro y sistema nervioso del bebé.

Las necesidades de información sobre composición de alimentos y las aplicaciones de las tablas en los distintos países, guardan una estrecha relación con las características de la situación alimentaria y nutricional de la población, con el desarrollo de la investigación en el tema y con la prioridad que asignan los gobiernos a la búsqueda de soluciones a los problemas nutricionales.

El uso de las tablas de composición química de los alimentos es muy amplio. A nivel nacional, permiten evaluar la adecuación de la disponibilidad nacional de alimentos con respecto a las necesidades nutricionales de la población, en términos de nutrientes, permitiendo además identificar eventuales deficiencias en dicha disponibilidad (FAO 1992).

El desarrollo de paquetes computacionales de fácil manejo para los usuarios que tengan acceso a este tipo de tecnología constituye un gran aporte a la velocidad y precisión de los análisis de la información recolectada, pero que ocurre en sitios en los que no se cuenta con este tipo de tecnología. La propuesta que se presenta es proponer algún tipo de solución que esté al alcance para profesionistas con un bagaje básico de matemáticas.

Por otra parte, el poder relacionar mediante modelos matemáticos la relación entre los diferentes tipos de componentes puede ser de gran utilidad porque a partir de un análisis que además de ser relativamente rápido, pero principalmente de bajo costo, pueden tenerse de manera aproximada los componentes en cuya determinación se requiere de equipo y reactivos costosos (Ulloa, et al., 2019).

### **Marco Teórico**

Se desarrolla el trabajo teniendo como base a la teoría de la Socioepistemología 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;

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).

Sin embargo, en la teoría Socioepistemológica se considera que para el análisis de las formas de construcción o producción de conocimiento matemático el énfasis esté, más que en los objetos matemáticos, en los contextos o prácticas donde se emerge o se desarrolla dicho conocimiento en una actividad humana.

### Metodología

El trabajo se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y se utilizaron los datos numéricos obtenidos de observaciones de corvina en la Bahía de Matanchén y a partir de ellos se hicieron los análisis químicos para la obtención de los componentes químicos de la especie (Ramos, 2009)

El análisis numérico es una vía de solución alterna que permite conectar la teoría y la práctica al nivel que se quiera de medición y cálculo, pero en una forma diferente a como normalmente se enseña la operación analítica de los conceptos (Ulloa, et. al., 2020).

El análisis numérico o cálculo numérico es la rama de las matemáticas encargada de diseñar algoritmos para simular aproximaciones de solución a problemas en análisis matemático. Se distingue del cómputo simbólico en que no manipula expresiones algebraicas, sino números.

Por lo anterior se procede a la utilización del análisis numérico para establecer la relación entre los componentes químicos, privilegiando el uso

del contenido de ceniza y agua, ya que son los que requieren menos tiempo y recursos económicos, tomando como base que la regresión lineal múltiple trata de ajustar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y más de una variable independiente.

### Resultados

Se analizaron en el laboratorio de análisis químico 30 muestras correspondientes al periodo enero - junio, capturadas en la Bahía de Matanchén, se procede como se describe en la figura 3:

### Análisis Bromatológico

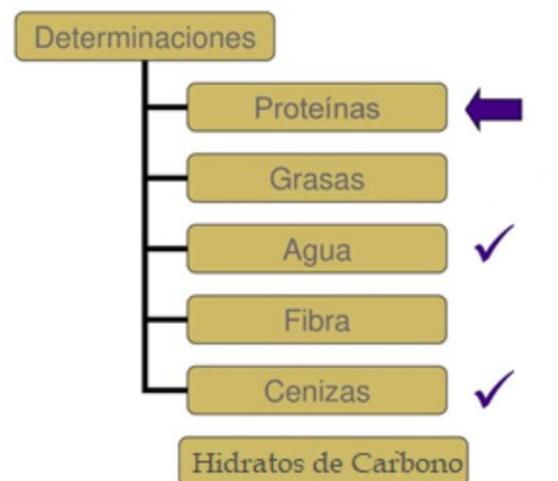


Figura 3. Diagrama de Análisis bromatológico

Una vez realizados los análisis de humedad, cenizas y grasas, se procedió a utilizar los métodos numéricos para determinar la relación multilineal múltiple para los datos obtenidos, considerando que: una extensión útil en la regresión lineal es el caso en el que la variable dependiente ( $y$ ) es una función lineal de dos o más variables independientes ( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) de la forma:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_{n-1} x_{n-1} + a_n x_n$$

Esta ecuación es útil particularmente cuando se ajustan datos experimentales como es el caso de la composición química de alimentos en donde la variable que se está analizando es función de otras dos o más variables.

En el caso dos variables independientes:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

La representación de la regresión ya no es una línea recta ni una curva, sino un plano en el espacio, lo cual dificulta en cierto grado su representación, sin embargo, es posible utilizar el método de mínimos cuadrados para encontrar los coeficientes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  de con base en el procedimiento que se describe.

Se debe obtener la suma de los cuadrados de las diferencias o errores:

$$Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2)^2$$

Los coeficientes que generan la suma mínima de los cuadrados se obtienen al igualar a cero las derivadas parciales y se genera el sistema de ecuaciones:

$$\sum y_i = n * a_0 + \sum x_{1i} * a_1 + \sum x_{2i} a_2$$

$$\sum x_{1i}y_i = \sum x_{1i}a_0 + \sum x_{1i}^2 a_1 + \sum x_{1i}x_{2i}a_2$$

$$\sum x_{2i}y_i = \sum x_{2i}a_0 + \sum x_{1i}x_{2i}a_1 + \sum x_{2i}^2 a_2$$

Las expresiones anteriores se pueden escribir en la forma matricial

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i}x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i}y_i \\ \sum x_{2i}y_i \end{bmatrix}$$

El coeficiente de correlación se calcula mediante la ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}}$$

Utilizando los datos observados, se propone un modelo de la forma descrita anteriormente:

	Proteína	Humedad	Ceniza			Proteína	Humedad	Ceniza
1	17,6	76.833	1.111		26	17,0	85.530	0.9800
2	17,3	77.792	1.000		27	17,3	85.8800	1.01
3	17,1	85.250	1.111		28	18,0	80.750	1.200
4	17,1	85.500	1.056		29	17,7	86.3300	1.040
5	17,3	78.530	1.510		30	17,9	80.300	1.150
.	...	...	...					
.	...	...	...					
.	...	...	...					
.	...	...	...					

Puesto que el modelo propuesto es:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

El sistema que se debe plantear es el descrito en la forma matricial, en consecuencia, se debe construir una tabla como la siguiente:

Tabla 2. Datos para obtención del modelo

	$y_i$	$x_{1i}$	$x_{2i}$	$x_{1i}x_{2i}$	$x_{1i}^2$	$x_{2i}^2$	$x_{1i}y_i$	$x_{2i}y_i$
1	17,6	76.833	1.111	85.361	5903.309	1.234	38,4165	0,5555
2	17,3	77.792	1.000	77.792	6051.595	1.000	155,584	2
3	17,1	85.250	1.111	94.712	7267.562	1.2340	85,25	1,111
4	17,1	85.500	1.056	90.288	7310.250	1.115	57,285	0,70752
...								
...								
Suma	525,100	2436,305	35,998	2916,640	198260,511	44,405	42644,369	630,402
	$y_i$	$x_{1i}$	$x_{2i}$	$x_{1i}x_{2i}$	$x_{1i}^2$	$x_{2i}^2$	$x_{1i}y_i$	$x_{2i}y_i$

Sustituyendo en la matriz del sistema, se tiene:

$$\begin{bmatrix} 30 & 2436.305 & 35.998 \\ 2436.305 & 198260.511 & 2916.639 \\ 35.998 & 2916.639 & 44.404 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 525.1 \\ 42644.369 \\ 630.402 \end{bmatrix}$$

Resolviendo se tiene

$$a_0 = 16.5505$$

$$a_1 = 0.00725693$$

$$a_2 = 0.3028597$$

Por lo que el modelo es:  $y = 16.5505 + 0.00725693x_1 + 0.3028597x_2$

Es decir: *Proteína* = 16.5505 + 0.00725693 *Humedad* + 0.3028597 *Ceniza*

Su coeficiente de correlación es:

$$r = 0.978$$

$$r^2 = (0.978)^2 = 0.9564$$

Estos resultados nos indican que existe una muy buena correlación y que entre otras cosas el 95.64% de los datos quedan explicados por el modelo.

### Discusión

Los modelos obtenidos con base en el análisis numérico al igual que los que se obtiene mediante el uso de software son herramientas que permite hacer las predicciones de fenómenos que tiene utilidad en ciertas comunidades como referente, es indudable que la obtención de todos los componente mediante la realización de los análisis químicos correspondientes son los privilegiados en la actualidad, por lo que, es necesario seguir inda-

gando en las metodologías como la que se propone para llegar a lograr su aceptación. El camino aun se vislumbra largo y requiere de equipos multidisciplinarios a fin de ir afinando los procesos de cálculo. El análisis numérico requiere del uso de herramientas matemáticas no complicadas. No obstante, y tomando la definición de Coeficiente de Correlación: el valor de  $r$  denota la fuerza de la asociación como se ilustra en el siguiente diagrama.

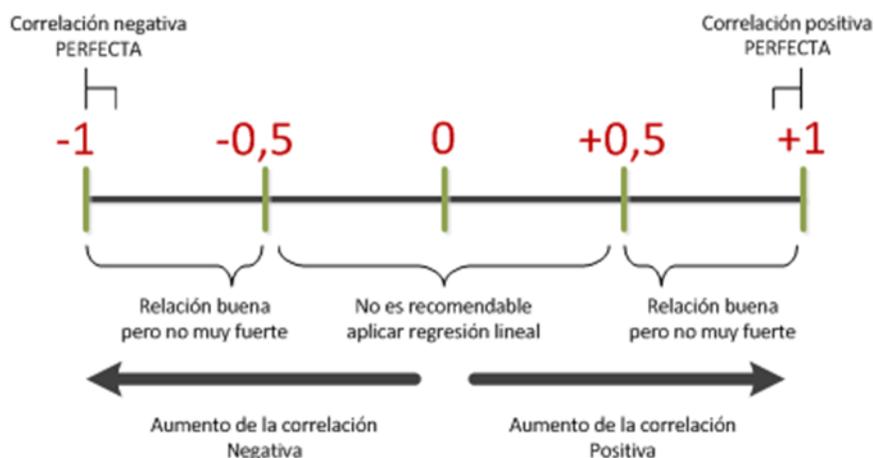


Figura No. 4. Interpretación del Coeficiente de Correlación

Los coeficientes de correlación que se obtienen por medio del análisis numérico muestran que el ajuste de los datos es muy buena, como puede deducirse de la Figura 4., por lo que puede establecerse como una alternativa para determinar el contenido de grasa con base a las mediciones en humedad y ceniza que como ya se mencionó puede ser aplicado a otro tipo de modelos, sin embargo, no debe perderse de vista que la valoración y uso de los modelos es responsabilidad de quien los utilice (Ulloa, Nieto, Ortega, Flores y Arrieta, 2019).

### Conclusiones

A pesar de la utilidad que pueden tener los modelos en la predicción, la propuesta de los mismo debe realizarse utilizando de manera correcta las diferentes metodologías y algo que se importante es que los modelos no son únicos ni para una región, ni para

una especie. Estos deben calcularse para cada caso en particular ya que, como los citó Munguía, 2004, en la composición química de los peces está influenciada por una gran cantidad de factores entre los que se encuentran, la alimentación, la temporada del año, y otros factores del hábitat propio de la especie en cuestión.

La modelación es una actividad propia de muchas comunidades de prácticas entre ellas la comunidad en la que se realiza el estudio y se pone de manifiesto el estudio de las matemáticas y en su caso la utilización correcta de calculadoras o softwares adecuados, lo que en la experiencia del grupo sólo es recomendable para profesionistas en ejercicio y no para estudiantes, ya que éstos deben aprender el significado no sólo de los fenómenos, sino relacionarlos con los parámetros de los modelos para analizar su significado e influencia.

En este estudio la obtención de modelos de múltiples variables permite, en un primer estadio reconocer los valores de aproximación en un modelo general, pero a su vez con esos datos modificar las condiciones del proceso para recoger resultantes distintos y llegar a un consumo óptimo de recursos (Ulloa, et al. 2019).

### Referencias Bibliográficas

- Arrieta, J. (2003). Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula. Disertación doctoral publicada, Cinvestav, México.
- Arrieta, J.; Díaz, L. (2015). Una perspectiva de la modelación desde la socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* (2015) 18 (1): 19-48
- Cifuentes, J.; Torres-García, M; Frías, M. (1995). El océano y sus recursos, III. Las ciencias del mar: Oceanografía física, matemáticas e ingeniería. Fondo de Cultura Económica (FCE)
- 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
- 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.
- Esparza, J. (2017). Qué es un modelo matemático. Recuperado el 25 de enero del 2021 de: [http://www.academia.edu/9253640/que\\_es\\_un\\_modelo\\_matematico](http://www.academia.edu/9253640/que_es_un_modelo_matematico)
- FAO. (1992). AGROSTAT. Hojas de balance de alimentos
- FAO. (1998). El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. FAO documento técnico de pesca 348
- Garriz, A. y Rincón, C. (1997). Capricho valenciano (III). Valencia y números de oxidación. Corolario para docentes. *Educación Química* 8 (3), 130-140
- ISIT. (2021). Especie: *Cynoscion parvipinnis*, Corvina de aleta corta. Consultado el 16 de agosto de 2021. <https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/thefishes/species/1523>
- Love, R.M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press. London.
- Munguía, J. (2004). Análisis químico proximal de *Scomberomorus sierra* durante el periodo de Enero a Diciembre de 2003 en San Blas Nayarit. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit
- Nieto, J. (2006). Análisis proximal de peces comerciales de la región de San Blas Nayarit. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit - Universidad de Guadalajara, México
- Ramos, J. (2009). Modelos matemáticos asociados a la composición proximal del *Ortopriscis Chalceus* (Burrito) y *Cynoscion Parvipinnis* (Curvina). Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Números, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 77, 35-49
- Stansby, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London, 55-60.
- 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.; Nieto, J., Ortega, M.; Flores, J.; Arrieta, J. (2019). Regresión multilínea como apoyo a los análisis proximales. *Acta Pesquera* Vol. (5), No. 9. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Ulloa, J.; Uribe, N.; Flores, J.; Ortega, M. (2020). Análisis numérico para la determinación de modelos potenciales en la Lobina Negra *Micropterus Salmoides* (Lacépède, 1802). *Acta Pesquera*, Vol. 6, No. 11. Universidad Autónoma de Nayarit
- Ulloa, J., Ramos, D., Uribe, N., Flores, J., Ortega, M. (2021). Análisis numérico para determinar modelos asociados a la composición proximal de corvina (*Cynoscion Parvipinnis*). *Acta*

Pesquera V. 7, No. 13 Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.

Ulloa, J.; Nieto, J., Ortega, M.; Flores, J.; Arrieta, J. (2019). Regresión multilineal como apoyo a los análisis proximales. Acta Pesquera Vol. (5), No. 9. Universidad Autónoma de Nayarit.



---

## La vida del planeta

### The life of the planet

María Teresa Morfín  
FMAS/SECTUR

**Recibido:** 12 de noviembre de 2021

**Aceptado:** 04 de diciembre de 2021

#### Resumen

Vivimos en un planeta amenazado. Además de los cambios que se dan de manera natural en nuestro mundo, hay muchos aspectos de la actividad humana que están generando situaciones de crisis en la tierra, en la atmósfera y en los océanos. Debido a esto están apareciendo grandes cambios que afectan la fisonomía del planeta y también la existencia de todos los seres vivos, incluyendo a los seres humanos. En este artículo se intenta llamar la atención sobre varios de los principales riesgos que afrontamos como seres vivos y como humanidad debido a la actividad humana, y lo que todavía se puede hacer para frenarlos, tanto a nivel de gobiernos como en nuestra vida personal.

**Palabras clave:** vida, planeta, cambio climático.

#### Abstract

We live on a threatened planet. In addition to the changes that occur naturally in our world, there are many aspects of human activity that are generating crisis situations on land, in the atmosphere and in the oceans. Due to this, great changes are appearing that affect the physiognomy of the planet and also the existence of all living beings, including human beings. This article tries to draw attention to several of the main risks that we face as living beings and as humanity due to human activity, and what can still be done to stop them, both at the government level and in our personal lives.

**Keywords:** life, planet, climate change

#### Introducción. Crisis climática

En octubre de este año se reunió la Cumbre Climática de Glasgow para discutir los problemas relacionados con el cambio climático global, y definir

las acciones que se tienen que tomar a nivel mundial para asegurar que la temperatura del planeta no suba más de 1.5° antes del año 2030. No dejamos de saber que el planeta está en peligro a raíz del comportamiento, los hábitos de consumo y la tremenda explosión demográfica mundial, y estando cada día más cerca de una crisis total, es el momento de que los países en general, sobre todo los de más alto consumo, y los individuos en particular, tomen grandes y pequeñas decisiones para asegurar la supervivencia de la vida en nuestro mundo, y de paso, de la humanidad.

En el año 2015 el mundo se reunió en París para buscar soluciones que puedan detener o al menos frenar el cambio climático. Ahora en la COP 26 en Glasgow, Escocia, se intenta que los países cumplan los acuerdos de París y lleguen a nuevos acuerdos. Allí se reunieron líderes mundiales, delegaciones nacionales, representantes de empresas, dirigentes de la sociedad civil y líderes juveniles. ¿Qué podemos esperar como habitantes de la Tierra de toda esta actividad?

El impacto de la crisis climática en el bienestar humano ha sido inmenso, y todavía se dice que estamos en temperaturas aceptables. Según información aportada por el Banco Mundial, en los últimos años 132 millones de personas han sido empujadas hacia la pobreza. Según esta misma fuente, 216 millones de personas serán obligadas a emigrar para 2050 debido a los impactos del cambio climático.

Alok Sharma, presidente de la COP 26, estableció cuatro metas básicas para proponer a las personas que toman las decisiones en los países participantes:

- Reducir las emisiones mediante la fijación de metas más ambiciosas, estrategias a largo plazo, eliminación del uso del carbón y detención de la deforestación.
- Aumentar los esfuerzos de adaptación, en particular entre los más pobres y vulnerables.
- Movilizar financiamiento mediante el cumplimiento de compromisos anteriores y el apoyo a iniciativas para cambiar los flujos financieros mundiales.

- Trabajar de manera conjunta para finalizar las normas del Acuerdo de París y lograr que la cumbre en Glasgow sea exitosa. (Información del Banco Mundial).

Todo esto pasa por reducir las emisiones, alejarse del carbón, eliminar la deforestación y entregar dinero para que los países pobres se adapten. En ese sentido se han adquirido compromisos, algunos también firmados por nuestro país, que promueven, por ejemplo, poner un alto a la destrucción de los bosques y acabar con el consumo de combustibles fósiles.

El clima del planeta ha cambiado innumerables veces de manera natural debido a la posición de la Tierra y la actividad solar, de manera que se han intercalado períodos de mucho frío, llamados glaciaciones, con épocas de temperaturas más benignas en las que las áreas más habitables para los seres vivos se han desplazado hacia los trópicos. Estos cambios, asociados a la actividad de la Tierra y del Sol, se han producido sin la intervención humana, sin embargo, el cambio climático global de nuestro tiempo está generando una crisis climática que pone en peligro a la vida en el planeta, y en particular a la humanidad.

El cambio climático global es una consecuencia de varios factores. Entre las causas naturales están los cambios en la posición y la órbita terrestre, la actividad del Sol, y fenómenos aislados como la caída de meteoritos y la erupción de volcanes. Las causas que son debidas a la actividad humana, generan el calentamiento de la tierra, la atmósfera y el océano principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero en las capas altas de la atmósfera.

La vida de la tierra proviene de la energía que recibimos del Sol. La mitad de la luz que llega a la atmósfera de la Tierra pasa a través del aire y las nubes hasta la superficie, donde se absorbe y luego se irradia hacia arriba en forma de calor infrarrojo. Esto se ha dado de manera natural desde que la Tierra tomó su forma definitiva hasta mediados del siglo XIX, en que la Revolución Industrial introdujo cambios que han ido desequilibrando

de manera acelerada la temperatura del planeta.

Según la NASA 2020, actualmente alrededor del 90% de este calor reflejado por la superficie terrestre es absorbido por los gases de efecto invernadero, y se irradia de regreso a la superficie. Debido a esto se está dando un aumento de temperatura que tiene efectos negativos en el clima, en la fisonomía de la Tierra, en la seguridad de los seres vivos, y en particular, como una amenaza a la vida de los seres humanos. Sin la intervención humana, los factores naturales conducirían a nuestro planeta a un período de enfriamiento, pero nuestras actividades han roto el equilibrio térmico de la Tierra y están causando serios problemas.

Los gases que contribuyen al efecto invernadero son:

- Vapor de agua: Es el gas más abundante, pero principalmente actúa como retroalimentador del clima. El vapor de agua aumenta en cantidad a medida que se calienta la atmósfera y se suma a la producción de nubes. Estas nubes aumentan la posibilidad de precipitaciones en la forma de lluvias, nevadas, tormentas y huracanes, que contribuyen al enfriamiento de la tierra. Estos son algunos de los mecanismos de retroalimentación más importantes del efecto invernadero. Por una parte, ayudan a equilibrar las temperaturas planetarias, pero por otra están generando grandes catástrofes que suceden sobre todo en los países más pobres del mundo.
- Bióxido de carbono: Éste es un componente menor pero muy importante. Se libera de manera natural a través de la respiración de los seres vivos y las emisiones volcánicas. También es producido por algunas actividades humanas como la deforestación, el cambio en el uso de los suelos y la quema de combustibles fósiles. Es el gas de larga duración más importante para el cambio climático.
- Metano: Es un gas hidrocarburo producido por fuentes naturales, pero actualmente se produce en grandes cantidades por la

la actividad humana. Entre las actividades que generan este gas están la descomposición de desechos en vertederos, la agricultura (en especial el cultivo de arroz), la digestión de los rumiantes y el manejo del estiércol de ganado. A escala molecular es un gas de efecto invernadero mucho más activo que el CO<sub>2</sub>, pero menos abundante en la atmósfera.

- Óxido nitroso: Es un poderoso gas de efecto invernadero que se produce debido a prácticas vinculadas con el cultivo del suelo, en especial el uso de fertilizantes comerciales y orgánicos, la incineración de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la quema de la biomasa.
- Clorofluorocarbonos. Son compuestos sintéticos de origen industrial, utilizados para diferentes cosas como los sistemas de enfriamiento de los refrigeradores. Actualmente su producción y emisión a la atmósfera están muy regulados mediante tratados internacionales, ya que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.
- El ozono: Es un gas en el que la molécula de oxígeno tiene tres átomos, es decir, es O<sub>3</sub>. Se sabe que el ozono filtra la radiación ultravioleta que llega del Sol, en las capas altas de la atmósfera. La destrucción de la capa de ozono ha sido la causa del incremento de este tipo de radiación, que entre otras cosas ha aumentado la proliferación del cáncer, particularmente en la piel. Pero también es un gas contaminante que abunda en la troposfera, y uno de los gases de efecto invernadero que más contribuyen al calentamiento global.

Considerando los niveles que había antes de la Revolución Industrial, la temperatura media del planeta ha aumentado en 0.98°C a partir de este cambio en la producción humana. La tendencia que se ha venido observando desde el año 2000 hasta la fecha hace pensar que, si no se hace lo necesario, entre el 2030 y el 2050 la temperatura podría aumentar en 1.5°C. Reducir el aumento de temperatura a menos de 1.5°C es una de las metas del Acuerdo de París, y actualmente uno de los objetivos que se han planteado en la COP 26.

