

Año 4 Número 7 Enero- Junio del 2018

ISSN: 2395-8944

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 4, No. 7, Enero – Junio de 2018, 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

Coordinadora de Diseño Grafico

Contenido

		Pág.
1	Editorial	0
2	Biomasa zooplanctónica y densidad espacio temporal del Ictioplantón en Bahía de Banderas	1
	María del Carmen Navarro Rodríguez, Miguel Ángel Lara López, Luis Fernando González Guevara y Ramiro Flores Vargas	
3	Hábitos alimentarios de los jóvenes del robalo aleta amarilla <i>Centropomus robalito</i> (Centropomidae: Actinopterygii) en la Bahía de Matanchén, Nayarit, México.	12
	Maricruz Robles-Ravelero, Deivis Samuel Palacios-Salgado, Jasmín Granados-Amores, Carlos Alberto Romero-Bañuelos & Juan Ramón Flores-Ortega.	
4	Remoción de sólidos disueltos y reducción de lodos orgánicos del efluente de un cultivo de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) en un sistema de recirculación acuícola.	23
	Juan P. González-Hermoso, Oscar I. Zavala-Leal, Francisco J. Valdez-González, Juan M. Pacheco-Vega	
5	Modelación Matemática en Biología Pesquera por medio de Calc	35
	José Trinidad Ulloa Ibarra, David Zamora Caloca, María Inés Ortega Arcega, Jaime Arrieta Vera	
6	Aspectos reproductivos de la lisa blanca <i>mugil curema</i> (valenciennes, 1836) (perciformes: mugilidae) del sistema estuarino de San Blas, Nayarit, México	44
	Israel Sánchez Venegas, Iram Zavala Leal, Deivis Palacios-Salgado Mariana Mena-Alcántar, Juan Ramón Flores-Ortega, Jasmín Granados-Amores, Juan Manuel Pacheco Vega, Francisco Valdez González, Juan González Hermoso	
7	Efecto del descascarillado de semillas de jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) sobre antinutrientes, parámetros hematológicos y desempeño productivo de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	56
	Francisco Valdez González, Iram Zavala Leal, Marcial Ruíz Velasco, Juan Pacheco Vega, Juan González Hermoso, Breidy Cuevas Rodríguez, Iván Díaz Vázquez	
8	A los autores	68
	Comité Editorial	

ACTA PESQUERA

Por todos es bien sabido que los peces para poder desempeñar su actividades normales requieren y procrearse comer y de ahí la importancia que tiene para todo pescador el llegar a conocer los hábitos alimenticios de aquellas presas que pretende capturar o desarrollar por medio de cultivos.

Dada la gran cantidad de elementos y especies que encontramos en los diferentes medios acuáticos, sean salubres o no, es que, obviamente, encontraremos diferentes tipos de alimentación en los peces y cada tipo estará definido por la manera de alimentarse, por lo que podremos encontrar diferentes hábitos alimenticios. Juan Ramón Flores y un equipo de trabajo formado por docentes de la Unidad Académica de Ingeniería Pesquera, nos presentan el panorama de los hábitos alimenticios del robalo aleta amarilla.

Por su parte Israel Sánchez en un trabajo realizado bajo la dirección de profesionistas de la ENIP nos muestran la importancia de

conocer los datos básicos sobre la biología, principalmente el aspectos reproductivos de las especies de lisa, especie de importancia comercial.

En esta edición contamos con la colaboración de los investigadores de la Universidad de Guadalajara, cuyos escrito forman parte de nuestro acervo. Adicionalmente presentamos los resultados de Juan Pablo Gonzáles y colaboradores con la remoción de sólidos disueltos y reducción de lodos orgánicos del efluente de un cultivo de tilapia; también presentamos los trabajos de Francisco Valdez y equipo quienes nos dan a conocer los resultados del trabajo sobre el efecto del descascarillado de semillas de jaca sobre antinutrientes, parámetros hematológicos y desempeño productivo de tilapia

Agradecemos a todos su contribución para contar con número más de nuestra revista

Editor

BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA Y DENSIDAD ESPACIO TEMPORAL DEL ICTIOPLANCTON EN BAHÍA DE BANDERAS

María del Carmen Navarro Rodríguez, Miguel
Ángel Lara López, Luis Fernando González
Guevara y Ramiro Flores Vargas

Centro de Investigaciones en Recursos
Naturales (CIRENA), Centro Universitario de
la Costa, Universidad de Guadalajara.

Recibido: 20 de febrero de 2018

Aceptado: 17 de mayo de 2018

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las variaciones en espacio y tiempo de la biomasa zooplanctónica y de las densidades larvales ictioplanctónicas de la Bahía de Banderas durante el 2005. Se analizaron un total de 54 muestras obtenidas mediante arrastres diurnos durante primavera, verano e invierno, correspondientes a 18 sitios de muestreo, los datos de abundancia fueron normalizados a 1000m^3 . Se presenta una variación estacional de la biomasa total (414.5 ml), con mayor volumen (184.5 ml) registrado en primavera con una variación espacial que indica que Bucerías y Boca de Tomatlán, registraron los valores más altos (60 y 40 ml respectivamente). Asimismo, en verano los sitios más importantes fueron Boca de Tomatlán, Yelapa y Costa Vida (31 , 27 y 10 ml respectivamente). Finalmente, durante el invierno fueron Sheraton (26 ml), Rio Pitillal y Rio Cuale (ambos con 12 ml) los sitios de mayor biomasa. En lo que respecta a las variaciones en las densidades larvales, se registraron las mayores concentraciones ($835.93\text{ org./1000m}^3$) en primavera y los sitios con los registros más elevados fueron Costa Vida y Bucerías (353.7 y $234.55\text{ org./1000m}^3$ respectivamente), las densidades más bajas mostraron fluctuaciones de 1.9 a 0.33 org./1000m^3 durante todo el periodo de estudio. En conclusión, las

densidades ictioplanctónicas en la bahía se encuentran asociadas con los periodos de altas concentraciones de biomasa y con el gradiente costa-océano, así como por la desembocadura de los ríos.

Palabras clave: Biomasa, larvas ictioplanctónicas, variación, Jalisco, Nayarit.

ABSTRACT

In this work we analyze the variations in space and time of the zooplankton biomass and the ichthyoplankton larval densities of the Bay of Banderas during 2005. A total of 54 samples obtained by diurnal trawls during spring, summer and winter were analyzed, corresponding to 18 sampling sites, the abundance data were normalized to 1000m^3 . There is a seasonal variation of the total biomass (414.5 ml), with the highest volume (184.5 ml) recorded in spring with a spatial variation indicating that Bucerías and Boca de Tomatlán recorded the highest values (60 and 40 ml respectively). Also, in summer the most important sites were Boca de Tomatlán, Yelapa and Costa Vida (31 , 27 and 10 ml respectively). Finally, during the winter were Sheraton (26 ml), Rio Pitillal and Rio Cuale (both with 12 ml) the highest biomass sites. Regarding the variations in larval densities highest concentrations were recorded ($835.93\text{ org./1000m}^3$) in spring and the sites with the highest records were Costa Vida and Bucerías (353.7 and $234.55\text{ org./1000m}^3$ respectively), the lowest densities showed fluctuations from 1.9 to 0.33 org./1000m^3 during the entire study period. In conclusion the ichthyoplankton densities in the bay are associated, with the periods of high concentrations of biomass and with the coast-ocean gradient, as well as the mouths of the rivers.

Key words: Biomass, ichthyoplanktonic larvae, variation, Jalisco, Nayarit.

INTRODUCCIÓN

La biomasa zooplanctónica, entendida como la cantidad de materia viva que aporta la fauna pláncica al sistema, ha sido ampliamente reconocida como un importante indicador para estimar la variabilidad de la producción secundaria (Reeve, 1975 y Kane, 1993). El zooplancton juega un papel importante en la transferencia de energía en los niveles tróficos en los sistemas pelágicos, es decir, sirve de eslabón entre los productores primarios y consumidores secundarios (Heinrich, 1962; Shernan *et al.*, 1983). La disminución significativa de la biomasa zooplanctónica podría explicarse por la disminución en la biomasa de los productores y por el aprovechamiento del zooplancton por los niveles superiores de la rama trófica (Burkill *et al.*, 1987).

En los ecosistemas pláncicos, el ictioplancton representa un componente muy importante, pues son organismos que tienen un alto grado de interacción con el resto de las especies pelágicas, se presentan en distintos niveles de la red trófica (Arthur, 1977; Last, 1980; Alvarino, 1985) y guardan además una estrecha relación con las condiciones físicas ambientales (Sanvicente *et al.*, 1997).

La trascendencia de los estudios ictioplanctónicos se hace evidente por el solo hecho que atañen a la primera parte del ciclo de vida de los peces, que son una de las fuentes de alimento más importantes para la humanidad (Blaxter, 1974, 1984; Russell, 1976). A su vez la principal utilidad de realizar estos estudios es, en principio, conocer la abundancia relativa de las especies a partir del análisis de la biomasa desovante de los individuos adultos (Smith y Richardson, 1979). Estos estudios, permiten detectar las áreas de reproducción de las especies potencialmente explotables; así como la explicación de algunas condiciones oceanográficas y los posibles efectos de los parámetros ambientales que determinan la distribución de las poblaciones

en áreas definidas; afectando los ciclos reproductivos de las especies y por lo tanto el reclutamiento de los individuos jóvenes que se incorporan posteriormente a las poblaciones adultas (Smith y Lasker, 1978; Moser *et al.*, 1987). Por otro lado, los estudios ictioplanctónicos de acuerdo con Fagetti (1975), son valiosos en muy diversas vías; así por ejemplo han venido a constituir un factor relevante en el esclarecimiento de las relaciones filogenéticas y la taxonomía de los peces y, además, han permitido reconocer problemas de carácter fisiológico, etológico y biológico en las fases críticas de su desarrollo.

En el área de estudio se hace evidente la falta de investigación en comunidades ícticas, que aborden estudios sobre sus primeras fases de vida y los pocos que se han realizado solo abordan de manera general grandes grupos filogenéticos (Navarro-Torres, 1995; Franco-Gordo *et al.*, 1999; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2000; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2006 y Navarro-Rodríguez *et al.*, 2015). Es por ello que, este trabajo tiene la finalidad de estimar las variaciones de las densidades los recursos pesqueros que pueden ser susceptibles de ser explotados y establecer posteriormente las medidas para su aprovechamiento sustentable.

MÉTODOS

Área de estudio

La Bahía de Banderas se localiza geográficamente entre los 20° 15' y 20° 47' latitud Norte, y los 105° 15' y 105° 42' de longitud Oeste. Los límites morfológicos de este cuerpo costero son al norte Punta de Mita, Nayarit, y Cabo Corrientes, Jalisco al sur. 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 y se desplaza desde Bucerías hasta Boca de Tomatlán, Jalisco; y la costa sur la más vasta (52 km), se dispersa desde Boca de Tomatlán hasta Cabo Corrientes, Jalisco.

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 km² (Cupul-Magaña 1998).

Trabajo de 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, con una distancia aproximada entre estación y estación de 1 km, abarcando una superficie total del área de 1,407 km². La ubicación de las estaciones fue de acuerdo a la configuración de la bahía, a la batimetría del área, y a la influencia de la desembocadura de ríos sobre

la bahía (Figura 1).

Se realizaron arrastres zooplanctónicos estacionalmente de primavera a invierno de 2005, dichos arrastres se iniciaron durante el día y se efectuaron a bordo de una lancha con motor fuera de borda, por medio de una red tipo "Zeppelin" con una manga de 505 μ m de luz de malla por 1.50 m de longitud y 0.60 m de diámetro de la boca, y equipada con un flujómetro digital para medir el flujo del agua filtrada. Los arrastres fueron realizados con una duración de 10 minutos y a 10 cm por debajo de la superficie del agua. El material colectado fue colocado en frascos de plástico transparentes de 1 litro de capacidad y fijado con formol al 10 % y 20 ml de borato de sodio, posteriormente

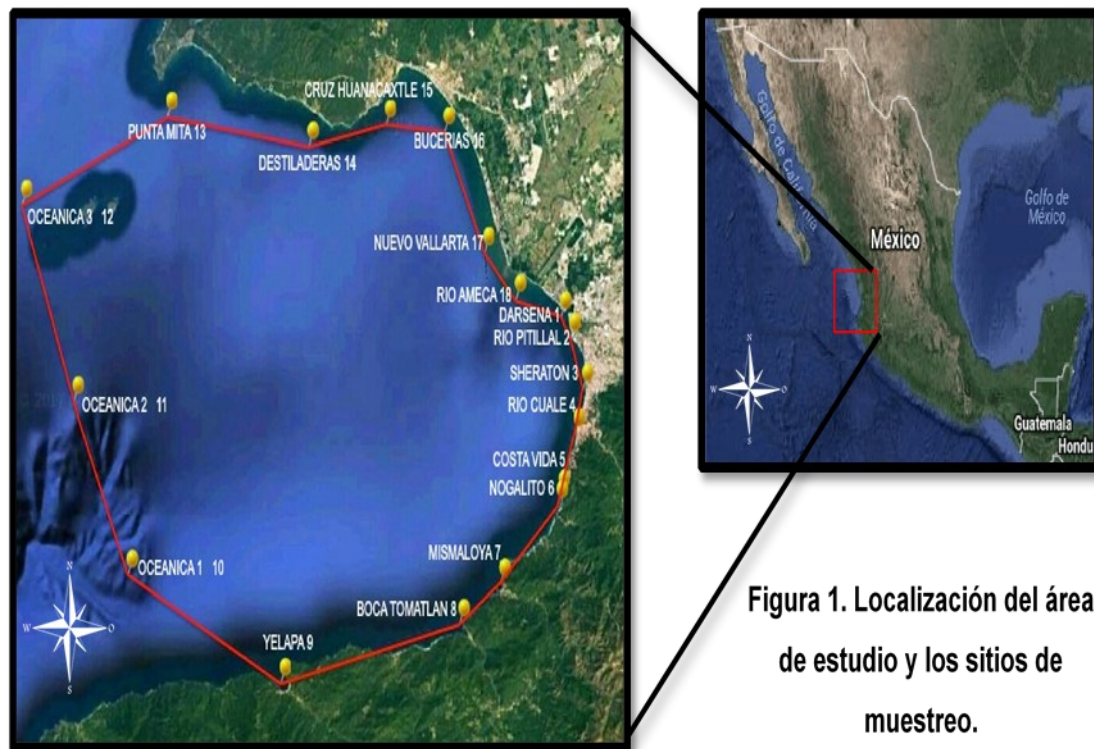


Figura 1. Localización del área de estudio y los sitios de muestreo.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se llevaron a cabo las mediciones de la biomasa del zooplancton a través del método de volumen desplazado, descrito por Beers (1976).

La separación de los grupos zooplanctónicos con énfasis en el ictioplancton se realizó por medio de un microscopio estereoscópico, lámpara con lupa, pinzas de relojero y cajas de Petri, las larvas de peces separadas se colocaron en frascos de 50 ml con formol al 4 % y debidamente etiquetados.

Las larvas se contabilizaron y estandarizaron a un volumen de 1000 m³ mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

N = Abundancia estandarizada

n = Número de organismos en la muestra

V = Volumen de agua filtrada en m³

Para estimar el volumen de agua filtrada superficial por la red, se empleó la fórmula:

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

Dónde:

V = volumen de agua filtrada

$\pi = 3,1416$ r^2 = radio de la boca de la red

d = distancia recorrida del arrastre

RESULTADOS

Se analizaron un total de 54 muestras preservadas en primavera, verano e invierno de 2005, de las cuales se obtuvieron los valores de biomasa y las densidades de larvas de peces.

Biomasa zooplanctónica

En las estaciones de primavera, verano e invierno se presentó una biomasa total de 414.5 ml, registrando en primavera el mayor volumen, con 184.5 ml, mientras que verano

presentó 129 ml e invierno registro la menor cantidad con 100.5 ml (Fig.2). Las biomásas obtenidas de los 18 sitios de muestreo mostraron que Bucerías y Boca de Tomatlán fueron los sitios que registraron los valores más altos de biomasa durante primavera (60 y 40 ml respectivamente), en tanto que, los sitios con menor volumen fueron Punta de Mita, Sheraton y Nuevo Vallarta con valores de 0 a 1 ml.

Por otra parte, durante el verano los sitios que reportaron los valores más altos de biomasa fueron por orden de importancia Boca de Tomatlán, Yelapa y Costa Vida con variaciones de 31, 27 y 10 ml respectivamente, en cambio los sitios que registraron los valores más bajos fueron Bucerías con 0.5 ml, Destiladeras y Cruz de Huanacaxtle con un ml cada una. Para invierno se registraron los valores más altos de biomasa en los sitios de muestreo correspondientes a Sheraton (26 ml), Río Pitillal y Río Cuale ambos con 12 ml, los valores más bajos registrados fueron Punta de Mita (0 ml), Oceánica 3 y Nuevo Vallarta con 1 ml (Fig. 3).

Variación espacio - temporal de la densidad del Ictioplancton

Fueron separadas un total de 1363 larvas de peces durante primavera, verano e invierno, con los registros de abundancia mayores en primavera (727) seguida de invierno (445) y verano (191) (Fig.4).

Una vez normalizadas las abundancias se obtuvieron las densidades de dichas larvas, encontrando que las mayores densidades se presentaron en primavera (835.93 org./1000m³), seguida de invierno con densidades de 559.91 (org./1000m³). En tanto que en verano fue menor (218.38 (org./1000m³) (Fig. 5). Por otro lado, los sitios que presentaron las mayores densidades en primavera fueron Costa Vida (353.7 org./1000m³) y Bucerías (234.55 org./1000m³), en tanto que, los valores menores se reflejaron

en Mismaloya (1.9 org./1000m³), Oceánica 3 (1.06 org./1000m³) y Yelapa (0.91 org./1000m³).

Para verano los sitios que presentaron mayores densidades fueron Dársena (90.71 org./1000m³) y Río Cuale (78.59 org./1000m³), densidades menores se registraron en Boca de Tomatlán (0.51 org./1000m³) y Oceánica 1 (0.37 org./1000m³). Cabe hacer mención que siete sitios de muestreo (Costa Vida, Mismaloya, Yelapa, Destiladeras, Cruz de Huanacastle,

Bucerías y Nuevo Vallarta) no registraron datos. En invierno las mayores densidades se presentaron en los sitios de Río Pitillal (166.83 org./1000m³), Sheraton (151.57 org./1000m³) y Mismaloya (63.87 org./1000m³), en tanto que, los sitios con valores bajos fueron para, Oceánica 3 (1.77 org./1000m³), Nuevo Vallarta (1.05 org./1000m³) y Oceánica 2 (0.33 org./1000m³), cabe hacer mención que Oceánica 1 y Bucerías no reportaron datos. (Fig.6).

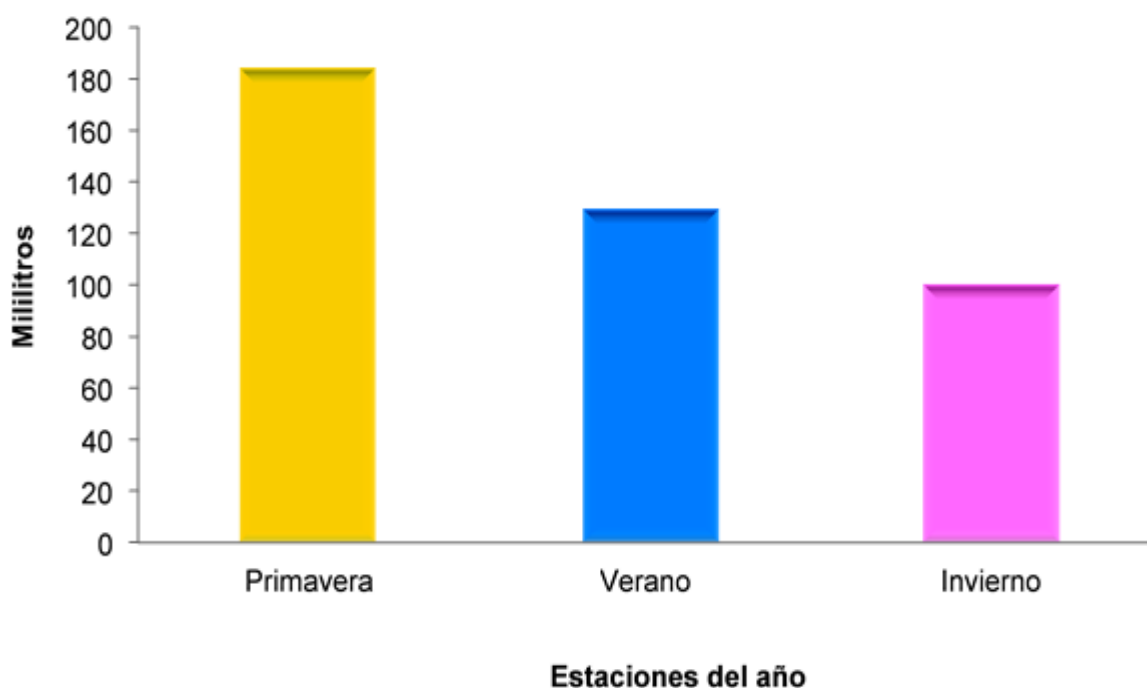


Figura 2. Valores de la biomasa zooplanctónica (mililitros) en primavera, verano e invierno de 2005 en Bahía de Banderas.

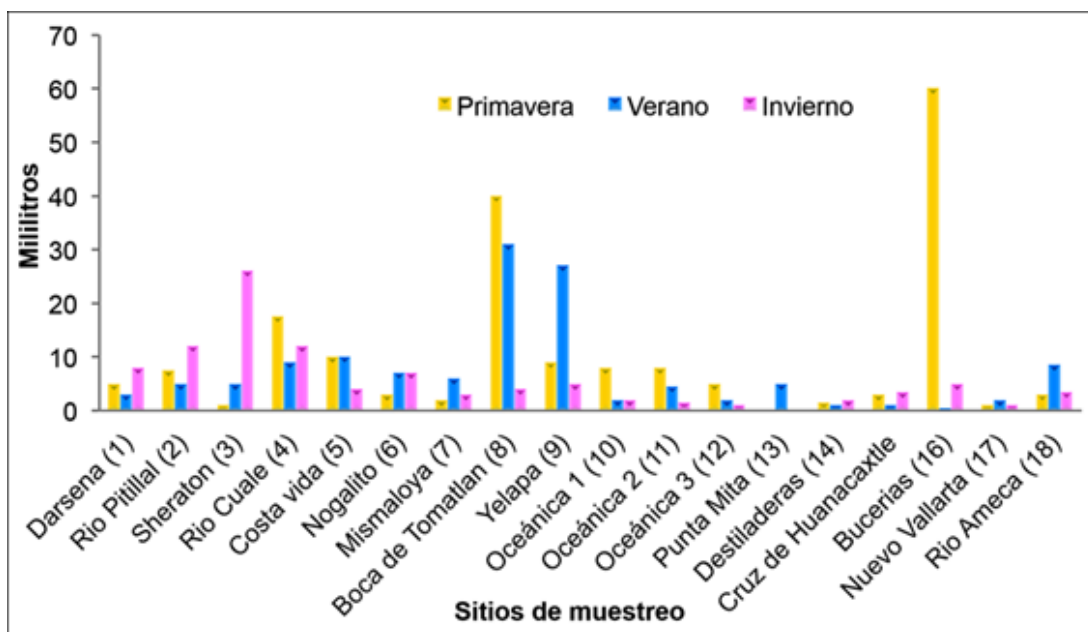


Figura 3. Variación espacio temporal de la biomasa zooplanctónica (mililitros) registrada en Bahía de Banderas en 2005.

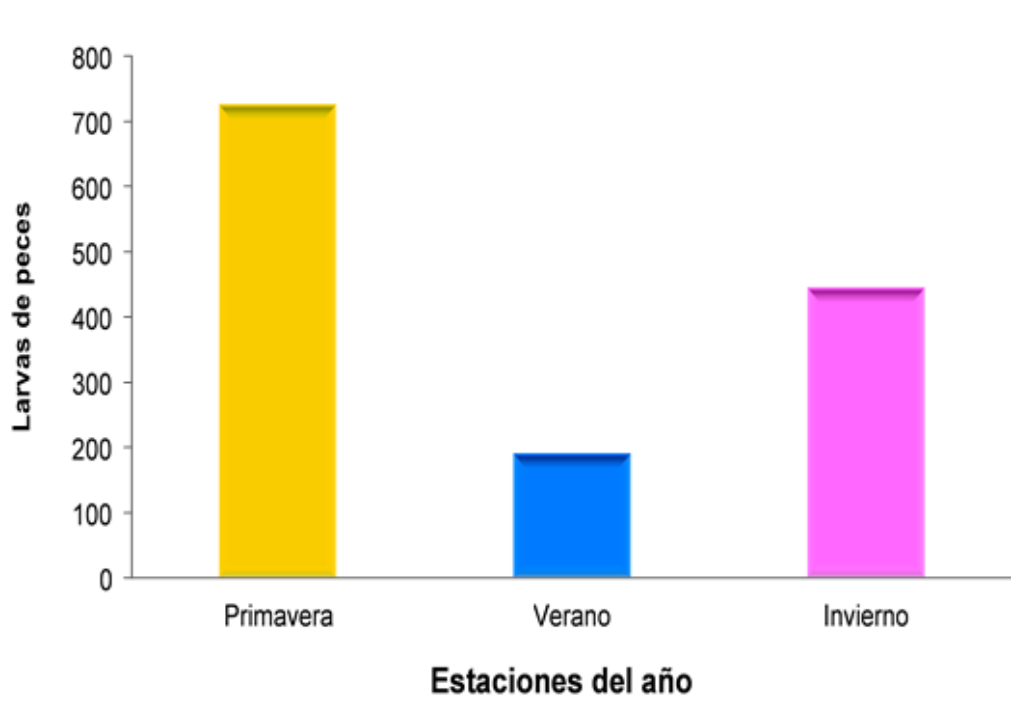


Figura 4. Abundancia estacional de larvas de peces durante el 2005 en Bahía de Banderas.

