

Research Article

Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México

Jesús Padilla-Serrato¹, Juana López-Martínez¹, Jesús Rodríguez-Romero², Daniel Lluch-Cota²
Felipe Galván-Magaña³ & Alejandro Acevedo-Cervantes⁴

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
P.O. Box 349, Guaymas, Sonora, C.P. 85454, México

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
P.O. Box 128, La Paz, B.C.S., C.P. 23000, México

³Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, (CICIMAR), IPN
P.O. Box 592, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23000, México

⁴Instituto Tecnológico de Guaymas (ITG), Guaymas, Sonora, C.P. 85480, México
Corresponding author: Juana López-Martínez (jlopez04@cibnor.mx)

RESUMEN. Se presenta la composición de especies de peces y sus aspectos biogeográficos de la Laguna Las Guásimas, localizada en el sector central del Golfo de California. Se realizaron siete campañas estacionales de muestreo y las colectas se efectuaron con tres artes de pesca: atarraya, chinchorro de línea y red de arrastre. Se observaron 95 especies representadas por 16 órdenes, 38 familias y 67 géneros. Las familias mejor representadas por su número de especies fueron: Carangidae, Sciaenidae, Haemulidae, Paralichthyidae, Engraulidae y Gerreidae. Además se identificaron tres especies endémicas del Golfo de California (*Micropogonias megalops*, *Leuresthes sardina* y *Pleuronichthys ocellatus*). El análisis de afinidad biogeográfica mostró una alta dominancia de especies distribuidas en el Pacífico Oriental Tropical (Provincia de Cortés y Panámica) y especies transicionales entre la Provincia de California y el Pacífico Oriental Tropical (POT). Utilizando investigaciones sobre peces efectuadas anteriormente en la localidad, se realizó una comparación entre las especies previamente registradas en la localidad y las registradas en esta investigación, utilizando como indicadores la vulnerabilidad y resiliencia. Se observaron cambios en la estructura de la comunidad a lo largo de tiempo, que pudieran ser inducidos por cambios ambientales, actividades antropogénicas como la pesca y/o la dinámica del ecosistema. La mayoría de las especies que son nuevos registros (84%), mostraron vulnerabilidades de moderadas a altas, enfatizando la alta importancia de la laguna como área de crianza y protección de estas especies.

Palabras clave: peces, biodiversidad, afinidad biogeográfica, Laguna Las Guásimas, Golfo de California.

Composition and biogeography of the fish assemblage associated with the coastal Las Guásimas Lagoon, Sonora, Mexico

ABSTRACT. We presented the species composition and biogeography at the Las Guásimas Lagoon, located in the central portion of the Gulf of California. We perform seven sampling and the seasonal collections were made with three gear: cast nets, seine and trawl line. We recorded 95 species represented by 16 orders, 38 families and 67 genera. The families in number of species were: Carangidae, Sciaenidae, Haemulidae, Paralichthyidae, Engraulidae and Gerreidae. Besides were identified three endemic species of the Gulf of California (*Micropogonias megalops*, *Leuresthes sardina* and *Pleuronichthys ocellatus*). Biogeographic affinity analyzes showed results that indicate a high dominance of species distributed in the Eastern Tropical Pacific (Province of Cortes and Panamic) and transitional species between the California Province and the Eastern Tropical Pacific (ETP). We use previous research on fish in the locality and make a comparison between the previously recorded species and new species observed, using as indicators of vulnerability and resilience. Changes in community structure over time, which might be induced by environmental changes, human activities such as fishing and/or ecosystem dynamics were observed. Most of the species that are new records in the coastal lagoon (84%) they showed moderate to high vulnerabilities, emphasizing the fact of the high importance of the lagoon as a nursery and protection of these species.

Keywords: fish, biodiversity, biogeographic affinity, Las Guásimas Lagoon, Gulf of California.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son ecosistemas que se caracterizan por la gran diversidad de especies que utilizan estos sistemas en diferentes etapas de su vida, siendo primordialmente los peces los más representativos por su riqueza y abundancia (Arceo-Carranza *et al.*, 2010), hecho que se explica por la disponibilidad de alimento, tipo de hábitat y gradientes ambientales. Castro-Aguirre *et al.* (1999) describen las lagunas funcionalmente como sitios donde es factible encontrar conjuntos de seres vivos en diversas fases de su vida; en especial los peces, los cuales han logrado incursionar y colonizar de manera efectiva estos ecosistemas con condiciones hidrológicas que varían de manera considerable.