El uso no sostenible de la tierra, el suelo, el agua y la energía para la alimentación contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el aumento de las temperaturas. A su vez, el aumento de las temperaturas afecta a los recursos para producir alimentos. Hasta 811 millones de personas en el mundo se enfrentaron al hambre en 2020, 161 millones más que en 2019 (información de la ONU).

El cambio climático es la mayor amenaza para la salud de la humanidad. Los impactos ya están perjudicando la salud a través de la contaminación del aire, las enfermedades, los fenómenos meteorológicos extremos, los desplazamientos forzados, la inseguridad alimentaria y las presiones sobre la salud mental. Cada año, los factores medioambientales se cobran la vida de unos 13 millones de personas (información de la ONU).

Los ecosistemas sanos pueden proporcionar el 37% de la mitigación necesaria para limitar el aumento de la temperatura global. Los ecosistemas dañados liberan carbono en lugar de almacenarlo. El cambio climático se manifiesta por una serie de alteraciones que están provocando esta crisis humanitaria y una gran afectación a la vida del planeta.

Consecuencias del cambio climático:

- Es un hecho que la Tierra está aumentando y va a seguir aumentando su temperatura promedio. A estas alturas este proceso no se puede detener, pero se puede frenar. Este cambio de temperatura es aceptable para algunas regiones que se ven beneficiadas por un clima más amable, pero para otras es catastrófico.
- Las condiciones climáticas llevan a una mayor evaporación y a más precipitación en general. El impacto varía según las regiones: unas se vuelven más húmedas y otras más secas. Cada día vamos sabiendo de la llegada de tormentas más intensas, inundaciones y tremendas sequías. Esto está sucediendo también en nuestro país.
- El aumento del efecto invernadero ya está calentando los océanos y está derritiendo el

hielo polar y los glaciares, lo que está produciendo un aumento en el nivel del mar. El agua del océano también se expande si se calienta, por lo tanto, también está ayudando a ese aumento de nivel.

- Ciertos cultivos y ciertas plantas pueden responder favorablemente al aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, creciendo más vigorosamente y usando el agua de manera más eficiente. Las elevadas temperaturas y el cambio en los patrones climáticos pueden cambiar las áreas donde crecen mejor los cultivos y afectar la composición de las comunidades naturales de las plantas. Sin embargo, el cambio está afectando de manera grave la vida de plantas y animales en muchas regiones del mundo.

La fusión de los glaciares y los casquetes polares está ocasionando una escasez de agua potable para las poblaciones que quedan cerca de las cimas elevadas, y un ascenso del nivel del mar, que puede hacer desaparecer varias poblaciones en los litorales del mundo. El hielo ártico está disminuyendo un promedio de 12.85% por década, y los registros de las mareas costeras muestran un aumento del nivel del mar de 3.3 milímetros por año desde 1870.

La década de 2009-2019 ha sido la más calurosa que se ha registrado, y 2020 fue el segundo año más caluroso de la historia, después de 2016. Esto ha causado que las temporadas de incendios se hayan hecho más largas e intensas, como ha sucedido en Australia en 2019. Además, este calentamiento ha causado un aumento en los eventos meteorológicos extremos como ciclones, inundaciones o tormentas de nieve, que también están ocurriendo en épocas del año en las que antes no sucedían.

Actualmente se está dando una alteración de los patrones de lluvia y de la duración de las estaciones, escasez de agua y alimentos, destrucción de cultivos y muerte del ganado. Esto está obligando a miles de pobladores que han caído en la miseria, a desplazarse dentro de sus países o a protagonizar migraciones masivas que están provocan-

do conflictos sociales y enfrentamientos violentos.

Algunos fenómenos como El Niño se han vuelto irregulares, y generan tremendas sequías en las áreas que ya estaban amenazadas, como el oriente de África. También hay cambios en la velocidad y la dirección de las corrientes oceánicas que afectan el clima y la distribución de la vida en los ecosistemas. Muchas especies vegetales y animales se están desplazando de un ecosistema a otro generando grandes daños a la biodiversidad.

Entre las principales causas del cambio climático están:

- Transporte contaminante, sobre todo por la quema de combustibles fósiles
- Edificios que necesitan rehabilitación para reducir el consumo de energía
- Actividad industrial, tanto por las emisiones como por la producción de calor
- Generación excesiva de residuos, que producen emisiones y contaminación
- Agricultura y ganadería, sistema alimentario no sostenible
- Derroche de energía, que también se traduce en elevación de temperatura
- Deforestación, que genera emisiones de CO<sub>2</sub> y disminuye la captura de carbono

Necesitamos realizar una transición ecológica que incluya el cambio a las energías renovables, la fabricación de vehículos eléctricos y la construcción de edificios eficientes a nivel energético. Muchas de estas cosas las tienen que hacer los gobiernos, pero hay acciones que podemos realizar como personas comunes como reducir nuestro consumo de carbono, disminuir el consumo de carne, plásticos, madera y papel, minimizar nuestra producción de desechos, tanto orgánicos como inorgánicos, y presionar a las autoridades para acabar con el consumo de combustibles fósiles y optar por la producción de energías limpias.

### **Exceso de población**

La explosión demográfica es un rápido aumento en el número de habitantes de un país o región.

Cuando crece el número de habitantes, aumenta la demanda de toda clase de recursos, como los alimentos, la vivienda, los transportes, los servicios de salud, otros tipos de servicios y bienes, en particular los de primera necesidad, entre otras cosas. Esto tiene un impacto a todos los niveles, sobre todo desde el punto de vista demográfico y el económico, pero también en lo que se refiere al deterioro del ambiente regional y mundial.

Hay varios factores que influyen en la explosión demográfica:

- Tasa de natalidad: Si aumenta el número de nacimientos, se impulsa el crecimiento demográfico.
- Esperanza de vida: Antiguamente las personas morían muy jóvenes. Alguien de 40 años era un anciano. Ahora, con los adelantos de la medicina y las mejoras en la calidad de vida, la esperanza de vida se ha extendido varias décadas.
- Migración: Cuando llegan personas de otros países, gente desplazada por distintas causas, se da un incremento de la población del país receptor.

Además de la demanda de bienes y servicios, la expansión de la población genera una aceleración de los procesos de transformación de la naturaleza: Las áreas urbanas y suburbanas ganan terreno a las áreas naturales, se destinan más tierras para cultivos y crianza de ganado, se utilizan más vehículos para el transporte, con sus secuelas de contaminación, aumenta la demanda de fuentes de trabajo, lo que incrementa los efectos del crecimiento industrial en la naturaleza, y sobre todo en los países en desarrollo, aumenta el número de personas en condiciones de pobreza o de pobreza extrema.

Se sabe que los países en desarrollo son los que tienen mayores tasas de natalidad, a diferencia de los países desarrollados, que pueden tener un control mayor de su demografía. Los países con altos índices de natalidad y una expectativa de vida baja, tienen una población económicamente activa menor que los países ricos. El incremento que estamos viendo en la población mundial y nacional,

también tiene que ver con factores culturales, sociales y educativos.

Según los datos del INEGI (2020) nuestro país es el décimo más poblado del mundo, con 126.014 millones de habitantes, con un 48.8% de población masculina y un 51.2% de población femenina. La edad mediana de la población es de 29 años. Se habla de una tasa global de fecundidad de 2.1 hijos por mujer, mientras que la esperanza de vida para los hombres es de 72.2 años y de 77.9 para las mujeres. CONAPO afirma que la tasa de mortalidad infantil es de 13.38 defunciones por cada mil nacidos vivos, y la tasa de crecimiento total es de 1.01%.

Hace mucho tiempo que creo que la humanidad es una plaga para el planeta: Hemos transformado la naturaleza a tal grado que se han extinguido muchas especies vegetales y animales, y muchas otras están al borde de la extinción. Con nuestros pueblos y ciudades hemos acabado con ecosistemas completos, y hemos sembrado nuestros desechos en la tierra y en el mar. Además, muchas de nuestras actividades generan contaminación, que es dañina para nosotros y para otras especies. Nuestro consumo multiplicado por el número de habitantes del planeta, ejerce una gran presión sobre los ecosistemas naturales, por una parte, por la substitución de tierras para cultivos y para crianza de ganado, y por otra, por la explotación exhaustiva de los recursos, que van agotándose de manera acelerada.

A estas alturas es muy improbable que se pueda revertir la explosión demográfica en el planeta, pero creo que todavía podemos hacer muchas cosas para frenarla, sin caer en excesos que atenten contra la vida humana. Una primera cosa es que debería haber campañas intensivas para promover la paternidad responsable: Que las parejas planeen su familia, que tengan menos hijos, y solamente los que puedan mantener. Por otro lado, debería haber campañas de educación sexual para todos los niños que lleguen a la edad reproductiva: Hablarles de sexualidad, de anticonceptivos, de prevención de enfermedades de transmisión sexual, de cómo poder evitar los embarazos infantiles y el abuso sexual.

Algo que también es indispensable es aumentar la protección de las mujeres y las niñas y niños ante la violencia masculina y de todo tipo, sobre todo entre las personas de escasos recursos, pero también en todos los niveles de la escala social.

Muchas de las soluciones a los grandes problemas del planeta pasan por la educación.

### **Contaminación ambiental**

La contaminación ambiental se debe a la presencia de componentes nocivos en el aire, en el agua y en la tierra. Estos componentes pueden ser de muchas clases, y perjudican a los seres vivos que habitan en ese espacio. Generalmente la contaminación ambiental se origina en las actividades humanas. La naturaleza también genera situaciones de contaminación, como las erupciones volcánicas, los huracanes y los incendios, pero éstos son infinitamente más pequeños que los factores de origen humano, y el medio natural tiene sus propios mecanismos de limpieza.

Según la Organización de las Naciones Unidas, la principal causa del deterioro de los ecosistemas es la tala indiscriminada de árboles y bosques. Sin embargo, desde que llegó la Revolución Industrial hace más de dos siglos, el principal acto de contaminación ambiental es la emisión de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, entre las mayores fuentes de contaminación que existen actualmente en el planeta están los desechos industriales que se vierten a la atmósfera y a la hidrosfera, la producción de energía a través de combustibles fósiles como el petróleo, el gas o el carbón, y el uso indiscriminado de plásticos y de otros materiales derivados del petróleo. Y no hablar de los residuos peligrosos, como los desechos de materiales radiactivos y otros desechos tóxicos, que terminan acumulándose en basureros que contaminan la tierra y las aguas subterráneas.

Entre los focos de contaminación más escandalosos de nuestro tiempo están las áreas muertas en los océanos, y las islas de plástico que también se encuentran en todos los mares.

Estas áreas muertas, como la enorme zona sin oxí-

geno que se encuentra frente al delta del río Misisipi, se producen porque el agua del riego de las zonas de cultivo a gran escala, lleva hasta los ríos y luego al mar, miles de toneladas de insecticidas y fertilizantes. Estas sustancias generan un crecimiento acelerado de las algas microscópicas, y cuando éstas se descomponen, cambian la composición del agua y consumen todo el oxígeno disponible. Ésta es solo una de las causas: también están los derrames de aguas negras y de petróleo, y las grandes cantidades de desechos de origen industrial. Así se están muriendo nuestros mares.

También tenemos que saber que en todos nuestros océanos se han formado “islas de plástico” formadas por desechos de este material que han sido arrojadas a los ríos y a los mares. Estas aglomeraciones son gigantescas, por ejemplo, la isla de plástico del centro del Océano Pacífico mide tres veces el área de Francia, y alcanza varios kilómetros en profundidad. Estos plásticos matan muchos animales que los confunden con alimento, como las aves, las tortugas y las ballenas, al descomponerse generan gases de efecto invernadero, y cuando se degradan, se transforman en microfibras que terminan formando parte de la carne de los peces y mariscos que consumimos, y entran en nuestra cadena de alimentación.

También necesitamos asegurarnos de que los aparatos que desechamos sean reciclados: Las baterías y muchos componentes de las televisiones, los aparatos de sonido y las computadoras, por decir algunos, tienen componentes tóxicos, y también componentes valiosos que pueden recuperarse en procesos de reciclaje. Necesitamos localizar centros de reciclado que puedan recibir estos materiales y darles un tratamiento aceptable, primero para evitar una mayor contaminación del ambiente, pero también para que sus componentes se puedan volver a usar. Se trata de promover una cultura de reciclado y de reuso. Una computadora que ya está obsoleta para nuestras necesidades, con el debido mantenimiento, puede pasar a ser una bendición para una escuela rural o un estudiante de pocos recursos.

Es urgente que los gobiernos organicen campañas y hagan cumplir las leyes para reducir el uso de

de energías limpias y dar facilidades a las personas y entidades que contaminen menos... Pero también, como decíamos, se necesita desarrollar la industria del reuso y el reciclaje. Hay una inmensa cantidad de bienes que pueden utilizarse si no las convertimos en basura: inclusive las sustancias tóxicas se pueden degradar y se pueden volver a usar formando otros compuestos.

Hay muchas cosas que tienen que hacer los gobiernos y la industria, en los grandes niveles, sin embargo, nosotros podemos poner nuestro grano de arena: Podemos reducir el uso de nuestro automóvil y tratar de vivir cerca de nuestros sitios de trabajo, reducir el consumo de plásticos y sustancias contaminantes, promover una cultura de limpieza del ambiente, y presionar a las autoridades para que se legisle correctamente y se apliquen las leyes y así detener a los que contaminan.

### **Sobreconsumo**

Hemos comentado anteriormente que, dado al inmenso crecimiento demográfico en el mundo, hemos elevado nuestro consumo de todo tipo de bienes y servicios en un grado imposible de sostener. Ciertamente es urgente reducir el crecimiento poblacional, pero también se necesita construir una estrategia coherente para regular el consumo a nivel mundial. Además de los muchos que somos, es impactante el poco uso que hacemos de las cosas antes de desecharlas, ya sea porque salió un nuevo artículo más moderno, o por la llamada obsolescencia programada, que hace que los objetos se vuelvan inservibles de una manera artificial, antes de tiempo. Esto no debería suceder.

Creo que necesitamos reeducarnos para utilizar los bienes con que contamos hasta que ya estén viejos. Nadie necesita diez pares de zapatos, ni necesitamos estrenar ropa cada vez que vamos a una reunión. Ese usar y desechar que ahora forma parte de nuestra cultura nos lleva a un uso excesivo de bienes y recursos, muchos de los cuales son contaminantes o dañinos para el planeta. Hablemos de los alimentos...

La producción masiva de alimentos como se hace ahora, requiere el cambio de uso del suelo de mu-

chos ecosistemas naturales. Se requiere el uso de miles de toneladas de agroquímicos, que contaminan la tierra y el agua. Requiere medios de transporte que llenan las carreteras y además contaminan el ambiente. Agota nuestras reservas de plantas y animales endémicos. Muchos alimentos que sobran en los restaurantes, o que no se venden en los centros comerciales porque no están "perfectos" se suman a la inmensa cantidad de alimentos que se desperdician todos los días, en un mundo en el que todavía hay hambre y hambrunas.

Pensando en el consumo de proteínas animales, veamos la producción de carne. La ganadería contribuye de manera sustancial al cambio climático, a la contaminación de la tierra, del agua y del aire, y a la reducción de la biodiversidad. Cuando uno sobrevuela las cordilleras de nuestro país, queda impactado al ver la extensión de las zonas deforestadas, y las pequeñas manchas de bosques originarios que aún quedan. En la vertiente del Golfo, por ejemplo, gran parte de lo que eran bosques lluviosos, han sido substituidos por ranchos ganaderos. Se han perdido millones de ejemplares de plantas y animales que correspondían a estos ecosistemas, además de que el ganado contamina la tierra y produce grandes cantidades de gas metano, uno de los principales gases de efecto invernadero.

Si queremos conservar sanas la tierra y el agua, es necesario que reduzcamos nuestro consumo de carne, y demos preferencia a los vegetales que se cultivan de manera natural. Actualmente se está experimentando con nuevas formas no extensivas y no contaminantes para los cultivos de alimentos. Hay que investigar, y privilegiar los alimentos que dañen menos al ecosistema. No es sólo una cuestión de consumo y ocupación de espacio, sino también la falta de bienestar que provocamos a las especies vegetales y animales.

Si hablamos del consumo de animales que provienen del agua, la situación también es terrorífica. Es preocupante el grado de agotamiento de las especies fluviales, lacustres y marinas a nivel mundial. En nuestro país, con sus 11,500 kilómetros de litorales, que incluyen 17 estados, la situación de la.

la pesca es preocupante. Este tremendo deterioro y la extinción de muchas especies, lo he presenciado, pero además existen los testimonios de muchos pescadores que hablan de lo que era la pesca hace algunas décadas y de lo que es ahora.

En el caso de la pesca ribereña o artesanal, los pescadores generalmente tienen poca escolaridad, y tienen poca conciencia acerca de la preservación de los ecosistemas. Además, tienen alcance a muchas especies, gran parte de las cuales están en peligro, y utilizan sistemas y artes de pesca que pueden dañar el ambiente marino.

En el caso de la pesca industrial, la situación es mucho más compleja. No sólo está el problema de la pesca de acompañamiento, grandes cantidades de animales que mueren y que no son útiles, cuando se está extrayendo una especie escogida, sino también el agotamiento de las especies comerciales, que no sólo escasean en nuestro país, sino que están faltando ya en todos los mares del mundo.

Para mí es especialmente doloroso el asunto de la caza ilimitada de los cetáceos. Actualmente son pocos países los que todavía los matan, como Japón, Noruega y el País Vasco, pero pienso que estas especies maravillosas deberían recibir un mejor trato de los seres humanos. De hecho, en algunos países como en la India, se ha decretado que los delfines y las ballenas son consideradas "personas no humanas". Cuando uno ve de cerca a uno cetáceo, cuando lo mira a los ojos, no hay modo de no percatarse de su inmensa inteligencia y sensibilidad. Todo parece indicar que, como a muchas otras especies, los vamos a comenzar a entender cuando hayamos logrado su extinción.

La crianza de pescados y mariscos en estanques artificiales también tiene sus problemas, sin embargo, pienso que es menos grave la contaminación en un pequeño espacio que se puede limpiar más adelante, que la extracción masiva en los mares, lagos y ríos. Es interesante pensar en

la maricultura, que se refiere a la crianza de especies de la zona en sus ecosistemas naturales. Tiene que ver con dejar descansar al arrecife, y cuidar que las crías no sean afectadas por depredadores. Muchas comunidades pesqueras han encontrado la solución para su supervivencia en la maricultura.

Otro problema que genera la pesca, tanto industrial como artesanal, es la contaminación que dejan los pescadores en los sitios de trabajo, y en particular, el abandono de equipos, sobre todo de redes, que siguen matando inútilmente, y que ahora están sembradas por todas partes. Pienso que además de reducir el consumo de peces que viven en libertad, dejar descansar áreas seleccionadas para el repoblamiento, y preferir las especies que han sido cultivadas, deberían organizarse a nivel mundial campañas de limpieza de los océanos, para extraer todas las estructuras que han sido abandonadas, y que siguen dañando a la vida marina.

### **El agua**

El agua es una de las sustancias más notables del planeta. Ocupa más del 70% de la corteza terrestre en la forma de océanos, mares, ríos y lagos, y forma parte de los cuerpos de todos los organismos vivos. Es indispensable para la vida, de hecho, se sabe que la vida en la Tierra se originó en el agua, y está ligada a ella desde tiempos inmemoriales.

Los científicos suponen que el agua se originó con el Universo. En realidad, es un compuesto muy abundante, ya que sus componentes, el hidrógeno y el oxígeno, son de los elementos que más abundan en el Cosmos. Se piensa que la mayor parte del agua que existe en el Universo puede haber surgido debido a la formación de las estrellas, que al explotar producen grandes cantidades de vapor. Cuando nace una estrella se produce un gran flujo de gases y polvo cósmico, que cuando colisiona con el gas del exterior se comprime y se calienta. Se piensa que así se produce el agua.

En nuestra galaxia, la Vía Láctea, se ha detectado agua en nubes interestelares. Estas nubes pueden llegar a condensarse algún día en una nebulosa solar, es decir, dentro de miles de años pueden formar nuevos sistemas solares. También se encuentra agua en los cometas, y la hay en abundancia, tanto en forma líquida como en hielo y en vapor, en varios planetas de nuestro sistema solar, como Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno y Neptuno, y algunas de sus lunas, como Encélado, la luna de Saturno, que tiene un 91% de su atmósfera formada por vapor de agua. También hay indicios de que Encélado tiene un océano líquido de 10 kilómetros de profundidad.

De hecho, en el año 2015 la NASA encontró agua líquida en la superficie de Marte. Se ha detectado agua en forma de hielo en los anillos de Saturno, en cometas y meteoritos, y además se ha hallado hielo en la Luna, y en planetas enanos como Ceres y Plutón.

En la Tierra el agua ha sido fundamental para el desarrollo de la vida. Nuestro planeta está en un área del sistema solar que reúne condiciones muy específicas que favorecen la existencia de los seres vivos: La distancia al Sol nos aporta una cantidad de energía suficiente para sostener la vida, pero no demasiada como para calcinarla. Los gases de efecto invernadero protegen al planeta del exceso de energía solar. La masa de la Tierra hace que tengamos la fuerza de gravedad ideal, que nos permite movernos con ligereza, pero evita que los gases de la atmósfera se fuguen al espacio exterior. Tanto el tamaño del planeta como la distancia a su estrella, en este caso el Sol, son factores que determinan la extensión de la zona habitable por los seres vivos.

Los organismos vivos tienen entre setenta y noventa por ciento de agua en sus cuerpos. El cuerpo humano tiene de 65 a 75% de agua en su peso, aunque hay una cantidad menor a medida que envejece. Todas las formas de vida conocidas dependen del agua, y especialmente los organismos acuáticos necesitan el agua para obtener el oxígeno indispensable para producir su energía, y muchos de ellos respiran agua a través de branquias o tráqueas. Sin agua limpia, toda la vida en el planeta está en riesgo muy grave.

En nuestro planeta, gran parte de la superficie está cubierta por agua líquida. Ésta aparece en la forma de océanos, mares, ríos, lagos y otros humedales. Las aguas subterráneas o mantos acuíferos ocupan un alto porcentaje. También tenemos los casquetes polares y los grandes glaciares, muchos de los cuales representan fuentes de agua potable para las poblaciones locales, como es el caso de los glaciares andinos. Además, hay un porcentaje de agua en forma de vapor creando nubosidades en la atmósfera. Toda la capa de la Tierra en la que se encuentra el agua se llama Hidrósfera.

Se piensa que la mayor parte del agua de la Tierra estuvo aquí desde la formación del planeta, y se fue liberando del magma en el transcurso de los milenios hasta llegar a la superficie de la corteza terrestre. También es probable que en el principio de los tiempos haya llegado agua por colisión con cuerpos celestes cargados de este líquido.

El agua tiene una gran capacidad calorífica (la cantidad de energía necesaria para cambiarle la temperatura), un gran calor latente (la cantidad de energía necesaria para fundir el hielo a una determinada presión), y gran conductividad térmica (la capacidad de conducir el calor a través de ella). Debido a esto, las grandes masas de agua ayudan a equilibrar el clima en las regiones donde se encuentran.