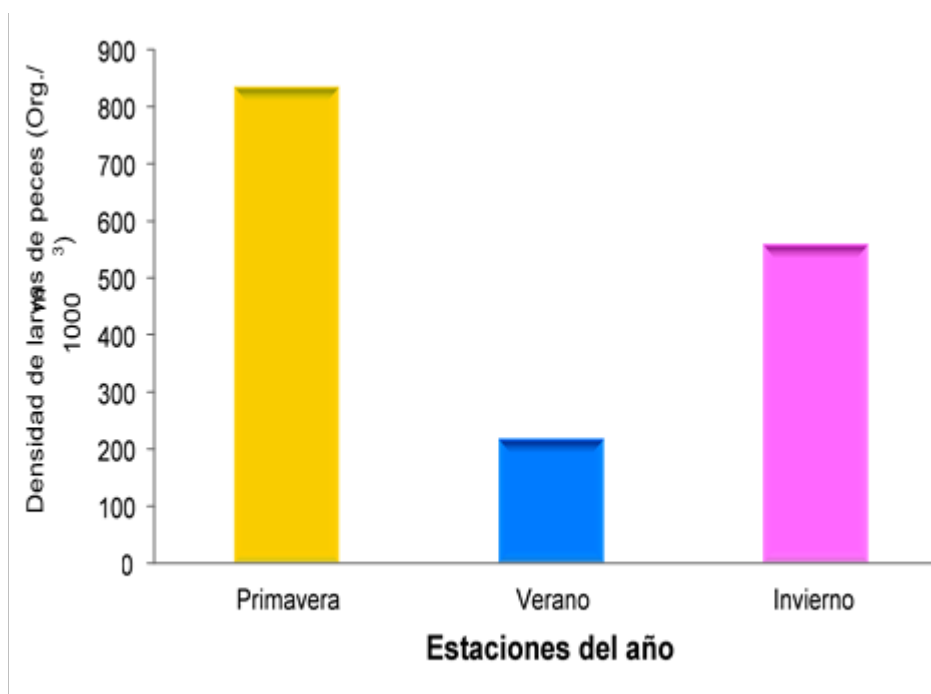


Figura 5. Densidad (org./1000m³) estacional de larvas de peces en Bahía de Banderas durante el 2005.

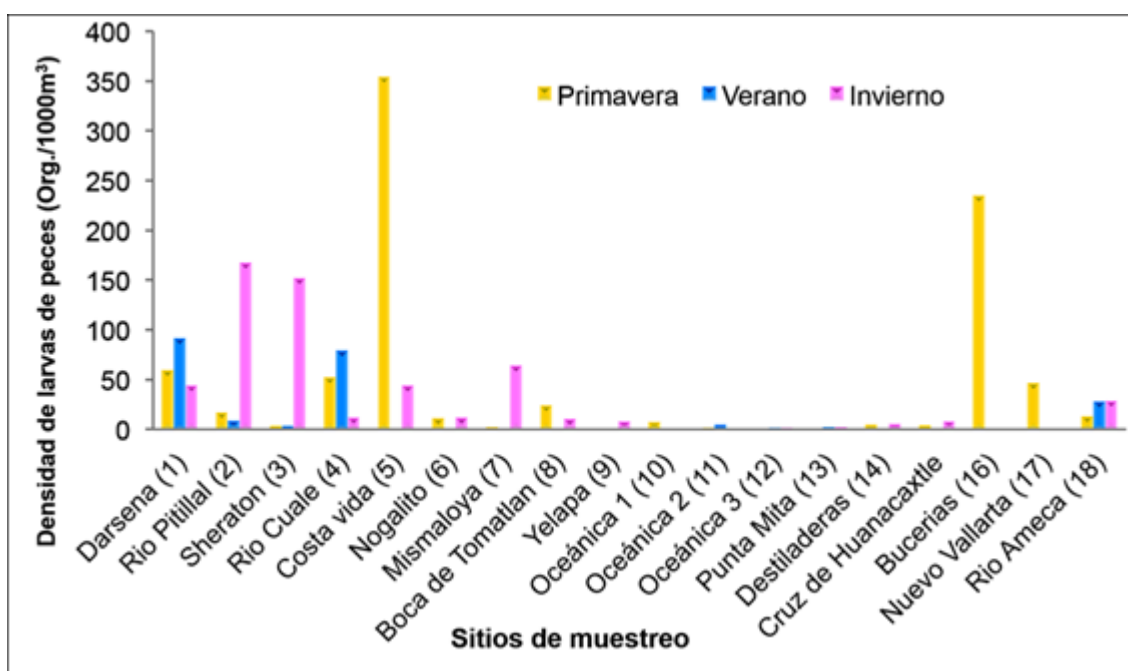


Figura 6. Densidad larval (org./1000m³) espacio-temporal en Bahía de Banderas durante 2005.

DISCUSIÓN

Algunos autores han reconocido la presencia de un patrón estacional en la distribución de la biomasa del zooplancton teniendo los valores más altos durante invierno-primavera y los más bajos en verano-otoño (Franco-Gordo *et al.*, 2001 y Hernández-Trujillo *et al.*, 2001). Lo que concuerda con el presente trabajo, ya que los valores altos de la biomasa zooplanctónica se presentaron principalmente en primavera, difiriendo en invierno, puesto que los registros para el presente son para verano esto pudiera deberse, a la diferencia en tiempos de un trabajo y otro, o bien a la amplitud de la zona de estudio, puesto que los autores analizaron Jalisco y Colima, en tanto en el presente trabajo solo se analizó la zona norte del estado de Jalisco. El hecho de observar altas concentraciones en la biomasa zooplanctónica en los sitios de muestreo localizados en la zona costera, sugiere la influencia de surgencias que promueven la presencia de aguas de mayores profundidades y ricas en nutrientes, esto es indicado también por Álvarez-Cadena *et al.* (1984) y Day y Yáñez Arancibia (1985). Por otra parte, Suarez-Morales (1994) indica que la distribución del zooplancton en general, no es uniforme en un sistema costero y que, por tanto, existen elementos que confirman que la distribución se establece en parches, de tal manera que en ciertos espacios donde las condiciones son adecuadas, el zooplancton tiende a concentrarse.

El incremento de la biomasa del zooplancton en algunas localidades, se atribuye, por un lado, a su cercanía con la desembocadura de los ríos, los cuales se asocian al incremento de nutrientes y materia orgánica en suspensión, mediante el transporte y descarga efectuado por los ríos (Álvarez-Cadena *et al.*, 1984; Contreras-Espinosa, 1993; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001; Navarro-Rodríguez *et al.*, 2002). Concordando con el presente trabajo, debido a que los valores más altos de la biomasa fueron registrados en los sitios de muestreo asociados con la desembocadura de ríos. Por su parte,

Sabates *et al.* (1989) indica que, si bien es cierto que las descargas de los ríos y el patrón litoral de las corrientes, no son los únicos factores, probablemente sean los más importantes en determinar la distribución de la biomasa zooplanctónica.

Por otro lado, 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, concordando con varios autores (Gili *et al.*, 1987; Palma 1994; Navarro-Rodríguez *et al.* 2006 y Navarro-Rodríguez *et al.*, 2015) encontrando este 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. 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), concordando con el presente trabajo, ya que las mayores densidades ictioplanctónicas se presentaron en primavera e invierno y los patrones de mayor distribución de la biomasa fueron principalmente en primavera. Característica que fue observada por Navarro-Rodríguez *et al.* (2002) en la costa sur de Jalisco y costa de Colima, indican que la biomasa presentó un patrón estacional definido con altas densidades en invierno y primavera, disminuyendo en la segunda mitad del año influyendo en las bajas densidades ictioplanctónicas.

CONCLUSIÓN

Es de suma importancia llevar a cabo estudios zooplanctónicos ya que juegan un papel importante en la transferencia de energía en los niveles tróficos, en las relaciones alimentarias reciprocas entre el zooplancton y el ictioplancton llegando a intervenir de forma decisiva en la regulación de los tamaños de los

stocks de algunas especies de peces, así como en la evaluación de nuevos recursos pesqueros.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Cadena J. N., M. A. Aquino, F. Alonso, J. G. Milán y T. Torres. (1984). Composición y abundancia de las larvas de peces en la laguna Huizache Caimanero Parte 1 Agua Dulce 1978. *Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología*. Universidad Autónoma de México 11(1):163-180.

Alvariño, A. (1985). Predation in the plankton realm; mainly with reference to fish larvae. *Inv. Mar. CICIMAR* 2: 1-122.

Arthur, D. K. (1977). Distribution, size, and abundance of microcopepods in the California current system and their possible influence on survival of marine teleost larvae. *Fish. Bull.* 75: 601-611.

Beers, J. R. (1976). Volumetric methods. In: Steedmann, H. F. (ed). *Zooplankton, fixation and preservation. Monographs on Oceanographic. Methodology*. No. 4. UNESCO Press París. 56-60.

Blaxter, J. H. (1974). Introduction. En: J. H. S. Blaxter (ed.). *The early life history of fish*. Springer-Verlag Berlin. v-vi.

Blaxter, J. H. (1984). Introduction. *Ontogeny, Systematics of Fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special publication Number 1. La Jolla, California. 1-6.

Burkill, P., R. Mantoura, C. Llewellyn y N. Owens. (1987). Microzooplankton grazing and selectivity of phytoplankton in coastal waters. *Marine Biology* 93: 581-590.

Contreras-Espinosa, F. (1993). *Ecosistemas costeros mexicanos*. 1ra. Edición Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

Biodiversidad, Universidad Autónoma Metropolitana. 415 p.

Cupul-Magaña, F. G. (1998). ¿Quién es la Bahía de Banderas? *Divulgare* 21:48-52.

Day, J. W. y A. Yáñez-Arancibia. (1985). Coastal lagoons and estuaries as an environment nekton, Cap. 3. En: A. Yáñez-Arancibia (ed.) *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards and ecosystem integration*. UNAM, México, D.F. 17-34.

Fagetti, E. (1975). Observaciones y recomendaciones resumidas. En: Documentos técnicos de la UNESCO sobre ciencias del mar. Informe del seminario de las CICAR sobre Ictioplancton. París. 30-32.

Franco-Gordo, C., R. Flores-Vargas, C. Navarro-Rodríguez, R. Funes-Rodríguez y R. Saldierna-Martínez. (1999). Ictioplancton de las costas de Jalisco y Colima, México (diciembre de 1995 a diciembre de 1996). *Ciencias Marinas* 25: 107-118.

Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez y E. Suarez-Morales. (2001). Zooplankton biomass variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pacific Science*, 55 (2): 191-202.

Gili, J.M., F. Pages y T. Riera. (1987). Distribución de las especies más frecuentes de sifonóforos calicóforos en la zona norte del Mediterráneo occidental. *Invest. Pesq., Barcelona*, 51(3): 323-338.

Heinrich, A. K. (1962). The life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the oceans. *Cons. Int. Explor. Mer.* 27:15-24

Hernández-Trujillo, E., F. Gómez-Ochoa y G. Verdugo-Díaz. (2001). Dinámica del plancton en la región sur de la Corriente de California. *Biología Tropical*, 49 (1): 15-30.

- Kane, J. (1993). Variability of zooplankton biomass and dominant species abundance on Georges Bank, 1977-1986. *Fishery Bulletin* 91: 464-474.
- Last, J. M. (1980). The food of twenty species of fish larvae in the west-central North Sea. *Fish. Res. Tech. Rep.* 60: 1-44.
- Moser, H. G., P.E. Smith y L. E. Eber. (1987). Larval fish assemblages in the California Current region, 1954-1960, a period dynamic environmental change. *Calif.coop. ocean. Fish. Invest. Rep.* 28: 97-127.
- 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. (2000). Variación anual de la Distribución y Abundancia de Larvas de Peces de la Familia Serranidae, Haemulidae y Carangidae (Perciformes: Actinopterygii) de la Plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Tesis de Maestría, U. de Colima. 101.
- 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. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 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):244-265.
- 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. *Biología marina y oceanografía*, 41(1), 35-43.
- 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. *Bio Ciencias*. 3(2): 103-115.
- Navarro-Rodríguez, M.C., L.F. González-Guevara, R. Flores-Vargas y R.T. Amparan-Salido. (2015). Variación espacio temporal del ictioplancton en la Laguna El Quelele, Nayarit, México. *Bio Ciencias*. 3(2): 116-131.
- Reeve, M. R. (1975). The ecological significance of the zooplankton in the shallow subtropical waters of South Florida. *Estuarine research*. (1): 352-371.
- Russell, F. S. (1976). The eggs and planktonic stages of british marine fishes. Academic Press London. 482-510.
- Sabates, A. (1990). Distribution pattern of larval fish populations in the northwestern Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59:75-82.
- 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 the ichthyoplankton community in two lagoonal systems of the Mexican Caribbean Sea, In IOUSP/ALICMARIFIESP (eds.). Resumos Expandidos del VII COLACMAR. Vol. n. Sao Paulo, Brasil. 413-415.

Shernan, K., W. Smith, M. Berman, J. Green y L. Ejsymont. (1983). Spawning strategies offishes in ealtion to circulation, *phytoplankton* production, and pulses in zooplankton offthe northeastern United States. Marine Ecology Progress Series 18:1-19.

Silva-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 Chamela, Jalisco y *Santiago-Manzanillo*, Colima (2001-2002). *Hidrobiológica* 18: 89-103.



Smith, P. E. y R. Lasker. (1978). Position of larval fish in an ecosystem. Rapp. P.- V. Reún. Cons. *Int. Explor. Mer.* 173: 77-84.

Smith, P. E. y S.L. Richardson. (1979). Técnicas modelo para prospecciones de huevos de *larvas* de peces pelágicos. Departamento de Pesca F. A. O Roma Italia. Doc. Pesca. No. 175, 107.

Suárez-Morales, E. (1994). Comunidades zooplanctónicas de las lagunas costeras. En: De la Lanza Espino G. y Cáceres Martínez C. comp. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Baja *California Sur*.

Hábitos alimentarios de los jóvenes del robalo aleta amarilla *Centropomus robalito* (Centropomidae: Actinopterygii) en la Bahía de Matanchén, Nayarit, México.

Feeding habits of juvenile the yellow-fin snook (*Centropomidae: Actinopterygii*) *Centropomus robalito* in Matanchen Bay, Nayarit, México.

Maricruz Robles-Ravelero¹, Deivis Samuel Palacios-Salgado^{2†}, Jasmín Granados-Amores², Carlos Alberto Romero-Bañuelos³ & Juan Ramón Flores-Ortega^{2*}.

Recibido: 26 de marzo de 2018

Aceptado: 07 de junio de 2018

¹Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit.

²Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit

³Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit

RESUMEN

Se analizó la estructura trófica y la estrategia alimentaria de *Centropomus robalito* en la Bahía de Matanchén Nayarit México. Los organismos fueron capturados mediante arrastres de pesca tipo camarero a través de muestreos trimestrales de febrero a noviembre del 2016. El análisis estomacal se realizó mediante el método tradicional, método numérico, gravimétrico y frecuencia de ocurrencia (N %, G %, FO %). Para determinar la estrategia alimentaria se estimó el índice de Smith y el índice de Pianka para estimar la superposición de las dietas entre las clases de tallas y las temporadas de estudio se utilizó el. En total se analizaron 333 estómagos de los cuales 221 (64 %) contenían algún tipo de presas y 112 (34 %) se encontraron vacíos. Las presas principales

en la dieta *C. robalito* fueron camarones (*Xiphopenaeus riveti*) y peces (*Anchovia* spp.). De acuerdo con el índice de Smith *C. robalito* presenta una estrategia alimentaria tipo generalista y una alta superposición de dietas entre clases de talla y temporadas de estudio. Esta especie en la Bahía de Matanchén aprovecha la alta disponibilidad de recursos presentes (camarones), por lo que no se observa una recomposición clara de la dieta entre clases de talla y temporadas de estudio.

PALABRAS CLAVE: *C. robalito*, alimentación, fondos blandos, Bahía de Matanchén, Nayarit.

ABSTRACT

The trophic structure and the feeding strategy of *Centropomus robalito* in the Bay of Matanchén Nayarit México were analyzed. The organisms were captured by shrimp fishing trawls through quarterly sampling from February to November 2016. The stomach analysis was performed the traditional methodology using numerical, gravimetric and frequency of occurrence methods (N%, G%, FO%). Smith's index was used to determine the trophic niche breath and Pianka's index was used to calculate the dietary overlap between the size classes and the study seasons. A total of 333 stomachs were analyzed, of which 221 (64%) contained some type of prey and 112 (34%) were found empty. The main prey in the *C. robalito* diet were shrimp (*Xiphopenaeus riveti*) and fish (*Anchovia* sp.). According to Smith's index *C. robalito* exhibited a generalist feeding strategy and high overlap values between size classes and study seasons. This species in Matanchén Bay takes advantage of the high availability of present resources (shrimp), so there is no clear recomposition of the diet between size classes and study seasons.

KEY WORDS: *C. robalito*, feeding, bottom soft, Matanchen Bay, Nayarit.

INTRODUCCION

El robalo aleta amarilla, robalito o constantino *Centropomus robalito* Jordan & Gilbert, 1882, pertenece a la familia Centropomidae y se distribuye desde el Golfo de California al sur de Perú (Robertson y Allen 2008). Es una especie eurihalina que habita en sistemas lagunares-estuarios y zonas costeras, su talla máxima es de 35 cm, se estima que su talla de primera madurez es a los 20,9 cm (Froese y Pauly, 2013), con hábitos alimentarios similares del género *Centropomus* de tipo oportunista, y cambios en su dieta con relación a la talla y el tipo de hábitat que ocupan (Aliaume *et al.*, 2005, Blewett *et al.*, 2006, Adams *et al.*, 2009, Feltrin Contente *et al.*, 2009). *C. robalito*, es una de las especies de mayor presencia en los ecosistemas acuáticos costeros en los estados de Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Saucedo-Barrón y Ramírez-Rodríguez, 1994; Benítez-Valle *et al.*, 2007; González-Sansón *et al.*, 2014), por lo que representa una de las pesquerías artesanales de mayor importancia, cuyas tallas y pesos los ubican como recursos comerciales de primera calidad (Espino-Barr *et al.*, 2003; Ulloa-Ramírez *et al.*, 2008).

En el Pacífico mexicano, los estudios enfocados en describir aspectos biológico-pesqueros de *C. robalito* que permitan obtener información para el manejo de esta especie en las distintas localidades, son escasos. Para esta especie se han desarrollado estudios genéticos poblacionales (Sandoval-Castellanos *et al.*, 2005) por la necesidad de definir las diferenciaciones genéticas y la homogeneidad de las poblaciones debido a sus migraciones entre la zona costera y alta mar. Sin embargo, uno de los parámetros biológicos-pesqueros de mayor importancia, es la descripción y

cuantificación de la dieta de organismos, ya que permiten comprender cambios en dieta derivados del crecimiento, migraciones, procesos reproductivos y por cambios ambientales. Flores-Ortega *et al.*, (2015), en la laguna de Barra de Navidad, Jalisco, realiza una descripción de la alimentación de los jóvenes de *C. robalito*, donde encuentra una preferencia por los camarones y peces, en las diferentes etapas de desarrollo. Bohórquez-Herrera *et al.*, (2015) y Moreno-Sánchez *et al.*, (2015), en la plataforma del norte de Nayarit y sur de Sinaloa, describen a esta especie como un consumidor de camarones de las familias Solenoceridae y Penaeidae.

Para el robalo de aleta amarilla solo se ha registrado un trabajo en la zona, que es la relación talla-peso realizada por Nieto-Navarro *et al.*, (2010) y Flores-Ortega *et al.*, (2017), y debido a la escasa información biológica existente para esta especie en la zona, el objetivo principal de este trabajo es describir la composición alimentaria de los jóvenes de *C. robalito*, así como los cambios en la dieta relacionados con la ontogenia y temporalidad en la Bahía de Matanchén, Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Bahía de Matanchén se localiza al Norte de San Blas, Nayarit, México, la cual colinda al Suroeste con Santa Cruz y al Norte con la boca del estero de San Cristóbal (Fig. 1). La bahía se caracteriza por la desembocan tres ríos de corriente continua: el río Sauta el cual desemboca en el estero San Cristóbal; el arroyo de La Palma el cual desemboca en el poblado de Aticama y el río Santa Cruz.

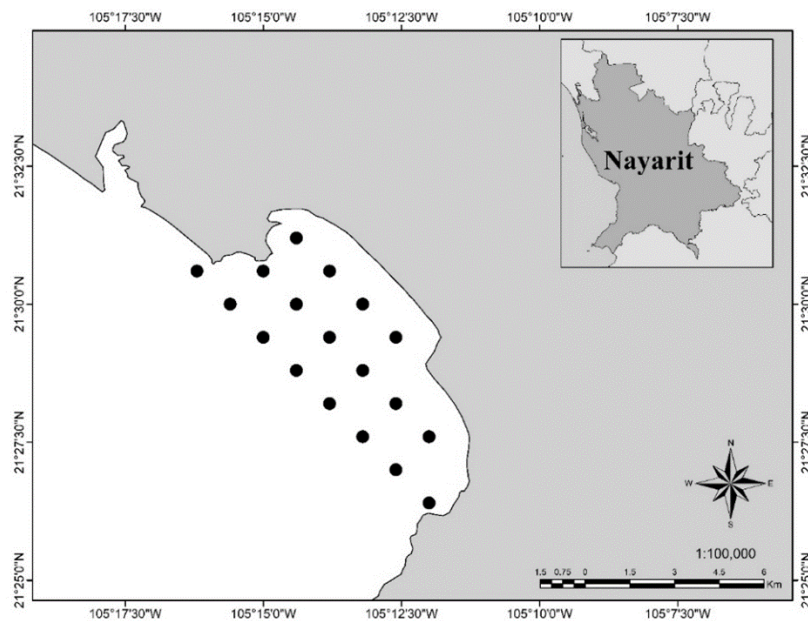


Figura 1. Área de estudio, Bahía de Matanchén, Nayarit, México.

Recolección de muestras

Para obtener el material biológico se realizaron muestreos en febrero, mayo, agosto y noviembre de 2016, con una red de arrastre tipo camaronero en 18 estaciones previamente establecidas en la Bahía de Matanchén, Nayarit. Los organismos capturados fueron trasladados al Laboratorio de Ecología Trófica de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, donde los robalos aleta amarilla fueron separados de la captura total.

Se registró la longitud total (LT), la longitud patrón (LP) en cm, y el peso total (PT) en gr. A cada organismo se le extrajo el estómago para ser congelado (- 4°C) en bolsas de polietileno con etiquetas individuales para su posterior análisis. Los organismos fueron agrupados en tres clases de tallas (≤ 20 , 20.1-26, ≥ 26.1 cm LT) y temporada de muestreo (invierno, primavera, verano y otoño), con la finalidad de analizar

la composición de la dieta con relación al incremento en el tamaño de los peces y la temporalidad.

Análisis cualitativo y cuantitativo

Las entidades alimentarias encontradas en los estómagos fueron identificadas al taxón mínimo posible con la ayuda de claves especializadas y fueron cuantificadas de acuerdo con la metodología tradicional para este tipo de estudios:

Método Numérico

Donde: N_i es el número de organismos encontrados de una entidad alimentaria i y N_t es el número total de organismos encontrados de todas las entidades alimentarias.

$$\%N = \frac{N_i * 100}{N_t}$$

Método Gravimétrico

$$\%G = \frac{Wi * 100}{Wt}$$

Donde: G_i es el peso de organismos encontrados de la entidad alimentaria i y W_t es el peso total de organismos encontrados de todas las entidades alimentarias.

Método de Frecuencia de Ocurrencia

$$\%FO = \frac{FOi * 100}{Nt \text{ estómagos}}$$

Donde: FO_i es el número de presencias de la entidad alimentaria i y $Nt \text{ estómagos}$ es el número total de estómagos analizados para la especie.

Se estimó el índice de Smith (1982) para conocer la amplitud del nicho trófico y la estrategia alimentaria en cada una de las clases de talla y temporadas de estudio.

$$FT = \sum(\sqrt{p_j} * a_j)$$

Donde: FT es el valor de la amplitud del nicho trófico, p_j es valor porcentual de la entidad alimentaria j en la dieta total, a_j es la proporción de la entidad alimentaria j del total de entidades alimentarias identificadas en la dieta.

Como una medida del potencial competitivo entre las clases de talla, se utilizó el índice de Pianka (1973), el cual estima la superposición de la dieta entre las clases de tallas de los organismos.

$$O_{kj} = \frac{\sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n P_{ij}^2 \sum_i^n P_{ik}^2}}$$

Donde: O_{jk} es el valor de la superposición del nicho trófico del índice de Pianka entre la especie j y k , p_{ij} es la proporción de la entidad alimentaria i del total de recursos utilizados por la especie j , p_{ik} es la proporción de la entidad alimentaria i del total de recursos utilizados por la especie k , y n es el número total de entidades alimentarias identificadas en la dieta.