Existen diferentes factores que provocan cambios en la estructura y composición de las comunidades de peces, entre ellos se encuentran los gradientes latitudinales, tamaño del estuario, diversidad del hábitat, configuración de la boca de la laguna, factores físicos y químicos como salinidad y temperatura (Franca *et al.*, 2011) y actividades humanas como asentamientos humanos y sobrepesca (Cabral *et al.*, 2001). Sin embargo, para explicar los cambios en la composición y estructura de las comunidades de peces, los estudios faunísticos son fundamentales, ya que permiten generar conocimiento de la biodiversidad, evaluar el impacto ambiental, efectuar estudios biogeográficos y son esenciales para la administración de las pesquerías (Siqueiros-Beltrones & De la Cruz-Agüero, 2004; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008).

En particular en los sistemas lagunares y estuarinos, la ictiofauna se caracteriza por presentar bajo endemismo en comparación con la ictiofauna de hábitats rocosos y coralinos, si bien la riqueza de especies es ligeramente mayor. El bajo endemismo se debe a que las especies de estos ecosistemas presentan una distribución amplia y continua (Castro-Aguirre *et al.*, 1994). Es por ello deseable conocer, además del elenco sistemático de la laguna, la composición biogeográfica de las especies de peces que ahí habitan, ya que nos habla de potenciales cambios estacionales en la estructura de la comunidad.

La laguna costera de Las Guásimas, es una zona de gran importancia económica que soporta pesquerías importantes como camarón, jaiba y diferentes especies de peces. Está caracterizada por presentar áreas de manglar y su fondo está compuesto principalmente por lodo y arena (Hernández & Arreola-Lizárraga, 2007). En este ecosistema, Yépiz-Velázquez (1990), Rodríguez-Félix (2010) y Ontiveros-Granillo (2011) realizaron estudios de la ictiofauna enfocados en cambios estacionales, estos trabajos se efectuaron con datos obtenidos a finales de la década de los 80's y 90's, esto

es, hace ya cerca de 25 años, periodo en que la laguna ha sido objeto de innumerables cambios por asentamientos humanos en sus márgenes y el mismo clima ha cambiado debido al calentamiento global, por lo cual resulta importante revisar nuevamente la composición íctica para evaluar los cambios a través del tiempo.

Basados en lo anterior, se supone que la ictiofauna de la localidad presentará cambios en su composición específica y que además, las especies que ahí habitan se caracterizarán por presentar una amplia distribución. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo obtener el elenco sistemático de las especies que se encuentran actualmente, para realizar un análisis comparativo entre las especies actualmente encontradas con las previamente reportadas para determinar cambios en la composición específica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna costera Las Guásimas se localiza entre 27°49'-27°55'N y 110°29'-110°40'W. Presenta un área de 51 km² con sus dos esteros (Bachoco y Mapoli), en los límites de la boca hay dos barreras arenosas, una en la parte sur y otra en la parte norte. Entre ambas se encuentra un canal de entrada de 3,25 km de ancho a través del que mantiene comunicación permanente con el Golfo de California (Fig. 1) (Chávez-López & Álvarez-Arellano, 2006). Tiene un clima seco semidesértico con temperatura del agua mínimos de 13-14°C y máximos de 32-33°C; la salinidad presenta un intervalo anual de 36 a 42. Los sedimentos están compuestos en su mayoría por tipo arenoso-limoso y limoso, predominando las arenas en áreas con mayor circulación de agua (Villalba-Atondo *et al.*, 1989). No existe aporte de agua dulce de manera permanente, únicamente se presentan escurrimientos durante los eventos de lluvia y la profundidad promedio es de 0,7 m (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2003).

Colecta de muestras

Se realizaron siete muestreos estacionales (otoño 2010, primavera 2011, verano 2011, otoño 2011, invierno 2012, primavera 2012 y verano 2012) del ensamble de peces asociados a la Laguna Las Guásimas. En cada estación del año se efectuó un muestreo de 24 h a bordo de embarcaciones pesqueras. Para la extracción de los organismos y para obtener un mayor número de especies, se usaron tres artes de pesca comúnmente utilizados en la captura de camarón: chinchorro de línea, atarraya y red de arrastre (llamado también chango), los artes no se utilizaron en todos los muestreos a excepción del chinchorro de línea, que es el único arte que se utiliza con mayor frecuencia. Los

puntos de extracción de las muestras variaron estacionalmente, debido a que los muestreos dependieron de las actividades extractivas de los pescadores de la localidad (Fig. 1). Se recolectó el total de la muestra de los peces capturados, los cuales se colocaron en bolsas etiquetadas y se preservaron en hielo para su transporte al Laboratorio de Pesquerías del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR S.C.), donde se efectuaron los muestreos biológicos que incluyeron identificación a nivel de especie y medición de los organismos.