Del agua terrestre sólo el 3% es agua dulce, y sólo el 1% de ésta es agua líquida. El 68.7% del agua dulce en el planeta está en forma sólida constituyendo los glaciares. Este pequeño porcentaje de agua dulce es suficiente para mantener a muchos seres vivos. La cantidad de agua dulce del planeta se mantiene constante gracias al **ciclo hidrológico**:

En los mares y océanos se da la **evaporación** al calentarse la superficie con la energía solar. Entonces se forman las nubes que son llevadas por los vientos y la rotación de la tierra, y ocurre la **precipitación** en forma de lluvia, nieve, granizo o escarcha. Esta precipitación también sucede en tierra firme, y entonces se da el **transporte** por escurrimiento a través de los ríos superficiales y aguas subterráneas hasta llegar de nuevo al mar. Este ciclo se está

dando continuamente en todo el planeta. Los ríos aportan a los mares aproximadamente 45,000 kilómetros cúbicos al año. Hay aproximadamente 119,000 kilómetros cúbicos de precipitación cada año. Si tuviéramos sistemas suficientes para captar el agua de la lluvia, no tendríamos escasez.

El agua afecta a las capas geológicas de la tierra influyendo en la formación de fallas. El agua del manto terrestre afecta a la formación de volcanes. Es un agente muy activo sobre procesos químicos y físicos de erosión. El agua líquida y el hielo son esenciales en el transporte de sedimentos, entonces la Tierra está cambiando continuamente por la acción del agua.

Actualmente el 70% del agua dulce disponible va a la agricultura. Esto hace que las aguas residuales se contaminen con pesticidas y fertilizantes, y gracias a eso cada vez son mayores los espacios muertos en los océanos, sobre todo el área que queda frente a la desembocadura del río Misisipi, en donde se ha terminado la vida. Del agua que queda, 20% del consumo mundial se da en la industria, y 10% se utiliza para las actividades domésticas. En los tres rubros el agua se contamina por distintos factores, y así, contaminada, regresa al mar, a los ríos o a los lagos, y afecta terriblemente a los seres vivos que habitan allí.

Hay una imagen que no puedo olvidar: Cuando era niña fui con la familia de visita a Tula, Hidalgo. Allí nos llevaron a pasear, y un alto obligado era el paso por el río Tula. Esto fue en los años sesenta, y ya en ese tiempo el río tenía sobre su superficie una capa de espuma de detergente de unos siete metros de espesor. También recuerdo con horror cuando he estado buceando en los arrecifes distantes de Veracruz, las crecidas del río Papaloapan, que además de arrastrar todo tipo de materiales sólidos, traen en disolución infinidad de desechos industriales de las fábricas que están a todo lo largo de su cauce.

Según información proporcionada por la FAO,

uno de cada cinco países en vías de desarrollo va a tener problemas de escasez de agua antes del año 2030. Ya lo estamos viendo a gran escala con los ciclos de sequía que están matando a la gente en África, pero también con las sequías en menor escala que se viven en nuestro país. Esto también tiene que ver con el cambio climático global, que además está fundiendo y haciendo desaparecer los grandes glaciares, comenzando con los casquetes polares que día con día están disminuyendo sus dimensiones.

Desde que apareció el ser humano en el planeta, siempre ha tratado de asentar sus poblados y ciudades cerca de algún cuerpo acuático. Hemos disfrutado del agua, de alguna manera sin consciencia de su importancia para nuestra vida y la vida de todos los seres, pero ahora están cambiando algunas cosas en cuanto a la forma en que se percibe el uso del agua en nuestra civilización:

El 28 de junio de 2010, la Asamblea General de la ONU, adoptó una resolución que reconoce al agua potable y al saneamiento básico como derechos humanos esenciales para el pleno disfrute de la vida, y de todos los demás derechos humanos. Sabemos que en el mundo hay 884 millones de personas que no tienen acceso al agua potable, y 2,600 millones de personas sin saneamiento básico. Cada año mueren 1.5 millones de niños menores de 5 años por carencia de agua. Actualmente se comienza a manejar el concepto de **agua segura**: agua sin bacterias peligrosas, ni metales tóxicos disueltos, ni productos químicos dañinos.

Creo que entre los principales aspectos relacionados con la escasez de agua están el cambio climático global, que genera sequías y desaparición de los glaciares, entre otras cosas, pero además de la contaminación tremenda de las aguas por su uso en agricultura, industria y a nivel doméstico. También causan problemas los grandes errores de los gobiernos en la captación y el uso del agua, particularmente en nuestro país. Es de saberse que sólo una mínima parte de las aguas residuales de industrias, incluyendo a.

los hoteles, se reciclan, a pesar de que existe una legislación que manda en este sentido. En lugares como la Ciudad de México estos errores nos tienen a punto de colapsar.

Estamos contaminando el agua de océanos, ríos, lagos, humedales y acuíferos de una manera insostenible. Una gran parte de la contaminación viene de la industria y de las decisiones de los gobiernos, pero una parte también nos corresponde a nosotros.

Y entonces... ¿Qué podemos hacer para frenar el problema del agua? A nivel global, agrícola o industrial, es muy poco lo que puede hacer el ciudadano común, salvo presionar a las autoridades para que hagan su trabajo. Hay que buscar la rehabilitación de los océanos, los mares, los lagos, los ríos y todos los humedales. Tratar de que dejen de construirse los basureros tóxicos y los rellenos sanitarios. Promover que en todas las poblaciones se hagan instalaciones para captar y purificar el agua de lluvia, e insistir en que las industrias que consumen agua instalen plantas recicladoras, y que utilicen agua reciclada.

A nivel personal, aunque sea en pequeña escala, sí podemos hacer muchas cosas, comenzando por reducir al mínimo la huella que dejamos en el planeta, algo que tiene mucho que ver con nuestros hábitos de consumo. Y en el caso concreto de nuestro uso personal del agua, podemos hacer varios cambios simples en nuestro comportamiento:

- Evitar tirar cualquier tipo de aceite o sustancia tóxica al drenaje.
- Mantener las llaves cerradas mientras nos enjabonamos.
- Reducir el uso de la tina para el baño.
- Bañarse en la regadera entre 5 y 8 minutos.
- Recolectar el agua de la regadera y usarla en el excusado.
- Disminuir el uso de detergentes y otros productos contaminantes.
- Disminuir el uso de plásticos y envases de un solo uso.
- Atender las fugas: algunas no son visibles, pero se reflejan en el recibo del consumo.

- Regar las plantas en horas de poco calor.
- No lavar el auto con la manguera, sino con un trapito.
- No lavar el patio con la manguera sino con cubeta y escoba.
- Almacenar el agua de lluvia.

El agua es un compuesto maravilloso que nos da muchas satisfacciones. En las distintas culturas se utiliza para limpiar y purificar, y en muchos rituales sagrados. Es impresionante el cambio en nuestro estado de ánimo cuando tenemos un problema que nos agobia y nos damos un baño. También utilizamos mucho el agua en los deportes y para la recreación. Es un deleite caminar al lado de una fuente, o contemplar cómo juegan los chorros... Y no hay nada como pasear junto a un río o bajo la lluvia. El agua es uno de los cuatro elementos que componen el universo, y tiene un papel muy importante en nuestra cosmovisión.

La vida proviene del agua, y nosotros nos gestamos en el agua. Necesitamos cuidarla y protegerla, por el bien del planeta y de la humanidad.

### **Cuidando el entorno**

El planeta en que vivimos no sólo es un regalo, también es una responsabilidad. Estamos acabando con todos los dones que nos ha dado la naturaleza en su generosidad. Tenemos poco tiempo para cambiar nuestros hábitos, para promover el cuidado de todo lo que hay, y para lograr que los gobiernos del mundo generen políticas protectoras del ambiente, y las hagan cumplir.

El cuidado del planeta es un asunto de todos, y tenemos que iniciarlo ya. Es importante que las personas que tenemos acceso a medios de información, o los que somos maestros o padres de familia, ayudemos a crear consciencia de la necesidad de proteger al planeta desde todos los puntos de vista. También tenemos que educar a nuestras autoridades, que con sus actos demuestran tener un grave desconocimiento de lo que se necesita para vivir en un planeta sano.

### **Referencias Bibliográficas**

- CONAPO (2020). Indicadores demográficos de la República Mexicana. Recuperado el 08 de agosto de 2021 de: [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa\\_Ind\\_Dem18/index\\_2.html#](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index_2.html#)
- COP26. (2021). El mundo está observando. Recuperado el 07 de agosto de 2021 de: <https://www.onu.org.mx/cop26-el-mundo-esta-observando/>
- INEGI (2020). Resultados del Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado el 05 de agosto de 2021 de: <https://www.gob.mx/inea/documentos/resultados-del-censo-de-poblacion-y-vivienda-2020-inegi>
- NASA. (2020). Cambio climático: ¿Cómo sabemos lo que sabemos? Recuperado el 05 de agosto de 2021 de: <https://climate.nasa.gov/evidencia/>
- ONU. (2019). Más de cien millones de personas pueden morir de hambre. Recuperado el 10 de agosto de 2021 de: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1453791>



---

**Restos ictioarqueológicos en el sitio Arroyo Piedras Azules, Jalisco, México**

**Ichthyoarchaeological remains at the Arroyo Piedras Azules site, Jalisco, Mexico**

Fabio Germán Cupul-Magaña, Joseph B. Mountjoy, Alma Rosa Raymundo-Huizar y Rafael García de Quevedo-Machain

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara

**Recibido:** 16 de noviembre de 2021

**Aceptado:** 20 de diciembre de 2021

**Resumen**

El sitio arqueológico Arroyo Piedras Azules se localiza en el extremo este del poblado de Maito, Jalisco, a 1.5 km de la costa del Pacífico en el oeste de México. Este sitio fue colonizado por personas asociadas con la cultura arqueológica de Aztatlán del período Posclásico temprano (dos fechas de radiocarbono indican que la gente Aztatlán colonizó el lugar alrededor de 1215±30 antes de la era común). Aquí, reportamos el hallazgo de restos de huesos de vieja de piedra *Bodianus diplotaenia* (Gill, 1862) y pejeperco de piedra *Pseudobalistes naufragium* (Jordan & Starks, 1895). La presencia de estos huesos dentro del depósito cultural Arroyo Piedras Azules, reafirma el uso de los peces como alimento de los pobladores Aztatlán.

**Palabras clave:** Aztatlán, Balistidae, depósito cultural, Labridae, zooarqueología.

**Abstract**

The archaeological site Arroyo Piedras Azules, is located on the eastern edge of the village of Maito, Jalisco, at 1.5 km from the Pacific coast in western Mexico. This site used by people associated with the Aztatlán archaeological culture of the Early Postclassic period (two radiocarbon dates indicate that the Aztatlán people colonized the site around 1215±30 AD). Here, we report finding the bone fragments of Mexican hogfish *Bodianus diplotaenia* (Gill, 1862) and Stone triggerfish *Pseudobalistes naufragium* (Jordan & Starks, 1895). The presence of these bones within the Arroyo Piedras Azules cul-

tural deposit, reaffirms the use of these species of fishes as food by Aztatlán people.

**Key words:** Aztatlán, Balistidae, cultural deposit, Labridae, zooarchaeology.

Arroyo Piedras Azules es un sitio arqueológico descubierto en el 2015. Se encuentra ubicado a 1.5 km de la costa del Pacífico en las inmediaciones del poblado de Maito, municipio de Cabo Corrientes, Jalisco, México (20°15'42.7" N, 105°34'30.2" O; elevación 29 m). Durante los años 2015, 2017 y 2018, se realizaron campañas de excavaciones arqueológicas en las que se recuperaron fragmentos cerámicos de vasijas y figurillas, malacates, herramientas y adornos de piedra, hueso, concha y cobre, así como conchas y huesos de animales. El sitio fue activamente habitado en tiempos prehispánicos, alrededor del año 1215±30 de la era común (correspondiente al periodo Posclásico Temprano: 900 al 1250 de la era común), por gente de la cultura Aztatlán (Cupul-Magaña y Mountjoy, 2018; Mountjoy *et al.*, 2020).

Arroyo Piedras Azules es un depósito de desechos de productos de actividades humanas (depósito cultural), de aproximadamente 3 ha de extensión (el área habitada cubre 1 ha), donde se han encontrado huesos de aves, mamíferos, reptiles y algunos peces, como el pez perico *Scarus perrico* Jordan & Gilbert, 1882 y el jurel *Caranx caninus* Günther, 1867, lo que probablemente evidencie su uso como recursos alimenticios por parte de los antiguos pobladores de la zona (Cupul-Magaña *et al.*, 2016, 2018; Cupul-Magaña y Mountjoy, 2017, 2018, 2020).

En esta nota se documenta la presencia de dos especies de peces, que se suman a las dos previamente registradas en el sitio Arroyo Piedras Azules (Cupul-Magaña *et al.*, 2018). Los restos de huesos analizados provienen de cuatro pozos arqueológicos exploratorios, de entre 50 cm y 200 cm por lado, así como profundidad de hasta 200 cm: pozo #1+, profundidad de 40 a 50 cm, 22 de junio de 2017; pozo #4, capa #1, profundidad de 30 a 110 cm, 22 de junio de 2017; pozo #4, capa #3, profundidad de 95 a 155 cm, 22 junio de 2017; pozo #20,

capa #3, profundidad de 70 a 100 cm, 23 de abril de 2018.

Dentro del sitio se excavaron 48 pozos exploratorios y, aunque en al menos 24 de ellos se hallaron restos de peces (observaciones personales), no fue posible su identificación hasta el nivel de especie, pues se encontraban muy erosionados, fragmentados o correspondían a partes esqueléticas con características anatómicas de difícil diagnóstico que requerirán de estudios más detallados para su determinación. Sin embargo, entre este material se encontraron dientes, huesos faríngeos inferiores, mandíbulas y espinas dorsales que corresponden a estructuras con gran valor diagnóstico, por su buen grado de conservación, para la correcta identificación taxonómica de una especie en particular (Béarez, 1997).

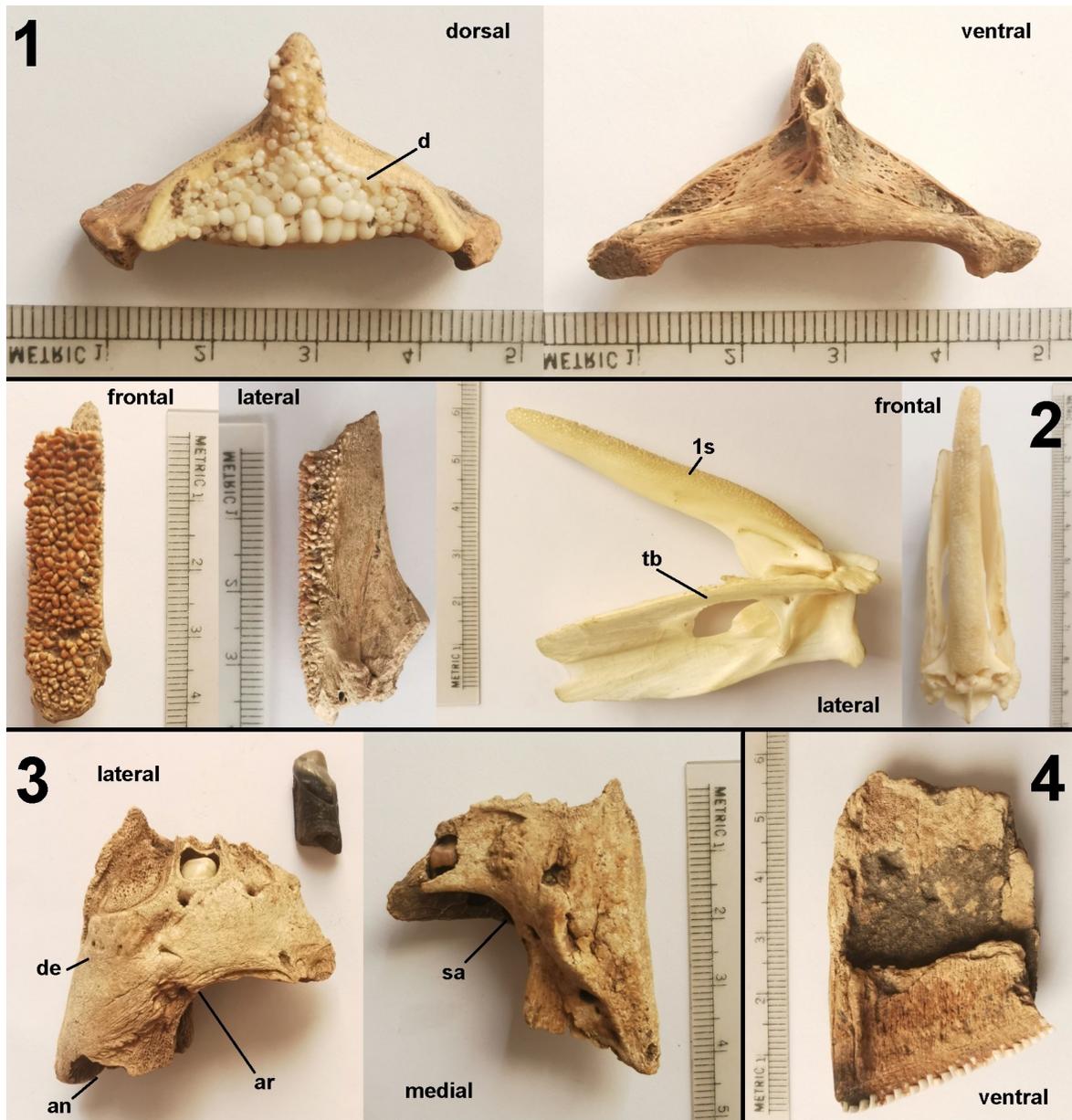
Para la identificación de las especies de peces a partir de sus restos óseos, se utilizaron los trabajos de Jordan *et al.* (1895), Matsuura (1979), Tyler (1980) y Gomon (1997). Además, se realizaron comparaciones con material de referencia utilizado en cursos de nivel licenciatura de la carrera de biología del Centro Universitario de la Costa. El material se depositó en la Colección de la Estación de Biología Chamela (EBCh) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. El permiso para excavar el sitio fue otorgado por el Centro del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en Jalisco.

De los pozos #4 (95 a 155 cm de profundidad) y #20 se extrajeron huesos faríngeos inferiores de la cavidad bucal (uno completo y el otro incompleto, respectivamente), donde el patrón formado por las líneas de los dientes molariformes (observar la línea posterior en su parte media) permitieron identificarlo como vieja de piedra *Bodianus diplotaenia*

(Gill, 1862) (Gomon, 1997) (Fig. 1), lábrido (Labridae) actualmente distribuido desde la isla Guadalupe, México, y a lo largo del Golfo de California hasta Chile, incluidas las Islas Cocos, Malpelo, Revillagigedo y Galápagos (Froese y Pauly, 2021).

La excavación de los pozos #1+, #4 (30 a 110 cm de profundidad) y #20, permitió el hallazgo de las primeras espinas dorsales (#1 y #4; Fig. 2) y una mandíbula (#20; Fig. 3). Las primeras espinas dorsales correspondieron al fragmento proximal, el más robusto, que se inserta al cuerpo en el primer pterigóforo basal por detrás del cráneo (Matsuura, 1979). En su cara anterior se observaron pequeñas y finas protuberancias que asemejan un cepillo. Estas espinas son características de los peces de la familia Balistidae (presentan tres espinas dorsales, la primera es la más grande), comunes en yacimientos arqueológicos de la costa del Pacífico, en especial las especies *Balistes polylepis* Steindachner, 1876, *Pseudobalistes naufragium* (Jordan & Starks, 1895) y *Sufflamen verres* (Gilbert & Starks, 1904) (Béarez, 1997).

Aunque la forma general de la primera espina dorsal es similar en las tres especies de balistidos, cuya distribución incluye la zona costera adyacente al sitio arqueológico (Fischer *et al.*, 1995a), esta correspondió a ejemplares de *P. naufragium*. En esta especie, además de contar con espinas más grandes y gruesas, su porción posterobasal es mucho más convexa que en las otras dos especies, en la que es mucho más recta, menos convexa (Matsuura, 1979; Tyler, 1980). Asimismo, se tuvo la oportunidad de comparar las espinas con material de referencia de *P. naufragium* (Fig. 2). Por otra parte, en el caso de la mandíbula (#20; Fig. 3), está correspondió a la inferior de *P. naufragium*, la cual se compone, además de cuatro dientes (solo uno visible en la muestra), de cuatro elementos característicos: dental, angular, articular y articular sesamoideo (Matsuura, 1979).



**Figuras 1-4.** Restos óseos de peces del sitio arqueológico Arroyo Piedras Azules, Maito, Jalisco, México. 1) Hueso faríngeo inferior de la cavidad bucal de vieja de piedra *Bodianus diploaenia*, vista dorsal y ventral (pozo #4, capa #3, profundidad de 95 a 155 cm, 22 de junio de 2017); d = dientes molariformes. 2) Fragmento proximal o basal de la primera espina dorsal de *Pseudobalistes naufragium*, vista frontal y lateral (pozo #1+, profundidad de 40 a 50 cm, 22 de junio de 2017); vista lateral y frontal del espécimen de referencia. 1s = primera espina, tb = primer pterigóforo basal. 3) Mandíbula inferior de *Pseudobalistes naufragium*, vista lateral (con un diente arriba a la derecha) y medial (pozo #20, capa #3, profundidad de 70 a 100 cm, 23 de abril de 2018); de = dental, an = angular, ar = articular y sa = articular sesamoideo. 4) Premaxila derecha de *Scarus* sp., vista ventral (pozo #2, profundidad de 150 a 170 cm, 12 de junio de 2015). Escala en centímetros.

Adicionalmente, se revisaron los pozos #2 (profundidad de 150 a 170 cm, 12 de junio de 2015) y #13 (capa #3, profundidad de 80 a 100 cm, 27 de marzo de 2018) donde se encontraron huesos premaxilares de pez perico del género *Scarus*, probablemente de *S. perrico* (Fig. 4), especie que ya había sido registrada en el sitio arqueológico a partir de la identificación de huesos de la mandíbula faríngea inferior y superior (Cupul-Magaña *et al.*, 2018). Estos huesos se identificaron con el apoyo de material de referencia de los cursos de nivel licenciatura de la carrera de biología, así como del trabajo de Soto Segoviano (2016).

El registro de restos óseos de *B. diplotaenia* y *P. naufragium* en Arroyo Piedras Azules, reafirma el uso, documentado previamente por Cupul-Magaña *et al.* (2018) para *S. perrico* y *C. caninus*, de los peces como fuente de alimento de los antiguos pobladores Aztatlán. De hecho, actualmente se sabe que *B. diplotaenia* y *P. naufragium* se encuentran frecuentemente formando grupos en áreas rocosas y coralinas costeras, donde pueden ser capturadas con líneas, anzuelos o arpones (Fischer *et al.*, 1995a, 1995b). Por lo tanto, estos recursos fueron explotados por la gente Aztatlán en el pasado, un hecho reforzado por la presencia de anzuelos de cobre y de concha en el depósito arqueológico dejados por ellos. (Mountjoy *et al.*, 2020).