Cuando los valores oscilan entre el 0.00 y 0.29 la superposición se considera baja, de 0.30 a 0.60 es considerada media, y mayores de 0.60 la superposición de la dieta se considera alta (Langton, 1982). Ambos índices están estandarizados entre 0 y 1 (Krebs, 1998). Los cálculos se realizaron con el programa Ecological Methodology 7.0.

Para analizar el patrón de similitud de categorías alimentarias de las clases de talla y temporadas de estudio, se aplicó el método SIMPER.

En todos los casos se utilizó el índice de Bray Curtis (Clarke & Warwick, 2001) como medida de similitud entre las dietas, estimado con los valores porcentuales de peso ($W\%$) con que contribuye cada una de las entidades alimentarias. Los cálculos se realizaron por medio del programa PRIMER v6 (Clarke & Gorley, 2006).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 333 estómagos de los cuales 221 estómagos (64 %) contenían algún

tipo de presas y 112 estómagos (34 %) se encontraron vacíos (Tabla 1). La dieta de *C. robalito* está compuesta por diez entidades alimentarias agrupadas en cuatro categorías alimentarias: camarones, cangrejos, peces y poliquetos (Tabla 2). Las entidades alimentarias encontradas fueron: *Penaeus* spp., *Penaeus vannamei*, *Rimapenaeus faoe*, *Rimapenaeus pacificus*, *Xiphopenaeus riveti*, restos de camarones no

identificados (n. i.), *Portunus* spp., *Anchovia* spp., peces n. i. y poliquetos n. i. (Tabla 2). De acuerdo con los métodos aplicados, las principales entidades alimentarias para *C. robalito* fueron los restos de camarones n. i. (47% N, 29.36% G, 60.18% FO), *X. riveti* (26.15% N, 47.65% G, 21.27% FO), peces n. i. (8.13% N, 4.48% G, 10.41% FO) y *Anchovia* spp. (7.42% N, 5.88% G, 7.24% FO) (Fig. 2).

Tabla 1. Número de estómagos analizados (con contenido) y entidades alimentarias de *C. robalito* de forma general, clases de talla y temporadas de estudio.

		N estómagos	Entidades alimentarias
General		221	8
Clases de talla	1 (≤ 20.0 cm)	105	6
	2 (20.1-26.0 cm)	100	7
	3 (≥ 26.1 cm)	16	7
Temporadas	Invierno	15	4
	Primavera	52	6
	Verano	44	2
	Otoño	110	6

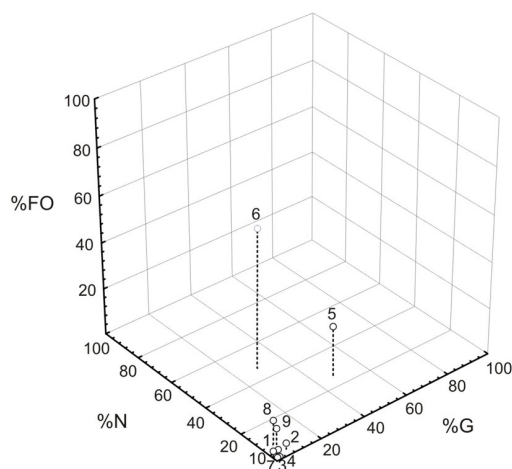


Figura 2.

Tabla 2. Composición alimentaria general de *C. robalito* de acuerdo a los métodos tradicionales: Numérico (%N), Gravimétrico (%G) y Frecuencia de Ocurrencia (%FO).

Categorías alimentarias	Entidades alimentarias	%N	%G	%FO
Camarones	<i>Penaeus</i> spp.	3.53	3.11	1.36
	<i>Penaeus vannamei</i>	3.53	6.77	2.26
	<i>Rimapeneus faoe</i>	1.06	0.37	0.90
	<i>Rimapeneus pacificus</i>	0.35	0.83	0.45
	<i>Xiphopenaeus riveti</i>	26.15	47.65	21.27
	Camarones n.i	47.00	29.36	60.18
Cangrejos	<i>Portunus</i> spp.	0.35	0.71	0.45
Peces	Peces n.i	8.13	4.84	10.41
	<i>Anchovia</i> spp.	7.42	5.88	7.24
Poliquetos	Poliquetos n.i	2.47	0.48	2.71

En la clase de talla 1, se identificaron en total siete entidades alimentarias de las cuales las principales son los camarones n. i., *X. riveti* y los peces n. i. Para las clases de talla 2 y 3 fueron identificadas nueve y siete entidades alimentarias respectivamente, en donde los camarones n. i. son los de mayor importancia para la clase de talla 2 y *X. riveti* para la clase de talla 3 (Tabla 3).

La dieta de *C. robalito* en las cuatro temporadas presento cambios en cuanto al número de entidades alimentarias identificadas, en la temporada de invierno se encontraron solo cuatro, en primavera siete, en verano tres y en otoño seis. La entidad alimentaria con mayor importancia fueron los restos de camarones no identificados durante el in-

vierno y otoño, y los *X. riveti* durante la primavera y verano (Tabla 4).

De acuerdo a los valores obtenidos del Índice de Smith, *C. robalito* presenta una estrategia alimentaria tipo generalista (> 0.7), tanto de manera general, así como para cada una de las clases de talla y temporadas de estudio (Fig. 3). En el análisis de superposición del nicho trófico (Índice de Pianka), los resultados obtenidos entre las tres las clases de talla de *C. robalito* muestran valores > 0.6 (0.61-0.98).

Tabla 3. Composición alimentaria por clases de talla de *C. robalito* de acuerdo a los métodos tradicionales: Numérico (%N), Gravimétrico (%G) y Frecuencia de Ocurrencia (%FO).

Categorías alimentarias	Entidades alimentarias	Clase de talla 1			Clase de talla 2			Clase de talla 3		
		%N	%G	%FO	%N	%G	%FO	%N	%G	%FO
Camarones	<i>Penaeus</i> spp.	3.28	2.76	0.95	4.51	4.35	2.00			
Camarones	<i>Penaeus vannamei</i>	2.46	5.83	1.90	4.51	6.69	2.00	3.57	8.66	5.88
Camarones	<i>Rimapeneus faoe</i>				0.75	0.42	1.00	7.14	0.89	5.88
Camarones	<i>Rimapeneus pacificus</i>							3.57	4.75	5.88
Camarones	<i>Xiphopenaeus riveti</i>	13.11	28.49	12.38	30.83	51.50	27.00	60.71	69.77	41.18
Camarones	Camarones n.i	60.66	46.52	70.48	42.11	25.90	56.00	10.71	9.59	17.65
Cangrejos	<i>Portunus</i> spp.				0.75	1.37	1.00			
Peces	<i>Anchovia</i> spp.	7.38	7.84	7.62	7.52	5.36	6.00	7.14	3.99	11.76
Peces	Peces n.i	10.66	7.91	12.38	6.02	3.88	8.00	7.14	2.34	11.76
Poliquetos	Poliquetos n.i	2.46	0.66	1.90	3.01	0.54	4.00			
	(n.i. = no identificados)									

Tabla 4. Composición alimentaria por temporadas de estudio de *C. robalito* de acuerdo a los métodos tradicionales: Numérico (%N), Gravimétrico (%G) y Frecuencia de Ocurrencia (%FO).

Categorías alimentarias	Entidades alimentarias	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
		%N	%G	%FO	%N	%G	%FO	%N	%G	%FO	%N	%G	%FO
Camarones	<i>Penaeus</i> spp.	35.00	17.41	13.33	4.11	4.20	1.92						
	<i>Penaeus vannamei</i>	10.00	34.01	13.33	10.96	9.90	5.77						
	<i>Rimapeneus faoe</i>										2.29	1.57	1.82
	<i>Rimapeneus pacificus</i>										0.76	3.50	0.91
	<i>Xiphopenaeus riveti</i>	15.00	22.89	20.00	38.36	55.34	32.69	55.93	69.09	35.59	7.63	17.93	5.45
	Camarones n.i	40.00	25.67	53.33	38.36	26.54	53.85	37.29	29.82	37.29	57.25	35.01	68.18
Cangrejos	<i>Portunus</i> spp.				1.37	1.71	1.92						
Peces	<i>Anchovia</i> spp.				4.11	0.46	3.85				16.03	24.81	14.55
	Peces n.i				2.74	1.85	3.85				16.03	17.18	19.09
Poliquetos	Poliquetos n.i							6.78	1.09	6.78			
	(n.i. = no identificados)												

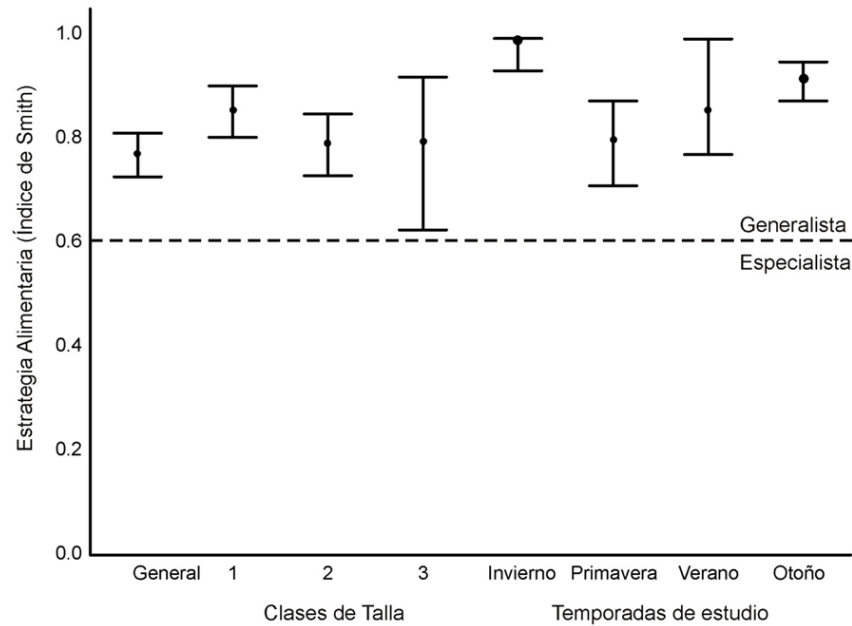


Figura 3

El análisis de similitud y disimilitud de las dietas entre clases de talla y temporadas (SIMPER), muestra que la contribución de los restos de camarones n. i., tipifican la similitud y disimilitud las dietas de las clases de talla 1 y 2, y *X. riveti* para la similitud de clase de talla 3, y la disimilitud entre las clases de talla 1 y 3, y 2 y 3 (Tabla 5). En el caso de las temporadas de estudio, la similitud entre las dietas de cada temporada lo hace

los restos de camarones n. i. y la disimilitud entre invierno y primavera, invierno y otoño, primavera y otoño. En cambio, *X. riveti* tipificó la disimilitud entre las temporadas de invierno y verano, y primavera y verano (Tabla 6)

Tabla 5. Análisis SIMPER de las entidades alimentarias de la dieta entre clases de talla de *C. robalito*.

Similitud	Clases		
Ítem alimentario	1	2	3
Camarones n.i	93.32	78.54	11.66
Restos de peces	0	0	0
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	0	12.21	81.9
	Clases		
Disimilitud	1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	29.56	32.99	34.94
Camarones n.i	38.11	30.91	28.86
Poliquetos n.i	9.57	10.79	10.01
Anchovia sp.	12.29	10.32	8.83
<i>Penaeus vannamei</i>	3.31	5.73	5.7
<i>Trachypeneus pacificus</i>			4.33

Tabla 6. Análisis SIMPER de las entidades alimentarias de la dieta entre temporadas de estudio de *C. robalito*.

Similitud						
Ítem alimentario	Invierno	Primavera	Verano	Otoño		
Camarones n.i	84.07	72.49	50.96	89.03		
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	9.26	26.80	48.33	6.36		
Disimilitud						
	I vs P	I vs V	I vs O	P vs V	P vs O	V vs O
Camarones n.i	35.74	35.79	34.98	38.95	35.77	35.53
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	32.90	39.48	18.86	45.39	29.96	39.03
<i>Penaeus vannamei</i>	14.49	10.88	11.93	4.66	4.74	
<i>Penaeus</i> spp.	11.52	10.06	11.15			
<i>Anchovia</i> spp.			11.34		12.96	10.56
Poliquetos n.i			9.82		9.61	9.15
Peces n.i				5.55		
(n.i. = no identificados)						

DISCUSIÓN

El robalo aleta amarilla *C. robalito* en la Bahía de Matanchén, es un consumidor de crustáceos y peces, con una alta preferencia de camarones, comportamiento similar a lo reportado para el grupo de especies de la familia Centropomidae. Las especies del género *Centropomus*, son ampliamente reconocidos como consumidores oportunistas alimentándose de crustáceos y peces costeros (Adams *et al* 2009, Feltrin-Contente *et al.*, 2009), con la ventaja de cambiar las entidades alimentarias de acuerdo a sus necesidades relacionadas con su crecimiento o por el simple hecho de cambiar de hábitat debido a sus migraciones (Aliaume *et al.*, 2005, Blewett *et al.*, 2006), sin embargo, en este estudio no presento diferencias debido a la alta disponibilidad de recursos alimentarios en especial de camarones.

Bohórquez-Herrera *et al.*, (2015) y Moreno-Sánchez *et al.*, (2015), determinan que las principales categorías alimentarias de *C. robalito* en la plataforma continental de Nayarit son los camarones peneidos y estomatópodos, y en las lagunas costeras Díaz-González & Soto (1988) y Flores Ortega *et al.*, (2015), reportan los camarones peneidos y peces como las principales categorías en la dieta. En este estudio se muestra que los camarones de la familia Penaeidae son los de mayor importancia en la dieta, lo que confirma una alta preferencia por consumir camarones ya que los análisis tróficos realizados indican una similitud en la dieta de esta especie en otras latitudes.

La costa de Nayarit está caracterizada por una zona costera con una amplia plataforma continental de fondos blandos y una gran

extensión de manglar (Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit), que son ecosistemas altamente productivos, donde se asocian una alta diversidad de especies de invertebrados (especialmente camarones peneidos) y peces (Hendrickx, 2001; Muñoz-Rubí *et al.*, 2015), por lo que *C. robalito* al ser un consumidor generalista-oportunista, aprovecha la disponibilidad de recursos y utiliza estas áreas para alimentarse. Los depredadores son menos selectivos cuando la disponibilidad de recursos alimentarios son bajos y por el contrario son más selectivos cuando la disponibilidad de recursos aumenta (Tse *et al.*, 2008).

AGRADECIMIENTOS

MRR agradece al CONACYT (CVU 785882) por el apoyo económico otorgado para realizar los estudios de posgrado. Los autores agradecen a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Pesquera (ENIP) que participaron en los muestreos. A la memoria del Dr. Deivis Samuel Palacios Salgado parte fundamental en la identificación de los peces y líder del proyecto.

REFERENCIAS

- Adams, J. A., Wolfe, K. R., Laiman, C. A. (2009). Preliminary examination of how human-driven freshwater flow alteration affects trophic ecology of juvenile snook (*Centropomus undecimalis*) in estuarine creeks. *Estuaries and Coasts* 32, 819–828.
- Aliaume, C., Zerbi, A., Miller, J.M. (2005). Juvenile snook species in Puerto Rico estuaries: distribution, abundance and habitat description. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 47: 499-519.
- Blewett, D.A., Hensley, R.A., Stevens, P.W. (2006). Feeding habits of common snook, *Centropomus undecimalis*, in Charlotte Harbor, Florida. *Gulf Caribbean Research*, 18: 1-13.

- Bohórquez-Herrera, J., Cruz-Escalona, V.H. 2015. Feeding ecomorphology of seven demersal marine fish species in the Mexican Pacific Ocean. *Journal Biology of Fishes*. 98(85):1459-1473.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2004). PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, U.K: 190 p.
- Clarke, K. R., R. M. Warwick. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, U.K: 176 p.
- Colwell, R. K. (2017). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and Application published. Recuperado de: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>
- Espino-Barr, E., Cruz-Romero, M., García-Boa, A. (2003). Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México. CONABIO, INP: 120.
- Flores-Ortega, J. R., González-Sansón, G., Aguilar, C., Kosonoy-Aceves, D., Venegas Muñoz, A., Lucano-Ramírez G., Ruiz-Ramírez S. (2015). Hábitos alimentarios de los jóvenes de *Centropomus robalito* (Centropomidae: Actinopterygii) en la laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical*, 63 (4):1071-1081
- Froese, R., Pauly, D. (2013) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Hendrickx, M. E. (2001). Taxonomía, biología y zoogeografía de los peneidos de importancia comercial del Pacífico mexicano. 25-41. In: Páez-Osuna, F. (ed.). Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Programa Universitario de Alimentos, El Colegio de Sinaloa. 519 p
- Krebs, C. J. (1998). *Ecological methodology*, 2 and Edition, Benjamin Cummings.
- Langton, R. W. (1982). Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake, *Merluccius bilinearis*, and fifteen other northwest Atlantic finfish. *Fisheries Bulletin*, 80: 745-759.
- Link, J. S., Stockhausen, W. T., Methratta, E. T. (2006). Food-web theory in marine ecosystems: 98 -113. In A. Belgrano, U. M. Scharler, J. Dunne y R. E. Ulanowicz. *Aquatic food webs. An ecosystem approach*. Oxford University, Oxford, U. K. Pag.
- Moreno-Sánchez X. G., Palacios-Salgado D. S., Abitia-Cardenas L. A., Navia A. F. (2015). Diet of the yellow fin snook, *Centropomus robalito* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), in the Southwestern Gulf of California. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45 (1): 21-29
- Muñoz-Rubí, H. A., Chávez-Herrera, D., Villegas-Hernández, F., Chávez-Arrequín, D. A. (2015). Variación en la densidad y distribución espacial de postlarvas de camarón de los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus*, en las costas de Sinaloa y Nayarit en el verano de 2014. Informe técnico. CRIP-INP. Pag.
- Nieto-Navarro, J. T., Zetina-Rejón, M., Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, N. E., y Peña-Messina, E. (2010). Length-weight relationship of demersal fish from the Eastern coast of the mouth of the Gulf California. *Journal Fisheries Aquatic Science*, 5: 494-502.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. y Inverson, I. L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, in California waters. *Calif. Fish Game, Fisheries Bulletin*, 152: 1-105.
- Tse, P., Nip, T. H. M., y Wong, C. K. (2008). Nursery function of mangrove: a comparison with mudflat in terms of fish species composition and fish diet. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 80: 235-242.
- Ulloa-Ramírez, P. A., Patiño-Valencia, J. L., Guevara-Rascado, M. L., Hernández-Ventura, S., Sánchez-Regalado, R. y Pérez-Velázquez A. (2008). Peces marinos de valor comercial del estado de Nayarit, México. Instituto Nacional de Pesca, Bahía de Banderas, Nayarit, México, Pag.



Remoción de sólidos disueltos y reducción de lodos orgánicos del efluente de un cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema de recirculación acuícola.

Juan P. González-Hermoso*, Oscar I. Zavala-Leal, Francisco J. Valdez-González, Juan M. Pacheco-Vega

Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Bahía de Matanchén Km. 12, Carretera a los Cocos, C.P. 63740. San Blas, Nayarit. México.

Manuel Segoviat

Departamento de Acuicultura, Centro de investigación científica y Educación superior de Ensenada, Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas, C.P. 22860, Ensenada, B.C. México.

Recibido el: 30 de marzo de 2018

Aprobado el: 01 de junio de 2018

RESUMEN

En la mayoría de los tratamientos que son aplicados a los efluentes acuícolas casi nunca se consideran los sólidos particulados y por lo general se enfocan en la remoción de los sólidos disueltos, por lo cual en este experimento se utilizaron digestores con tres diferentes porcentajes de lodos orgánicos (10, 15 y 20 %) buscando en que concentración se logra una más eficiente remoción de nutrientes y reducción de los sólidos particulados. Los resultados mostraron una reducción de los lodos mayor (20.0±1.8%) en los digestores con la mayor concentración de lodos orgánicos y expuestos a la sombra. Mientras que, la mayor remoción de nutrientes se presentó en los digestores con los porcentajes de lodos

orgánicos de 10 y 15%, excepto para N-NH₄, el cual presentó una mayor remoción en los digestores con concentraciones de 15 y 20% de lodos orgánicos. Por último, los digestores expuestos a un fotoperiodo natural presentaron las mayores tasas de remoción para todos los nutrientes, resaltando los nitratos donde se presentó una remoción de 16.867±5.729 mg/L N-NO₃.

PALABRAS CLAVE

digestores, efluentes, digestión anaeróbica, SRA

ABSTRACT

Most of treatments applied to aquaculture effluents almost never considered particulated solids and just are focus on elimination of dissolved solids, that's why, in these experiment we used three different sludge percents (10, 15 y 20 %) to found the best sludge concentration for a efficient nutrients removal and particulated solids reduction. The results showed the higher reduction (20.0±1.8%) in digester with 20% of sludge concentration and in shadow light condition. While, the best nutrients removal was observed in digester with 10 and 15% of sludge, except for NH₄-N, the best NH₄-N removal was observed in digesters with 15 and 20% of sludge. Finally, digesters exposed to natural photoperiod showed the highest nutrients removal rates, and nitrates removal was higher than other nutrients (16.867±5.729 mg/L NO₃-N).

KEY WORDS

Digesters, effluents, anaerobic digestion, RAS

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la acuicultura es la industria con el mayor crecimiento de producción de alimentos con un crecimiento anual del 6.9% (FAO, 2016). Este rápido crecimiento tiene como consecuencia un incremento en la cantidad de efluentes que son descargados por parte de las granjas de producción acuícola, los cuales están compuestos por altas concentraciones de nutrientes orgánicos e inorgánicos tales como amonio, nitratos, nitritos, fosfatos, carbono orgánico disponible en el agua como fracción disuelta, así como heces y alimento no consumido los cuales son clasificados como sólidos particulados. Todos estos componentes son cuantificados como sólidos suspendidos totales (SST) (Cripp y Bergheim, 2000; Piedrahita, 2003; Sugiura *et al.*, 2006).

Cuando los sólidos particulados no son removidos del estanque, pueden degradarse por procesos de lixiviación incrementando de manera significativa la concentración de sólidos disueltos causando en consecuencia un detrimento en la calidad del agua (Chen *et al.* 1993; Malone y Beecher, 2000).

A través de la remoción de los sólidos disueltos de la columna de agua, así como el tratamiento de los sólidos particulados se disminuyen los niveles de material orgánico en el agua logrando con esto reducir el riesgo biológico de la contaminación y la eutrofización, logrando con ello llevar a cabo una acuicultura sustentable (Chávez-Crooker y Obrique-Contreras, 2010).

La digestión anaeróbica es en la actualidad el método más utilizado en el tratamiento de los sólidos particulados (de la Rubia *et al.* 2006).

Este proceso requiere de un bajo costo energético, resultando en una alta recuperación de nutrientes, metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, lográndose además una reducción de la masa y volumen de los lodos orgánicos hasta en un tercio (Heijnen *et al.*, 1991; Grady, 2011; Aggelis *et al.*, 2001; Ahring, 2003; Appels *et al.*, 2008). Además, el nitrógeno en las aguas residuales puede ser eficientemente removido por la asimilación de bacterias heterotróficas desnitrificantes (Nurdogan y Oswald 1995; McGriff y McKinney 1972). Sin embargo, el proceso de desnitrificación requiere de una fuente de carbono orgánico para completar el proceso de remoción del nitrógeno (Sengupta y Ergas, 2006). Esta Fuente de carbono orgánico puede ser obtenida de los lodos orgánicos de los efluentes acuícolas.

La digestión anaeróbica envuelve cuatro etapas para la completa degradación de los lodos orgánicos: acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Sin embargo, la etapa limitante del proceso general de degradación del lodo es la hidrólisis (Gavala *et al.*, 2003). En esta etapa, se lleva a cabo tanto la solubilización del material particulado como la descomposición de los componentes orgánicos (Graef y Andrews, 1974; Elefsiniotis y Oldham, 1994). Para acelerar el proceso de digestión anaeróbica se pueden aplicar pretratamientos a los lodos orgánicos, los cuales se enfocan en proveer una aceleración del proceso de la lisis y degradación de los lodos lo cual deja disponible una mayor cantidad de materia orgánica para los organismos anaeróbicos y reduce el tiempo requerido para una completa digestión anaeróbica (Chiu *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 2003)

Uno de los factores a considerar para una eficiente digestión anaeróbica y por ende una reducción de los lodos es la tasa de carga o porcentaje de lodos en el efluente (Novak *et al.*, 2003) por lo que es necesario conocer que concentración resulta más adecuada para una completa reducción de sólidos particulados sin inhibir los procesos de remoción de nutrientes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la concentración de lodo y la intensidad de la luz en el proceso de digestión anaeróbica en aguas residuales de un sistema de recirculación acuícola (SRA), y determinar que combinación de intensidad de luz y concentración de lodos resulta más eficiente en el tratamiento de aguas residuales para mejorar el manejo de los desechos de la acuicultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de agua fueron colectadas de un cultivo piloto de tilapia (*Oreochromis nilotica*) en un sistema de recirculación acuícola (SRA) cuando los filtros biológicos fueron retrolavados, los efluentes colectados fueron depositados en tres sedimentadores de 700-L y permanecieron en ellos por un periodo de dos horas para que se llevara a cabo la separación de las dos fracciones del efluente (fracción disuelta y fracción particulada).

Los sólidos particulados fueron colectados extrayendo el sobrenadante de cada sedimentador y se posteriormente se depositaron en digestores de 4-L en tres diferentes concentraciones de lodos, 10, 15 y 20% y el resto compuesto por agua del mismo efluente (cada concentración por triplicado). Además, los digestores fueron expuestos a tres diferentes condiciones de luz (fotoperiodo natural, sombra y oscuridad). Todos los días la

temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos totales (SDT), se midió utilizando una sonda multiparámetro YSI 56.