La identificación taxonómica de las especies se realizó mediante las claves y descripciones de Jordan & Evermann (1896-1900), Meek & Hildebrand (1923-1928), Miller & Lea (1976), Eschmeyer *et al.* (1983), Fischer *et al.* (1995), Castro-Aguirre *et al.* (1999), Robertson & Allen (2015) y Frose & Pauly (2015).

En el inventario de la diversidad biológica, a menudo resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada. Este es un grave problema, dado que la riqueza de especies es la principal variable descriptiva de la biodiversidad. Las curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, son una potente metodología para estandarizar las estimaciones de riqueza obtenidas en distintos trabajos de inventario. Además, permiten obtener resultados más fiables en análisis posteriores y comparar inventarios en los que se han empleado distintas metodologías y/o diferentes niveles de esfuerzo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Por ello, con la finalidad de estimar el número de especies esperadas en el ecosistema a partir de un muestreo, se realizó una curva de acumulación de especies, ajustando las especies observadas por el método Mao Tao (Colwell *et al.* 2004) con un esfuerzo de muestreo de 52 lances de pesca, mientras que la predicción del número total de especies en el ecosistema se evaluó por medio de los métodos no paramétricos de Chao2 y Jackknife2, utilizando el programa Primer 6 (Clarke & Gorley, 2005) (Primer-E, Plymouth, UK). Con este análisis se determinó la proporción del inventario de las especies observadas, en relación al número de especies esperadas.

El análisis de afinidad biogeográfica se realizó de acuerdo a Boschi (2000) y Robertson & Cramer (2009) donde la provincia Mexicana y Panámica forman una sola provincia, de tal manera que las divisiones son las siguientes: PO: Provincia Oregoniana, considerada como templada-fría que va de 48 a 36°N; PCA: Provincia Californiana: presenta peces que se encuentran en la zona templada-cálida, cuyos límites son de 36 a 23°N; PC: Provincia de Cortés (=sinuscaliforniana de

Castro-Aguirre *et al.* 1999), que incluye el sector sur de Baja California y el sector central y sur del Golfo de California, zona templado-cálida y subtropical. En la costa este del golfo, la provincia se extiende tanto al norte de Mazatlán, Sinaloa; PP: Provincia Panámica, se extiende hacia el sur desde El Salvador hasta el sur de Mazatlán, entre 23°N y 6°S; POT: Pacífico Oriental Tropical, esta región incluye la costa oeste del continente americano entre 25°N en el sector sur de Bahía Magdalena, hasta 5°S en Cabo Blanco sector norte de Perú, en ésta se incluyen especies de amplia distribución (Fig. 2). Además, se siguió el criterio de Castro-Aguirre (1983) y Castro-Aguirre *et al.* (2005), para la clasificación de los conjuntos ícticos según su distribución geográfica: AN: anfiamericanas, especies con distribución a ambos lados del istmo Centroamericano, POT y Atlántico occidental; CT: circumtropicales, son las especies ícticas con amplia distribución en mares tropicales; y CO: cosmopolitas, especies que se distribuyen en mares tropicales, subtropicales y templados.

Los listados faunísticos previos de peces de la localidad, se obtuvieron en los muestreos efectuados en los periodos 1985-1986 capturados con atarraya (Yépez-Velázquez 1990), 1996-1997 y 1998-2000 capturados con atarraya (Rodríguez-Félix, 2010) y 1998-1999 capturados con red de arrastre (Ontiveros-Granillo, 2011). Se efectuó una comparación de las especies reportadas en estos trabajos y las registradas en el presente estudio, resaltando los nuevos registros.