## Referencias

- Béarez, P. (1997). Las piezas esqueléticas diagnósticas en ictioarqueología del litoral ecuatoriano. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 26(1): 11-20.
- Cupul-Magaña, F.G.; Mountjoy, J.B. (2017). Restos de la pardela patas rosadas *Ardenna creatopus* (Procellariiformes: Procellariidae) en el sitio arqueológico Arroyo Piedras Azules, Jalisco, México. *Ciencia y Mar*, XXI(63): 19-23.
- Cupul-Magaña, F.G.; Mountjoy, J.B. (2018). Huesos de mamíferos (Carnivora: Canidae, Artiodactyla: Cervidae y Lagomorpha: Leporidae) en un depósito cultural de la costa de Jalisco, México. *Mammology Notes / Notas Mastozoológicas*, 4(2): 15-17.
- Cupul-Magaña, F.G.; Mountjoy, J.B. (2020). Cuentas de hueso de ave en un depósito arqueológico del Posclásico Temprano (1215 EC) del occidente de México. *Revista del Museo de La Plata*, 5(2): 544-547.
- Cupul-Magaña, F.G.; Mountjoy, J.B.; Escobedo-Galván, A.H. (2016). Reptiles in a cultural deposit in western Mexico. *Mesoamerican Herpetology*, 3(3): 808-810.
- Cupul-Magaña, F.G.; Mountjoy, J.B.; García de Quevedo-Machain, R. (2018). Restos óseos de pez loro (*Scarus perrico*) y jurel (*Caranx caninus*) en un depósito cultural Aztatlán en Maito, Jalisco, México. *Acta Pesquera*, 4(8): 58-61.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem V.H. (1995a). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental Volumen II. Vertebrados – Parte 1. FAO, Roma.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem V.H. (1995b). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental Volumen III. Vertebrados – Parte 2. FAO, Roma.
- Froese, R.; Pauly, D. (2021). FishBase. World Wide Web electronic publication. <https://www.fishbase.de/summary/8270#>
- Gomon, M.F. (1997). Relationships of fishes of the labrid tribe Hypsigenyini. *Bulletin of Marine Science*, 60(3): 789-871.
- Jordan, D.S.; Starks, E.C.; Culver, G.B; Williams, T.M. (1895). The fishes of Sinaloa. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 5: 377-514.
- Matsuura, K. (1979). Phylogeny of the superfamily Balistoidea (Pisces: Tetraodontiformes). *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 26(1-2): 49-169.
- Mountjoy, J.B.; Cupul-Magaña, F.G.; García de Quevedo-Machain, R.; López Mestas Camberos, M.L. (2020). The Early Postclassic Aztatlán colonization of the Pacific coast of Jalisco. Pp. 131-156. En: J.D. Englehardt, J.D., V.Y. Heredia Espinosa y C.S. Beekman (eds). *Ancient West Mexico: Time, space, and diversity*. University Press of Florida, Gainesville.

- Soto Segoviano, J.A. (2016). Osteología comparada de las especies de peces perico del género *Scarus* (Teleostei: Scaridae) del suroeste del Golfo de California. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinarios de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz.
- Tyler, J.C. (1980). Osteology, phylogeny, and higher classification of the fishes of the order Plectognathi (Tetraodontiformes). NOAA Technical Report NMFS Circular, 434: 1-422.



VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS DENSIDADES DE LAS ESPECIES ICTIOPLANCTÓNICAS Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA Y SALINIDAD EN BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO.

SPACE-TEMPORARY VARIATION OF THE DENSITIES OF ICTIOPLANKTON SPECIES AND THEIR RELATIONSHIP WITH TEMPERATURE AND SALINITY IN BAHÍA DE BANDERAS, MEXICO.

Cristian Eduardo Torres-Barajas, María del Carmen Navarro-Rodríguez, Liza Kelly-Gutiérrez y Ramiro Flores-Vargas  
Centro de Investigaciones en Recursos Naturales (CIRENA), Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

**Recibido:** 02 de diciembre de 2021

**Aceptado:** 20 de diciembre de 2021

**RESUMEN**

El presente estudio analiza la variación espacio temporal de las densidades de las especies ictioplanctónicas y su relación con la temperatura y la salinidad en Bahía de Banderas durante un ciclo anual. Se obtuvieron un total de 54 muestras de primavera, verano e invierno de 2005, mediante arrastres zooplanctónicos, semicirculares y diurnos. Los valores de la abundancia fueron normalizados a 1000 m<sup>3</sup>. De las 182 muestras ictioplanctónicas analizadas, la densidad total en primavera fue de 854.65 org/1000m<sup>3</sup> (54.43%), en verano fue de 213.72 org/1000m<sup>3</sup> (13.61%), en tanto que, en invierno fue de 501.59 org/1000m<sup>3</sup> (31.94%). Se lograron identificar 13 familias, 4 géneros y 32 especies de primavera a invierno. Las familias más representativas fueron Bathymasteridae, Gobiidae y Bregmacerotidae, el género y las especies más representativas fueron *Eucinostomus* sp y *Engraulis mordax*, *Seriola lalandi* y *Sardinops sagax* (respectivamente). Las mayores densidades registradas en espacio y tiempo fue en primavera Costa vida (5) y Río Améca (18), en verano Darsena (1) y Río Cuale (4), e invierno Sheraton (3) y Río Pitillal (2). Con respecto a la regresión lineal mostró que no existe una

diferencia significativa entre la densidad con la temperatura, ( $p=0.45$ ) y con la salinidad ( $p=0.38$ ). El análisis de Cluster mostró similitudes entre los sitios (16) que presentaron las densidades más bajas (85.26%) y las más altas Costa Vida y Río Améca (69.93%), Río Cuale (100%) y Río Pitillal y Sheraton (68.78%). Por otro lado, la mayoría de los valores de las densidades fueron registradas en la categoría “escasa” (0-99), y categoría “media” (100-199). Costa Vida, Río Améca y Darsena fueron los sitios de mayor representatividad. Las densidades más altas se presentaron en los sitios localizados cerca de la costa este y las menores densidades en la zona oceánica norte y sur de la bahía, además de pronunciarse un gradiente de distribución costa-oceano.

**Palabras clave:** Ictioplancton, densidades y especies, temperatura, salinidad, Jalisco, Nayarit.

**ABSTRACT**

The present study analyzes the spatio-temporal variation of the densities of ichthyoplanktonic species and its relationship with temperature and salinity in Bahía de Banderas during an annual cycle. A total of 54 samples were obtained of zooplanktonic, semicircular and diurnal trawls. Values of abundance were normalized to 1000 m<sup>3</sup>. Of the 182 ichthyoplankton samples analyzed, the total density in spring was 854.65 org / 1000m<sup>3</sup> (54.43%). in summer it was 213.72 org / 1000m<sup>3</sup> (13.61%), while in winter it was 501.59 org / 1000m<sup>3</sup> (31.94%). 13 families, 4 genera and 32 species were identified from spring to winter. The most representative families were Bathymasteridae, Gobiidae and Bregmacerotidae, the genus and the most representative species were *Eucinostomus* sp and *Engraulis mordax*, *Seriola lalandi* and *Sardinops sagax* (respectively). The highest densities recorded in space and time were in spring Costa Vida (5) and Río Améca (18), in summer Darsena (1) and Río Cuale (4), and winter Sheraton (3) and Río Pitillal (2). Regarding linear regression, it showed that there is no significant difference between density with temperature, ( $p = 0.45$ ) and with salinity ( $p = 0.38$ ). The Clúster analysis showed similarities between the sites (16) that presented the lowest densities (85.26%) and

the highest Costa Vida and Río Améca (69.93%), Río Cuale (100%) and Río Pitillal and Sheraton (68.78%). On the other hand, most of the density values were registered in the “scarce” category (0-99), and the “medium” category (100-199). Costa Vida, Río Améca and Darsena were the most representative sites. The highest densities were present in the sites located near the east coast and the lowest densities in the north and south oceanic zone of the bay, in addition to presenting a coast-ocean distribution gradient.

**Key words:** Ichthyoplankton, densities and species, temperature, salinity, Jalisco, Nayarit.

## INTRODUCCIÓN

El ictioplancton es uno de los componentes más importantes dentro de las comunidades planctónicas, debido a que presenta la mayor relevancia en términos de potencialidad pesquera. En la biología pesquera, se estima la talla de un stock reproductor a partir del número de huevos o larvas producidos, lo que conlleva a conocer la cantidad de nuevos organismos que se integran a las poblaciones de peces adultos (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2011). Así como determinar las relaciones tróficas de las poblaciones adultas en desove. En el país, las evaluaciones de los estudios larvarios de peces son necesarios e importantes para la estimación del potencial comercial de los recursos pesqueros susceptibles de ser explotados y establecer las medidas para su aprovechamiento sustentable (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2006; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2018).

A pesar de su importancia en la alimentación de algunos grupos faunísticos relevantes y de manera general en los sistemas marinos, son pocos los trabajos realizados que identifican especies en fases larvarias (Navarro-Rodríguez, *et al.*, 2015). Esta fase del ciclo de vida es una de las etapas más complicadas para su correcta identificación taxonómica, pues las larvas cambian constantemente y conforme a que su desarrollo avanza se sucede cambios morfológicos anatómicos estructurales y de comportamiento (Álvarez-Cadena *et al.*, 2007).

Los estudios que existen referente al ictioplancton

en el Pacífico mexicano se refieren en su mayoría, al Golfo de California y a la costa occidental de la Península de Baja California (Blakcbum, 1966; Castro-Barrera, 1975; Amezcua Linares 1985; Funes *et al.*, 1991; Aceves *et al.*, 1992; Acal *et al.*, 1994; Aguilar-Palomino *et al.*, 1995; Fischer *et al.*, 1995; Funes-Rodríguez *et al.*, 1995; Funes *et al.*, 1998; Franco-Gordon *et al.*, 1999).

En lo que respecta a las investigaciones en el Pacífico centro, se tiene conocimiento de los trabajos de Ahlstrom, 1971 y 1972; Acal, 1991; González-Armas *et al.*, 1993; Acal y Corro Espinoza, 1994; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2006; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2018. En términos generales, el ictioplancton constituye un elemento primordial para comprender la biología, ecología y patrones de distribución de las especies de peces en su estado adulto, además de ser un elemento esencial en los procesos de flujo de energía y estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Köster *et al.*, 2001; Frederiksen *et al.*, 2006; Montagnes *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2011). En el área de estudio se hace evidente la falta de estudios en comunidades ícticas que aborden las primeras fases de vida y los pocos que se han realizado sólo se centran de manera general en grandes grupos filogenéticos (Navarro-Torres, 1995; Franco-Gordo *et al.* 1999; Navarro-Rodríguez *et al.* 2006).

## MÉTODOS

### Área de estudio

La Bahía de Banderas se impone como una de las grandes bahías del litoral centro occidente del Pacífico mexicano. Sus costas bañadas por las aguas del Océano Pacífico, se dividen con fines prácticos en tres: la costa norte, con una longitud de 24 km, se extiende desde Punta de Mita hasta Bucerías, Nayarit; la costa este, mide 39 km desde Bucerías, Nayarit hasta Boca de Tomatlán, Jalisco; y la costa sur la más vasta (52 km), se dispersa desde Boca de Tomatlán hasta Cabo Corrientes, Jalisco (Cupul-Magaña, 1998, 1999 y 2000). La costa norte en su mayoría, está formada por playas arenosas relativamente amplias, a diferencia de la parte sur de la costa este y toda la costa sur; que son particularmente rocosas y escarpadas, con una importante carencia de

## Variación espacio–temporal de las densidades de especies ictioplanctónicas

playas arenosas, debido probablemente, a la presencia de un cañón submarino o fosa tectónica de 1,436 a 1,754 m de profundidad (frente a las costas de Quimixto y Yelapa), en la parte sur de la bahía. El cañón submarino tiene la particularidad de atrapar el sedimento de las descargas de los ríos Ameca, Pedrera, palo María Pizota, Tecomate, Horcones y Chimo (al sur de Puerto Vallarta), evitando de esta manera la formación de nuevas playas, presentando un caudal considerable que desemboca en la bahía. Se localiza geográficamente entre los 20° 15' y 20° 47' de Latitud Norte y los 105° 15' y 105° 42' de Longitud Oeste (Fig. 1). Los límites morfológicos de este cuerpo marino son: al norte Punta de Mita, Nayarit, y Cabo Corrientes, Jalisco al sur. Dicha Bahía presenta con respecto a la línea de costa, una

longitud aproximada de 115 km, y un ancho promedio de 42 km con una profundidad de hasta 200 m en su parte norte, y en su parte sur de hasta 1700 m, abarcando una superficie total del área de 1,407 km<sup>2</sup> (Cupul-Magaña, 1998 y 2000).

Su clima es de tipo semiárido subhúmedo fresco, con lluvias en verano. En esta categoría, se presentan tres subtipos climáticos: el más húmedo AW2 (W), comprendido entre Punta de Mita y Yelapa; el de humedad media AW1 (W) desde Yelapa a Chimo y el húmedo AW (W) delimitado entre Chimo y Cabo Corrientes. La temperatura y precipitación pluvial promedio anual, oscilan entre los 26 a 28°C y de 930.8 a 1668.0 mm respectivamente (García, 1973).

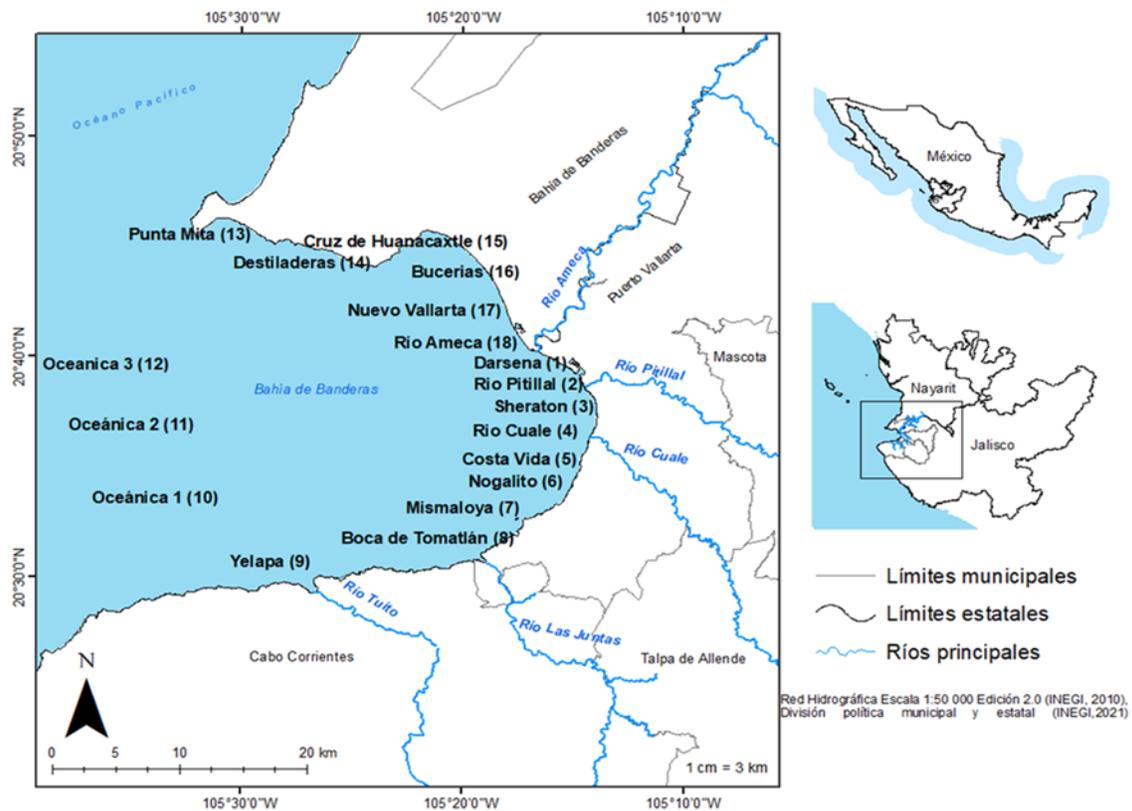


Figura 1. Área de estudio y sitios de muestreo en la Bahía de Banderas.

### Trabajo en campo

Se ubicaron 18 sitios de muestreo a lo largo y ancho de la Bahía de Banderas cubriendo una longitud aproximada de 115 km y un ancho promedio (norte-sur) de 42 km. La ubicación de los sitios de muestreo fue de acuerdo con la configuración de la bahía, la batimetría del área y a la influencia de la desembocadura de ríos sobre la misma.

Las muestras se obtuvieron mediante arrastres zooplanctónicos en primavera, verano e invierno de 2005, cabe mencionar que en otoño no fue posible obtener datos debido a una falla en la red. Dichos arrastres se iniciaron durante el día empleando la técnica descrita por Smith y Richardson (1979); utilizando una lancha con motor fuera de borda y una red tipo "Zeppelin" de luz de malla 505  $\mu\text{m}$  por 1.50 m de longitud y 0.60 m de diámetro de boca. Para estimar los volúmenes de agua filtrada en metros cúbicos, la red se equipó con un flujómetro digital tipo torpedo GENERAL OCEANIC. Los arrastres fueron semicirculares con una duración de 10 minutos y a 10 cm por debajo de la superficie del agua para evitar tomar materia orgánica suspendida. El material colectado se colocó en frascos transparentes de plástico con una capacidad de 1lt, fijándose con formol al 10% y 20 ml de una solución saturada de borato de sodio. Simultáneamente fueron tomadas la temperatura y la salinidad de cada sitio con un multiparámetro YSI 556.

### Trabajo en laboratorio

Las larvas de peces fueron contadas y separados del resto de los grupos zooplanctónicos, utilizando una caja de Petri, microscopio estereoscópico, lámpara con lupa y pinzas de relojero. Los especímenes fueron almacenados en frascos transparentes de plástico de 50 ml de capacidad, previamente etiquetados con información referente a localidad, fecha, número de estación y finalmente fueron preservados en una solución de formalina al 4%.

Se llevaron a cabo las identificaciones hasta el nivel de especie cuando es posible. Las principales fuentes bibliográficas utilizadas fueron: Sumida *et al.*, (1985); Moser *et al.*, (1993); Moser *et al.*, (1994); Moser *et al.*, (1996); Watson (1996); Leis y Carsons-Ewart (2000). Los organismos se contabilizaron y

estandarizaron a un volumen de 1000 m<sup>3</sup> mediante la siguiente fórmula:

$$N = n \times 1000 / V$$

Donde:

N = número de individuos en 1000 metros cúbicos

n = número de organismos en la muestra analizada

V = volumen de agua filtrada por la red, m<sup>3</sup>

Para estimar el volumen de agua filtrada, se empleó la siguiente fórmula:

$$V = \pi \times r^2 \times d$$

Donde:

V = volumen de agua filtrada en m<sup>3</sup>

$\pi = 3,1416$

$r^2$  = radio de la boca de la red

d = distancia recorrida del arrastre

Una vez obtenidos los valores de la densidad mediante la normalización de los datos, se elaboraron mapas de distribución y abundancia. Determinando cuatro categorías, **escasa** (0-99 org./1000m<sup>3</sup>), **media** (100-199 org./1000 m<sup>3</sup>), **alta** (200-299 org./1000m<sup>3</sup>) y **muy alta** (300-399 org./1000m<sup>3</sup>). Para la elaboración de los mapas se utilizó el programa ArcView Gis 3.2. y ArcMap 10.3., Se llevaron a cabo los análisis integrales en el que se consideró la variación espacio temporal de las densidades del ictioplancton y su relación con la temperatura y salinidad, por lo que se utilizó el Análisis de Regresión Lineal, el Análisis de Conglomerados/ Cluster mediante el programa Minitab.

## RESULTADOS

### Variación espacio-temporal de la densidad de las especies del ictioplancton

De un total de 1, 216 larvas de peces obtenidas en primavera (639), verano (180) e invierno (397), se realizaron las identificaciones obteniendo 13 familias, 4 géneros, y 32 especies. Las familias más representativas fueron Bathymasteridae, Gobiidae y Bregmacerotidae, el género y las especies más representativas fueron *Eucinostomus* sp y *Engraulis mordax*, *Seriola lalandi* y *Sardinops sagax* (respectivamente).

Una vez normalizadas las densidades ictioplanctónicas ( $1,570.15 \text{ org./1000m}^3$ ) se obtuvieron en primavera densidades de  $854.65 \text{ org./1000m}^3$ , seguido de invierno con  $501.77 \text{ org./1000m}^3$  y finalmente verano con  $213.73 \text{ org./1000m}^3$  (Fig. 2), *Eucinostomus sp* y *Engraulis mordax*, representaron el 76.04% del total de los organismos identificados, mientras que, el resto de las especies representaron el 23.95%

Por su parte, los sitios de muestreo que presentaron los mayores aportes de densidades en primavera fueron, CostaVida con  $362.63 \text{ org./1000m}^3$  y Río Ameca con  $263.94 \text{ org./1000m}^3$ , siendo *Eucinostomus sp.*, el más representativo en ambos sitios ( $256.43 \text{ org./1000m}^3$  y  $250.78 \text{ org./1000m}^3$ , respectivamente), en tanto que, los valores más bajos se reflejaron en Punta mita y Yelapa con  $0.31 \text{ org./1000m}^3$  y  $0.91 \text{ org./1000m}^3$  respectivamente (Fig. 3).

Para la temporada de lluvias (verano), los sitios que presentaron mayores densidades fueron Dar-sena con  $90.70 \text{ org./1000m}^3$ , siendo Bregmacero-

tidae la más representativa ( $50.05 \text{ org./1000m}^3$ ) y Río Cuale con  $78.58 \text{ org./1000m}^3$ , siendo *Engraulis mordax* la especie más frecuente ( $77.05 \text{ org./1000m}^3$ ), mientras que las de menor densidad se presentaron en Oceánica 1 con  $0.37 \text{ org./1000m}^3$ , Punta Mita con  $0.52 \text{ org./1000m}^3$ , Oceánica 3 con  $0.70 \text{ org./1000m}^3$  y Boca Tomatlán con  $0.76 \text{ org./1000m}^3$ . Cabe mencionar que siete sitios de muestreo (Costa Vida, Mismaloya, Yelapa, Destiladora, Cruz de Huanacastle, Bucerías y Nuevo. Vallarta) no presentaron larvas de peces (Fig. 3)

En invierno (época fría) las densidades más altas se presentaron en Sheraton ( $167.82 \text{ org./1000m}^3$ ) y Río Pitillal ( $103.41 \text{ org./1000m}^3$ ), siendo de nueva cuenta *Eucinostomus sp.* la más representativa ( $128.75 \text{ org./1000m}^3$  y  $93.42 \text{ org./1000m}^3$ , respectivamente) mientras que, los valores más bajos se reflejaron en Oceánica 2 con  $0.33 \text{ org./1000m}^3$ , Nuevo Vallarta con  $1.05 \text{ org./1000m}^3$ , Oceánica 3 con  $1.06 \text{ org./1000m}^3$  y por último Punta Mita con  $1.87 \text{ org./1000m}^3$ , asimismo, cabe señalar que Oceánica 1 y Bucerías, no registraron valor alguno (Fig.3).