La degradación natural de los sólidos particulados y los sólidos disueltos fue monitoreada durante cinco días en todos los tratamientos. Los sólidos disueltos fueron medidos de muestras de 5ml por triplicado colectadas de los digestores. El nitrógeno del amonio (NH_4) se midió por el método de reacción con fenato (Parsons *et al.*, 1984), la cual consiste en obtener un color azul de los indofenoles por la reacción del amonio, el fenol y el hipoclorito de sodio a un pH alto. La muestra es medida en un espectrofotométricamente en una absorbancia de 640nm. El nitrógeno de los nitratos (NO_3) y los nitritos (NO_2) se determinó a través de la formación de grupos azo ($\text{N}=\text{N}$) en presencia de naftil-etilen-diamina y sulfanilamida. Las muestras se leyeron en un espectrofotómetro a dos longitudes de onda diferentes, para los nitritos de a 543nm y los nitratos a 220 y a 275 nm (Boltz, 1958; Hoather, 1959; Nydahl, 1976). Los fosfatos (HPO_4) se cuantificaron por el método de molibdato-ascórbico, del cual se produce un complejo que es detectable en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 880nm (Sletten y Bach, 1961; Strickland y Parsons, 1965).

En cada digestor la reducción de los sólidos particulados se determinó por la diferencia entre la concentración inicial en el día cero y la concentración final posterior a los cinco días que duró la etapa experimental. La concentración de sólidos particulados se midió con la ayuda de conos imhoff de 1-L en los cuales se depositó un litro de la muestra de los

digestores previamente homogenizadas. La concentración de sólidos particulados se documentó posterior a un periodo de 30 min. para una completa sedimentación.

RESULTADOS

Factores físico-químicos

Durante la fase experimental la temperatura ambiente varió de 11.2 a 15.7°C diariamente. A pesar de un pequeño aumento en el quinto día a 21.4 ° C. Las temperaturas en digestores fluctuaron de acuerdo con la temperatura ambiental. Durante el experimento, no se encontraron cambios en la concentración de SDT en todas las combinaciones de condiciones de luz y concentración de lodo, concentración que varió entre 0.880 y 0.934 g/L.

El oxígeno disuelto en los digestores en todas las condiciones de luz y la concentración de sólidos particulados fue inferior a 1,0 mg/L durante todo el experimento y con una concentración final de oxígeno disuelto de 0,06 mg/L al final del experimento. Solo los digestores en el fotoperiodo natural mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con el resto

de las condiciones de luz, no observándose diferencias entre las condiciones de oscuridad y sombreado.

El pH no mostró diferencias significativas al final del experimento en todas las combinaciones de condiciones de luz y concentración de sólidos particulados. Los valores de pH variaron entre 7.01 y 7.51 en los digestores al final del experimento.

Remoción de sólidos disueltos

Durante la fase experimental la eficiencia de remoción fue diferente para cada nutriente, (Tabla 1). Para N-NH₄, se observó una mayor reducción en los digestores con una concentración de sólidos particulados del 10%, los nitratos mostraron una mayor reducción en los digestores con una concentración del 20% de sólidos particulados y mayor eliminación de nitritos se presenta en los digestores con una concentración de sólidos particulados del 15% ($P < 0.05$). No se encontraron diferencias significativas en la eficiencia de eliminación de fosfatos para todas las concentraciones de sólidos particulados (tabla 1).

Tabla 1 Eficiencia de remoción de nutrientes (mg/L) en tres diferentes concentraciones de sólidos particulados.

% Sólidos particulados	N-NH ₄	N-NO ₂	P-PO ₄	N-NO ₃
10	0.871+0.055 ^b	0.312+0.053 ^a	10.297+0.748 ^a	22.233±3.553 ^a
15	1.143+0.146 ^a	0.035+0.050 ^a	10.201+0.611 ^a	15.800±0.400 ^b
20	1.120+0.222 ^a	0.136+0.163 ^b	10.115+0.7438 ^a	10.500±1.997 ^c

La eficiencia de remoción de nutrientes en las diferentes condiciones de luz fue significativamente diferente ($P < 0.05$) en cada nutriente, para el amonio y los fosfatos la mejor condición de luz fue a la sombra, en los nitritos el fotoperiodo natural fue menos eficiente

que las otras dos condiciones de luz (a la sombra y en oscuridad) y para los nitratos mayor remoción fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en condiciones de sombra (Tabla 2).

Tabla 2 Eficiencia de remoción de nutrientes (mg/L) en tres diferentes condiciones de luz

Condición de luz	N-NH ₄	N-NO ₂	P-PO ₄	N-NO ₃
Fotoperiodo natural	1.172±0.232 ^a	0.247±0.147 ^a	10.770±0.590 ^a	16.867±5.729 ^a
Oscuridad	1.036±0.171 ^b	0.128±0.161 ^b	10.134±0.551 ^b	14.467±2.343 ^b
Sombra	0.927±0.082 ^c	0.108±0.116 ^b	9.709±0.509 ^c	15.200±6.720 ^a

Los superíndices indican diferencias entre las condiciones de luz para cada nutriente a>b>c

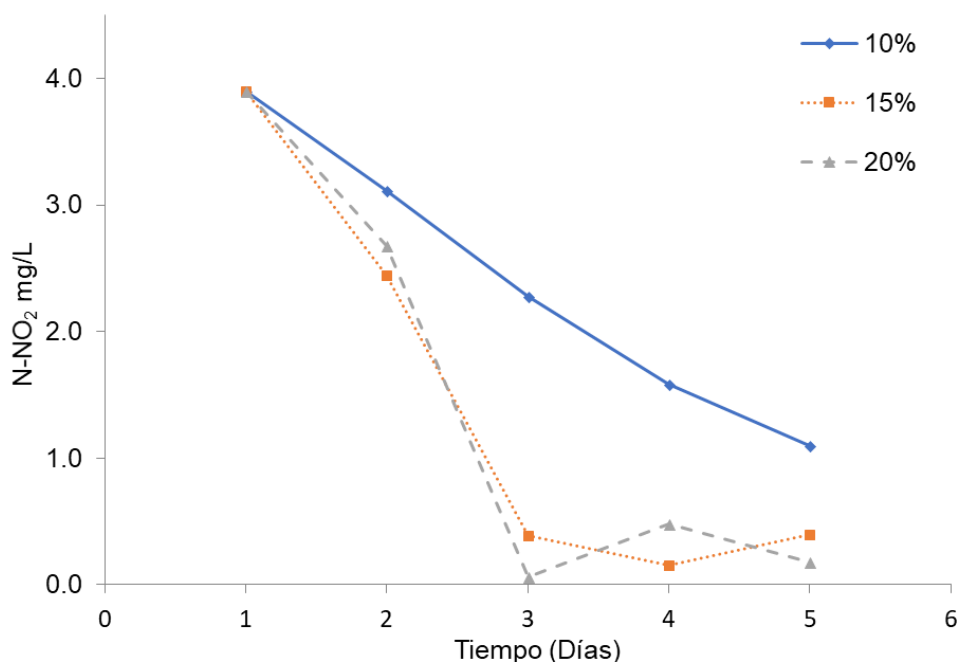


FIGURA 1. Remoción de N-NO₂ en digestores en condiciones de sonbreado. las líneas indican diferentes porcentajes de sólidos particulados en los digestores

La mejor combinación de concentración de sólidos particulados y condición de luz en la remoción de nutrientes fue la misma (20% de lodo y condición sombreada) para los nitritos con un 71,8% de eficiencia de remoción (figura 1) y para los nitratos con un 79,8% de eficiencia de remoción (figura 2), mientras que para el amonio la mayor eficiencia de remo-

ción se presentó en la concentración de 10% de sólidos particulados a la sombra con un 67.2% de eficiencia de remoción (Fig. 3). Los fosfatos en los digestores en condiciones de sombra mostraron un menor incremento en la concentración, no observándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las concentraciones de lodo (Fig. 4).

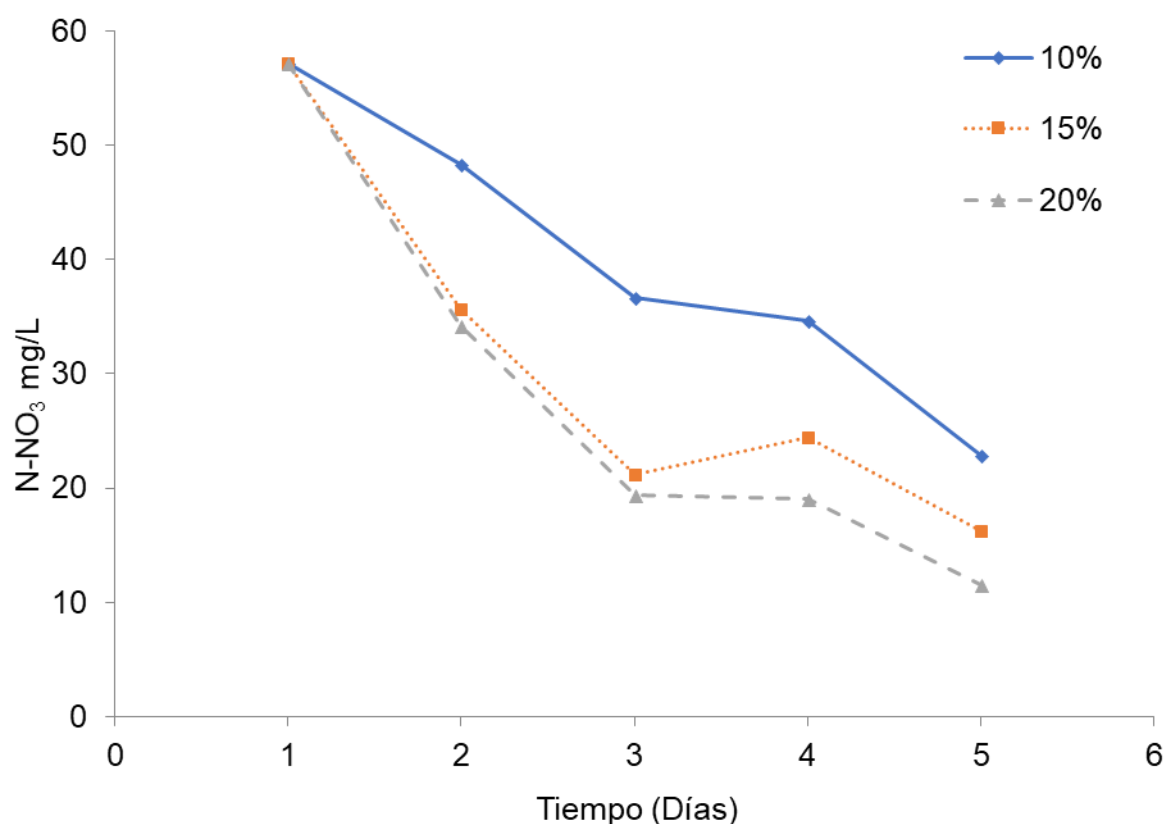


FIGURA 2. Remoción de N-NO_3 en digestores expuestos a la sombra, las líneas indican diferentes porcentajes de sólidos particulados en los digestores

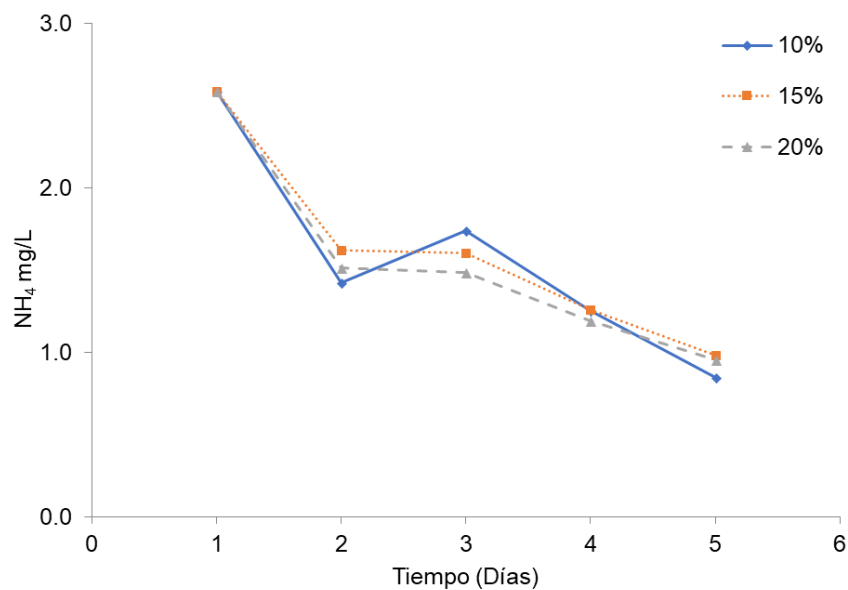


FIGURA 3. Remoción de N-NH₄ en digestores expuestos a la sombra. las líneas indican diferentes porcentajes de sólidos particulados en los digestores

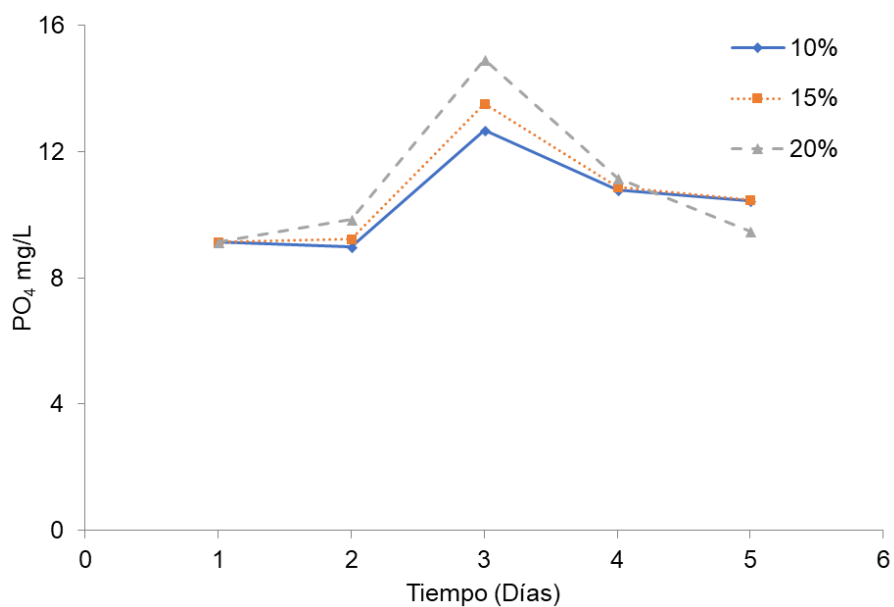


FIGURA 4. Remoción de P-PO₄ en digestores expuestos a la sombra. las líneas indican diferentes porcentajes de sólidos particulados en los digestores

Reducción de sólidos particulados

La reducción de los sólidos particulados fue igual en todos los digestores con un 10% de concentración de sólidos particulados expuestos a las diferentes condiciones de luz. en los digestores con una concentración de 15% sólidos particulados, la reducción de

lodo fue significativamente menor ($P < 0.05$) en condiciones de oscuridad que en sombra y en un fotoperiodo natural. Para la concentración de 20% de sólidos disueltos, se observó una reducción significativamente mayor en los digestores a la sombra (Tabla 3).

Tabla 3. Reducción de lodos en tres diferentes condiciones de luz y tres concentraciones de lodos

% Lodo en digestores	% Reducción de sólidos particulados		
	Sombra	Oscuridad	Fotoperiodo natural
10	12.5+2.8 ^d	12.5+2.3 ^d	12.5+3.5 ^d
15	16.6+3.8 ^{bc}	12.3+3.5 ^d	16.6+2.5 ^c
20	20.0+1.8 ^a	18.75+1.6 ^b	12.5+2.5 ^d

Los superíndices indican diferencias entre todos los tratamientos a>b>c>d

DISCUSIONES

Factores físico-químicos

Las temperaturas durante la fase experimental no mostraron cambios considerables manteniéndose siempre por debajo de los 20°C, lo que indica que el proceso de digestión anaeróbica se desarrolló bajo condiciones mesófilas en todos los digestores (Metcalf y Eddy, 2003).

Durante el experimento, la concentración de oxígeno disuelto disminuyó de manera constante mostrando desde el primer día una concentración de oxígeno disuelto menor a 1 mg/L, por lo tanto, los digestores estuvieron en todo momento en condiciones anaerobias, lo que significa que tanto bacterias facultativas como obligadas realizaron la digestión anaeróbica (Appels *et al.*, 2008;

Mshandete *et al.* 2005; Novak *et al.*, 2003).

Los microorganismos fermentativos pueden funcionar en un intervalo amplio de pH que va desde 4.0 a 8.5 (Hwang *et al.*, 2004). Los valores de pH en los digestores estuvieron en un rango de 7 a 7.5, en los casos donde se presentó un pH inicial alto, sus valores bajaron durante los primeros tres días, no mostrando diferencias en los siguientes dos días de experimento. Los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos para Kafle y Kim (2011), quienes observaron una disminución del pH de 7.76 a menos de 7.00 en un periodo de 14 días en un digestor completamente agitado con una concentración de 4.4 a 9.4% de sólidos totales y de un 3.0 a un 7.0% de sólidos volátiles bajo condiciones mesófilas.

Remoción de sólidos disueltos

La degradación del amonio mostró que en las concentraciones más bajas de sólidos particulados se pueden obtener mejores resultados en la remoción. En condiciones anaeróbicas, los lodos se convierten en metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), y NH_4^+ (Metcalf y Eddy, Inc., 2003). En consecuencia, una cantidad mayor de sólidos particulados produce una mayor cantidad de NH_4^+ . Por lo tanto, la nitrificación y la desnitrificación necesitan más tiempo para eliminar el NH_4^+ de los digestores. La mayor tasa de degradación en este experimento fue de 67,2% de NH_4^+ . A pesar de que no se presenta una remoción completa del NH_4^+ , éste valor fue superior al obtenido por Van de Ha *et al.* (2011) quienes observaron una eliminación de NH_4^+ cercana al 50%. Sin embargo, su periodo experimental fue más largo que en el presente estudio.

La remoción tanto de nitritos como de nitratos fue mayor en los digestores bajo sombra, mientras que en las concentraciones más altas de sólidos particulados se mostró una mayor remoción de nitritos. Esto se presenta debido a que bajo condiciones anóxicas se pueden utilizar los nitratos como aceptor de electrones en lugar del oxígeno (Tomei *et al.*, 2011). De igual forma, cuando el NH_4^+ es oxidado a nitratos o nitritos, posteriormente se asimila o se transforma en N_2 el cual se libera a la atmosfera (Mara y Pearson 1998). Resultados similares fueron reportados por Muños *et al.* (2004) donde los digestores antes de eliminar el NH_4^+ , eliminan el nitrito y el nitrato mediante el proceso de nitrificación y desnitrificación (Verstraete y Focht, 1977), razón por la cual el tiempo requerido para la remoción tanto de nitratos como nitritos es menor al requerido para el NH_4^+ .

Se observó una fluctuación significativa en la concentración de fosfato durante el experimento, pero no está claro qué causó estas fluctuaciones, Ferraris *et al.* (2006) observaron que la enzima fosfatasa presenta fluctuaciones y desconocen la razón. Sin embargo, los tiempos de tratamiento en los digestores podría ser un factor importante para una buena remoción del fósforo en los digestores.

Reducción de sólidos particulados

Bajo condiciones de oscuridad se pueden obtener mejores resultados en la reducción de los sólidos particulados. De la misma manera, en las concentraciones las altas de sólidos particulados (20%) se presenta como consecuencia una mayor tasa de remoción. Autores como Lanary y Franci, (1998), observaron una mayor eficiencia de remoción a temperaturas mesófilas con remociones que alcanzaron el 80% en un periodo de 38 días. El mismo resultado fue reportado por Tal *et al.* (2009). Por su parte, Sharrer *et al.* (2007) obtuvieron un 100% de digestión de sólidos particulados en un periodo de experimentación de 41 días. Lo anterior indica que con tiempos más largos de tratamiento se promueve una mejor reducción de los sólidos particulados (Bragruglia *et al.*, 2011).

CONCLUSIÓN

Los digestores que presentan una concentración de sólidos particulados del 20% y bajo una condición de luz a la sombra presentan una mayor remoción de nutrientes así como una mayor reducción de la concentración de sólidos particulados.

Sin embargo, es necesario incrementar los tiempos de residencia de los sólidos en los digestores para poder reducir aún más la concentración de los lodos, lo que tendrá como consecuencia un incremento en la mineralización de los lodos.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por el financiamiento para que se llevara a cabo esta investigación, al CICESE por las facilidades para poder realizar los experimentos en las instalaciones del laboratorio de Diseño y operación de sistemas de recirculación acuícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Aggelis, G. G., Gavala, H. N., Lyberatos, G. (2001). SE—Structures and Environment: Combined and Separate Aerobic and Anaerobic Biotreatment of Green Olive Debittering Wastewater. *Journal of agricultural engineering research*, 80(3), 283-292.
- Ahring, B.K. (2003). *Biomethanation I and II*. Springer-Verlag, Berlin.
- Appels, L., Baeyens, J., Degréve, J. Dewil, R. (2008). Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Prog. Energ. Combust.* 34, 755–781.
- Boltz, D. F. (1958). *Colorimetric determination of nonmetals*. Interscience publishers, New York, NY.
- Braguglia C.M., Gianico A., Mininni G. (2011). Laboratory-scale ultrasound pretreated digestion of sludge: Heat and energy balance *Bioresource Technology* 102 (2011) 7567–7573.
- Chávez-Crooker, P. & Obreque-Contreras, J. (2010). Bioremediation of aquaculture wastes. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(3), 313-317.
- Chiu, Y. C., Chang, C. N., Lin, J. G., Huang, S. J. (1997). Alkaline and ultrasonic pretreatment of sludge before anaerobic digestion. *Water science and technology*, 36(11), 155-162.
- Chen, S., Coffin, D.E. Malone, R.F. (1993). Production, characteristics and modeling of aquaculture sludge from a recirculating aquaculture system using a granular media biofilter. En. Wang, J.D.(Editor). *Techniques for modern aquaculture*. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI. 16-26.
- Cripps, S. J. & Bergheim, A. (2000). Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural engineering*, 22(1-2), 33-56.
- De la Rubia, M. A., Perez, M., Romero, L. I., Sales, D. (2006). Effect of solids retention time (SRT) on pilot scale anaerobic thermophilic sludge digestion. *Process Biochemistry*, 41(1), 79-86.
- Elefsiniotis, P. & Oldham, W. K. (1994). Anaerobic acidogenesis of primary sludge: the role of solids retention time. *Biotechnology and bioengineering*, 44(1), 7 -13.
- FAO, (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture - 2008 (SOFIA)*. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 213 pp.
- Ferraris, R. P., Coloso, R., Sugiura, S., Flimlin, G. (2006). Phosphorus in effluents from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. *World aquaculture*.
- Gavala, H. N., Yenal, U., Skiadas, I. V., Westermann, P., Ahring, B. K. (2003). Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of primary and secondary sludge. Effect of pre-treatment at elevated temperature. *Water research*, 37(19), 4561-4572.

- Grady Jr, C. L., Daigger, G. T., Love, N. G., Filipe, C. D. (2011). Biological wastewater treatment. CRC press.
- Graef, S. P. & Andrews, J. F. (1974). Stability and control of anaerobic digestion. Journal (Water Pollution Control Federation), 666-683.
- Heijnen, J. J., Mulder, A., Weltevrede, R., Hols, J., Van Leeuwen, H. L. J. M. (1991). Large scale anaerobic-aerobic treatment of complex industrial waste water using biofilm reactors. Water Science and Technology, 23(7-9), 1427-1436.
- Hoather, R. C. & Rackham, R. F. (1959). Oxidised nitrogen in waters and sewage effluents observed by ultra-violet spectrophotometry. Analyst, 84(1002), 548-551.
- Hwang, M. H., Jang, N. J., Hyun, S. H., Kim, I. S. (2004). Anaerobic bio-hydrogen production from ethanol fermentation: the role of pH. Journal of Biotechnology, 111 (3), 297-309.
- Kafle, G. K. & Kim, S. H. (2011). Sludge exchange process on two serial CSTRs anaerobic digestions: process failure and recovery. Bioresource technology, 102(13), 6815-6822.
- Kim, J., Park, C., Kim, T., Lee, M., Kim, S., Kim, S. (2003). Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge. J Biosci Bioeng; 95:271-5.
- Lanari, D., Franci, C. (1998). Biogas production from solid wastes removed from fish farm effluents. Aquatic Living Resources, 11(4), 289-295.
- Malone, R. F. & Beecher, L. E. (2000). Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. Aquacultural Engineering, 22(1-2), 57-73.
- Mara, D. D. & Pearson, H. W. (1998). Design manual for waste stabilization ponds in Mediterranean countries. Lagoon Technology International Ltda.
- Metcalf, E. E., & Eddy, H. (2003). Wastewater engineer treatment disposal, reuse. New York: McGraw.
- McGriff Jr, E. C., & McKinney, R. E. (1972). The removal of nutrients and organics by activated algae. Water research, 6(10), 1155-1164.
- Mshandete, A., Bjornsson L., Kivaisi A.K., Rubindamayugi S.T., Mathiasson B. (2005). Enhancement of anaerobic batch digestion of sisal pulp waste by mesophilic aerobic pre-treatment. Water Research. 39, 1569-1575.
- Muñoz H., Armienta A., Vera A., Ceniceros N. (2004). Nitrato en el agua subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México. "Revista Internacional de Contaminación Ambiental", 20 (3), 91-97.
- Novak, J.T., Sadler, M.S., Murthy, S.N. (2003). Mechanism of floc destruction during anaerobic and aerobic digestion and the effect on conditioning and dewatering of biosolids. Water Research 37, 3136 - 3144.
- Nurdogan, Y., & Oswald, W. J. (1995). Enhanced nutrient removal in high-rate ponds. Water science and technology, 31 (12), 33-43.
- Nydahl, F. (1976). On the optimum conditions for the reduction of nitrate to nitrite by cadmium. Talanta, 23(5), 349-357.
- Parsons, T.R., Yoshiaki, M., Carol, M.L. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 p.