Para determinar las características que permitieran discriminar potenciales causas de la aparición o desaparición de especies, se obtuvo información de la vulnerabilidad y resiliencia por especie de la base de datos de Fishbase (entendiendo por vulnerabilidad la capacidad de una especie para responder y adaptarse a las nuevas condiciones de hábitat, de manera que aquellas especies que tengan una capacidad de respuesta limitada, serán las más vulnerables (McKinney, 1997) y por resiliencia la habilidad de una especie de continuar funcionando y recuperarse después de una perturbación (Brown, 2014). La vulnerabilidad se mide de acuerdo a criterios de la Sociedad Americana de Pesca (AFS) (Frose & Pauly, 2015), que determina los niveles de vulnerabilidad y resiliencia a través de un sistema experto de teoría fuzzy, que evalúa la vulnerabilidad de extinción de peces marinos basados en información demográfica, como ciclo de vida, tasa intrínseca de crecimiento poblacional, longevidad, edad de primera madurez, fecundidad y velocidad de crecimiento individual (Cheung *et al.*, 2005). Los niveles de resiliencia se clasifican en alta, media, baja y muy baja (Dulvy *et al.*, 2004; Cheung *et al.*, 2005). Por lo tanto, una especie

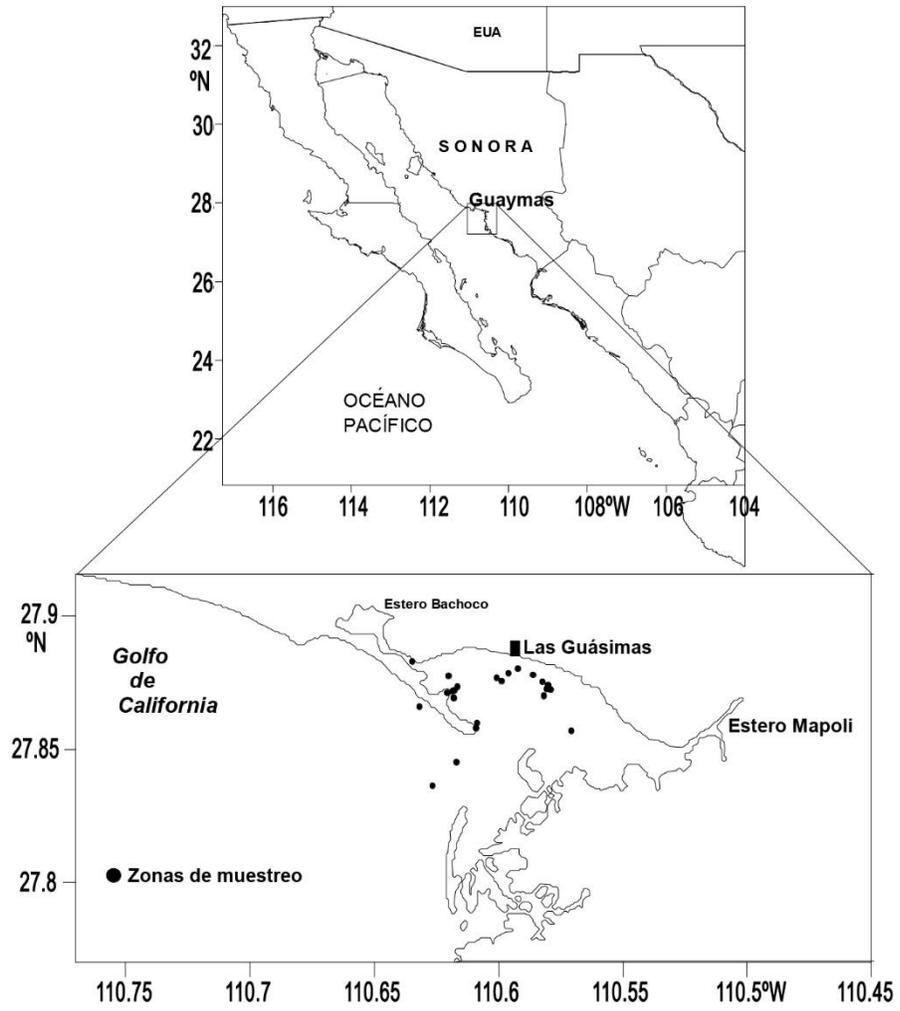


Figura 1. Área de estudio en la Laguna Las Guásimas, Sonora, México.