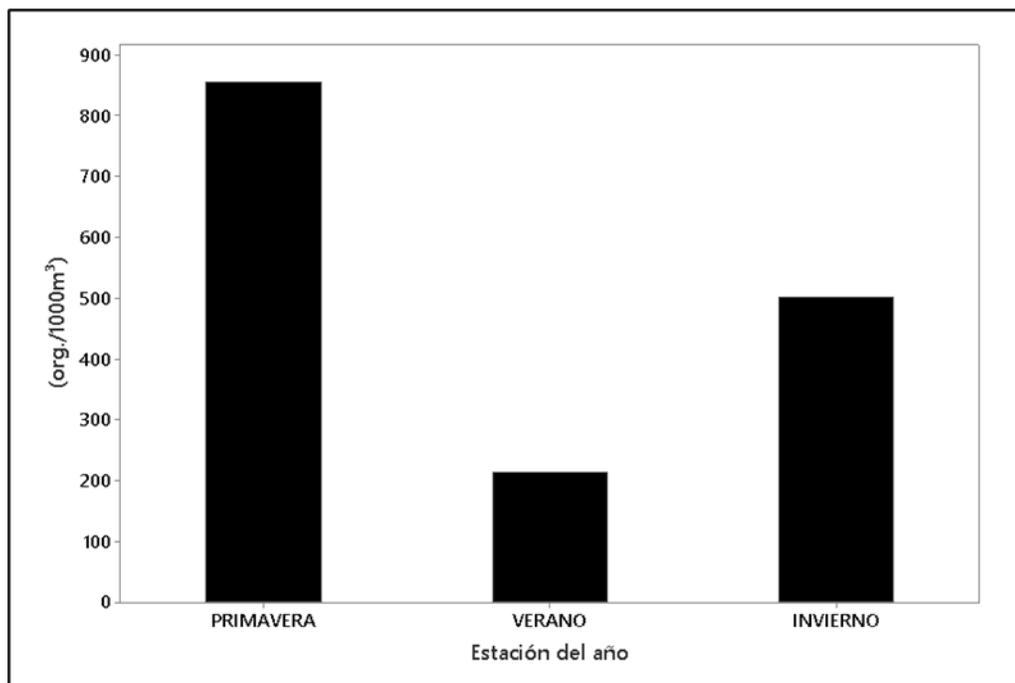


Figura 2. Densidad estacional de larvas de peces en Bahía de Banderas durante 2005

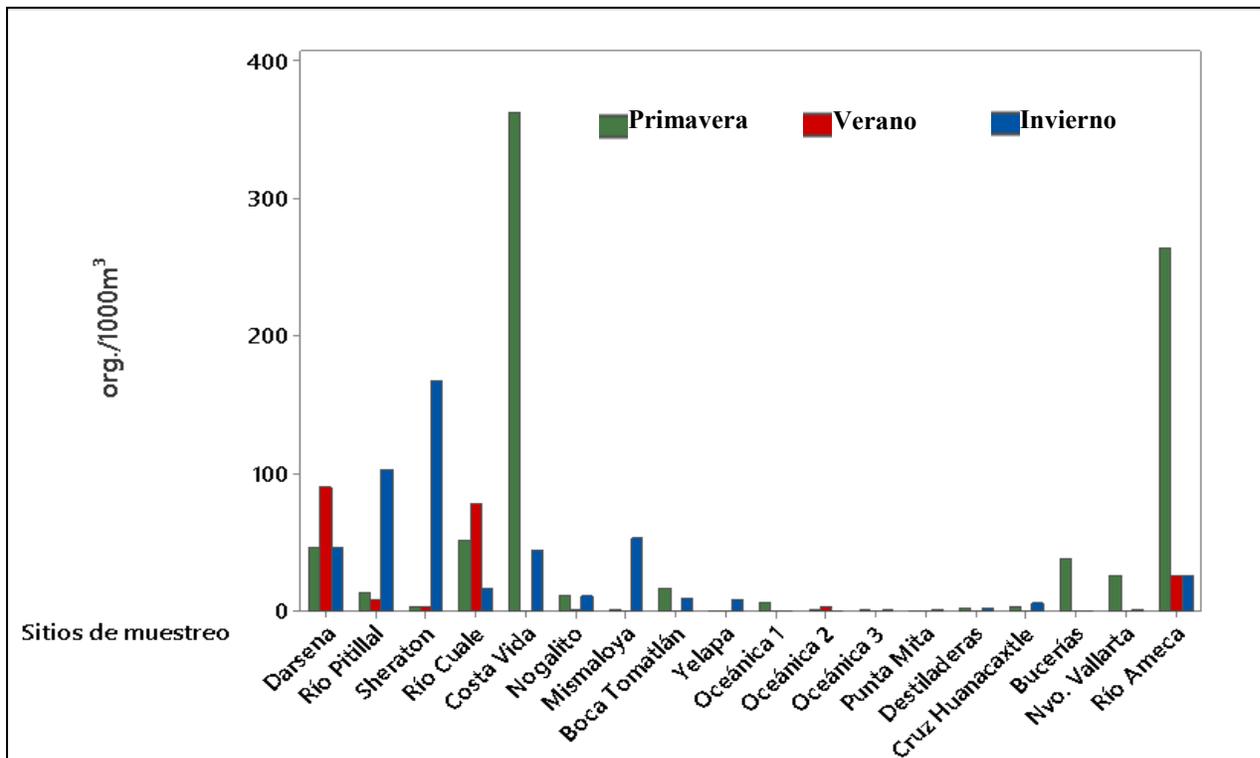


Figura 3. Densidad larval espacio-temporal de los sitios de muestreo en Bahía de Banderas durante 2005.

### Categorías de la distribución y abundancia del ictioplancton.

La mayoría de las densidades registradas de cada sitio de muestreo en el ciclo anual se ubicaron dentro de la categoría, **escasa** (0-99 org./1000m<sup>3</sup>) representando el 92.59% , las tres categorías restantes representaron el 7.5%.

De acuerdo con los resultados de las tres estaciones del año se observó que, en primavera las especies *Eucinostomus sp.* (presentándose en 11 sitios de muestreo) y *Engraulis mordax* (registrado en 8 sitios), obtuvieron los valores más altos de la densidad (570.1 y 175.77 org./1000 m<sup>3</sup> ,respectivamente). Mientras que las especies que reflejaron niveles bajos de densidad fueron, *Oligoplites saurus inornatus* (0.25 org./1000 m<sup>3</sup>), *Elegatis bipinnulada* (0.3 org./1000 m<sup>3</sup>), *Chloroscombrus orqueta* (0.35 org./1000 m<sup>3</sup>), la Familia Mullidae (0.74 org./1000 m<sup>3</sup>), *Hyporhamphus rosae* y *Chaeto-*

*dipterus zonatus* (0.78 org./1000 m<sup>3</sup>), y las familias Osmeridae, Dactyloscopidae y Labrisomidae (0.83 org./1000 m<sup>3</sup>) (Fig. 4).

Para verano las especies con valores altos de densidad fueron *Engraulis mordax* con 111.18 org./1000 m<sup>3</sup> (registrándose en 5 de los 18 sitios de muestreo) y Bregmacerotidae con 50.05org./1000 m<sup>3</sup> (con registro único en Darsena), cabe mencionar que la especie *Eucinostomus sp.*, fue la más recurrente, con registros en 7 de los 18 sitios. Las especies de menor densidad fueron *Lutjanus guttatus* con 0.35 org./1000 m<sup>3</sup>, *Eusydogobius newberryi* y *Chaetodipterus zonatus* con 0.33 org./1000 m<sup>3</sup> , finalmente *Caranx caballus* con 0.25 org./1000 m<sup>3</sup> (Fig. 5).

Variación espacio–temporal de las densidades de especies ictioplanctónicas

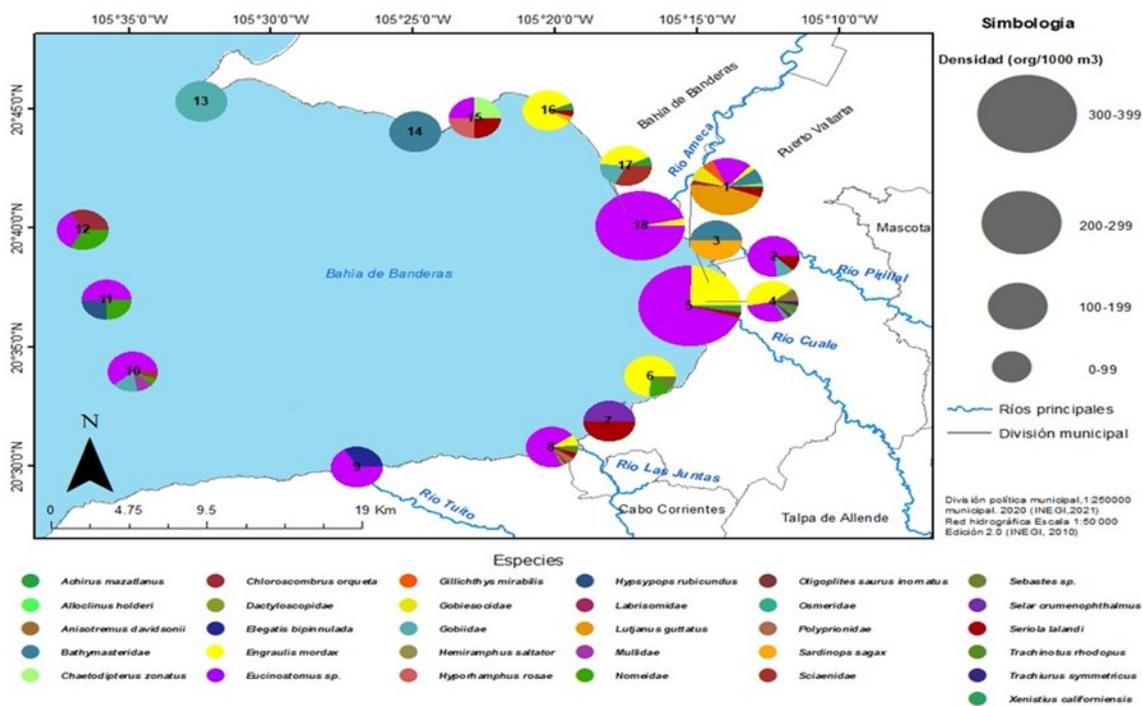


Figura 4. Distribución y abundancias del ictioplancton durante primavera de 2005 en Bahía de Banderas.

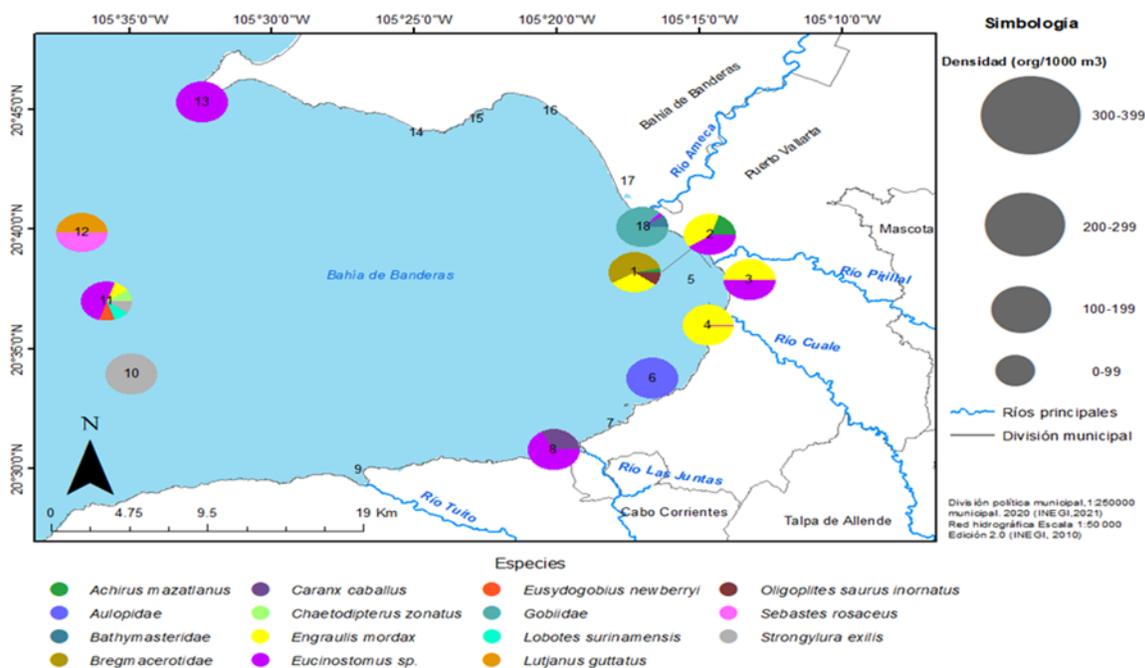


Figura 5. Distribución y abundancias del ictioplancton durante verano de 2005 en Bahía de Banderas.

Finalmente, en invierno, los valores más altos de la densidad fueron registrados para *Eucinostomus sp.*, (con registros en 13 de los 18 sitios de muestreo) y la familia Bathymasteridae (registrada en 9 sitios) con 273.01 y 64.03 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente. Por otra parte, los valores de densidad ba-

jos, estuvieron representados por *Caranx caballus*, *Cubiceps pauciradiatus* y la familia Haemulidae con 0.3 org./1000 m<sup>3</sup>, por otro lado, la familia Mullidae y la especie *Gillichthys mirabilis* presentaron valores de 0.63 org./1000 m<sup>3</sup> (Fig. 6).

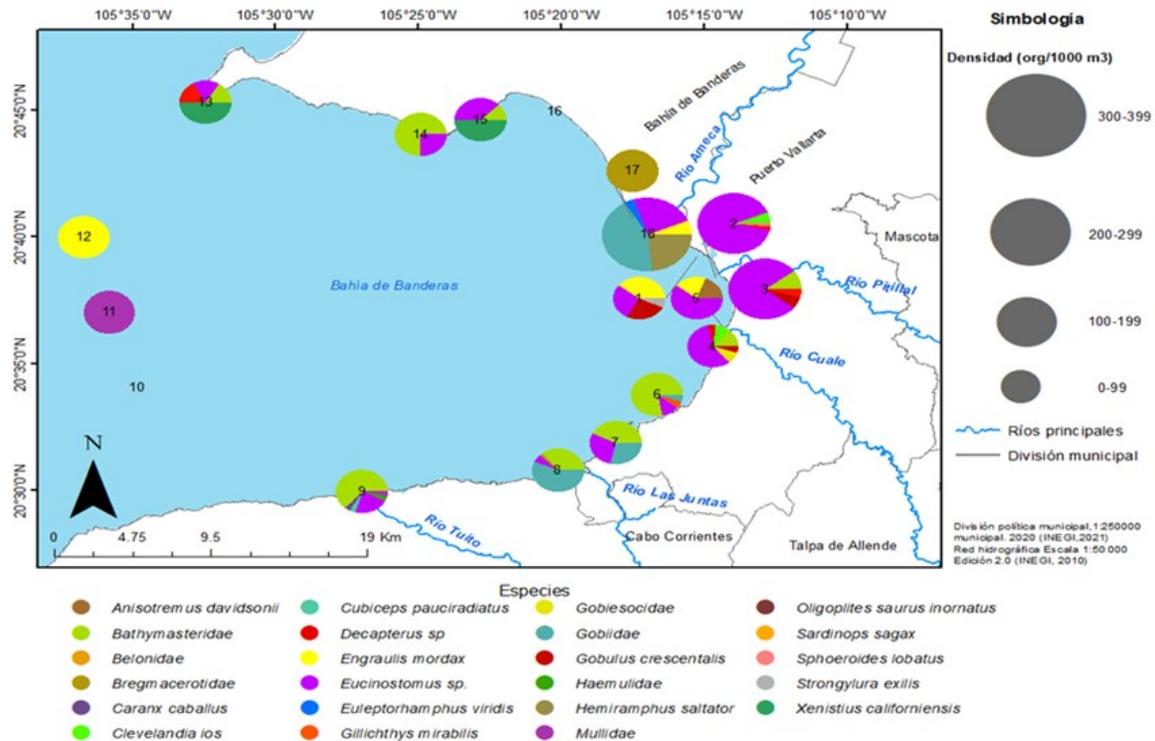


Figura 6. Distribución y abundancias del ictioplancton durante invierno de 2005 en Bahía de Banderas.

Cabe señalar, que en primavera se registraron 5 familias, 1 género y 8 especies que no estuvieron presentes en verano e invierno. Asimismo, en verano se registraron 1 familia y 4 especies, mientras que, en invierno se registraron 3 familias, 1 género y 5 especies, representando el 58.3% del total de los organismos. En la tabla 1 se muestra el listado de dichos organismos considerados como "raros". El ordenamiento sistemático se realizó de acuerdo con Nelson (1994 y 2006).

En lo que respecta a la variación espacio-temporal de la densidad del ictioplancton y su relación con

la temperatura y la salinidad, el análisis de regresión lineal, mostró que no hubo diferencia significativa ( $p=0.45$ ) entre la densidad-temperatura y la densidad-salinidad ( $p=0.38$ ), esto mismo fue observado con la densidad-sitio de muestreo ( $p=0.30$ ) y densidad- estación del año ( $p=0.19$ ). Cabe destacar, que en verano se observó una disminución en la densidad y riqueza de especies, presentando los valores más altos de temperatura promedio ( $28.32^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad promedio ( $34.70$  ups) (Tabla 2).

*Variación espacio–temporal de las densidades de especies ictioplanctónicas*

Tabla 1. Listado de larvas de peces “raras” en Bahía de Banderas durante las estaciones del año de 2005.

PRIMAVERA	VERANO	INVIERNO
Osmeridae (familia) <i>Hyporhamphus rosae</i> (Jordan & Gilbert, 1880) <i>Hypsypops rubicundus</i> (Girard, 1854) <i>Chloroscombrus orqueta</i> (Jordan & Gilbert). Dactyloscopidae (familia) <i>Elegatis bipinnulata</i> (Quoy & Gaimard, 1825) Polyprionidae (familia) <i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch 1793) <i>Seriola lalandi</i> (Cuvier & Valenciennes, 1833) <i>Trachurus symmetricus</i> (Ayres 1855) Sciaenidae (familia) <i>Roncador sp.</i> <i>Alloclinus holderi</i> (Lauderbach, 1907) Labrisomidae (familia).	Aulopidae (familia) <i>Sebastes rosaceus</i> (Girard 1854) <i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869) <i>Eucyclogobius newberryi</i> (Girard 1856) <i>Lobotes surinamensis</i> (Bloch 1790)	Belonidae (familia) <i>Euleptorhamphus viridis</i> (van Hasselt, 1823) Gobiesocidae (familia) <i>Decapterus sp.</i> Haemulidae (familia) <i>Clevelandia ios</i> (Jordan & Gilbert 1882) <i>Gobulus crescentalis</i> (Gilbert 1892) <i>Cubiceps pauciradiatus</i> (Günther, 1872) <i>Sphoeroides lobatus</i> (Steindachner 1870)

Tabla 2. Análisis de varianza de las variables, temperatura, salinidad, sitios de muestreo y estación del año.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Regresión</b>	21	41.6822	1.9849	1.13	<b>0.36</b>
<b>T</b>	1	0.9890	0.9890	0.56	<b>0.45</b>
<b>S</b>	1	1.3494	1.3494	0.77	<b>0.38</b>
<b>Sitio muestreo</b>	17	36.3742	2.1397	1.22	<b>0.30</b>
<b>Estación del año</b>	2	6.1295	3.0648	1.75	<b>0.19</b>
<b>Error</b>	32	56.1710	1.7553		
<b>Total</b>	53	97.8532			

El análisis de conglomerados (densidades) en las tres estaciones del año (primavera, verano e invierno) señala las similitudes entre los 18 sitios de muestreo. Se crearon dendogramas usando una partición final de cinco conglomerados.

En primavera se observan dos grandes grupos con 0 % de similitud entre ellos, el primer grupo lo conforman los sitios Costa Vida y Río Ameca con el 69.93 % de similitud, cabe mencionar que estos sitios presentaron las densidades más altas (362.53 y 263.94 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente), siendo *Eucinostomus sp.* la especie de mayor abundancia

con 507.21 org./1000 m<sup>3</sup>. Mientras que el segundo grupo lo conforman los 16 sitios restantes, teniendo una similitud del 85.26 %, nuevamente, *Eucinostomus sp.* fue la especie más abundante (48.27 org./1000m<sup>3</sup>). Este segundo grupo se caracteriza por presentar dos subgrupos a la vez, el primer subgrupo lo conforman los sitios de muestreo que se ubican en la parte central de la costa y el segundo incluye a los sitios de la zona sur, este (zona oceánica) y norte de la bahía (Fig. 7).

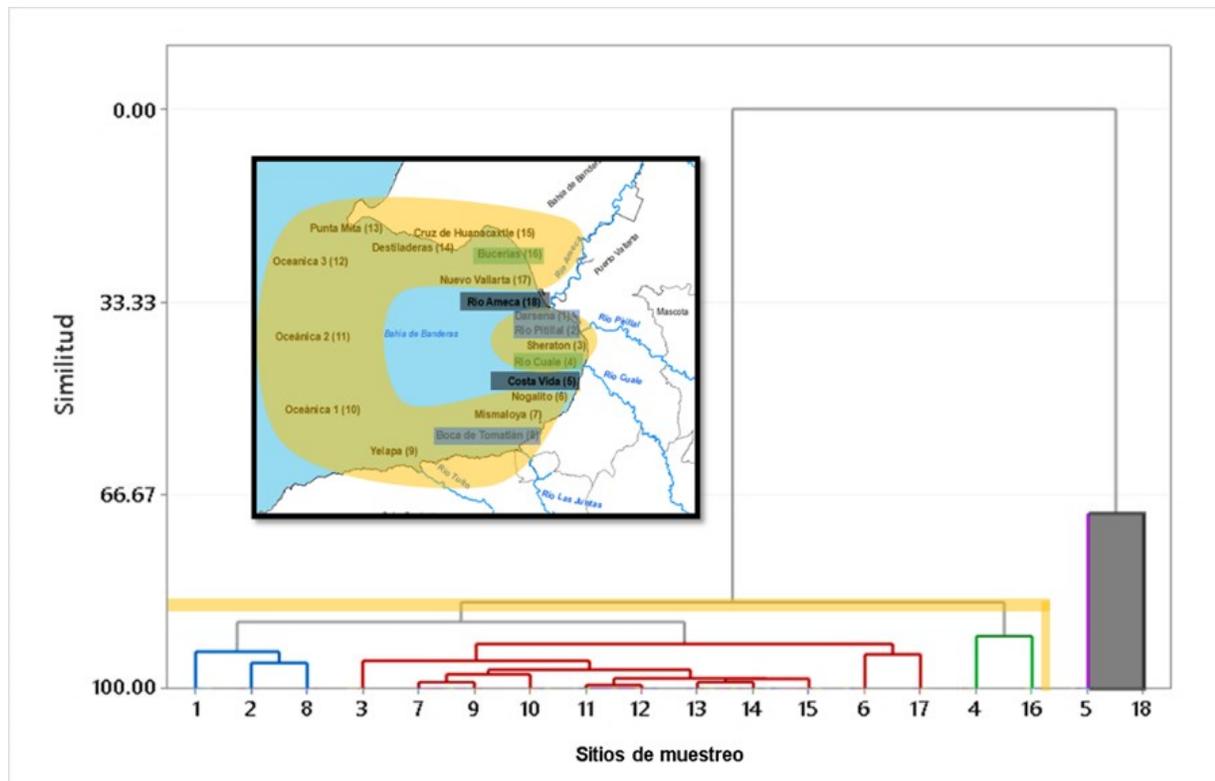


Figura 7. Dendrograma de similitud entre los sitios de muestreo, durante primavera de 2005, en Bahía de Banderas.

En cuanto a verano, refleja un patrón similar al de primavera, puesto que, el sitio de muestreo Río Cuale (4) se diferencia del resto de los sitios de muestreo (0 % de similitud), *Engraulis mordax* es la especie que reporta el valor más alto de la densidad ictioplanctónica (77.75 org./1000 m<sup>3</sup>). Por otro lado, el grupo que presentó mayor similitud entre los sitios (color amarillo) estuvo conformado por 15 de ellos, los cuales estuvieron distribuidos en toda el área de estudio y formando dos subgrupos, el primer subgrupo abarca 8 sitios de muestreo, los que se conforman por aquellos que se encuentran en la región central de la bahía con la influencia de las desembocaduras de los ríos (88.08 % de similitud), y el segundo subgrupo que incluye los 7 sitios restantes y que agrupa el área oceánica y la zona norte de la bahía (90% de similitud), con densidades ictioplanctónicas considerablemente bajas (Fig. 8).