- Piedrahita, R. H. (2003). Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226(1-4), 35-44.
- Sharrer, M. J., Tal, Y., Ferrier, D., Hankins, J. A., Summerfelt, S. T. (2007). Membrane biological reactor treatment of a saline backwash flow from a recirculating aquaculture system. *Aquacultural engineering*, 36(2), 159-176.
- Sengupta, S. & Ergas, S. J. (2006). Autotrophic biological denitrification with elemental sulfur or hydrogen for complete removal of nitrate-nitrogen from a septic system wastewater. UNH cooperative institute for costal and estuarine environmental technology (CICEET).
- Sletten, O. & Bach, C. M. (1961). Modified stannous chloride reagent for orthophosphate determination. *J, Amer. Water Works Assoc.* 53: 1031.
- Strickland, J. D.H. & Parsons, T. R. 1968. A manual of sea water análisis. 2nd ed. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
- Sugiura, S. H., Marchant, D. D., Kelsey, K., Wiggins, T., Ferraris, R. P. (2006). Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. *Environmental pollution*, 140(1), 95-101.
- Tal, Y., Schreier, H.J., Sowers, K.R., Stubblefield, J.D., Place, A.R., Zohar, Y., (2009). Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture* 286, 28-35.
- Tomei, M. C., Rita, S., Mininni, G. (2011). Performance of sequential anaerobic/aerobic digestion applied to municipal sewage sludge. *Journal of environmental management*, 92(7), 1867-1873.
- Van de Ha, D., Bundervoet, B., Verstraete, W., Boon, N. (2011). A sustainable, carbón neutral methane oxidation by a partnership of methane oxidizing communities and microalgae. *Water Research*. 45, 2845-2854.
- Verstraete, W., & Focht, D. D. (1977). Biochemical ecology of nitrification and denitrification. In *Advances in microbial ecology* (pp. 135-214). Springer, Boston, MA.



Modelación Matemática en Biología Pesquera por medio de Calc

José Trinidad Ulloa Ibarra¹, David Zamora Caloca¹, María Inés Ortega Arcega¹, Jaime Arrieta Vera²

¹ Universidad Autónoma de Nayarit

² Universidad Autónoma de Guerrero

Recibido: 02 de febrero de 2018

Aceptado: 07 de mayo de 2018

Resumen.

Los modelos matemáticos son una forma de intentar predecir el resultado probable de una situación compleja. Desde el clima, el mercado de valores y los modelos de la física, la química y por supuesto de la biología pueden recurrir al uso de modelos matemáticos para determinar un rango de resultados más probables. Determinar esos modelos por medio de hojas de cálculo tales como Excel, o Calc puede llevar a obtener muy buenos resultados ya que las hojas de cálculo cuentan con funciones que permiten varias ecuaciones de modelos, y otro tipo de cálculo como la desviación estándar y la distribución normal. Determinar la función o funciones correctas para un modelo generalmente puede lograrse con el uso de ellas.

Palabras clave: Modelación, hojas de cálculo, biología, pesca

Abstract

Mathematical models are a way of trying to predict the likely outcome of a complex situation. From the climate, the stock market and the models of physics, chemistry and of course biology can resort to the use of

mathematical models to determine a range of more likely outcomes. Determining these models by means of calculation sheets such as Excel, or Calc can lead to very good results since spreadsheets have functions that allow several model equations, and another type of calculation such as standard deviation and distribution. normal. Determining the correct function or functions for a model can usually be achieved with the use of them.

Key words: Modeling, spreadsheets, biology, fishing

Introducción.

Durante muchos años, el alcance de las hojas de cálculo (Excel, Calc y otras) era la resolución de problemas de contabilidad, sin embargo, gracias a su interfaz amigable y su facilidad de uso, su aplicación se ha extendido hacia diferentes campos de la ciencia (Cheetanteri y Cheng, 2009). En la literatura, se encuentra una gran diversidad de investigación enfocada en usar Excel como herramienta computacional para adquisición de datos (Aliane, 2010), educación medioambiental (El-Fadel et al., 2004), aplicaciones en ingeniería eléctrica (Chehab et al., 2004, Hill, 1990), aplicaciones en ingeniería mecánica (Cheetanteri y Cheng, 2009, Lowry y Shaun, 2010) entre otras.

La primera Hoja de Cálculo (VisiCalc) fue inventada por Dan Bricklin en 1979 y funcionaba en un computador Apple II. VisiCalc fue considerada en ese entonces como un software de “cuarta generación” que permitía a quienes realizaban proyecciones financieras la posibilidad de recalcular automáticamente toda la hoja de trabajo en el momento en que se cambiaba cualquier valor.

Al utilizar las hojas de cálculo los estudiantes tienen una mayor comprensión de las funciones y les facilita el trabajo y se hace más interesante, este programa facilita el trabajo de las empresas, como los bancos ya que tienen que hacer muchas cuentas y que unas personas meten dinero, pero les restan un porcentaje de lo que metieron, y luego retiran una parte y gracias con las poderosas hojas de cálculo se les facilita.

Las hojas de cálculo tienen mucho en común con las funciones matemáticas ya que este programa requiere de las funciones.

Existen una gran cantidad de aplicaciones que permiten trabajar con este formato de documentos, siendo las más populares las siguientes:

- Microsoft Excel (Incluida en el Paquete Office)
- Lotus 1-2-3 (con el respaldo de IBM)
- Corel Quattro Pro (Formando parte del paquete Corel WordPerfect Office)
- Calc (parte de la suite de aplicaciones OpenOffice)
- KSpread (parte de las herramientas incluidas en KOffice para el sistema operativo Linux)

Entre las ventajas que reporta el uso de la hoja electrónica de cálculo se pueden mencionar los siguientes:

- Permite desarrollar conceptos matemáticos importantes.
- Es posible diseñar una experiencia didáctica para el aprendizaje de un tópico particular.
- Permite plantear un problema matemático para su solución.
- Se puede construir un modelo matemático y usarlo en la enseñanza de las ciencias.

- Facilita la resolución de problemas de la vida cotidiana (depósitos en bancos, compras en supermercados, etcétera).

¿Cuáles son las ventajas específicas de una hoja electrónica de cálculo?

En primer lugar, debe considerarse que permite hacer muchos cálculos repetitivos de manera instantánea. Aunque una calculadora es una herramienta más adecuada para este propósito, la hoja de cálculo tiene otras virtudes:

- La situación que queremos describir o el problema que debemos resolver puede ordenarse en columnas; cada una de estas columnas representa una de las variables de la situación.
- A cada columna se le puede asignar una cabeza o título para no perder de vista qué cantidad o variable se está representando.
- Es posible designar cantidades especiales (parámetros) para que puedan variarse fácilmente y observar su efecto.
- Permite el empleo de fórmulas sencillas para relacionar las columnas o las celdas subsecuentes.
- Pone a nuestro alcance tablas de valores y sus gráficas correspondientes

Antecedentes

El interés por desarrollar un modelo radica en la posibilidad de reproducir un fenómeno o predecir el funcionamiento de un sistema. Los modelos pueden ser robustos, empíricos o de tipo caja negra, dependiendo del tipo de información disponible acerca del problema a resolver y de la experiencia y formación profesional del modelador.

En la profesión de químicos farmacéuticos encontramos el modelado matemático por medio de Excel y Calc, (Valderrama y Mariano 1995) específicamente las utilizan para:

- Estudio de valoraciones ácido fuerte-base fuerte (métodos de las derivadas, método de Gran, etc.)
- Comparación entre distintas formulaciones de un medicamento.
- Determinación de la constante de los gases ideales.
- Isoterma de un proceso de adsorción.
- Estimación de un modelo de Michaelis-Menten para una reacción enzimática.
- Inferencia sobre el modelo de recuento de partículas radiactivas...

En la modelación y simulación de sistemas térmicos también encontramos el uso de las hojas cálculo (Mendoza, Belman y Navarro, 2013). Con relación a la modelación matemática en el área de la pesca y la acuicultura, son escasas las aportaciones que se encuentran con uso de las hojas de cálculo, cabe destacar que Ulloa, Benítez y Rodríguez (2008) proponen la utilización de Excel para modelar datos de poblaciones de peces, describiendo de manera detallada dos vías para llegar a modelos matemáticos. También Ulloa, Ortega, Benítez y Rodríguez 2015, afirman que Excel tiene predefinidos una serie de modelos que pueden utilizarse con seguridad, ya que además de presentar el gráfico de ajuste, muestra si se activa, el coeficiente de correlación.

El procedimiento consiste en seleccionar un gráfico de dispersión, con los datos iniciales, colocando las etiquetas adecuadas para cada uno de los ejes, dar clic sobre uno de los puntos y seleccionar agregar línea de

tendencia, activar la opción exponencial y las cajas de presentar ecuación y el valor de R.

Existen algunos trabajos que utilizan GeoGebra tanto en sus ventanas gráfica y algebraica como en la hoja de cálculo de este, Ulloa, Arrieta y Benítez 2015; Ulloa, Grijalva, Arrieta y Ortega 2017 afirman que entre las ventajas que presente el GeoGebra además de la actualización continua que se hace del mismo está la de contar con la posibilidad de trabajar con una hoja de cálculo semejante a la de Excel, se pueden introducir los valores observados y utilizar las herramientas de ésta parte del programa, aunque en este último caso solo para los modelos predefinidos en el programa: Lineal, Log, Polinomio, Potencia, Exponencial, Crecimiento, Sen, Logística; además queda establecido que con el uso de software es posible construir modelos matemáticos de una cierta situación y estudiarlos en forma global o analizar la influencia de los diferentes parámetros involucrados, de igual forma se pueden analizar dos o tres de sus representaciones, a saber, una representación pictórica (un dibujo geométrico), una representación gráfica (la gráfica de una función) y una representación algebraica (la ecuación de una función); es decir es posible visualizar tres de las representaciones posibles de los modelos.

Justificación

A la hora de elegir una aplicación informática dirigida al cálculo matemático y a la visualización de datos experimentales, podrían haberse considerado un gran número de candidatas. Sin embargo, una hoja de cálculo reúne una serie de peculiaridades interesantes, que la convierten en una de las primeras de la lista de aplicaciones informáticas de cálculo.

Entre dichas características, podemos señalar las siguientes:

1. Las hojas de cálculo no requieren un tiempo excesivo para el aprendizaje de su manejo a nivel básico.
2. La mayoría de las hojas de cálculo, aunque con diferencias sustanciales en sus interfaces, presentan similitudes entre ellas en lo relativo a la filosofía de funcionamiento. Así, al menos a un nivel básico, un usuario de una hoja de cálculo podría convertirse con un poco de esfuerzo en potencial usuario de cualquier otra hoja de cálculo.
3. Las hojas de cálculo están muy extendidas entre los distintos sistemas operativos disponibles en PCs, en particular en el sistema Windows, omnipresente en la actualidad. De hecho, es muy habitual que un ordenador disponga instalado un paquete ofimático, en el que se encontrara, probablemente, una hoja de cálculo entre las aplicaciones que lo integran. Además, atendiendo al coste económico por su utilización, existe la posibilidad de elegir entre hojas de cálculo comerciales y de libre disposición (freeware), pasando por otras situaciones intermedias en cuanto a la licencia de usuario.
4. Las hojas de cálculo proporcionan un alto grado de versatilidad, pues permiten al usuario realizar una gran diversidad de tareas, ya sean cálculos matemáticos o representaciones gráficas de datos. Además, la mayoría de hojas de cálculo disponen de un interfaz que facilita en gran medida su manejo. Esto hace de las hojas de cálculo herramientas muy interesantes, en las que podemos encontrar tareas como la aplicación de fórmulas matemáticas, estimación de modelos, representaciones

gráficas de datos experimentales, representaciones de funciones, etc.

A pesar de la dificultad asociada al considerar dos hojas de cálculo distintas, se ha creído necesario incluir, por un lado, la hoja de cálculo Calc, siguiendo la línea del software libre (free software, en inglés) mantenida por la política de ahorro económico.

Objetivo General

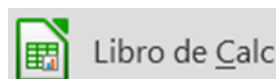
Aplicar la hoja de cálculo (Calc) de Open Office para la elaboración de modelos del área biológico - agropecuaria - pesquera, describiendo pasos a paso el procedimiento y de esta manera se facilita el manejo de Calc, como herramienta de cálculo matemático y de visualización de datos experimentales.

Metodología

Se plantea proponer un modelo para los datos siguientes que corresponden.

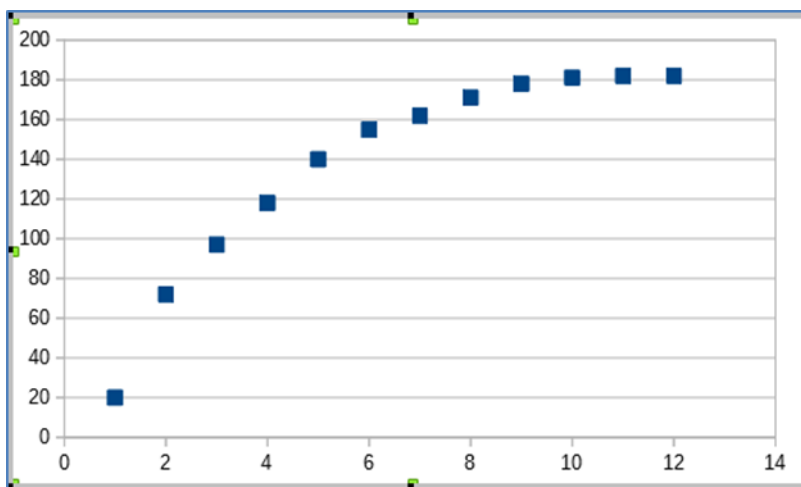
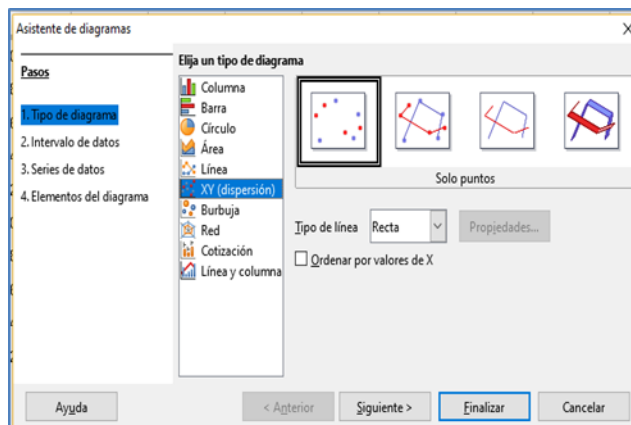
Los datos de crecimiento del *Litopenaeus stylirostris* se dan en la tabla que sigue:

meses	1	2	3	4	5	6
L (mm)	20	72	97	118	140	155
	7	8	9	10	11	12
	162	171	178	181	182	182



1. Se introducen los datos en hoja de Calc, se marcan las columnas que se desean relacionar y se grafican (gráfico de xy de dispersión). Se observa el comportamiento del gráfico para definir el tipo de ecuación que modelará los datos.

	A	B	C
1			
2	meses	L (mm)	
3	1	20	
4	2	72	
5	3	97	
6	4	118	
7	5	140	
8	6	155	
9	7	162	
10	8	171	
11	9	178	
12	10	181	
13	11	182	
14	12	182	
15			



¿Cómo podemos modelar estos datos matemáticamente?

Puesto que parece que los puntos se encuentran más o menos a lo largo de una curva sigmoideal, podemos intentar ajustar una de ellas para aproximar los puntos de la gráfica de dispersión. En otras palabras, podemos utilizar una función logística como nuestro modelo.

¿Cuál es la curva de mejor ajuste? ¿De qué manera obtenemos una curva que ajuste mejor los datos?

Por razones técnicas es más conveniente obtener la curva donde es más pequeña la suma de los cuadrados de estas distancias. La curva se conoce como de regresión o la curva de los cuadrados mínimos.

Utilizando Calc, se tienen que seguir el siguiente procedimiento:

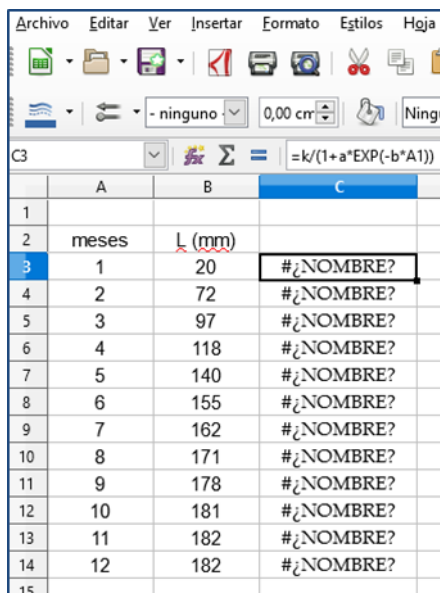
1. Escribir los datos en dos columnas (columna A y columna B). Partiendo de A3,
2. Marcarlos y enseguida seleccionar la opción Insertar de la barra de comandos y luego seleccionar Gráfico (o bien dar un clic sobre el icono de Gráfico). En el cuadro de diálogo que aparece seleccione XY (Dispersión) y de un clic en el botón Finalizar.
3. Dado que la nube de datos se parece a una curva logística, utilizaremos la ecuación:

$$f(x) = \frac{K}{1 + A * e^{-Bx}}$$

4. En la celda C3 cargue la fórmula a utilizar de la siguiente manera:

$$= k / (1 + a * \exp(-b * A1))$$

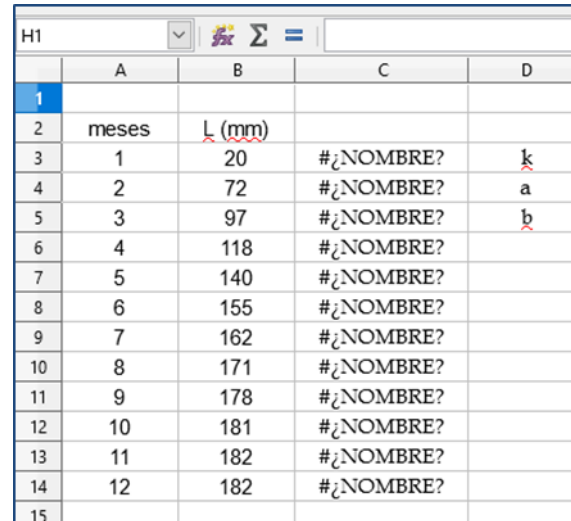
5. Copie esa fórmula en el resto de las celdas



The screenshot shows the Microsoft Calc interface. The formula bar at the top displays the formula $=k/(1+a*EXP(-b*A1))$ for cell C3. Below the formula bar, a table is visible with columns A, B, and C. Column A contains values from 1 to 12, column B contains values from 20 to 182, and column C contains the formula $\#¿NOMBRE?$ for rows 3 to 14.

	A	B	C
1			
2	meses	L (mm)	
3	1	20	$\#¿NOMBRE?$
4	2	72	$\#¿NOMBRE?$
5	3	97	$\#¿NOMBRE?$
6	4	118	$\#¿NOMBRE?$
7	5	140	$\#¿NOMBRE?$
8	6	155	$\#¿NOMBRE?$
9	7	162	$\#¿NOMBRE?$
10	8	171	$\#¿NOMBRE?$
11	9	178	$\#¿NOMBRE?$
12	10	181	$\#¿NOMBRE?$
13	11	182	$\#¿NOMBRE?$
14	12	182	$\#¿NOMBRE?$
15			

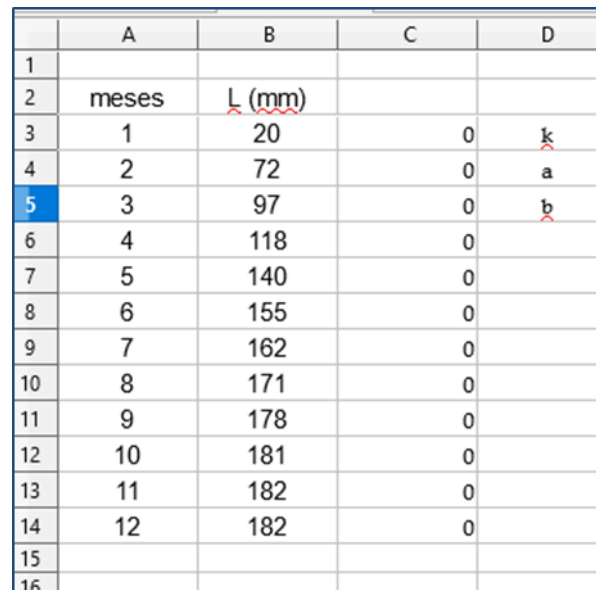
6. En las celdas D3 a D5 escriba los parámetros k, a y b de la ecuación.



The screenshot shows the Microsoft Calc interface with the data table. Column C contains the formula $\#¿NOMBRE?$ for rows 3 to 14. Column D contains the parameters k, a, and b for rows 3, 4, and 5 respectively.

	A	B	C	D
1				
2	meses	L (mm)		
3	1	20	$\#¿NOMBRE?$	k
4	2	72	$\#¿NOMBRE?$	a
5	3	97	$\#¿NOMBRE?$	b
6	4	118	$\#¿NOMBRE?$	
7	5	140	$\#¿NOMBRE?$	
8	6	155	$\#¿NOMBRE?$	
9	7	162	$\#¿NOMBRE?$	
10	8	171	$\#¿NOMBRE?$	
11	9	178	$\#¿NOMBRE?$	
12	10	181	$\#¿NOMBRE?$	
13	11	182	$\#¿NOMBRE?$	
14	12	182	$\#¿NOMBRE?$	
15				

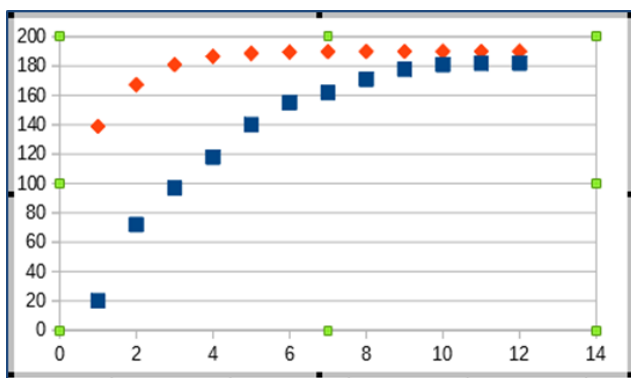
7. Coloque el cursor en la celda E3 presione las teclas Ctrl F3, de clic en añadir, escriba k, luego en aceptar para definir el nombre k. Repita el procedimiento en la celda E4 y E5 para los parámetros a, b.



The screenshot shows the Microsoft Calc interface with the data table. Column C contains the formula $\#¿NOMBRE?$ for rows 3 to 14. Column D contains the parameters k, a, and b for rows 3, 4, and 5 respectively.

	A	B	C	D
1				
2	meses	L (mm)		
3	1	20	0	k
4	2	72	0	a
5	3	97	0	b
6	4	118	0	
7	5	140	0	
8	6	155	0	
9	7	162	0	
10	8	171	0	
11	9	178	0	
12	10	181	0	
13	11	182	0	
14	12	182	0	
15				
16				

8. De doble clic sobre el gráfico y luego clic derecho, en el intervalo de datos cambie: \$Hoja1.\$A\$3:\$B\$14 por \$Hoja1.\$A\$3:\$C\$14



Automatización del proceso (método de mínimos cuadrados).

9. Cree una nueva columna con la diferencia cuadrada de los datos obtenidos en las celdas B y C. Coloque en el cursor en F3 y teclee $= (B3 - C3)^2$. Copie esta fórmula en el resto de la columna.