En invierno el grupo (color negro) que incluye a los sitios Río Pitillal y Sheraton se separan del

resto de sitios de muestreo (0 % de similitud), presentando los valores de densidades más altos (103.41 org./100m<sup>3</sup> y 167.82 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente), *Eucinostomus sp.*, es la especie con el valor más alto de la densidad para ambos sitios (93.42 org./1000 m<sup>3</sup> y 128.75 org./1000 m<sup>3</sup> respectivamente), ambos sitios presentan el 68.78 % de similitud. El grupo que incluye los 14 sitios de muestreo (color amarillo), se encuentran distribuidos hacia la zonas noreste, sureste y centro de la bahía, con registros de densidades ictioplanctónicas bajas, sin embargo, fueron frecuentes *Eucinostomus sp.* (presente en 9 de los 14 sitios) y la familia Bathymasteridae (en 8 de los 14 sitios). Por otra parte, tanto Oceánica 2 (sitio 11) como Mismaloya (sitio 7) conformaron sitios completamente diferentes entre ambas y entre el resto de los sitios, puesto que, el porcentaje de similitud de Oceánica 2 fue del 66.11% con 15 sitios, en cambio, para Mismaloya se registró un 73.23% de similitud con respecto a 14 sitios de muestreo (Fig. 9).

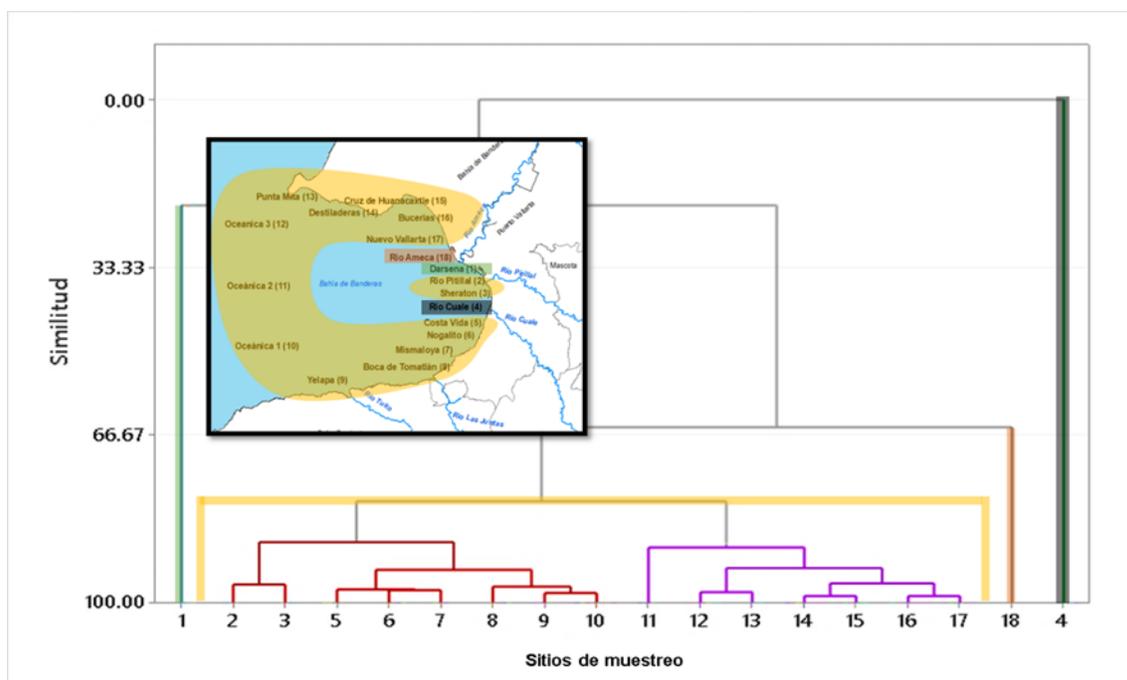


Figura 8. Dendrograma de similitud entre los sitios de muestreo, durante verano de 2005, en Bahía de Banderas.

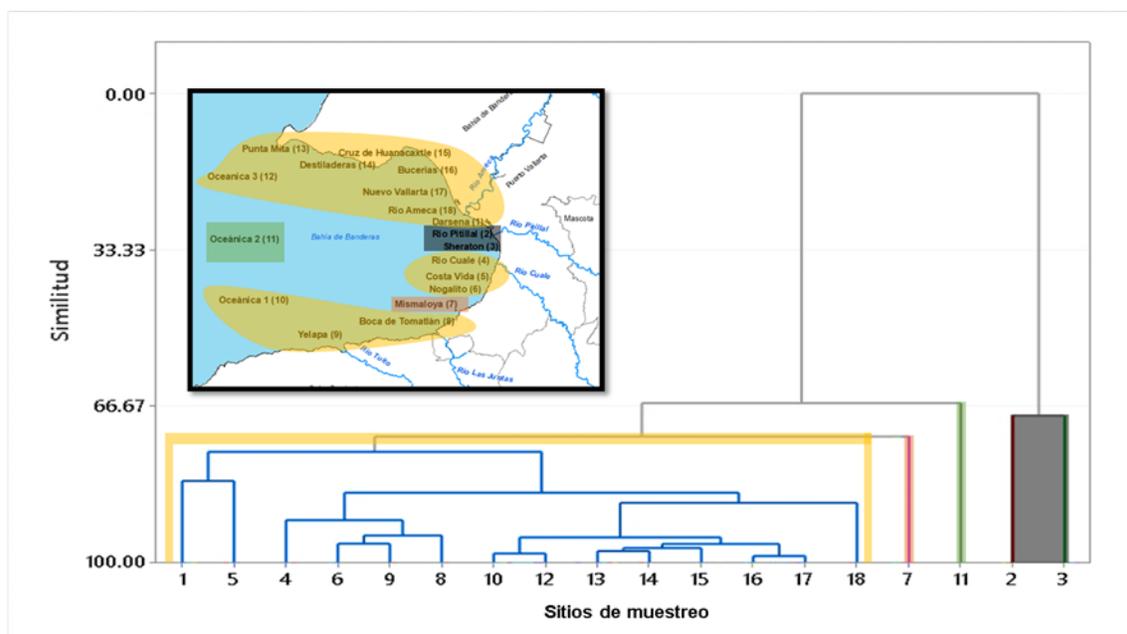
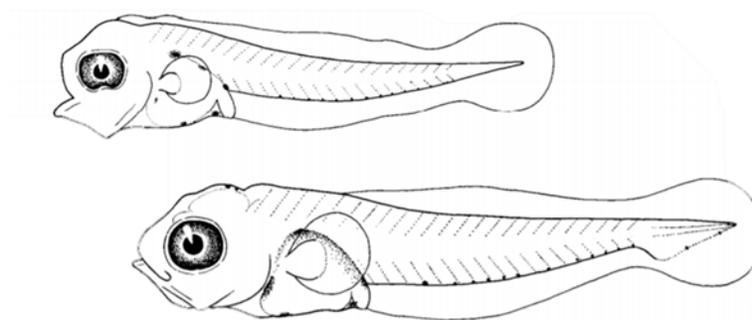


Figura 9. Dendrograma de similitud entre los sitios de muestreo, durante verano de 2005, en Bahía de Banderas.

---

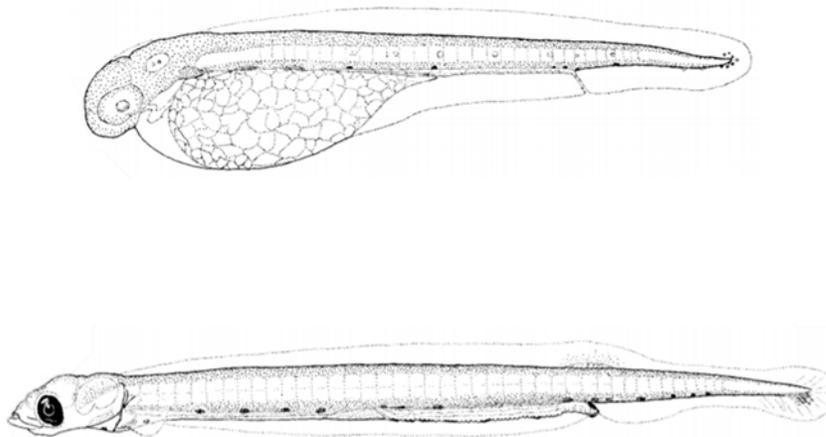
Especies representativas de la Bahía de Banderas en el ciclo 2005  
Familia Gerreidae



Referente a la variación espacio-temporal de *Eucinostomus sp.*, se registró en las tres estaciones del año, resultando ser la más abundante (852.46 org./1000m<sup>3</sup>) de la diversidad registrada, prima-

vera, es la estación que reportó la mayor concentración representada en 11 de los 18 sitios de muestreo.

Familia Engraulidae



*Engraulis mordax* (Girard,1854)

Llamada Anchoveta norteña, se registró en las tres estaciones del año, presentándose en primavera la mayor concentración de la densidad (175.77 org./1000m<sup>3</sup>), principalmente en 8 del total de los sitios de muestreo.

Cabe mencionar, que el porcentaje del resto de la diversidad de organismos fue del 23.95%. Lo que indica que se presentó una mayor diversidad en el área de estudio y que la abundancia fue más representativa en las especies ya mencionadas.

## DISCUSIÓN

La variación espacio temporal del ictioplancton, mostró densidades a manera de gradiente, esto es, mayores densidades en los sitios cercanos a la costa y menores hacia los sitios oceánicos, lo que concuerda con los trabajos de Gili *et al.*, (1987); Navarro-Rodríguez *et al.*, (2001 y 2004); Navarro-Rodríguez y Flores-Vargas (2006b) y Navarro-Rodríguez *et al.*, (2015 y 2018), encontrando el mismo patrón de gradiente costa-océano, asociado con las densidades elevadas ya que pueden aprovechar las condiciones biológicas de las aguas costeras en zonas de surgencias, lo que permite establecer patrones de distribución y/o migración de las especies (Sánchez-Ramírez, 1997 y Navarro-Rodríguez *et al.*, 2002 y Navarro-Rodríguez *et al.*, 2018). Por otro lado, varios autores indican que los aportes de los nutrientes terrígenos de los ríos a través de las desembocaduras de estos al interior de las bahías presentan efectos favorables la mayor parte del año (Álvarez-Cadena *et al.*, 1984; Contreras-Espinoza, 1993; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001; 2006; 2015 y 2018).

A lo largo del estudio, se identificaron tres periodos que se relacionan con el patrón estacional de las corrientes del Pacífico Oriental (Wirtki 1966, Badan, 1997. Un periodo “cálido”, que es caracterizado por altas temperaturas (29.7°C) durante el verano, y que puede ser relacionado con la intensi-

ficación de la Corriente Costera de Costa Rica, que a su vez es alimentada por la Cotracorriente Ecuatorial. Un segundo periodo de menor temperatura en invierno (23.0°C), que puede ser relacionado con el desplazamiento de la Convergencia Intertropical hacia el sur, al mismo tiempo que la Corriente Costera de Costa Rica se encuentra debilitada. Finalmente, un tercer periodo de “transición” entre primavera y verano (28.0 y 29.7°) relacionado con el regreso de la Convergencia Intertropical, este mismo patrón fue señalado por Navarro-Rodríguez *et al.*, (2001). Lo que puede sugerir que las variaciones en espacio y tiempo del ictioplancton estuvieron influenciadas directamente por los patrones estacionales.

Esto es notorio, ya que en primavera se registraron los valores más alto de la densidad larval con temperaturas cálidas y bajas salinidades (28 ups), en tanto que en verano las densidades fueron menores con registros altos de temperatura y salinidad, mientras que, invierno presento moderadas densidades con valores bajos en la temperatura (24°C) y altos en la salinidad (32.3 ups). Sanvicente-Añorve *et al.*, (1997) señala que en la reserva de la biósfera de SianK’an el análisis de las variaciones de la abundancia relativa de las especies ictioplanctónicas estuvieron relacionadas con la época cálida que bien podría ser indicativo del periodo de reproducción de los organismos en la zona estudiada. El presente trabajo muestra este mismo patrón en cuanto a las altas densidades con registros elevados de temperaturas y que posiblemente indique el pico más alto del periodo reproductivo, en la zona de estudio. Por otro lado, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2018) reportan este mismo patrón de la variación estacional relacionado con los valores de la temperatura y salinidad para la misma zona.

Referente a las especies identificadas, *Eucinostomus* *sp* y *Engraulis mordax*, reflejaron los valores más

altos de densidad, representando el 76.04 % del total, además de aparecer en las tres estaciones del año, lo que puede indicar la presencia de una alta actividad reproductiva en la zona para ambas especies. Navarro Rodríguez y Flores Vargas (2006b) señalan que en el Pacífico central mexicano se observa la presencia de un gradiente costa océano que parece corresponder a las áreas de desove de las especies, que a su vez está íntimamente ligada al hábitat de los adultos. Esto mismo ha sido observado en la costa occidental de Baja California, donde se observa una coherencia entre la abundancia de las larvas y el hábitat de los adultos (Funes-Rodríguez *et al.*, 1995). Por otro lado, Navarro-Rodríguez *et al.*, (2006) reporto para la Laguna El Quelele, a la especie *Engraulis mordax*, como la de mayor abundancia para esa zona. Mientras que, Navarro-Torres (1995) reporto al grupo de los engraulidos como los más abundantes (38 %) en la Bahía Navidad.

Los sitios cercanos a la costa, si bien, registraron valores de cero organismos, es importante señalar que fueron los sitios en los que obtuvieron las mayores densidades larvales, mientras que los sitios alejados (oceánicos) registraron los valores más bajos de la densidad ictioplanctónica, este patrón fue observado por Navarro Rodríguez y Flores Vargas (2006b) en el Pacífico central mexicano (Jalisco y Colima) donde indican el gradiente costa-océano en cuanto a la distribución de las densidades de las especies del ictioplancton.

Por otro lado, este tipo de distribución (costa-océano) en el área de estudio, se le puede atribuir a que son especies de hábitos costeros, ya que pueden aprovechar las condiciones biológicas de las aguas costeras en zonas de surgencias (Gili *et al.*, 1987; Navarro-Rodríguez y Flores Vargas 2006b y Navarro-Rodríguez *et al.*, 2015). Asimismo, la biomasa del plancton como indicador de la disponibilidad de alimento, puede ser determinante en los patrones de distribución de las larvas y migración de las especies (Sánchez-Ramírez, 1997). Concluimos que la distribución en espacio y tiempo del ictioplancton están relacionados tanto con factores abióticos como bióticos, entre ellos, las surgencias, la dirección de las corrientes, la

disponibilidad de alimento (biomasa zooplanctónica), los patrones de temperatura y salinidad, así como los hábitos de las especies adultas.

#### LITERATURA CITADA

- Acal, D.E. 1991. Abundancia y diversidad del ictioplancton en el Pacífico Centro de México. Abril, 1981. Ciencias Marinas 7(1):25-50.
- Acal, D.E. y D. Corro-Espinoza 1994. Reproducción y distribución de peces clupeidos en el sur del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec, México. Biología Tropical 42 (1/2):239-261.
- Aceves-Medina, G., R. A. González y R. J. Saldierna. 1999. Larvae development of *Shymfhurus williamsi* (Cynoglossidae:Pleuronectiforme) from the Golf of California. Fishs Bull. 97:738-745.
- Aguilar Palomino, B., J. Mariscal Romero, G. González Sansón, L. E. Rodríguez Ibarra. 1996. Ictiofauna demersal de los fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México, en la primavera de 1995. Ciencias Marinas, 22(4):469-481.
- Ahlstrom, E.H. 1971. Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific basen of collections made on EASTROPAC . Fish. Bull 69(1):3-77.
- Ahlstrom, E.H. 1972. Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific n the second multivessel EASTROPAC survey and observation on the anual cycle of larval. Fish Bull 70(4):1153-1242.
- Álvarez-Cadena, J.N., M.A. Aquino, F. Alonso, J.G. Millan y T. Torres. 1984. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar Huizache-Caimanero. Parte I Agua Dulce 1978. Instituto de Ciencias de Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 11(1): 163-180.
- Álvarez-Cadena, J.N., U. Ordóñez-López, A.R. Almaral-Mendivil, M. Ornelas-Roa, y A. Uicab-Sabido. 2007. Larvas de peces del litoral arrecifal del norte de Quintana Roo, Mar Caribe de México. Hidrobiológica 17(2): 139-150.

- Amezcuca Linares, F. 1985. Recursos potenciales de peces demersales capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico mexicano, Cap. 2:39-94. En: A. Yáñez Arancibia (ed.), Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. de Alimentos, Instituto Ciencias del Mar y Limnología. Instituto Nacional de la Pesca, UNAM, México, D.F. 748 pp.
- Badan, A. 1997. La corriente costera de Costa Rica en el Pacífico mexicano En: M.F. Lavín (ed.), Contribuciones a la oceanografía física en México, Monografía No. 3, Unión Geofísica mexicana. 99-112.
- Blakcburn, M. 1966. Biological Oceanography of the Eastern tropical pacific: Summary of existing information USFWS\_Special Scientific Report- Fisheries No. 540 1-18 p.
- Castro-Barrera, T. 1975. Ictioplancton de Bahía Magdalena, Baja California Sur. Ciencias Marina 2(2):10-36.
- Contreras-Espinoza, F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. CONABIO y Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 1-412 p.
- Chona-Gallegos, L., M.C. Navarro-Rodríguez, R. Flores-Vargas, L.F. González-Guevara. 2019. Variación espacio-temporal de las densidades de los quetognatos y su relación con la temperatura y salinidad en Bahía de Banderas, México. Acta Pesquera 5(10): 1-15
- Cupul Magaña, F.G. 1998. ¿Quién es la Bahía de Banderas? Divulgare 21:48-52.
- Cupul Magaña, F.G. 1999. La laguna El Quelele, Nayarit, México. Como hábitat de aves acuáticas. Ciencia y Mar 3(8):21-28.
- Cupul Magaña, F. G. 2000. Notas sobre la avifauna acuática de las islas y los humedales costeros de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Mexicoa 2(1): 85-92.
- Fisher W., Krupp, F. Schneider, W. Sommer, C. Carpenter, K. E. y Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Roma FAO. Vol. II y III: 647-1813.
- Franco-Gordo, C., R. Flores-Vargas, M.C. Navarro-Rodríguez, R. Funes-Rodríguez, R. Saldierna-Martínez. 1999. Ictioplancton de las costas de Jalisco y Colima, México (diciembre de 1995 a diciembre de 1996). Ciencias Marinas 25(1): 107-118.
- Funes Rodríguez, R., M.J. Haro y J. M. Esqueda. 1991. Atlas de distribución y abundancia de peces meso pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur, México. 1982-1984.
- Funes Rodríguez, R., R. González-Armas y A. Esquivel-Herrera. 1995. Distribución y composición específica de larvas de peces durante y después del NIÑO, en la costa occidental de Baja California Sur (1983-1985). Hidrobiológicas 5(1-2): 113-125.
- Funes Rodríguez, R., M. A. Fernández y R. González Armas. 1998. Larvas de peces recolectadas durante dos eventos el NIÑO en la costa occidental de Baja California Sur, México 1958-1959 y 1983-1984. Océánides 13 (1):67-75.
- Frederiksen, M., M. Edwards, A.J. Richardson, N.C. Halliday and S. Wanless. 2006. From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. J. Anim. Ecol., 75(6): 1259-1268.
- Gallego-Zerrato, J.J., y A. Giraldo. 2018. Variación espacial y temporal de larvas de peces en una bahía hipersalina del Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol. 47 (1): 117-141.
- García, E. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlas a condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México 2a. Ed. 246 p.
- Gili, J.M., F. Pages y T. Riera. 1987. Distribución de las especies más frecuentes de sifonóforos calcíforos en la zona norte del Mediterráneo occidental. Investigaciones Pesqueras, Barcelona, 51 (3): 323-338.
- González Armas, R., R. Funes Rodríguez y V.A. Levy. 1993. Primer registro de larvas de marlín rayado (*Tretapterus audax*), (Scombroidei:Istiophoridae) en las costas de Jalisco, Pacífico Oriental de México. Biología Tropical Vol. 43(2):919-920.

- Köster, F.W., H. Hinrichsen, M.A. St.John, D. Schnack, B.R. MacKenzi, J. Tomkiewicz and M. Plikshs. 2001. Developing Baltic cod recruitment models. II. Incorporation of environmental variability and species interaction. *Can. J. Fish. Aq. Sci.*, 58(8): 1534-1556.
- Leis, J.M. y B.M. Carson-Ewart. 2000. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: An identification guide to marine fish larvae. 1a. edición. Sydney: Editorial Fauna Malesiana Handbooks, 2000. 846.
- Ludwig, J.A y J.F. Reynolds. 1988. Statistical ecology a primer on methods and computing. Edit. Jhon Wiley & Sons, Inc. 202 p.
- Montagnes, D.J., J.F. Dower and G.M. Figueiredo. 2010. The protozooplankton-ichthyoplankton trophic link: an overlooked aspect of aquatic food webs. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 57(3): 223-228.
- Moser, H.G., Charter, R.L., Smith, P.E., Ambrose, D.A., Charter, S.R y Myer, C.A. 1993. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current region: Taxa with 1000 or more total larvae, 1951 through 1984. Atlas 31. La Jolla: Editorial Allen Inc, 233.
- Moser, H.G., R.L. Charter, P.E. Smith, D.A. Ambrose, S.R. Charter, C.A. Meyer, E. M. Sandknop y W. Watson. 1994. Distributional Atlas of fish larvae and eggs in the California current region: Taxa with less than 1000 total larvae, 1951 through 1994. California Cooperative Oceanic fisheries Investigation Atlas 33, pp. 1505.
- Moser, H.G. 1996. The early stages of fishes in the California current region. Atlas 33. La Jolla: Editorial Allen Inc. 1505 pp.
- Navarro-Torres, P. 1995. Ictioplancton de la Bahía Navidad, Jalisco México durante el ciclo anual 1993-1994. Tesis de Licenciatura Universidad de Guadalajara. 145.
- Navarro-Rodríguez, M. C., S. Hernández Vázquez, R. Funes Rodríguez y R. Flores Vargas. 2001. Distribución y abundancia de larvas de peces de las Familias Haemulidae, Sciaenidae y Carangidae de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Bol. Centro Invest. Biol.* 35 (1): 1-24.
- Navarro-Rodríguez, M.C., R. Flores-Vargas y M. E. González Ruelas. 2002. Variabilidad espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica y la estructura termohalina en la zona costera de los estados de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 36(3):217-374.
- Navarro-Rodríguez, M. C., R. Flores-Vargas, L.F. González Guevara y M.E. González Ruelas. 2004. Distribution and abundance of *Dormitator latifrons* (Richardson) larvae (Pisces: Elio-tridae) in the natural protected area "estero El Salado" in Jalisco, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 39(1): 31-36.
- Navarro-Rodríguez, M.C., L.F. González Guevara, R. Flores-Vargas, M.E. González Ruelas y F.M. Carrillo González. 2006. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35-43.
- Navarro-Rodríguez, M. C. y R. Flores-Vargas. 2006b. Distribución y abundancia de las larvas de peces y pleuronectiformes de las costas de Jalisco y Colima, México. En: Jiménez-Quiroz, M.C. Y Espino-Barr, RE. (eds). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán, pp. 281-292. Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo, Instituto Nacional de la Pesca, México.
- Navarro-Rodríguez, M.C., L.F. González-Guevara, R.T. Amparán-Salido y J. Téllez López. 2011. Diversidad biológica y ambientes naturales en la costa de Jalisco: ensayos de divulgación científica. Centro Universitario de la Costa Sur. Puerto Vallarta, México.
- Navarro-Rodríguez, M.C., R. Flores-Vargas, y L.F. González Guevara. 2015. Variación estacional de los principales grupos zooplanctónicos del área natural protegida estero El Salado, Jalisco, México. *Revista Bio Ciencias* 3(2): 103-115.
- Navarro-Rodríguez, M.C., M.A. Lara-López, L.F. González-Guevara y R. Flores-Vargas. 2018. Biomasa zooplanctónica y densidad espacio temporal del ictioplancton en Bahía de Banderas. *Acta Pesquera*. 4(7): 1-11.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. Third ed. John Wiley y Sons, Inc., New York. 600 p.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. 4a ed. John Wiley and Sons, Nueva York. 601 p.

- Sánchez-Ramírez, M. 1997. Alimentación, crecimiento y mortalidad de larvas de *Chloroscombrus chrysurus* (orqueta) (Pisces: Carangidae), en el sur del golfo de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM., México D.F., 85.
- Sanvicente-Añorve, L., X. Chiappa-Carrara, M. Sánchez -Ramírez y A. Ocaña-Luna.1997. Seasonal variability of ichthyoplankton community in two lagoonal system of the Mexican Caribbean Sea, In IOUSP/ALICMARIFIESP (eds.)Resumos expandidos del VIICOLACMAR. Vol.n. Sao Paulo, Brasil. 413-415.
- Silvia-Segundo, C. A, R. Funes-Rodríguez, M.E. Hernández-Rivas, E. Ríos-Jara, E.G. Robles-Jarero y A. Hinojosa-Medina. 2008. Asociaciones de larvas de peces en relación a cambios ambientales en las Bahías de Chamela, Jalisco y Santiago-Manzanillo, Colima (2001-2002). *Hidrobiológicas* 18: 89-103
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1977. Técnicas modelo para prospecciones de huevos de larvas de peces pelágicos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. No. 175, P. 101.
- Sumida, B.Y., H.G. Moser y E.H. Ahlstrom. 1985. Descriptions of larvae of California yellow-tail the Eastern Tropical Pacific California Cooperative, Oceanic Fisheries Investigation Reports 26: 139-159.
- Watson, W. 1996. Eliotridae. En: Moser HG, comp. The early stages of fishes in the California Current region. Atlas 33. La Jolla: Editorial Allen Inc, 1002-1011.
- Wyrтки, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. En: Barnes (ed.) *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4pp. 33-68.
- Zhou, M., Y. Lin, S. Yang, W. Cao and L. Zheng. 2011. Composition and ecological distribution of ichthyoplankton in eastern Beibu Gulf. *Acta Oceanol. Sin*, 30(1): 94-105.



**Relación Longitud-Peso y comparación entre dos modelos de crecimiento de una unidad experimental para cultivo de tilapia en jaulas flotantes**

**Length-to-Weight ratio and comparison between two growth models of an experimental unit for tilapia culture in floating cages**

Elifonso Isiordia-Pérez<sup>1</sup>, Arlis Isiordia-Cortez<sup>1</sup>, Nallely Estrada-Pérez<sup>1</sup>, Javier M. J. Ruiz-Velazco<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup> Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit

\*Autor de correspondencia: Javier M. J. Ruiz-Velazco. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit,

**Recibido:** 02 de diciembre de 2021

**Aprobado:** 30 de diciembre de 2021

**Resumen**

En el presente trabajo se determinó el tipo de crecimiento de *Oreochromis niloticus* cultivada en una unidad experimental en jaulas flotantes. Así mismo, se compararon dos modelos de crecimiento (von Bertalanffy y Gompertz) para determinar el mejor modelo que representara las curvas de crecimiento y la estimación de parámetros. Para determinar el tipo de crecimiento se usó la relación Longitud-Peso y mediante una prueba t-Student se probó isometría o alometría en su caso con respecto al parámetro *b*. Para determinar los parámetros de los modelos de crecimiento, se usó regresión no lineal mediante Statistica 6.0 y se usaron los cuadrados medios residuales (CMR) para determinar estadísticamente cual de los modelos presentaba mejor ajuste y menor error. Los resultados arrojaron que el parámetro *b* fue estadísticamente igual que 3 y que el modelo que mejor estimó los parámetros y mejor se ajustó, fue el de Gompertz. Se concluye que *O. niloticus* presentó un crecimiento isométrico para este caso específico. También, que el modelo que estimó mejor los parámetros de crecimiento fue el de Gompertz, así como el que logró mejor ajuste y menor error estadístico.

**Palabras claves:** Tilapia, jaulas flotantes, relación

peso talla, modelos de crecimiento

**Summary**

In the present work was determined the type of growth of *Oreochromis niloticus* cultured in an experimental unit in floating cages. Likewise, two growth models (von Bertalanffy and Gompertz) were compared to determine the best model that represented the growth curves and the estimation of parameters. To determine the type of growth, the Length-weight ratio was used and by means of a t-Student test, isometry or allometry was tested, where appropriate, with respect to parameter *b*. To determine the parameters of the growth models, nonlinear regression was used using Statistica 6.0 and residual mean squares (CMR) were used to statistically determine which of the models had better fit and less error. The results showed that parameter *b* was statistically equal to 3 and that the model that best estimated the parameters and best adjusted was that of Gompertz. It is concluded that *O. niloticus* presented a positive isometric growth for this specific case. Also, that the model that best estimated the growth parameters was that of Gompertz, as well as the one that achieved the best adjustment and the least statistical error.

**Keywords:** Tilapia, floating cages, weight-size ratio, growth models

**Introducción**

La tilapia es una de las especies de agua dulce que más se cultivan en México y el mundo. De acuerdo con la FAO (2017) la población consume alrededor del 50% de las especies de pescado cultivado por encima del total de peces capturados, por lo que la acuicultura es una actividad en franco crecimiento. La relación Longitud-Peso se ha utilizado para establecer diversas relaciones que tiene que ver con el comportamiento biológico de las especies y sus entornos (Valencia-Santana y Valencia-Santana, 2015).

También es útil para comparar especies bajo condiciones distintas de supervivencia. Diversos estudios se han llevado a cabo para estimar las relaciones Longitud-Peso particularmente para distintas especies de tilapia como *O. niloticus* en distintos

cuerpos de agua (Ulloa- Ibarra et al. 2009; Peña-Messina et al., 2010; Santoyo- Telles et al. 2019) o para tilapias rojas (Reyes-Serna, 2018). Por otro lado, la modelización del crecimiento es útil para representar el crecimiento en modelos matemáticos que permitan establecer relaciones con variables ambientales para pronosticar distintas formas de manejo de las poblaciones pesqueras y acuícolas, sobre todo si se pretende hacer proyecciones de capturas y cosechas bajo diferentes escenarios. Modelar el crecimiento y la supervivencia es la antesala para calcular la biomasa capturada o producida y que puede representar desde el punto de vista económico, pérdidas o ganancias. Además, se han comparado distintos modelos de crecimiento para distintas especies de peces, moluscos y crustáceos en los que proponen modelos más realistas (Hernández-Llamas y Ratkowsky, 2004). Así mismo se ha criticado el uso de modelo de von Bertalanffy (Roff, 1980) y en general de los modelos clásicos por carecer de propiedades estadísticas adecuadas (Hernández-Llamas y Ratkowsky, 2004). En el presente trabajo se analiza la relación Longitud-Peso y se comparan dos modelos clásicos (en sus parámetros, propiedades y ajuste) con la finalidad de determinar el comportamiento biológico de los componentes del crecimiento de la tilapia *O. niloticus* en condiciones de cultivo en jaulas flotantes en una unidad experimental.

### Metodología

Las muestras fueron obtenidas de una unidad experimental montada en La presa Las Higueras, ubicada en el municipio de Rosamorada Nayarit, México cuyas coordenadas geográficas fueron 22° 07'11" Latitud Norte y 105°11'45" Longitud Oeste, para mayor referencia consultar Isiordia-Pérez (2021). Dicha unidad experimental estuvo constituida por una jaula rectangular con medidas de 3 metros de largo por 2 metros de ancho y 1.5 metros de alto, con capacidad de 9 m<sup>3</sup> de volumen de agua instalada en la represa y con la población de alevines correspondiente, ver Isiordia-Pérez et al. (2021).

### Relación Longitud-Peso

Para calcular la relación Longitud-Peso, se usó la información de nueve muestreos con un total de 270 organismos durante el experimento de

jaulas flotantes, dicha relación se estimó con la ecuación propuesta por Froese, (2006) mediante:

$$W = a L^b \quad (1)$$

Donde:  $W$  es el peso del organismo (g),  $L$  es la longitud (cm),  $a$  es el intercepto (coeficiente de crecimiento inicial) y  $b$  es el coeficiente de alometría.

### Modelos de crecimiento

Para la comparación de los modelos de crecimiento se usaron las muestras de 30 organismos (10 por jaula) de ocho muestreos realizados cada quince días durante 4 meses. Los modelos de crecimiento que se utilizaron para comparar las diferentes curvas de crecimiento así como la estimación de sus parámetros, fueron el de von Bertalanffy y el de Gompertz de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

### Modelo de von Bertalanffy

El modelo de von Bertalanffy calcula el peso en el  $W_t$  tiempo de acuerdo con:

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \quad (2)$$

donde  $W_\infty$  es el peso infinito o asintótico del pez,  $k$  es la constante de crecimiento,  $t_0$  es el tiempo y  $t$  es el parámetro de condición inicial.

### Modelo de Gompertz

La curva de Gompertz o la función de Gompertz está representada por:

$$W_t = W_\infty \text{Exp}(-\text{Exp}(b - ct)) \quad (3)$$

donde  $W_\infty$  es el peso infinito o asintótico del pez y  $b$  y  $c$  son parámetros de ajuste.

### Estimación de parámetros

Los parámetros de ambos modelos fueron estimados mediante regresión no lineal disponible en Statistica 6.0 con el algoritmo de Levenberg Marquardt a un nivel de significación de  $P = 0.05$ .

Para estimar el mejor ajuste se utilizaron los cuadrados medios residuales (CMR) del análisis de varianza de la regresión no lineal mediante Statistica

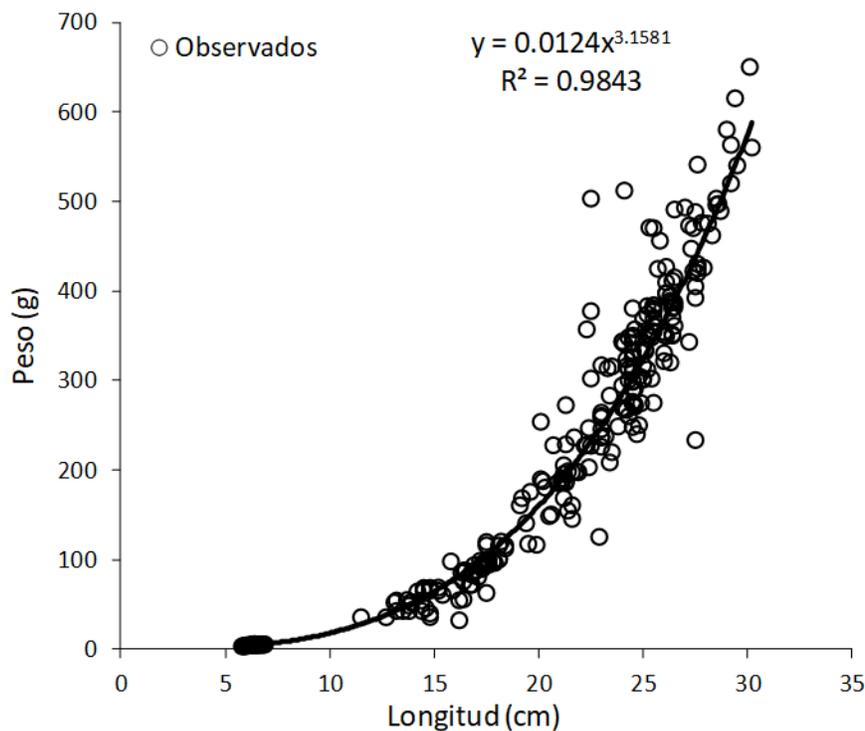
6.0 a un nivel de significación de  $P = 0.05$ , una vez ajustadas las diferentes curvas de crecimiento.

## Resultados y discusión

### Relación Longitud-Peso

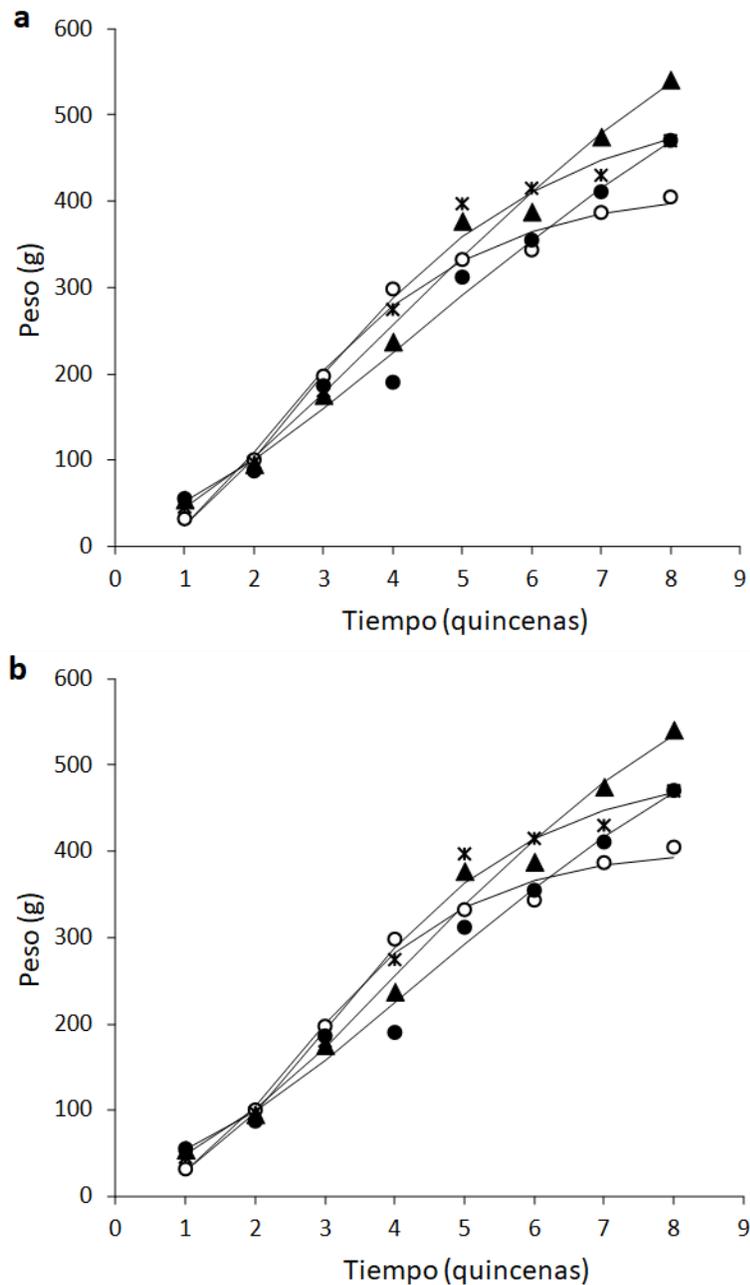
Los resultados de la relación Longitud-Peso demostraron que *O. Nilóticos* cultivada en este tipo de jaulas flotantes presenta un crecimiento isométrico ( $P > 0.05$ ), así lo demostró la prueba t-student para probar si el parámetro "b" era igual al valor de isometría ( $b=3$ ), así mismo, el ajuste fue estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ) con un valor de  $R^2$  muy alta (0.9843). Dado que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la talla, si un individuo mantiene su forma al crecer, entonces el crecimiento es isométrico ( $b=3$ ) (Froese, 2006). Diversos autores ha estudiado la

relación Longitud-Peso y han concluido que su crecimiento es Isométrico, particularmente en *O. nilóticos* (Ulloa-Ibarra et al., 2009). mientras que otros autores han trabajado con tilapia roja (Reyes-Serna, 2018), así como *O. nilóticos* en diferentes cuerpos de agua (Peña-Messina et al., 2010; Santoyo-Telles et al., 2019) y han encontrado alometría negativa lo que difiere de este estudio. Esas diferencias pueden deberse a los diferentes condiciones que prevalecen en cada sistema, tanto en la vida silvestre como en condiciones con mayores capacidades de control, como en el caso de este estudio, en el que prevalecieron mejores condiciones de manejo (particularmente en su alimentación y otros parámetros físicos, químico y biológicos) para su crecimiento y supervivencia (ver Isiordia-Pérez et al. 2021).



**Figura 1.** Relación Longitud-Peso de *O. nilóticos* cultivada en jaulas flotantes

El análisis de varianza de la regresión no lineal tanto el modelo de von Bertalffy como el de Gompertz resultaron ser significativos ( $P < 0.05$ ), así mismo los modelos describieron las diferentes curvas de crecimiento para *O. nilóticos* en sus diferentes formas (Figura 2).



**Figura 2.** Ejemplos de las diferentes curvas ajustadas al Modelo de von Bertalanffy (a) y de Gompertz (b).

Para el modelo de von Bertalanffy, de los 30 casos analizados, nueve de ellos resultaron significativos en todos los parámetros ( $P < 0.05$ ), en ocho casos resultaron significativos dos parámetros, en uno solamente un parámetro y en 12 ningún parámetro resultó significativo (Tabla 1).

Para el caso del modelo de Gompertz, en 21 de los 30 casos analizados resultaron significativos en todos sus parámetros, en un caso resultaron significativos dos de sus parámetros, en siete de los casos resultó significativo un solo parámetro y en uno solo, no resultaron significativos ninguno (Tabla 2).

**Tabla 1.** Estimación de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, con sus respectivos valores P y cuadrados medios residuales (CMR) producto de la regresión no lineal.

Parámetro	Wa	P	k	P	t0	P	CMR
	3108.3330	0.6019	0.0705	0.4072	-4.4952	0.1134	897.4
	4489.4021	0.7541	0.0536	0.5820	-5.6347	0.1763	1200.8
	1068.4731	0.1127	0.1489	0.0984	-2.9355	0.0643	672.5
	2105.6160	0.5334	0.0879	0.3850	-4.3689	0.1454	1244.9
	593.0923	0.0041	0.3151	0.0416	-1.7044	0.1232	1408.6
	456.6288	0.0014	0.2818	0.0160	-2.3100	0.0299	374.4
	611.0160	0.0215	0.2016	0.0528	-2.9569	0.0474	490.1
	415.8957	0.0000	0.5313	0.0005	-0.9202	0.0168	208.5
	14487.0227	0.9160	0.0371	0.8206	-4.4321	0.4418	4423.5
	835.8619	0.0070	0.2165	0.0177	-2.1856	0.0305	552.2
	670.5113	0.0005	0.2435	0.0028	-2.2816	0.0055	224.1
	494.9988	0.0006	0.3272	0.0090	-1.3927	0.0616	442.9
	610.2849	0.0052	0.3151	0.0401	-1.2919	0.1928	1316.5
	1670.1076	0.4256	0.1097	0.3182	-3.6504	0.1573	1519.1
	1946.0379	0.5755	0.0926	0.4259	-3.6650	0.2083	1372.0
	820.5832	0.0283	0.1814	0.0431	-2.7826	0.0374	507.7
	562.5928	0.0077	0.2985	0.0462	-1.4010	0.1832	1070.5
	376.5565	0.0000	0.6850	0.0060	-0.3848	0.3804	550.9
	1.176X10 <sup>10</sup>	0.9996	0.0003	0.9987	-6.8488	0.4911	3087.3
	1248.2589	0.5293	0.1059	0.4514	-4.5789	0.2411	1637.6
	783.9344	0.0230	0.2122	0.0471	-2.1873	0.0731	794.3
	701.2748	0.0564	0.2507	0.1361	-1.7029	0.2698	2243.0
	812.2428	0.0487	0.2106	0.0911	-2.2749	0.1232	1334.2
	521.6584	0.0001	0.4249	0.0038	-1.0380	0.0657	563.1
	10871.5746	0.7650	0.0384	0.5427	-5.4398	0.0719	634.6
	442.4144	0.0001	0.3633	0.0057	-1.8254	0.0211	383.2
	684.0499	0.0777	0.1774	0.1102	-3.0161	0.0872	649.6
	379.0972	0.0001	0.4652	0.0111	-1.2933	0.0751	618.7
	379.4882	0.0001	0.3900	0.0041	-1.7818	0.0165	276.7
	391.8929	0.0000	0.3521	0.0003	-1.8388	0.0015	78.9
<b>Prome- dio CMR</b>							<b>1025.9</b>

Tabla 2. Estimación de los parámetros del modelo de Gompertz, con sus respectivos valores P y cuadrados medios residuales (CMR) producto de la regresión no lineal.

Parámetro	Wa	P	b	P	c	P	CMR
	1533.7810	0.3083	1.1450	0.0033	0.1555	0.1312	956.8
	1934.8540	0.5070	1.1465	0.0298	0.1277	0.2520	1260.6
	794.1973	0.0224	1.0154	0.0001	0.2488	0.0260	656.8
	1245.8156	0.2596	1.0512	0.0037	0.1727	0.1436	1265.4
	543.7512	0.0010	0.9059	0.0045	0.4287	0.0208	1354.5
	421.0322	0.0003	0.7428	0.0007	0.3763	0.0055	321.6
	535.1293	0.0071	0.7939	0.0005	0.2833	0.0255	531.5
	403.8371	0.0000	0.9580	0.0004	0.6589	0.0003	200.1
	3010.5891	0.7432	1.3825	0.0662	0.1291	0.4806	4527.9
	710.6786	0.0012	0.9827	0.0001	0.3194	0.0054	538.0
	598.1615	0.0001	0.8658	0.0000	0.3386	0.0007	195.4
	455.8763	0.0001	1.0256	0.0004	0.4444	0.0024	338.8
	546.5648	0.0006	1.1255	0.0025	0.4536	0.0123	1043.2
	1052.5433	0.1519	1.0420	0.0008	0.2081	0.1074	1485.6
	1069.7835	0.2697	1.1272	0.0014	0.1921	0.1609	1385.2
	677.5990	0.0059	0.9252	0.0001	0.2742	0.0136	506.2
	502.3829	0.0012	1.0939	0.0025	0.4263	0.0168	924.3
	371.3170	0.0000	1.2014	0.0026	0.8128	0.0018	373.9
	48x10 <sup>13</sup>	0.0000	3.3009	0.0000	0.0105	0.0000	2925.2
	971.5201	0.3888	0.9366	0.0352	0.1678	0.2862	1721.2
	665.6101	0.0055	0.9933	0.0003	0.3127	0.0184	813.6
	596.8238	0.0117	1.0743	0.0061	0.3772	0.0628	2149.4
	687.3640	0.0108	0.9769	0.0007	0.3131	0.0346	1261.4
	496.1896	0.0000	1.0414	0.0006	0.5513	0.0012	421.7
	2674.6369	0.4009	1.2678	0.0047	0.1231	0.1175	686.6
	420.5110	0.0000	0.7264	0.0014	0.4622	0.0030	368.9
	567.8148	0.0215	0.8785	0.0005	0.2660	0.0438	648.1
	364.5578	0.0000	0.8197	0.0080	0.5888	0.0073	597.4
	365.7953	0.0000	0.6788	0.0018	0.4800	0.0026	278.0
	374.3666	0.0000	0.7344	0.0002	0.4390	0.0005	121.0
<b>Prome- dio CMR</b>							<b>995.3</b>

De acuerdo con lo anterior, el modelo que mejor estimó sus propios parámetros fue el de Gompertz ya que la mayor parte de sus parámetros estimados fueron significativos (Tabla 2).