	A	B	C	D	E	F
1						
2	meses	L (mm)				
3	1	20	138,9011299	k	190	14137,4787
4	2	72	167,3514448	a	1	9091,898028
5	3	97	180,9890841	b	1	7054,166247
6	4	118	186,5826201			4703,575781
7	5	140	188,7283583			2374,452905
8	6	155	189,5302016			1192,334823
9	7	162	189,8269003			774,3363788
10	8	171	189,9362835			358,5828319
11	9	178	189,976555			143,4378704
12	10	181	189,9913744			80,84481369
13	11	182	189,9968267			63,94923775
14	12	182	189,9988326			63,98132307
15						
16						

10. En la celda F603, calcule la suma de las diferencias de los cuadrados

	A	B	C	D	E	F
1						
2	meses	L (mm)				
3	1	20	138,9011299	k	190	14137,4787
4	2	72	167,3514448	a	1	9091,898028
5	3	97	180,9890841	b	1	7054,166247
6	4	118	186,5826201			4703,575781
7	5	140	188,7283583			2374,452905
8	6	155	189,5302016			1192,334823
9	7	162	189,8269003			774,3363788
10	8	171	189,9362835			358,5828319
11	9	178	189,976555			143,4378704
12	10	181	189,9913744			80,84481369
13	11	182	189,9968267			63,94923775
14	12	182	189,9988326			63,98132307
15						40039,03894
16						

11. En la celda del punto anterior de clic en Herramientas, Solucionador, luego de clic en la casilla Mínimo, asegúrese que la celda objetivo tenga la suma de las diferencias de los cuadrados, enseguida en la opción Cambiando las celdas, seleccione E3 a E5, luego vaya a Opciones y Escoja Algoritmo solucionador, Solver no lineal de cúmulos de LibreOffice, Aceptar

Solver

Celda objetivo:

Optimizar resultados a: ☐ Máximo ☒ Mínimo ☐ Valor de

Cambiando las celdas:

Condiciones limitantes

Referencia de celda	Operador	Valor
\$E\$3	<input "="" type="text" value="<="/>	180
\$E\$4	<input "="" type="text" value="<="/>	5
\$E\$5	<input "="" type="text" value="<="/>	2
	<input "="" type="text" value="<="/>	

Opciones

Algoritmo del solucionador:

Configuración:

☒ Algoritmo de cúmulos (0: evolución diferencial, 1: optimización del cúmulo de partículas): 2

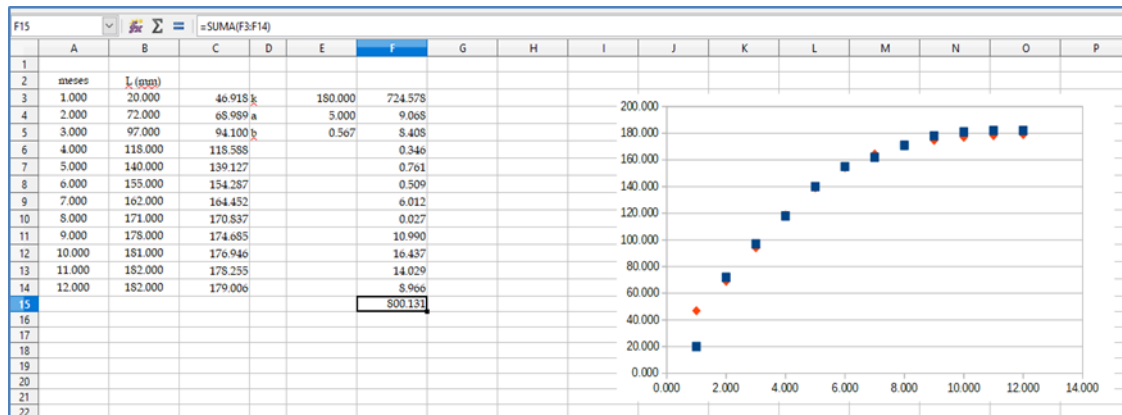
☐ Asumir variables como enteros

☒ Asumir variables como no negativas

Solucionar límite de tiempo (segundos):

Editar configuración

Algoritmo de cúmulos (0: evolución diferencial, 1: optimización del cúmulo de partículas)



Por lo que el modelo es:

$$f(x) = \frac{180}{1 + 5 * e^{-0.567x}}$$

Conclusiones

Las nuevas tecnologías requieren un acercamiento diferente, basado en el planteamiento de problemas y la interacción con las herramientas tecnológicas. Si bien la hoja de cálculo puede utilizarse para resolver muchos problemas, muchas veces el enfoque resulta diferente del usual, ya que las técnicas para plantear un problema con y sin la hoja de cálculo son distintas. Por ejemplo, una función lineal puede plantearse mejor en una hoja de cálculo cuando se aborda con base en sus cambios (lineal = cambios constantes). En general, el trabajo que se realiza con la hoja de cálculo muestra que ésta es una herramienta adecuada para la realización de las relaciones recursivas. Otro tema que se adapta sin problemas a la hoja de cálculo es el de las funciones exponenciales, cuando se emplean para establecer un modelo de una situación real.

La utilización de un software diferente requiere de un análisis detallada de cada una de las herramientas presentes y posteriormente su ade-

cuación al problema que se desea resolver. Calc presenta diferencias significativas con relación a la hoja de cálculo clásica; el Excel, sin embargo, en la actualidad Office se tiene como una plataforma de paga por lo que la compra de licencias es algo que no se tiene con LibreOffice, por lo que el tiempo que se utilice para su aprendizaje es algo que compensa lo anterior.

Referencias Bibliográficas

- Aliane, N. 2010. Data acquisition and real-time control using spreadsheets: Interfacing Excel with external hardware. *ISA T.* 49, 264-269.
- Cheetanteri, G.; Cheng, H. 2009. Spreadsheet-based interactive design and analysis of mechanism using Excel and Ch. *Adv. Eng. Softw.* 40, 274-280.
- Chehab, A., El-Hajj, A., Al-Husseini, M., Artail, H. 2004. Spreadsheets in electrical engineering: A review. *Int. J. Engng. Ed.* 20, 902-908.
- El-Fadel M., Bsat R., Adada M. 2004. Use of spreadsheets in environmental education: An application for solid waste management. *Int. J. Engng. Ed.* 20, 909-919.

- Hill A. 1990. Using a spreadsheet program for frequency response analysis. *ISA T.*, 29 (59-70).
- Lowry G., Thomas S. 2010. Spreadsheet-based calculation tool for direct daylight illuminance adaptable for different glazing properties and sky models. *Build. Environ.* 45, 1081-1086.
- Mendoza J.; Belman J.; Navarro J.. 2013. Manejo de Microsoft Excel en el modelado y simulación de sistemas térmicos. Memorias del XXVIII congreso nacional de termodinámica y tercer simposio nacional de fisicoquímica. Pp 561 - 570
- Ulloa, J.; Benítez, A.; Rodríguez, G. 2008. Modelos Alométricos e Isométricos en Mojarra y Lobina con apoyo de tecnología. *Acta Pesquera* No. 1, pp 67 - 82
- Ulloa, J.; Ortega, M.; Rodríguez, G.; Benítez, A. 2015. Modelos matemáticos no lineales del crecimiento de la Carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). *Acta Pesquera* 2, pp 44 - 54
- Ulloa, J.; Arrieta, J.; Benítez, A. 2015. Alternativas para la elaboración de modelos matemáticos. *Acta Pesquera* 1 impresa, pp 42, 57
- Ulloa, J.; Grijalva, F.; Arrieta, J.; Ortega. 2017. Tratamiento del modelo de Richards. *Acta Pesquera* impresa 6, pp 51 - 59
- Valderrama, B.; Mariano J. (1995), Modelos Matemáticos en las Ciencias Experimentales. Ediciones Pirámide, Madrid.



**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA
LISA BLANCA *Mugil curema*
(VALENCIENNES, 1836) (PERCIFORMES:
MUGILIDAE) DEL SISTEMA ESTUARINO
DE SAN BLAS, NAYARIT, MÉXICO**

REPRODUCTIVE ASPECTS OF THE WHITE
MULLET *Mugil curema* (VALENCIENNES,
1836) (PERCIFORMES: MUGILIDAE) OF THE
ESTUARINE SYSTEM OF SAN BLAS,
NAYARIT, MEXICO

Israel Sánchez-Venegas¹, Iram Zavala-Leal²,
Deivis Palacios-Salgado², Mariana Mena-
Alcántar³, Juan Ramón Flores-Ortega², Jasmín
Granados-Amores², Juan Manuel Pacheco-
Vega², Francisco Valdez-González² y Juan
González-Hermoso²

¹ Programa de Maestría en Ciencias Biológico
Agropecuarias, Universidad Autónoma de
Nayarit.

² Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera.
Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera
Los Cocos Km. 12, Bahía de Matanchén, 63740
San Blas, Nayarit. ziram28@hotmail.com

³ Programa de Doctorado en Ciencias Biológico
Agropecuarias, Universidad Autónoma de
Nayarit.

Recibido: 03 de marzo de 2018

Aceptado: 27 de mayo de 2018

RESUMEN

México es uno de los diez países más productivos de mugílidos en el mundo. Estos se capturan en pesquerías de subsistencia y algunas especies son explotadas por pesquerías comerciales locales y regionales. Para el sistema estuarino de San Blas, Nayarit, no existe estudio actual sobre reproducción de *Mugil curema*. Las muestras utilizadas en el presente estudio fueron obtenidas de la zona

estuarina de San Blas, Nayarit. Se recolectaron un total de 446 organismos, de los cuales 142 fueron hembras, 292 machos y 12 indiferenciados. A lo largo del ciclo de muestreo predominaron los machos y la proporción sexual para la población total fue de 1:045 (M:H). La relación peso-longitud de *M. curema* mostró que tiene crecimiento alométrico negativo. De acuerdo al índice gonadosomático, existen tres periodos de maduración y desove, siendo el mayor en abril. El factor de condición no presentó relación alguna con el índice gonadosomático y el índice hepatosomático.

Palabras clave: Reproducción, Índice gonadosomático, proporción sexual, relación peso-longitud, crecimiento alométrico.

ABSTRACT

Mexico is one of the ten most productive countries of mugilids in the world. These are caught in subsistence fisheries and some species are exploited by local and regional commercial fisheries. For the estuarine system of San Blas, Nayarit, there is no current study on the reproduction of *Mugil curema*. The samples used in the present study were obtained from the estuarine zone of San Blas, Nayarit. A total of 446 organisms were collected, of which 142 were female, 292 males and 12 undifferentiated. The males predominated throughout the sampling cycle and the sex ratio for the total population was 1: 045 (M: H). The weight-length relationship of *M. curema* showed that it has negative allometric growth. According to the gonadosomatic index, there are three maturation and spawning periods, the highest in April. The condition factor had no relation to the gonadosomatic index and the hepatosomatic index.

Keywords: Reproduction, gonadosomatic index, sexual ratio, weight-length ratio, allometric growth.

INTRODUCCIÓN

Existen aproximadamente 75 especies de mugílidos que habitan en mares cálidos y templados de todo el mundo (Nelson *et al.*, 2016). A nivel mundial México se encuentra entre los diez principales países productores de mugílidos, mientras que a nivel nacional esta pesquería ocupa el lugar número 17 con respecto a la producción total (SAGARPA, 2013). En México las especies de mugílidos que sustentan la pesquería son *Mugil curema* y *M. cephalus*. En el Océano Pacífico la lisa blanca *Mugil curema* se distribuye desde el Golfo de California hasta Chile (Harrison, 1995), en tanto que en Océano Atlántico desde Cabo Cod hasta Brasil (Yáñez-Arancibia, 1976). En las costas del Pacífico mexicano es más abundante al norte del Golfo de California, Sinaloa y Nayarit, mientras que en el Golfo de México es más abundante en Tamaulipas y Tabasco (SAGARPA, 2013). Esta especie pasa la mayor parte de su ciclo biológico en aguas protegidas con fondos lodosos y arenosos (SEPESCA, 1987). Debido a su capacidad eurihalina llega a penetrar aguas continentales (Castro-Aguirre, 1981 y Harrison, 1995) y pueden sobrevivir en agua dulce pero no se reproducen (Eccles, 1992). En la zona costera de San Blas, Nayarit, la lisa blanca *M. curema* ha sido reportada en el estero San Cristóbal, el sistema Pozo-Rey, Bahía Matanchén y cuerpos adyacentes de agua salobre y dulce (Villaseñor-Talavera, 1988). Su dieta se basa en el consumo de microorganismos asociados con detritos del fondo, ingiriendo grandes cantidades de sedimento y filtrándolo en su órgano faríngeo (Yáñez-Arancibia, 1976).

Los índices morfofisiológicos han mostrado ser buenos indicadores de los eventos reproductivos en peces y se utilizan con frecuencia para determinar aspectos reproductivos (Abascal *et al.*, 2004; González-Castro y Minos, 2016). El índice gonadosomático es un estimador eficiente del estado fisiológico de las gónadas, su variación mensual se ha empleado con certeza para definir el periodo reproductivo en *Mugil curema* (González-Castro *et al.*, 2011). Estudios realizados sobre aspectos reproductivos de la familia Mugillidae muestran comúnmente que el índice gonadosomático presenta un pico anual y puede ser correlacionado con un solo periodo de desove al año, esto se ha reportado para especies de los géneros: *Liza*, *Valamugil*, *Mugil* y *Rhinomugil* (González-Castro y Minos, 2016). Sin embargo, también se han reportado la presencia de dos picos del índice gonadosomático; lo cual se ha relacionado con ovarios en fases de madurez avanzada, en algunas especies de estos mismos géneros como en *Liza parsia* en Bangladesh (Rheman *et al.*, 2002), *M. curema* en Brasil (De Oliveira *et al.*, 2011) y *M. liza* en Argentina (González-Castro *et al.*, 2011).

En el sistema estuarino de San Blas, Nayarit, *M. curema* desova de abril a julio de acuerdo con lo reportado por Villaseñor-Talavera (1988). Sin embargo, pescadores de la región manifiestan que esta especie se encuentra enhuevada (ovígera) prácticamente durante todo el año. En ese sentido, el objetivo de este trabajo es describir aspectos reproductivos de la lisa blanca en el sistema estuarino de San Blas, con la finalidad de obtener información actualizada que permitan establecer estrategias de manejo en la captura de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron alrededor de 30 muestras mensualmente durante agosto de 2015 a julio de 2016 de la pesquería comercial que opera en la zona estuarina de San Blas, Nayarit. De cada organismo se determinó la longitud total, longitud patrón, peso total, peso eviscerado, peso de la gónada, peso del hígado y se determinó el sexo de manera macroscópica. Para este estudio se determinaron la proporción sexual, relación peso-longitud y los índices morfofisiológicos.

La proporción sexual se determinó para cada mes de muestreo y para el total de las muestras. Para determinar si esta es diferente a 1:1 se aplicó un análisis de Chi-cuadrada (χ^2). La relación peso-longitud se determinó para el total de la población y por sexos, de acuerdo con la ecuación $W=aL^b$ (Froese, 2006). Para determinar el tipo de crecimiento se comparó el valor de b con el valor hipotético de isometría, a través de la prueba *t-Student* (Zar, 1999). Finalmente, se estimaron los índices morfofisiológicos como el índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y factor de condición (K) de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$IGS = (W_g/W_e) * 100$$

$$IHS = (W_h/W_e) * 100$$

$$K = (W_t/L_t^b) * 100$$

Donde: W_g es el peso de la gónada (g), W_e peso del pez eviscerado (g), W_h peso del hígado (g), W_t peso total del pez (g), L_t longitud total (cm) y b coeficiente de alometría.

Debido a que estos índices sirven como indicadores del grado de desarrollo gonadal, el ciclo reproductivo de la especie fue estimado a través de la variación de estos índices.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 446 organismos de los cuales 142 fueron hembras, 292 machos y 12 indiferenciados. El intervalo de tallas registradas para hembras fue de 18 a 35.8 cm de longitud total (L_t) y de 55.9 a 344.5 g de peso, mientras que para machos fue de 16.3 a 28.8 cm de L_t y 44.8 a 201 g. De acuerdo a la talla para cada sexo, se observó que las hembras son más grandes ($p < 0.05$). De acuerdo a la proporción sexual se observó mayor cantidad de machos, sin embargo, solo en los meses de diciembre y de febrero a junio la proporción sexual fue diferente de 1:1. La proporción sexual total (1:0.45 M:H) también fue diferente de 1:1 con una $\chi^2 = 114.35$ y una $p = 0.000$ (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de sexos M:H de lisa blanca *Mugil curema* en el sistema estuarino de San Blas, Nayarit. Hembras (H), machos (M), indiferenciados (I), ji cuadrada (χ^2) y significancia estadística (P).

Meses	M	H	M:H	χ^2	p
Ago	13	17	1:1.31	0.533	0.467
Sep	15	13	1:0.87	0.143	0.708
Oct	8	24	1:1.75	1.636	0.2
Nov	12	14	1:1.17	0.154	0.699
Dic	24	8	1:0.33	8	0.005*
Ene	15	13	1:0.87	0.143	0.708
Feb	28	8	1:0.29	11.111	0.001*
Mar	45	9	1:0.20	24	0.000*
Abr	36	17	1:0.47	6.811	0.009*
May	30	5	1:0.17	17.857	0.000*
Jun	45	1	1:0.02	42.087	0.000*
Jul	21	13	1:0.62	1.882	0.17
Total	292	142	1:0.45	60.38	0.000*

La relación peso-longitud mostró un crecimiento de tipo alométrico negativo para el total de las muestras (Fig. 1). El valor de la pendiente ($b=2.7452$) fue estadísticamente menor al valor hipotético de isometría que es igual a 3 ($t=1.965$, $p=0.017$).

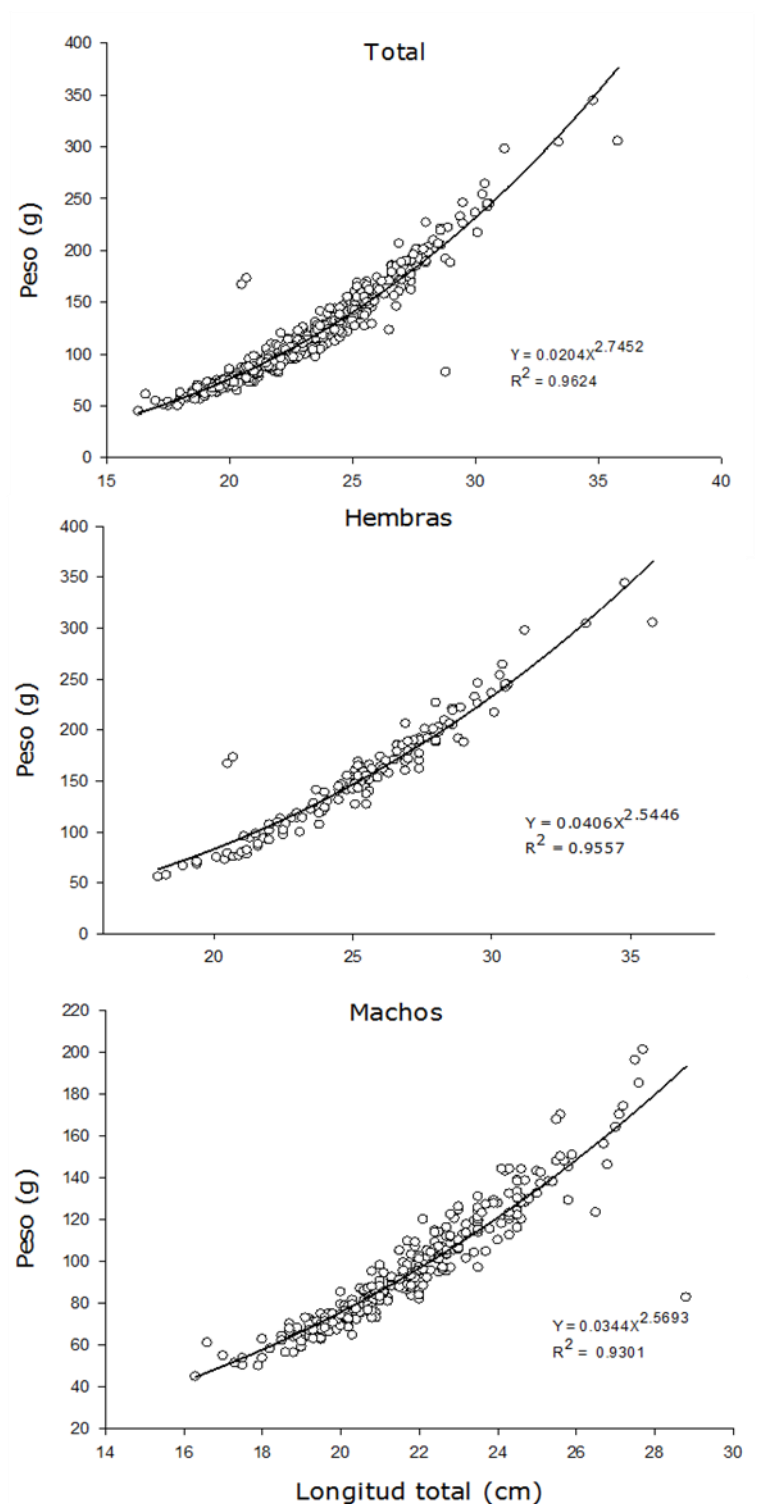


Figura 1. Relación peso-longitud de la lisa blanca *Mugil curema* del sistema estuarino de San Blas, Nayarit.

Del mismo modo se observó este tipo de crecimiento en hembras ($b=2.5446$, $t=1.977$, $p=0.000$) y machos ($b=2.5693$, $t=1.968$, $p=0.007$) (Fig. 1).

Los valores más altos del índice gonadosomático en hembras ocurrieron en diciembre, abril, mayo y julio (Fig. 2). De acuerdo al comportamiento del patrón que muestra este índice, se consideraron tres periodos de maduración y desove. El primero

en diciembre, el segundo en abril y mayo, el cual fue el más alto, y el tercero en julio. Los patrones observados para los machos son muy similares a los de las hembras, los valores más altos los obtuvieron en marzo, abril, mayo y junio y un incremento en diciembre (Fig. 2). Se observó que existe una sincronía entre los periodos de maduración de hembras y machos. El periodo de mayor intensidad en términos de madurez sexual se presentó durante marzo, abril y mayo.

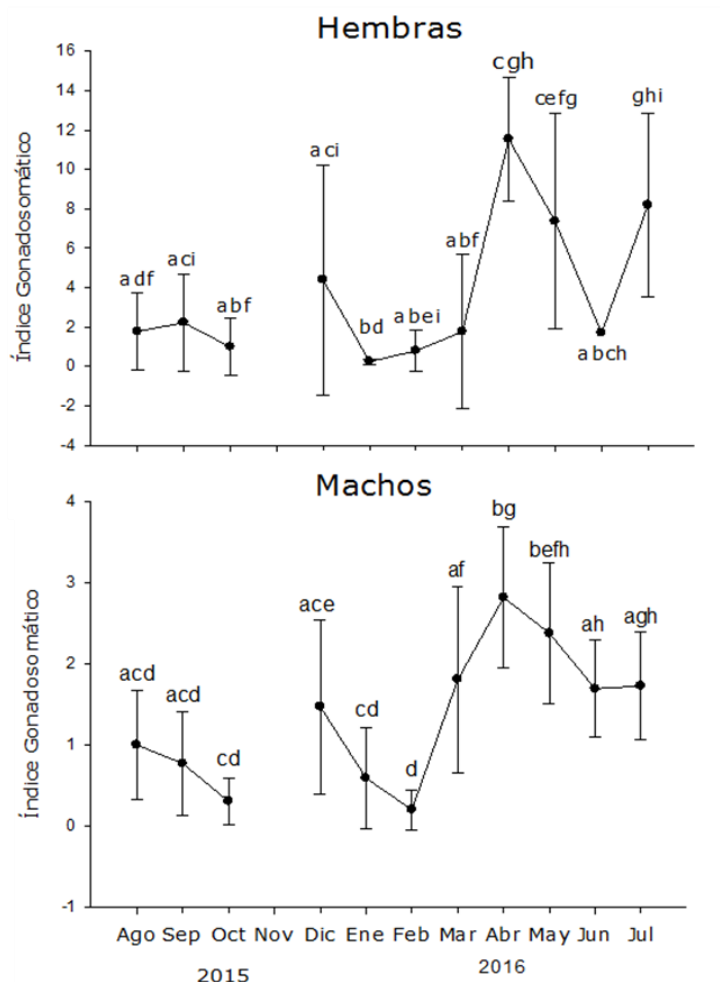


Figura 2. Índice gonadosomático de la lisa blanca *Mugil curema* del sistema estuarino de San Blas, Nayarit. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p<0.05$).

El índice hepatosomático presentó un patrón de comportamiento muy similar entre sexos, con los valores más altos en agosto, febrero abril y julio (Fig. 3). Sin embargo, estos valores altos del IHS solo se relacionan con índice gonadosomático en los meses de abril y julio

(Fig. 4). El factor de condición (K) presentó grandes variaciones a lo largo del muestreo. Entre sexos presentó un patrón medianamente similar. Sin embargo, no se observó alguna relación clara con respecto a los otros índices.