Algunos autores en la literatura científica han criticado el uso del modelo de von Bertalanffy porque

consideran que existen sesgo en sus parámetros (Roff, 1980). Esta crítica puede ser apreciada en la Tabla 1 en muchos de los casos presentados en este trabajo, particularmente en el peso asintótico cuyas estimaciones son muy altas, esto también ocurrió con el modelo de Gompertz pero en menor medida

Para el caso del uso del modelo de von Bertalanffy en particular, no fue posible la convergencia del modelo para estimar los parámetros con los valores semilla proporcionados automáticamente por el programa ( $W_0$ ). Lo mismo ocurrió con el modelo de Gompertz pero solo con un parámetro ( $W_0$ ) que muchas veces dificulta estimarlos si se desconocen los valores aproximados (reales o de las muestras obtenidas) con lo que debe alimentarse el programa. Al respecto, Hernández-Llamas y Ratkowsky (2004) confirman la dificultad de convergencia de los modelos clásicos, la deficiencia de propiedades estadísticas, así como la interpretación biológica de sus parámetros.

Los resultados de los cuadrados medios residuales mostraron en general mayor error estadístico en el modelo de von Bertalanffy (Tabla 1) que en de Gompertz (Tabla 2), lo que resultó en un mejor ajuste (en general) para el modelo de Gompertz por encima del de von Bertalanffy. Si bien los modelos se ajustaron a los datos de crecimiento de los organismos, la modelización del crecimiento con este tipo de modelos, es necesario tomarlos con reserva por lo ya expuesto anteriormente, un modelo de valores esperados como los que propone Hernández-Llamas y Ratkowsky (2004) pudiera ser más favorables sobre todo en condiciones de cultivo.

### Literatura citada

- FAO (Food and agriculture Organization of the United Nations). (2017). Acuicultura: Desarrollo de la acuicultura [internet]. Roma: FAO; [consultado 2017 sep 22]. Disponible en: <http://www.fao.org/aquaculture/es/>.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
- Hernandez-Llamas, A, Ratkowsky, D.A. (2004). Growth of fishes, crustaceans and molluscs: estimation of the von Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards curves and a new growth model. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 282: 237-244.
- Isiordia-Pérez, E., Isiordia-Cortéz, A., Cuevas-Rodríguez, B.L., Ruiz-Velazco Arce, J.M.J., Bautista-Covarrubias, J.C. (2021). Crecimiento y sobrevivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivada en jaulas flotantes rectangulares. *Acta Pesquera*. 13(7), 62-68.

- Reyes Serna L.D. (2019). Densidades idóneas para sistemas de policultivo de especies comerciales Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) y Carpa Roja (*Ciprynus carpio*) en sistemas de confinamiento artesanal en lagos artificiales en Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia). *IDESIA (Chile)* 36 (1), 73-82.
- Roff DA (1980) A motion for the retirement of the von Bertalanffy function. *Can J. Fish Aquat. Sci.* 37:127-129.
- Santoyo-Telles, F., Mariscal-Romero, J., Gómez-Galindo, C., Gutiérrez- Pulido, H. (2019). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas Y Agropecuarias*, 8(16), 82 - 105. <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- Ulloa-Ibarra, J.T, Belmont-Hidalgo, J.J.F., Benítez-Valle, A., Rodríguez- Chávez, G. (2009). Relaciones talla - peso en la mojarra *Oreochromis aureus*. *Acta Pesquera*, 3(2), 41-53.



## **TILAPIAS: DE LA INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN, DESARROLLO ECONÓMICO DE SU CULTIVO EN MÉXICO**

## **TILAPIAS: FROM INTRODUCTION TO PRODUCTION, ECONOMIC DEVELOPMENT OF ITS CULTIVATION IN MEXICO**

Claudia Azucena González-Huerta, Oscar Iram Zavala-Leal\*, Juan Ramón Flores Ortega

Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.

**Recibido:** 03 de diciembre de 2021

**Aprobado:** 29 de diciembre de 2021

### **RESUMEN**

Distintas especies de tilapias (*Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus*) fueron introducidas en México en el año 1964. El gobierno de México orientó un programa hacia su adaptación, cultivo y propagación. Posteriormente, se introdujeron otras especies (*O. urolepis hornorum*) y otras variedades. La introducción de estas especies marcó el inicio de la producción de tilapia en México. De manera inicial su producción era mediante pesquerías acuaculturales. Actualmente la distribución de la tilapia es muy amplia en México, se siembra en diversos cuerpos de agua, como presas, estanques, lagunas y otros. Durante la primera década posterior a la introducción de la tilapia la producción reportada era menor a las 10,000 toneladas anuales. El incremento en la producción ha sido de manera gradual, hasta los últimos diez años en los cuales la producción se ha duplicado de 71,000 a 135,000 toneladas provenientes de la acuicultura. Este incremento de la producción se ha visto reflejado en el valor de la producción, que pasó de 922,940 a los 2,743,181 miles de pesos en la última década. Sin embargo, pese a dicho incremento en la producción, México es uno de los principales importadores de tilapia en el mundo alcanzando las 127,981 toneladas en 2018, equivalentes alrededor del 45% de su consumo. De acuerdo a esto, se puede observar el impacto de la introducción de tilapia en el desarrollo económico que se ha generado en México, lo cual está muy relacionado a la demanda del producto y a los progra-

mas de financiamiento como parte de las políticas públicas, que en los últimos 15 años han oscilado entre los 834,071 y 1,987,901 miles de pesos para especies de cultivo. En ese sentido se considera que es un momento propicio para la producción de tilapia y satisfacer la demanda interna de este producto.

**Palabras clave:** Desarrollo económico, cultivo de tilapia, financiamiento, impacto de la introducción, subsidios.

### **ABSTRACT**

Different species of tilapia (*Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* and *O. mossambicus*) were introduced in Mexico in 1964. The government of Mexico directed a program towards their adaptation, cultivation and propagation. Later, other species (*O. urolepis hornorum*) and other varieties were introduced. The introduction of these species marked the beginning of tilapia production in Mexico. Initially its production was through aquaculture fisheries. Currently the distribution of tilapia is very wide in Mexico, it is sown in various bodies of water, such as dams, ponds, lagoons and others. During the first decade after the introduction of tilapia, the reported production was less than 10,000 tons per year. The increase in production has been gradual, until the last ten years in which production has doubled from 71,000 to 135,000 tons from aquaculture. This increase in production has been reflected in the value of production, which went from 922,940 to 2,743,181 thousand pesos in the last decade. However, despite this increase in production, Mexico is one of the main importers of tilapia in the world, reaching 127,981 tons in 2018, equivalent to around 45% of its consumption. According to this, the impact of the introduction of tilapia on the economic development that has been generated in Mexico can be observed, which is closely related to the demand for the product and the financing programs as part of public policies, which in the last 15 years have oscillated between 834,071 and 1,987,901 thousand pesos for crop species. In this sense, it is considered that it is a propitious moment for the production of tilapia and to satisfy the internal demand for this product.

**Keywords:** Economic development, tilapia cultivation, financing, impact of the introduction, subsidies.

## INTRODUCCIÓN

Tilapia es un nombre coloquial que reciben diversas especies de peces de los géneros *Oreochromis* y *Tilapia*, aunque en algunas regiones también son conocidas como mojarra. Estos peces son dulcea-cuícolas, cuyo origen proviene de África y Asia, específicamente el cercano oriente. Se ha registrado que desde inicios del siglo XIX se realizaron cultivos de tilapias en África (Congo Belga; actualmente República Democrática del Congo, Kenia) y Asia, particularmente en Malasia. A partir de entonces se desarrolló su proceso de cultivo de manera progresiva (Baltazar, 2007). En la actualidad, es uno de los vertebrados acuáticos mayormente cultivados, lo que puede deberse a las características favorables que presenta como el rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y a diferentes salinidades (organismos eurihalinos), así como la aceptación de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (INAPESCA, 2018). Estas características también han propiciado que en los cuerpos de aguas naturales se diseminen con gran facilidad y se adapten a esas condiciones como suele suceder con distintas especies invasoras.

Existen a nivel mundial un gran número de especies introducidas, invasoras y/o exóticas de todos los grupos taxonómicos. Estas especies pueden afectar a las autóctonas a través de distintos mecanismos como la hibridación, la competencia por alimento y espacio, el desplazamiento de especies nativas, la depredación, la alteración del hábitat, la alteración de la estructura de los niveles tróficos e incluso transmisión de enfermedades (Mendoza y Koleff, 2014). Específicamente para las especies de tilapia en México se ha documentado que ha desplazado a especies nativas, tanto de cíclidos nativos del género *Cichlasoma* como de otras especies que compiten por hábitat y alimento (Ruiz-Campos et al., 2014). Aunque es importante señalar que no todas las especies se vuelven nocivas o perjudiciales (Mendoza y Koleff, 2014) o al menos

compensan los daños ecológicos que puedan ocasionar.

En México, las especies de tilapias, *Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus*, fueron los primeros ejemplares introducidas en el año de 1964, procedentes de la universidad de Alabama, EE.UU. El gobierno de México orientó un programa hacia la adaptación, cultivo y propagación de estas. Una vez alcanzado su objetivo, las introdujeron de forma intensiva en un embalse de una presa hidroeléctrica en Oaxaca. Posteriormente, se introdujeron otras especies de Panamá (*O. urolepis hornorum*) y otras variedades de la universidad de Stirling, Estados Unidos y Cuba (Morales-Díaz, 1974).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca, actualmente el recurso tilapia engloba 7 especies y/o variedades: 1) *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897), 2) *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), 3) *O. niloticus* Var. Stirling, 4) *O. niloticus* Var. Rocky Mountain, 5) *O. aureus* (Steindachner, 1864), *O. mossambicus* (Peters, 1852), 6) *O. mossambicus* Var. naranja, 7) *O. urolepis hornorum* (Trewavas, 1966) y 8) *Oreochromis* sp. (*O. mossambicus* x *O. urolepis hornorum*). Las cuales se obtienen o producen de cultivos o de pesquerías acuaculturales, término que se define como la explotación pesquera en embalses epicontinentales donde se practica la pesca comercial sustentada tanto en las siembras sistemáticas de crías, producidas por los centros acuícolas dependientes de los gobiernos estatales y federal, así como en las derivadas del manejo de existencias silvestres de crías de estos peces (CONAPESCA, 2018). Aunque en el Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca es referida como mojarra en conjunto con otras especies de menor importancia en cuanto a su volumen.

Desde hace ya varias décadas, el dominio tecnológico para la producción de tilapia está completo, desde la reproducción hasta la engorda. Debido a esto, en la actualidad en México, la acuicultura aporta más del 90% de la producción, y se cultiva en 31 estados de la República Mexicana (INAPESCA, 2018), siendo los mayores productores: Jalisco, Chiapas, Michoacán, Sinaloa y Nayarit. Entre estos cinco estados suman un producción de 113,577 toneladas, equivalentes al 67.4% del volumen total en el año 2018 (CONAPESCA, 2018).

### Producción, Consumo e Importación

De manera inicial su producción era estrictamente mediante pesquerías acuaculturales. Actualmente la distribución de la tilapia es muy amplia, se siembra en diversos cuerpos de agua, como presas, estanques, lagunas y otros. Durante la primera década posterior a la introducción de la tilapia, la producción reportada es menor a las 10,000 toneladas anuales. En la década de los 80's la producción de mojarra en México fue de las 53,000 a las 75,000 toneladas, entre los años 90's y 2000, la producción fue de aproximadamente 72,000 toneladas anuales

en promedio. A partir del año 2010, la producción mostró un fuerte incremento, siendo mayor a las 110,000 toneladas anuales en promedio (Fig. 1) (CONAPESCA, 2003; 2018). Para el año 2018 (anuario estadístico de acuacultura y pesca más reciente) fue de 168,359 toneladas. De estas, 135,571 fueron de producción acuícola, lo que equivale al 80.5%. El 38.9 % de la producción acuícola (52,548 toneladas) fueron procedentes de sistemas controlados y el 60.1% (82,822 toneladas) restante de pesquerías acuaculturales.

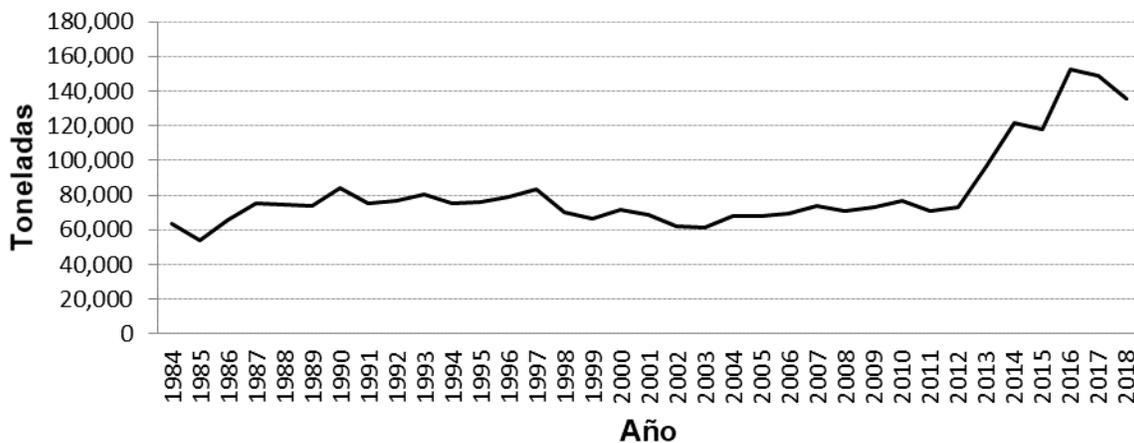


Figura 1.- Volumen de producción acuícola de mojarra en México de 1984 a 2018.

En cuanto al consumo de este recurso, se observa que ha ido en incremento. En 2003, el consumo aparente fue de 64,293 toneladas, en el año 2008 de 84,129, en 2013 de 153,011 y en 2018 el consumo aparente fue de 289,644 toneladas. El consumo per cápita para el 2003 fue de 0.62 kg, en 2008 de 0.79, en 2013 de 1.29 y en el año 2018 fue de 2.39 kg, poniendo en primer lugar en consumo a la mojarra dentro de los recursos acuáticos.

Del mismo modo, de acuerdo con los registros oficiales, además de la producción y consumo de tilapia en este país, las importaciones de este producto también han ido en incremento. En 2008, se importaron 15,404 toneladas, para el 2013 ascendió a 54,859 y en 2018 fueron 127,981 toneladas las que se importaron. Lo que representa alrededor del 18.3, 35.8 y 44.1% del consumo nacional para el año 2008, 2013 y 2018, respectivamente.

### Valor de la producción y Financiamiento

Según los registros históricos que se tienen, la producción de tilapia presentó un incremento en la última década. Del mismo modo, se puede observar que los precios de mayoreo y menudeo van en aumento aunque con ligeras variaciones (Tabla 1).

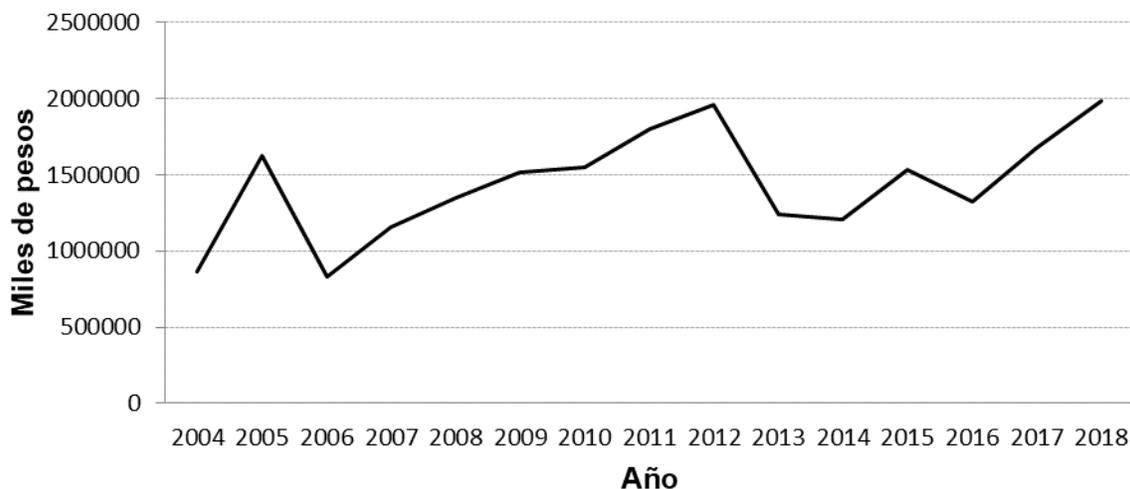
El valor de la producción de mojarra a través de la acuicultura se ha incrementado en el tiempo de manera acelerada, a mediados de la década de los 90's el valor (en miles de pesos) alcanzado fue de 277,105, para el año 2003 el valor de la producción alcanzó los 608,080, en 2008 los 922,940 y en el 2013 1,766,060 (miles de pesos), hasta llegar a los 2,743,181 en la actualidad (CONAPESCA, 2018), mostrando en la última década un incremento casi del 300% en valor aun cuando en el volumen sea de alrededor del 200% solamente.

**Tabla 1.-** Producción de tilapia y precios de mayoreo y menudeo.

Año	Toneladas	Precio mayoreo	Precio menudeo
2008	71,018	32.15	44.58
2009	73,373	27.47	48.00
2010	76,986	31.63	42.00
2011	71,135	32.92	44.01
2012	72,779	31.23	38.17
2013	96,827	33.87	38.28
2014	121,529	30.93	50.52
2015	117,806	35.28	51.04
2016	152,840	39.93	56.12
2017	149,095	41.75	60.56
2018	135,571	41.08	62.94

Se observó también que el financiamiento que recibe la acuicultura en México ha ido en aumento en los últimos 15 años (Fig. 2). El monto de financiamiento más bajo se registró en 2006 y fue de 834,071 (miles de pesos), mientras que el más elevado fue en 2018 con un

monto de 1,987,901 (CONAPESCA, 2013; 2018). Lo que puede contribuir de alguna manera a que haya un aumento en la producción y con ello en el consumo de tilapia.



**Figura 2.-** Financiamiento que recibe la acuicultura en México. Incluye atún, camarón, ostión, peces de ornato, tilapia y trucha.

### Retos y Análisis FODA

De acuerdo con el INAPESCA (2018), las limitantes técnico-biológicas del cultivo de tilapia son el abastecimiento de reproductores con calidad genética y sanitaria. Sin embargo, existen diferentes

retos dentro de esta industria en aspectos biotecnológicos, económicos y de comercialización (Fig. 3).



Figura 3.- Retos en la producción de tilapia.

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) permite analizar las circunstancias externas e internas que afectan o favorecen en este caso el cultivo de tilapia y su manejo. Las oportunidades serán los factores positivos que pueden ayudar o beneficiar el desarrollo de la actividad, así como las amenazas pueden poner en peligro o en riesgo a la misma. Por lo que se debe analizar la situación económica, de producción y comercialización para poder materializar el correcto funcionamiento, operación y legislación del cultivo. Por medio de las fortalezas se debe encontrar aquello que marque la diferencia dentro del mismo sector, ya que existen factores externos que no se pueden controlar directamente, pero las que estén bajo el control interno se deben trabajar y potenciar. Las debilidades son las barreras y obstáculos que impiden alcanzar las metas, para ello se debe estar preparado para hacerle frente y solucionarlo a través del diseño de estrategias que resuelvan de manera satisfactoria cualquier crisis. De acuerdo con este análisis (Tabla 2), en México se está presentando el momento propicio para llevar a cabo la producción de tilapia que permita satisfacer la demanda nacional y lograr ser un país exportador.

## CONCLUSIONES

A partir de la introducción de tilapia en México en 1964 con fines de su producción y hasta la actualidad, se ha observado el desarrollo económico de esta actividad productiva. Se puede observar la tendencia que existe entre la demanda, la producción y el financiamiento que se ha otorgado para el sector.

De acuerdo con la información y el análisis FODA anteriormente referidos, se considera que es un momento propicio para la producción de tilapia y satisfacer la demanda interna de este producto, ya que aun con el incremento de la producción, no se logra satisfacer la demanda del consumo en el país, teniendo que importar alrededor del 45% de este producto.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en marco del proyecto "Diagnóstico, transferencia de tecnología y soporte técnico para atender necesidades del PRODETER-embalse (Tepic-Del Nayar)" financiado por SEDER-Nayarit.

Tabla 2.- Análisis FODA

<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p>Programas de apoyo por parte del gobierno federal y estatal.</p> <p>Venta de tilapia de cultivo durante todo el año, en distintos tamaños de acuerdo a la demanda y de alta calidad.</p> <p>Conocimientos previos del sistema de cultivo de tilapia. Que permite disminuir los costos de manejo y producción de algunas unidades que operan de manera sostenible y en ocasiones de forma sustentable.</p>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Se cuenta con las condiciones y recursos naturales para el cultivo de tilapia.</p> <p>Existe demanda de tilapia durante todo el año, desde lo local, estatal, nacional y oportunidades de exportar a otros países. Ha tenido un fuerte incremento en la producción de cultivo.</p> <p>Impulso en el desarrollo de nuevas tecnologías, innovación, centros cercanos de producción de alevines y formulación de dietas para alimentación de tilapia de cultivo.</p>
<p>Falta de regulación de las unidades de producción, derivado de trámites burocráticos engorrosos, pocas oportunidades y elevados costos para obtención de manifestación de impacto ambiental (MIA). Provocando costos elevados de producción, poca rentabilidad de las unidades, nulos accesos a subsidios y financiamientos por parte del gobierno.</p> <p>Extensos periodos para el cultivo de tilapia y con ello disminución de satisfacción de la demanda.</p> <p>Pocos apoyos para la investigación científica que ayuden al control, mitigación y nuevas estrategias para el desarrollo y seguimiento del cultivo.</p>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <p>Competencia de unidades de producción con sistemas de cultivo intensivos sobre los semi intensivos.</p> <p>Depredadores naturales de la tilapia, línea genética deficiente y fuerte contaminación de los efluentes de agua.</p> <p>Elevados costos del producto para alimentar a la tilapia.</p> <p>Enfermedades que puede atacar al cultivo de tilapia.</p>

## REFERENCIAS

- Baltazar, P. M. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, 13(3): 267-273.
- CONAPESCA. (2003). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2003. [www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca](http://www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca)
- CONAPESCA. (2013). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013. [www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca](http://www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca)
- CONAPESCA. (2018). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2018. [www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca](http://www.gob.mx/conapescadocumentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca)
- INAPESCA. (2018). Acuicultura, tilapia. Instituto Nacional de Pesca. Gobierno de México. Disponible en <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia> consultado el 27 de septiembre de 2019.
- Mendoza, R. y P. Koleff. (2014). Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 17-41.

- Morales-Díaz, A. (1974). El cultivo de la tilapia en México. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP/SI: i24. Disponible en <https://www.inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Series/1970s-Serie-Informacion-i/SI-i24-Morales-1974-cultivo-de-tilapia.pdf?download>.
- Ruiz-Campos, G., A. Varela-Romero, S. Sánchez-Gonzales, F. Camarena-Rosales, A.M. Maeda-Martínez, A.F. González-Acosta, A. Andreu-Soler, E. Campos-González y J. Delgadillo-Rodríguez. (2014). Peces invasores en el noroeste de México. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 375-399.





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