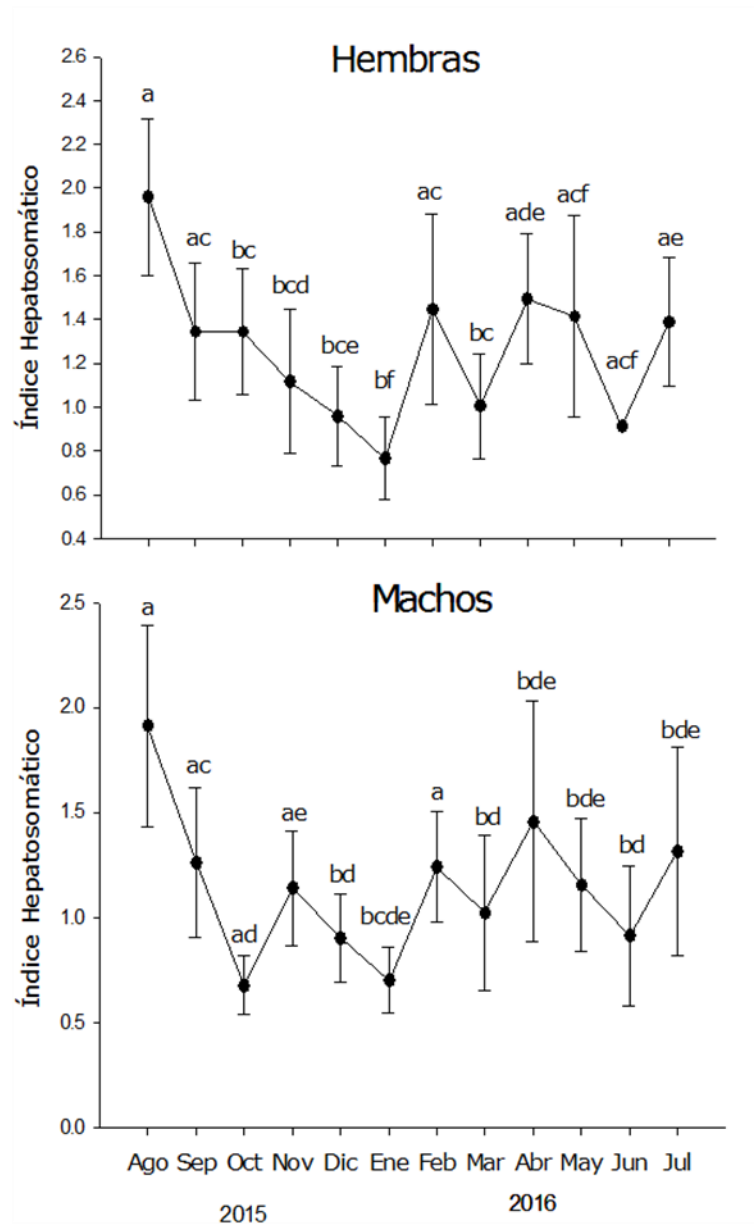


Figura 3. Índice hepatosomático de la lisa blanca *Mugil curema* del sistema estuarino de San Blas, Nayarit. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

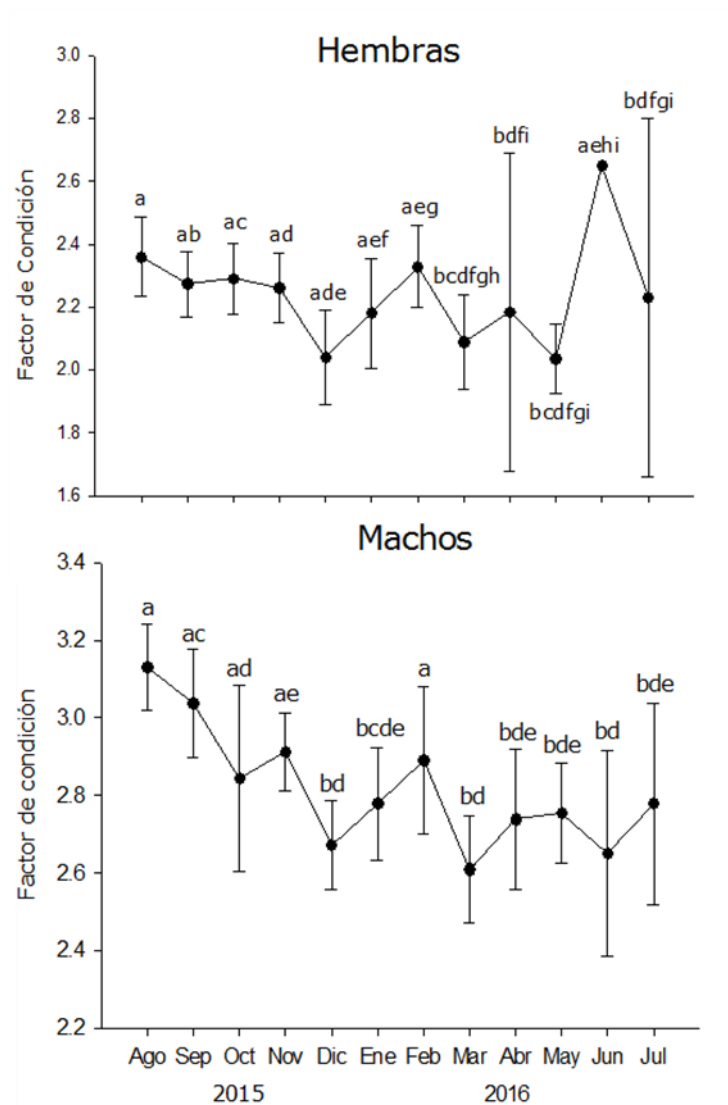


Figura 4. Factor de condición de la lisa blanca *Mugil curema* del sistema estuario de San Blas, Nayarit. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

En cuanto a la talla por sexos, se observó que las hembras presentan mayor longitud total y peso que los machos al igual que en otros sistemas costeros. Esta característica se ha reportado como común en mugílidos (Ibáñez-Aguirre y Gallardo-Cabello, 2004; Albieri, 2009; De Oliveira *et al.*, 2011). Esta misma estrategia ha sido observada en diferentes especies. Nikolsky (1963), sugiere que las hembras alcanzan mayor longitud como una estrategia reproductiva debido a que esto les permite producir una mayor cantidad de huevos.

La proporción sexual puede variar considerablemente entre especies, pero en la mayoría de ellas la tendencia es de 1:1, aunque también se pueden presentar diferencias entre poblaciones (Nikolsky, 1963). Para esta misma especie se ha reportado una mayor cantidad de hembras que de machos en diferentes zonas. Villaseñor-Talavera (1988) reportó una proporción sexual de 1:1.58 M:H. En la zona de San Blas, Nayarit. Ibáñez-Aguirre y Gallardo-Cabello (2004) en el Golfo de México determinaron una proporción de 1:1.4 H:M. Lucano-Ramírez y Michel-Morfin (1997), reportaron una proporción sexual de 1:1.6 H:M. Mientras que Cabral-Solís *et al.* (2010) reportaron una proporción sexual de 0.63:1 M:H y Molina-Arenas (2014) reportó una proporción sexual de 0.29:1 M:H. En el presente trabajo la proporción de *Mugil curema* fue de 1:0.45 M:H para la población total. Nikolsky (1963) menciona que se pueden encontrar diferencias en cuanto a la proporción sexual entre poblaciones, o bien, la proporción sexual puede variar durante el ciclo de vida por cambios de factores ambientales, disponibilidad de alimento, mortalidad, entre

otros, los cuales actúan de manera diferente en los individuos de cada sexo.

El análisis de la relación longitud-peso permite medir variaciones en un pez o grupos de peces, como indicador de las condiciones alimentarias y el desarrollo gonadal (Sparre y Venema, 1997; Márcano *et al.*, 2002). Además, describe el crecimiento relativo en peso (Gómez y Guzmán, 1998). En el presente trabajo se observó que los organismos presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo. Lo cual coincide con Gil-López *et al.*, (2006) y Ramos-Santiago *et al.*, (2010) que estimaron un crecimiento tipo alométrico negativo para *M. cephalus* en Oaxaca y Chiapas. Sin embargo, resultados diferentes fueron reportados por Hernández-Montaña *et al.*, (2006) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca y por Briones-Ávila (1998) en el sistema lagunar de Agua Brava, Nayarit. Las diferencias en cuanto al tipo de crecimiento pueden estar relacionadas con la variabilidad ambiental y la disponibilidad de alimento en las lagunas costeras, deltas de ríos y áreas de manglares estuarinos, que han sido identificadas como factores importantes que determinan el crecimiento y el reclutamiento de organismos juveniles de las especies de la familia Mugilidae (Yáñez-Arancibia 1976; Baumar *et al.*, 2003).

De manera general se han empleado los índices morfofisiológicos como indicadores cuantitativos para caracterizar la actividad reproductiva. Dentro de estos, el índice gonadosomático es el más utilizado. Este se basa en la relación entre el peso de la gónada con respecto al peso total del organismo (Bolger y Connolly, 1989).

Debido a que existe una relación directa con el grado de desarrollo gonádico, su máximo valor ocurre inmediatamente antes del desove (Arellano-Martínez y Ceballos-Vázquez, 2001; Barcellos *et al.*, 2002; Saborido, 2004). La mayor actividad reproductiva se asocia con los valores más altos del índice, mientras que los valores mínimos se relacionan con épocas de reposo (Htun-Han, 1978). En el presente trabajo el índice gonadosomático para ambos sexos presentó un patrón similar, lo que sugiere que el proceso de maduración y desove está en sincronía en ambos sexos, a su vez el índice gonadosomático presentó los valores más altos en abril y mayo. Molina-Arenas (2014) reporta que en la Laguna Barra de Navidad (sur de Jalisco) los valores más altos se presentan en abril y noviembre. Lucano-Ramírez y Michel-Morfín (1997), reportaron valores pico en marzo y julio en la Laguna Agua Dulce (norte de Jalisco), mientras que Cabral-Solís *et al.* (2010) en la laguna de Cuyutlán (Colima) afirman que los valores máximos del índice gonadosomático ocurrieron en febrero y agosto. En la laguna de Tamiahua, Veracruz, los máximos valores del IGS se presentaron en febrero y mayo (Ibáñez-Aguirre y Gallardo-Cabello, 2004). Con lo anterior se puede inferir que la temporada de reproducción de la especie depende de las condiciones climáticas de la región, latitud, entre otros factores.

El IH y K se han utilizado para evaluar la condición de los peces y a la vez, para relacionar esta condición con el ciclo reproductivo. Diversos estudios han utilizado estos índices en conjunto con el IG, para evaluar la capacidad reproductiva (Abascal *et al.*, 2004; Kanak y Tachihara, 2008), debido a que la vitelogenesis y la gametogenesis

movilizan la energía y grasa corporal (Abascal *et al.*, 2004; Kanak y Tachihara, 2008). El índice hepatosomático (IH) indica la relación porcentual del peso del hígado con el peso eviscerado del pez. En el presente estudio los valores más altos del índice se aprecian en agosto, septiembre, noviembre, febrero, abril y julio para ambos sexos, esto sugiere que en los meses antes mencionados representa mejor bienestar del pez. En cuanto al periodo de mayor grado de reproducción, se observó que el IH coincide con el IG principalmente en el mayor pico del evento reproductivo que es entre los meses de abril y mayo. Del mismo modo, Albieri y Araújo (2010) reportan una relación positiva entre el IH y el IG. Esto es atribuido a que, durante la maduración sexual, los oocitos en las gónadas incrementan en volumen y peso por la incorporación de vitelogenina, la cual se sintetiza y posteriormente se moviliza desde el hígado (Wootton, 1990).

La mayoría de los estudios reportan valores máximos del factor de condición (K) que coinciden con la mayor presencia de individuos con gónadas maduras. Los valores máximos de K se observaron en los periodos de desove avanzados para *Mugil curema*, esto ha sido observado por Albieri *et al.* (2010a) y Albieri *et al.* (2010b). Cabral Solís *et al.* (2010) mencionan que los factores de condición de Fulton y Safran, incrementaron de diciembre a marzo, al final de la época de desove, en el tiempo en que la fatiga física es mayor y el peso y las reservas de ácidos grasos disminuyen. En la presente investigación, el factor de condición no está asociado con el índice gonadosomático. Esto puede sugerir que la reproducción no afecta a la condición del organismo.

De acuerdo al patrón observado del índice gonadosomático en el sistema estuarino de San Blas, Nayarit, *Mugil curema* presenta tres periodos de maduración y desove al año.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

- Abascal, F. J., Megina, C. y Medina, A. (2004). Testicular development in migrant and spawning bluefin tuna (*Thunnus thynnus* (L.)) from the eastern Atlantic and Mediterranean. *Fishery Bulletin*, 102:407-417.
- Albieri, R. J. (2009). Biología reproductiva da *tainha* *Mugil liza* Valenciennes e do parti *Mugil curema* Valenciennes (Actinopterygii, Mugilidae) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil. Tesis de Maestría, Universidade Federal Rural Do Rio de Janeiro. Instituto de Biología., Brasil.
- Albieri, R. J y Araújo, F. G. (2010). Reproductive biology of the mullet *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in a tropical Brazilian bay. *Zoología*, 27(3):331-340.
- Albieri, R. J., Araújo, F. G. y Ribeiro, T. P. (2010a). Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *Journal of Applied Ichthyology*, 26:105-109.
- Albieri, R. J., Araújo, F. G. y Uehara, W. (2010b). Differences in reproductive strategies between two co-occurring mullets *Mugil curema* Valenciennes 1836 and *Mugil liza* Valenciennes 1836 (Mugilidae) in a tropical bay. *Tropical Zoology*, 23:51-62.
- Arellano-Martínez, M. A y Ceballos-Vázquez, B. P. (2001). Reproductive activity and condition index of *Holocanthus passer* (Teleostei: Pomacanthidae) in the Gulf of California, México. *Revista Biología Tropical*, 49(3):865-869.
- Barcellos, L. J. G., Wassermann, G. F., Scott, A. P., Woehl, V. M., Quevedo, R. M., Ittész, I., Krieger, M. H. y Lulhier, F. (2002). Plasma steroids concentrations in relation to the reproductive cycle of culture male *Rhamdia quelen*. *Journal Fishery Biology*, 61:751-763.
- Baumar, J. M. E., Quintero, A., Bussière, D. y Dodson, J. J. (2003). Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fisheries Bulletin*, 101 (4):809-821.
- Bolger, T. y Connolly, P. L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal Fishery Biology*, 34:71-182.
- Briones-Ávila, E. (1998). Biología y pesquería de *Mugil cephalus* en la Laguna de Agua Brava, Nayarit, durante 1992-1994. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa., México. 67 pp.
- Cabral-Solís, E. G., Gallardo-Cabello, M., Espino-Barr, E. y Ibáñez-Aguirre, L. (2010). Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from the Cuyutlán lagoon, in the Pacific coast of México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14(3):19-32.
- Castro-Aguirre, J. L. (1981). Especies de la familia Scyliorhinidae (Elasmobranchii: Galeoidea), de la costa occidental de México, con especial referencia a *Cephalurus cephalus* (Gilbert). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, 24:71-93.

- De Oliveira, M. R., Dos Santos Costa, E. F. y Chellappa, S. (2011). Ovarian development and reproductive period of White mullet, *Mugil curema* in the coastal waters of Northeastern Brazil. *Animal Biology*, 2 (4):199-212.
- Eccles, D. H. (1992). FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the freshwater fishes of Tanzania. Prepared and published with the support of the United Nations Development Programme (project URT/87/016). FAO, Rome. 145 pp.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22,241-253
- Gil-López, H. A., Náfate-Sarmiento, S. y Labastida-Che, A. (2006). Evaluación de la pesquería de escama (*Mugil cephalus*, *Cynoscion phoxocephalus* y *Micropogonias ectenes*) en el Sistema Lagunar Huave del estado de Oaxaca. Informe de Investigación (documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Sur. Instituto Nacional de la Pesca. 49 pp.
- Gómez, G y R. Guzmán. (1998). Relación longitud-peso y talla de madurez de la petota *Umbrina coroides*, en el norte del Estado Sucre, Venezuela. FONAIAPCIAE Sucre Nueva Esparta. *Zoología Tropical*, 16 (2):267-276
- González-Castro, M. y Minos, G. (2016). Sexuality and reproduction of mugilidae. In: *Biology, ecology and culture of grey mullets (mugilidae)*. Crosetti D. y Blaber, S. Eds. CRC Press. 523 pp.
- González-Castro, M., Macchi, G. J. y Cousseau, M. B. (2011). Studies on reproduction of the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 (Actinopterygii, Mugilidae) from the Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina: Similarities and differences with related species. *Italian Journal of Zoology*, 78 (3):343-353.
- 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.
- Hernández-Montaña, D., Gil-López, H. A., Martínez-Magaña, V. H., Morales-Pacheco O., Labastida-Che A., Martínez-Morán, N. A. y Ramírez-Gutiérrez J. M., (2006). Bases técnicas y sociales para la implementación del plan de manejo de las especies de escama y jaiba del Sistema Lagunar, Mar Muerto, Oaxaca y Chiapas, México. Informe de Investigación (documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera Salina Cruz, Oaxaca.132pp.
- Htun-Han, M. (1978). The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L) in the North Sea: gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal Fishery Biology*, 13:369-378.
- Ibáñez-Aguirre, A. L. y Gallardo-Cabello, M., (2004). Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae) from coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 75(1):37-49.
- Kanak, M. K. y Tachihara, K. (2008). Reproductive biology of common silver biddy *Gerres oyena* in Okinawa Island of southern Japan. *Fishery Science*, 74:265-275.
- Lucano-Ramírez, G y Michel-Morfín, J. E. (1997). Ciclo reproductivo y aspectos poblacionales de *Mugil curema* (Valenciennes 1836) (Pisces:Mugilidae) en la laguna costera Agua Dulce, Jalisco, México. *Oceanología*, 1(3):105-115.

- Marcano, L., Alió, J. y Altuve, D. (2002). Biometría y talla de primera madurez de la tonquicha, *Cynosción jamaicensis*, de la costa norte de la península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zoología Tropical*, 20 (1):83-109
- Molina-Arenas E. G. (2014). Biología reproductiva de la lisa *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en la laguna Barra de Navidad, Jalisco, México. Tesis licenciatura, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara., México.
- Nelson, J. S., Grande T. C. y Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World* (5th edition). John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 752 pp.
- Nikolsky, G. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press. New York. 185-187 pp.
- Ramos-Santiago, E., Gil-López, H. A., Labastida-Che, A. y Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Ciencia Pesquera*, 18:79-89.
- Rheman, S., Islam, M. L., Shah, M. M. R., Mondal, S. y Alam, D. M. J. (2002). Observation on the fecundity and gonadosomatic index (GSI) of grey mullet *Liza parsia* (Ham.). *Online Journal Biology, Science*. 2:690-693.
- Saborido, F. (2004). *Ecología de la Reproducción y Potencial Reproductivo en las Poblaciones de Peces Marinos*. Instituto de Investigaciones Marinas., 71 pp.
- SAGARPA. (2013). *Anuario Estadístico Pesquero*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Disponible en: <http://www.conapesca.sagarpa>.
- SEPESCA, (1987). *Pesquerías Mexicanas*, estrategias para su administración. Secretaría de Pesca, México. 1160 pp.
- Sparre, P. y Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Parte 1. FAO Documento Técnico de Pesca 306.1 Rev. 2, Santiago, 420 pp.
- 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.
- Wootton, R. J. (1990). *Ecology of teleost fishes*. Department of Biological Sciences, University College of Wales. Chapman y Hall press, London. 404 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.
- Zar, J. H. (1999). *Bioestatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, EU. 663p.



Efecto del descascarillado de semillas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) sobre antinutrientes, parámetros hematológicos y desempeño productivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Effect of dehulled of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds in antinutrients, haematological parameters and productive performance of tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Francisco Valdez-González^{*1,2}, Iram Zavala-Leal^{1,2}, Marcial Ruiz-Velazco^{1,2}, Juan Pacheco-Vega^{1,2}, Juan González-Hermoso¹, Breidy Cuevas-Rodríguez¹, Iván Díaz-Vázquez² y Arturo Polanco-Torres³

¹Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera a Los Cocos km. 12, Bahía de Matanchén San Blas, Nayarit, México.

²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras - Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, km 9 C.P. 63780, Xalisco, Nayarit.

³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México.

Recibido: 03 de abril de 2018

Aceptado: 30 de mayo de 2018

Resumen

La alimentación representa aproximadamente el 70% de los costos de producción en el cultivo de tilapia, por lo que una línea prioritaria de investigación es la sustitución de la harina de pescado por subproductos agroindustriales de bajo costo. La semilla de jaca (*Artocarpus heterophyllus*), puede ser

utilizada como una fuente proteínica alternativa en la elaboración de alimentos para peces, ya que contiene hasta 20 % de proteína. Se elaboró una dieta control (DC), una dieta que contenía harina con semilla de jaca integral (SJI) y otra con harina con semilla descascarillada de jaca (SYD). Se utilizaron tanques de (1600 L), cada tratamiento fue probado por triplicado, con organismos con peso promedio de (7.5± 0.5 g). Los resultados obtenidos en el presente trabajo con harinas de semilla de yaca descascarillada, se relacionan con la disminución de fibra y taninos que permiten una mejor asimilación del contenido proteínico. El descascarillado es un proceso de bajo costo que incrementa el aprovechamiento nutrimental de las semillas de jaca, mejorando el desempeño productivo en tilapia. Este proceso permitió elaborar dietas con mejor contenido nutrimental, más digestibles y con una disminución significativa de fibra y antinutrientes, lo que ayudó a obtener un aumento en ganancia en peso, así como también mantener organismos saludables. Estos resultados indican que se puede sustituir en un 30% la harina de pescado por harina de semillas de yaca descascarilladas, sin afectar las variables productivas. Esto permitirá un ahorro considerable en los piscicultores debido a que este subproducto no tiene ningún costo.

Abstract

Feeding represents approximately 70% of the production costs in the culture of tilapia, so a priority line of research is the substitution of fishmeal by low-cost agro-industrial byproducts. The jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*), can be used as an alternative protein source in the preparation of fish feed, as it contains up to 20% protein .

A control diet (DC) was elaborated, a diet that contained flour with whole jackfruit seed (SJI) and another with flour with dehulled seed (SJD). Tanks were used (800 L), each treatment was tested in triplicate, with organisms with an average weight of $(7.5 \pm 0.5 \text{ g})$. The results obtained in the present work with dehulled seed flours, are related to the decrease of fiber and tannins that allow a better assimilation of the protein content. Dehulled is a low-cost process that increases the nutritional use of jackfruit seeds, improving the productive performance of tilapia. This process allowed to develop diets with better nutritional content, more digestible and with a significant decrease in fiber and antinutrients, which allowed to obtain an increase in weight gain, as well as maintaining healthy organisms. These results indicate that fishmeal can be substituted 30% by dehulled seed meal, without affecting the productive variables. This will allow a considerable saving in the fish farmers due to the fact that this byproduct has no cost.

Palabras Claves: Descascarillado, semillas de jaca, tilapia, antinutrientes y rendimiento

Keywords: Dehulled, jackfruit seeds, tilapia, antinutrients and performance

Introducción

La contribución de la acuicultura al suministro mundial de pescado, crustáceos, moluscos y otros animales acuáticos ha ido en aumento en los últimos años (FAO, 2014). El rápido crecimiento de la acuicultura, en la actualidad proporciona casi la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano, alcanzando por primera vez en 2014 una producción de 73.8 millones de toneladas (FAO, 2016). Con base en lo anterior se sitúa como el principal

sector que suministra alimento de origen animal (Deng *et al.*, 2015).

El cultivo de peces es una actividad de gran importancia en muchos países y aunque se cultivan gran variedad de peces, los dulceacuícolas representan el mayor volumen de producción comparado con otros grupos de especies (FAO, 2016). Dentro de ese grupo, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es la segunda especie de mayor relevancia acuicultura tropical (Deng *et al.*, 2015), por adaptarse a diversas condiciones de cautiverio. Además, por su valor comercial, sus cualidades para consumo humano y sus hábitos alimenticios; su cultivo se ha extendido por todo el mundo (Khalifa *et al.*, 2016).

El cultivo de tilapia en Latinoamérica se ha incrementado en los últimos años (FAO, 2014). Sin embargo, a medida que han aumentado las actividades acuícolas, también han surgido necesidades importantes que limitan la rentabilidad de dicha actividad; entre estas se encuentra todo lo relativo a la dieta (Collins *et al.*, 2012), lo cual representa entre el 50 % y 70 % total de los costos de producción en acuicultura intensiva y superintensiva (Zhu *et al.*, 2001; Valdez-González *et al.*, 2017).

Tradicionalmente, la harina de pescado ha sido la principal fuente de proteína empleada en la elaboración de alimentos para organismos acuícolas, por lo cual se convierte en la materia prima más costosa (Bowzer *et al.*, 2015). Además, su disponibilidad es limitada e impredecible (Liu *et al.*, 2011). Por esas razones y con el fin de reducir los costos de producción, se han realizado numerosas investigaciones donde se utilizan fuentes de proteína de origen vegetal para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado (Oliveira *et al.*, 2006; Valdez-González *et al.*, 2018).

Entre las materias primas que se pueden evaluar se menciona la semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus*), que puede ser utilizada como fuente alternativa de proteína en la elaboración de alimentos para peces, por poseer alto contenido proteínico (Madrigal-Aldana *et al.*, 2011). Sin embargo, la riqueza nutrimental de este ingrediente se ve afectada por la presencia de antinutrientes (Swami *et al.*, 2012), que provocan baja palatabilidad y reducen los coeficientes de digestibilidad (Phumee *et al.*, 2010). No obstante, existen diferentes procesos que pueden mejorar el aprovechamiento nutrimental de fuentes vegetales, entre los que se encuentran: el descascarillado (Valdez-González *et al.*, 2017).

Características generales de la semilla de jaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Las semillas de yaca miden de 2 a 3 cm de longitud y una fruta contiene de 100 a 500 semillas lo que representa de 8-15 % del peso total de la fruta con alto contenido de proteínas (22 %) y almidón. (Madrigal-Aldana *et al.*, 2011). Las semillas se componen de cotiledón 80 % y cáscara leñosa 20 % (Hernández, 2008). Sin embargo, después de aprovechar la fruta las semillas son desechadas (Madruga *et al.*, 2013), causando pérdidas de nutrientes que mediante algunos procesos podrían ser podría ser una alternativa de reemplazo de la harina de pescado en dietas para peces.

Al igual que otros vegetales la semilla de jaca también contiene antinutrientes como taninos, inhibidores de tripsina y fenoles; resultando no ser digestivo si se ingiere crudo (Akinmutini, 2006; Swami *et al.*, 2012).

Proceso de descascarillado de granos y subproductos para su utilización en alimentación

El descascarillado es un proceso que puede mejorar el aprovechamiento de ingredientes vegetales en la elaboración de dietas para peces (Pastor-Cavada *et al.* 2011; Valdez-González *et al.*, 2018). Se ha utilizado para disminuir o eliminar antinutrientes, así como el contenido de fibra cruda, mejora apariencia, textura, calidad de cocción, palatabilidad, digestibilidad proteínica y disminuye la concentración de taninos (Egounlety y Aworh, 2003; Valdez-González *et al.*, 2017).

Las innovaciones propuestas en este trabajo inciden en la reducción de costo de elaboración de alimento balanceado, aprovechando subproductos del fruto de la jaca, así como la formulación de dietas con porcentaje óptimo de digestibilidad proteínica y eliminación de antinutrientes, que repercutan en un mayor crecimiento sin tener efecto adverso en la salud de la tilapia.

Materiales y métodos

Obtención de materias primas

Se utilizaron semillas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) en sus presentaciones integral y descascarillada. El descascarillado se realizó por lotes de 500 g de semilla de jaca, se utilizó un molino eléctrico de granos con un motor de 0.5 HP para partir la semilla en cuatro fragmentos. Debido al proceso de molienda, la cascarilla fue separada de los cotiledones fragmentados, para posteriormente ser eliminada con una corriente de aire aplicada a los fragmentos con un abanico doméstico. El pulverizado de las semillas se realizó en (Molino Tecator, mod 1083, Suecia) hasta obtener harinas que atravesaron malla 80 (0.180 mm).

Elaboración de las dietas

Se prepararon tres dietas, una dieta control a base de harina de pescado y dos tratamientos experimentales: semillas de yaca integral (SJI) y semillas de yaca descascarilladas (SJD). Los ingredientes fueron molidos hasta pasar una malla # 40 (0.425 mm). Posteriormente, se mezclaron los ingredientes y se homogeneizaron. El alimento fue elaborado en un molino de carne marca Torrey® México (Monterrey, México).

Diseño experimental del bioensayo de crecimiento

Durante el estudio de crecimiento se utilizaron unidades experimentales con capacidad de 1600 L. Se utilizaron 3 réplicas por tratamiento y peso inicial de 5 ± 2 g. Cada unidad experimental mantuvo aireación continua, con el nivel de oxígeno en 5 ± 0.5 mg/l y la temperatura en 28 ± 3 °C. Se realizaron biometrías cada 15 días para determinar el peso en gramos de todos los organismos de cada unidad. Al inicio del bioensayo de crecimiento los organismos se alimentaron a razón de 6 % de la biomasa total. Posteriormente, de acuerdo a la biomasa calculada para cada una de las tinas de los tratamientos, en cada una de las biometrías de los organismos se proporcionaron las raciones alimenticias por tina para los diferentes tratamientos. La alimentación se realizó tres veces al día manualmente. Al final del bioensayo se determinaron las variables productivas de tasa de crecimiento diario (TCD) $TCD = \frac{M_f - M_i}{t}$, tasa de crecimiento específico (TCE) $TEC = 100 * \{[\ln(PF) - \ln(PI)] / t\}$, factor de conversión alimenticia (FCA) $FCA = \text{Alimento consumido (kg)} / \text{incremento de peso (kg)}$, supervivencia (S).

Los análisis químicos de los ingredientes, dietas y heces se realizaron siguiendo la metodología descrita por AOAC (1998). Para determinar proteína se utilizó el método MicroKjeldahl, la determinación de nitrógeno se realizó en un sistema Kjeltex (Mod 1009 y 1002, Tecator, Suecia). Para la determinación de lípidos se empleó sistema Soxtec (Mod 1043, Tecator, Suecia) de extracción con éter de petróleo. La fibra se determinó mediante el secado y calcinación de la muestra después de la extracción con 0.5 M de H_2SO_4 y 0.5 M de NaOH. El contenido de cenizas se determinó mediante calcinación de la muestra en (horno Mufla Thermolyne 6000) a 600 °C por cinco horas.

Determinación de antinutrientes

Ácido fítico

El ácido fítico se determinó siguiendo el método reportado por Latta y Eskin (1980). La extracción se realizó mediante agitación (400 rpm/25 °C/1 h) de 1 g de harina, con 20 mL de HCl al 2.4%. Después, la suspensión se centrifugó ($20,000 \times g/25$ °C/5 min) y el sobrenadante se guardó en refrigeración. Posteriormente, se utilizó una columna de vidrio (0.7 x 27 cm) empacada con fibra de vidrio y 0.5 g de resina de intercambio iónico marca (Bio-Rad). La columna se lavó con 15 mL de HCl al 5% y luego con 20 mL de agua desionizada. El sobrenadante se diluyó 1:25 y se agregaron 10 mL en la columna. Una vez que el líquido pasó por la columna se aplicaron 15 mL de NaCl 0.1 M y se descartó el eluato. Se colocó un recipiente de 25 mL bajo la columna y se añadieron 15 mL de NaCl 0.7 M para coleccionar el eluato, el cual se llevó a un volumen de 25 mL con agua desionizada. De esta solución se tomaron 3 mL y se le adicionaron 3 mL de agua desionizada y 1 mL

de reactivo de Wade (0.15 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 1.5 g de ácido sulfosalicílico en 500 mL de agua desionizada). La mezcla se agitó vigorosamente. Los tubos se centrifugaron ($5000 \times g/25^\circ\text{C}/10 \text{ min}$) y se aisló el sobrenadante, del cual se tomó lectura del color en un espectrofotómetro (Spectronic mod 21D, Milton Roy, EUA) a 500 nm.

Taninos

El contenido de taninos se determinó por el método de la vainillina propuesto por Price *et al.* (1980), con ciertas modificaciones. La extracción se llevó a cabo dentro de las 24 h posteriores a la molienda sobre 1 g de muestra y 10 mL de una solución al 1% de HCl en metanol. La suspensión se agitó durante 40 min a temperatura ambiente y se centrifugó ($20,000 \times g$, 30°C , 20 min). A 1 mL de sobrenadante se agregaron 5 mL de reactivo de vainillina (50:50 v/v vainillina al 1% en metanol y HCl al 8% en metanol) a razón de 1 mL/min. Se dejó reposar durante 20 min en la oscuridad y se procedió a realizar la lectura en espectrofotómetro (Spectronic mod 21 D Milton Roy, EUA) a 500 nm. Se preparó un blanco de absorbancia cero con 1 mL de metanol adicionándole 5 mL de HCl al 4% a razón de 1 mL/min. Se construyó una curva estándar de catequina y los resultados se reportaron como equivalentes de catequina.

Parámetros hematológicos

Al final de la prueba de alimentación, los peces no fueron alimentados durante las 24 h inmediatamente antes del muestreo de sangre. Se recolectó sangre con una jeringa hipodérmica de la vena caudal. Cada jeringa contenía 0.5 mL de EDTA, utilizado como anticoagulante para hematología (hemoglobina, hematocrito). La hemoglobina

(Hb) se determinó colorimétricamente midiendo la formación de cianometahemoglobina según Van Kampen y Zijlstra (1961). Los valores de hematocrito (Ht) se determinaron inmediatamente después del muestreo colocando sangre fresca en tubos capilares de vidrio y centrifugando durante 5 minutos en una centrífuga de microhematocrito.

Los índices hematológicos (VCM, HCM y CHCM) se calcularon mediante las fórmulas convencionales: Volumen corpuscular medio (VCM) = $Hct \times 10 / CSR \times 10^6/\text{mm}^3$. La Hemoglobina corpuscular media (HCM) = $Hb \times 100 / CSR \times 10^6/\text{mm}^3$, La Concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM %) = $Hb \times 100 / CSR \times 10^6/\text{mm}^3$. El Contenido total de proteínas se determinó colorimétricamente de acuerdo con (Henry (1964).

Resultados

El proceso de descascarillado afectó significativamente ($P < 0.05$), el contenido de proteínas, lípidos, fibra y cenizas (Cuadro 1). En el presente estudio se observó que el descascarillado redujo el contenido de taninos en semillas de yaca (). En este trabajo se observó que el descascarillado redujo el contenido de taninos en semillas de jaca (Cuadro 1). El procesamiento de harinas de semilla de yaca no permitió una disminución de ácido fítico.

La dieta con SJD no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) con respecto a la dieta control (DC), en las variables productivas PG, TC y FCA (Cuadro 2). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en supervivencia (S) entre las dietas experimentales y la DC (Cuadro 3).

Cuadro 1. Composición química proximal y antinutrientes presentes en ingredientes utilizados en dietas para tilapia *O. niloticus*.

Nutriente	Harina de pescado	SJI	SJD
Proteína	65.5±0.06	17.6±0.04 ^b	18.98±0.07 ^a
Lípidos	12.17±0.04	0.40±0.08 ^a	0.38±0.05 ^a
Fibra	0.03±0.01	5.87±0.08 ^b	1.30±0.05 ^a
Cenizas	26.73±0.03	7.5±0.08 ^b	6.10±0.03 ^a
ELN	5.57	68.63	73.24
Antinutriente	-	(mg/ g)	(mg/g)
Ácido fítico	-	8.45±0.1 ^a	83.5±0.3 ^a
Taninos	-	0.3 ± 0.01 ^b	0.1±0.02 ^a

*SYI= Semilla de jaca integral

*SYD= Semilla de jaca descascarillada

Cuadro 2. Formulación y composición química de dieta control y dietas con semilla de yaca *A. heterophyllus* en tilapia nilótica *O. niloticus*.

Ingredientes	Control	SJI	SJD
Harina de pescado	400	350	350
Semilla de yaca integral	-	510	-
Semilla de yaca descascarillada	-	-	640
Harina de trigo	429	119	119
Aceite de pescado	20	25	25
Lecitina de soya	20	25	25
¹ Premezcla de minerales	10	10	10
² Premezcla de vitaminas	1	1	1
Grenetina	40	40	40
Composición química de dietas (g/kg)			
Proteína	301.5	294.5	298.13
Lípidos	103.41	101.5	98.97
Fibra	18.45	8.7	6.45
Cenizas	97.73	37.16	44.62
ELN	478.91	557.74	551.83

¹Mezcla de minerales (g kg⁻¹ dieta): KCl (0.5); MgSO₄•7H₂O (0.5); ZnSO₄•7H₂O (0.09); MnCl₂•4H₂O (0.00234); CuSO₄•5H₂O (0.005); KI (0.005); CoCl₂•2H₂O (0.00025); Na₂HPO₄ (2.37).

²Mezcla de vitaminas (unidades en mg/kg excepto): retinol (5000 IU); colecalciferol (4000 IU); α-tocoferol acetato (100); menadiona (5); tiamina (60); riboflavina (25); piridoxina HCl (50); ácido pantoténico (75); niacina (40); biotina (1); inositol (400); cianocobalamina (0.2); ácido fólico (10).

Cuadro 3. Desempeño productivo de dietas en tilapia nilótica *O. niloticus*

Dietas	Supervivencia (%)	PFG	TCD (%)	FCA
Control	98	84.28 ± 22.3 ^a	1.47 ± 0.06 ^a	1.7 ± 0.05 ^a
SJD	98	85.25 ± 20.3 ^a	1.48 ± 0.05 ^a	1.6 ± 0.24 ^a
SJI	98	65.36 ± 20.6 ^b	1.12 ± 0.48 ^b	2.0 ± 0.06 ^b

*PGF= Peso final ganado

*TCD= Tasa de crecimiento diario

*FCA= Factor de conversión alimenticia

El descascarillado es un proceso que permitió un mejor rendimiento en variables productivas con respecto al tratamiento con cascarilla y no presentó diferencias significativas ($P>0.05$), con respecto a la dieta control elaborada a base de harina de pescado.

Se determinaron distintos parámetros hematológicos en las tilapias, se realizó la determinación de hemoglobina, hematocrito, volu-

men corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, concentración de la hemoglobina corpuscular media y proteínas totales (Cuadro 3). No se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los distintos parámetros hematológicos ni valores por debajo del rango normal para peces de agua dulce (Cuadro 4).

Cuadro 4. Respuestas hematológicas de dietas experimentales en tilapia nilótica *O. niloticus*.

Parámetros hematológicos	Control	SJI	SJD
HCT (%)	30.2±4.4 ^a	26.2±2.7 ^a	27.9±4.5 ^a
HB (g/dL)	7.7±0.4 ^a	7.5±0.6 ^a	7.3±0.7 ^a
VCM (fL)	1.08x10 ⁴ ±5.8 ^c	1.34x10 ⁴ ±5.2 ^b	1.42x10 ⁴ ±3.5 ^a
HCM (pg)	43.9±1.2 ^a	43.4±1.5 ^a	45.7±1.1 ^a
CHCM (g/dL)	30.5±1.3 ^a	31.4±1.2 ^a	29.6±1.5 ^a
PT (%)	6.3±0.3 ^a	5.7±0.4 ^a	5.8±0.6 ^a

*HCR= Hematocrito

*HB= Hemoglobina

*VCM= Volumen corpuscular medio

*HCM= Hemoglobina corpuscular media

*CHCM= Concentración de la hemoglobina corpuscular media

*PT= Proteínas totales

Los organismos alimentados con la dieta SJI presentaron un valor promedio de HCT de (26.2 %), y los organismos que fueron alimentados con la dieta control (30.2 %). Los valores de Hb obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los valores normales de Hb reportados para tilapia que oscilan entre (6.5 y 8.5 g dL⁻¹). Los valores obtenidos de VCM oscilan entre (115,000 y 174,000 fL). Los resultados obtenidos de HCM oscilan entre 34 y 51 pg en dietas para tilapia nilótica. Los valores obtenidos sobre HCM indican que las dietas experimentales probadas en este estudio, no provocaron anemia o desnutrición en la tilapia nilótica. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de MHCM obtenidos en el presente estudio. Los valores obtenidos oscilaron entre (21.22 y 29.85 g/dL). No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en el porcentaje de proteína en los organismos alimentados con las dietas experimentales

Discusión

La eliminación de la cascarilla de la semilla de jaca permitió disminuir el contenido de ceniza y fibra principalmente, como consecuencia de la testa que contiene ciertos minerales (calcio, fósforo, magnesio, hierro, potasio) y una alta concentración de fibra (Williams y Singh, 1987; Valdez-González *et al.*, 2017). El aumento en el contenido de proteína y lípidos en los granos sin cascarilla puede ser un efecto de la concentración, teniendo en cuenta la pérdida de otros componentes tales como ceniza y fibra.

Diversos autores indican que la inhibición enzimática causada por taninos, disminuye la digestibilidad de los nutrientes nitrogenados (Allan y Rowland, 1994; Booth *et al.*, 2001),

causando una baja digestibilidad proteínica (Reichert *et al.*, 1980). Pinto *et al.* (2000) mencionan que los niveles de taninos superiores a 0.63 mg/g afectan significativamente la digestibilidad de materia seca, proteínica y lipídica en tilapia nilótica. Además, la eliminación de la testa puede provocar una disminución en antinutrientes endógenos de la cascarilla, así como en los polisacáridos estructurales, que en altas concentraciones reducen la digestibilidad de la materia seca en dietas para peces (Booth *et al.*, 2001). Diversos reportes mencionan que los niveles de fibra inferiores a 3 % mejoran la digestibilidad proteínica en tilapia nilótica (Lanna *et al.*, 2004). En este estudio, el proceso de descascarillado permitió reducir los niveles de fibra por debajo de ese nivel, lo que pudo influir en un incremento en la digestibilidad proteínica de los ingredientes.

Diversos autores mencionan que existen varios factores que afectan el crecimiento de la tilapia nilótica, como son: los requerimientos proteínicos, la tasa de alimentación y la temperatura del agua, entre otros (Yue y Zhou, 2008; Hernández *et al.*, 2010; Akinleye *et al.*, 2011). Toledo y Llanes (2011) mencionan que cuando de requerimientos proteínicos se trata, es necesario considerar la calidad de las proteínas, el contenido de energía y la digestibilidad de los ingredientes, por lo que al incluir una mezcla de cereal/leguminosa en las raciones para tilapia, se garantiza que puedan contar con una cantidad importante de proteína de alto valor biológico, que se traduce en una adecuada disponibilidad de aminoácidos esenciales, ácidos grasos y alta digestibilidad de la proteína (Vidotti *et al.*, 2002; 2003).

Los resultados obtenidos de HT en el presente estudio son similares a los encontrados por (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010; Akinleye *et al.*, 2012), los cuales reportan porcentajes de 25 a 35 % de Ht. Estos resultados se encuentran dentro del rango normal para un pez de agua dulce. Los valores de Hb obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los valores normales de Hb reportados por Sun *et al.* (1995) que oscilan entre (6.5 y 8.5 g dL⁻¹). Los peces de agua dulce presentan valores de Hb menores que los peces marinos, debido a que la hemoglobina presenta mayor afinidad por el oxígeno en agua dulce (Conroy, 1988).

Los valores de VCM obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Abdel-Tawwab (2012) en tilapia nilótica. Los resultados obtenidos en este estudio de HCM son similares a los obtenidos por (Akinleye *et al.*, 2012; Lourenco *et al.*, 2014) que oscilan entre 34 y 51 pg con tilapia nilótica. Los valores obtenidos sobre HCM indican que las dietas experimentales probadas en este estudio, no provocaron anemia o desnutrición en la tilapia nilótica. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de MHCM obtenidos en el presente estudio. Los valores obtenidos oscilaron entre (21.22 y 29.85 g/dL). Los valores de proteína oscilaron entre (4.30 % y 5.32 %). Resultados similares fueron reportados por Abdel-Tawwab *et al.* (2010) en tilapia nilótica. Se utiliza la concentración de proteína total en la sangre como un índice básico de referencia para determinar la salud y el estado nutricional de los peces (Martínez, 2004).

El descascarillado disminuyó el contenido de fibra en harinas de semilla de yaca con respecto a las harinas integrales así como la

disminución significativa del contenido de taninos con respecto a las harinas integrales. El descascarillado es un proceso de bajo costo que incrementa el aprovechamiento nutrimental de las semillas de jaca, mejorando el desempeño productivo en tilapia. Este proceso permitió elaborar dietas con mejor contenido nutrimental, más digestibles y con una disminución significativa de fibra y antinutrientes, lo que ayudó a obtener un aumento en ganancia en peso, así como también organismos saludables. Estos resultados indican que se puede sustituir en un 30% la harina de pescado por harina de semillas de yaca descascarilladas, sin afectar las variables productivas. Esto permitirá un ahorro considerable en los piscicultores debido a que este subproducto no tiene ningún costo.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Se agradecen las facilidades brindadas por el Centro de Investigación Institucional para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa) y la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera ENIP-UAN para realizar gran parte de este trabajo.

Referencias

Abdel-Tawwab M, Mohammad H, Ahmad B, Yassir AE, Khattab B y Shalaby, ME. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298, 267-274.

- Abdel-Tawwab, M. (2012). Effects of dietary protein levels and rearing density on growth performance and stress response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). International Aquatic Research, 4:3
- Akinleye AO, Kumar V, Makkar HPS, Angulo-Escalante MA y Becker K. (2012). *Jatropha platyphylla* kernel meal as feed ingredient for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): growth, nutrient utilization and blood parameters. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96, 119-129
- Akinmutini A.H. (2006) Nutritive value of raw and processed jack fruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*): Chemical analysis Agricultural Journal, 04,266-271.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1998) Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. AOAC, Arlington, VA.
- Allan GL y Rowland SJ. (1994). The use of Australian oilseeds and grain legumes in aquaculture diets. *Asian Fisheries Society Publication*, Manila, Philippines, pp. 667-670.
- Booth M, Allan G, Frances J y Parkinson S. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture*, 196, 67-85.
- Bowzer J., Trushenski J. Rawles S., Gaylord T.G. y Barrows F.T. (2015). Apparent digestibility of Asian carp-and common carp-derived fish meal in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* X *M. chrysops* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*. 21, 43-53.
- Collins SA, Desai AR, Mansfield GS, Hill JE, Kessel van AG y Drew MD. (2012). The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. *Aquaculture*, 02.018.
- Conroy, D. (1998). Manual de métodos y técnicas de laboratorio de uso común en la hepatología pisciaria. Pharma-fish S.R.L. Maracay, Estado Aragua, Venezuela. 25 pp.
- Deng J. M., Wang Y., Chen L. Q., Mai K. S., Wang Z. y Zhang X. (2015). Effects of replacing plant proteins with rubber seed meal on growth, nutrient utilization and blood biochemical parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Aquaculture Nutrition*. 44, 436-444.
- Egounlety M y Aworh OC. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering*, 56, 249-254.
- FAO (2014) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome Italy, p. 218.
- FAO (2016) The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome Italy, p. 218.
- Henry RJ. Biuret method in clinical chemistry. En Harper and Row Publisher, eds. New York: 1964.p.181-4.
- Hernández F. (2008). Propiedades nutritivas y curativas del árbol del pan o yaca (*Artocarpus heterophyllus*). Tlahui- Medic. No. 27, 1/2009 tomado de <http://www.tlahui.com/medic/medic27/yaca.htm>

- Khalifa N.S.A., Belal I.E.H., Tarabily K.A., Tariq S. y Kassab A.A. (2016). Evaluation of replacing fish meal with Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings commercial diet. *Aquaculture Nutrition*, 17, 288-296.
- Lanna EA, Pezzato LU, Furuya WM, Vicentini CA, Cecon PR y Barros MM. (2004). Fibra Bruta e Óleo em Dietas Práticas para Alevinos de Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 2177-2185.
- Latta, M y Eskin M. (1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate evaluation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 28, 1313-1315.
- Liu, L.W., Su, J.M., Zhang, T., Liang, X-F. & Luo, Y.L. (2011) Apperent digestibility of nutrients in Grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) diet supplement with graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods. *Aquaculture Nutrition* 19, 91-99.
- Lourenço KG, Claudiano GS, Eto SF, Aguinaga JY, Marcusso PF, Salvador, R y de Moraes FR. (2014). Hemoparasite and hematological parameters in Nile tilapia. *Comparative Clinical Pathology*, 23(2), 437-441.
- Madrigal-Aldana D. L., Tovar-Gómez B., Mata-Montes de Oca M., Sagayo-Areydi S. G., Gutierrez-Meraz F., & Bello-Pérez L. A. (2011) Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* L) sedes starch in two mature stages. *Starch Starke*, 63,364-372.
- Madruga M.S., Medeiros de Albuquerque F.S., Alves Silva I.R., Silva do Amaral D., Magnani M. & Queiroga Neto V. (2013) Chemical, morphological and functional proparties of Brazilian jakfruit (*Artocarpus heterophyllus*L.) sedes starch. *Food Chemistry*, 143,440-445.
- Martínez CBR, Nagae MY, Zaia CTBV y Zaia DAM. (2004). Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 797-807.
- Oliveira, J.M., Oliveira de Souza, E. & Singh, P. (2006) Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linneaus) feed. UFP, Brazil, 58059-000.
- Pastor-Cavada E., Drago S.R, González R.J., Juan R., Pastor J.E., Alaiz M. & Vioque J. (2011) Effects of the addition of wild legumes (*Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice. *Food Chemistry*, 128, 961-967.
- Phumee, P., Wei, W.Y., Ramachandran, S. & Hashim, R. (2010) Evaluation of soybean meal in the formulated diets for juvenile *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). *Aquaculture. Nutrition*, 17, 214-222.
- Pinto LGQ, Pezzato LE, Miranda EC, Barros MM, Furuya WM. (2000). Ação do tanino na digestibilidade de dietas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, 22, 677-681.
- Price ML, Van Scoyoc S y Butler, LG. (1978). Processed feedstuffs. *Journal Agriculture Food Chemistry* 26(5), 1214-1218.
- Reichert RD, Fleming SE y Schwab DJ. (1980). Tannin deactivation and Nutritional Improvement of Sorghum by Anaerobic Storage of H₂O-, HCl-, or NaOH- Trated Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 824-829.
- Sun LT, Chen GR y Chang CF. (1995). Acute responses of blood parameters and comatose effects in salt-acclimated tilapias exposed to low temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 20 (3), 299-306.

- Swami S.B., Thakor N.J., Haldankar P.M. y Kalse S.B. (2012). Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Toledo J y Llanes J. (2011). Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (2)
- Valdez-González F., Gutiérrez-Dorado R., Hernández-Llamas A., García-Ulloa M., Sánchez-Magaña L., Cuevas-Rodríguez B. & Rodríguez-González H. (2017) Bioprocessing of common beans in diets for tilapia: *in vivo* digestibility and antinutritional factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17, 214-222.
- Valdez-González, F. J.; Gutiérrez-Dorado, R.; García-Ulloa, M.; Cuevas-Rodríguez, B. L.; Rodríguez-González, H. (2018). Effect of fermented, hardened, and dehulled of chickpea (*Cicer arietinum*) meals in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16 (1), e0605.
- Van Kampen, E.J., Zijstra, W.G. (1961), Standardization of hemoglobimometry. II The hemiglobincyanide method. *Clinica Chimica Acta* (6).538- 544.
- Vidotti RM, Carneiro DJ, Macedo-Viegas, EM. (2002). Acid and fermented silage. Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Journal World Aquaculture Society*. 33-57.
- Vidotti RM, Viegas EMM, Carneiro DJ. (2003). Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105, 199-204.
- Williams PC. y Singh U. (1987). The Chickpea-Nutritional Quality and the Evaluation of Quality in Breeding Programmes, In "The Chickpea", pp324-356. Saxena, M.C. y Singh, K.B. (Ed) Wallington, Oxon, UK: CAB International, Inglaterra.
- Yue YR y Zhou QC. (2008). Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 284(1), 185-189.
- Zhu, S., Chen, S., Ardi, R.W. & Barrows, F.T. (2001) Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to feeds of different particle sizes. *Aquaculture Research*., 32, 885-893.



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).
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, 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.

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).