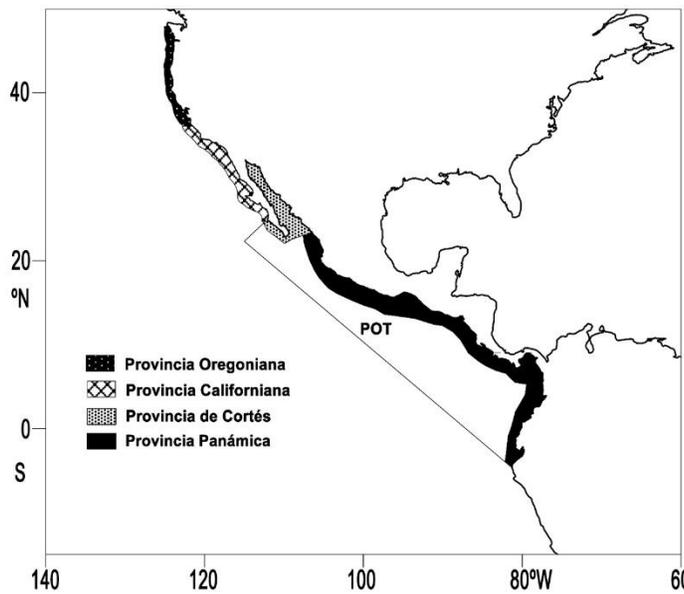


Figura 2. Provincias biogeográficas del Pacífico Este de acuerdo a Boschi (2000) y Robertson & Cramer (2009).

muy longeva, con crecimiento lento, talla de primera madurez muy grande, fecundidad baja y que éste bajo un fuerte estrés de pesca, presentará una resiliencia baja y mayor vulnerabilidad a desaparecer.

RESULTADOS

Se colectaron 3.769 peces en 52 lances de pesca efectuados en seis campañas de muestreo. Los ejemplares pertenecieron a 38 familias, 67 géneros y 95 especies, donde los elasmobranquios (Chondrichthyes) estuvieron representados por 2 órdenes, 4 familias, 4 géneros y 5 especies; los teleósteos (Actinopterygii) se integraron por 14 órdenes, 34 familias, 63 géneros y 90 especies (Tabla 1).

El orden Perciformes fue el más diverso con 14 familias, 33 géneros y 49 especies, seguido en importancia por Pleuronectiformes (5 familias, 9 géneros y 14 especies) y Clupeiformes (2 familias, 6 géneros y 8 especies). Las familias con mayor número de especies fueron: Carangidae y Sciaenidae con 12 y 10 especies respectivamente; Gerreidae, Haemulidae, Paralichthyidae y Engraulidae aportaron 25 especies (Fig. 3). Los géneros mejor representados en número de especies fueron *Caranx* con cuatro especies, *Anchoa*, *Eucinostomus* y *Cynoscion* con tres especies. De las especies registradas, ninguna está bajo protección especial en México de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Sin embargo, se obtuvieron dos especies incluidas en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN (2015) en la categoría de casi amenazadas: el gavián dorado *Rhinoptera steindachneri* Evermann & Jenkins, 1891 y el pejerrey sardina *Leuresthes sardina* (Jenkins & Evermann, 1889). En el caso de *R. steindachneri* se incluyó en esta lista porque es una especie afectada por la pesca artesanal. Además, se desconocen datos importantes de su biología como longevidad, tasa de crecimiento, estructura poblacional y talla de madurez, presentan una productividad muy baja, ya que su gestación dura entre los 10-12 meses y tiene una sola cría, esto hace que sean susceptibles de sobre-explotación. En el caso de *L. sardina* que presenta un área de distribución restringida en el Alto Golfo de California y la dependencia de playas arenosas para su desove, la hace una especie vulnerable, ya que estos hábitat están bajo amenaza (IUCN Red list, 2015).

El presente trabajo adiciona 37 nuevos registros de especies (Tabla 1) para la Laguna Las Guásimas, conteniendo en total 140 especies. Las tres familias con el mayor número de especies dentro de los nuevos registros fueron: Carangidae (7), Scianidae (7) y Haemulidae (4). Se identificaron tres especies

endémicas de la Provincia de Cortés; el chano norteño *Micropogonias megalops* (Gilbert, 1890), la platija ocelada *Pleuronichthys ocellatus* Starks & Thompson, 1910 y el pejerrey sardina *Leuresthes sardina* (Jenkins & Evermann, 1889).

De acuerdo con los resultados del análisis de curvas de acumulación de especies, con el esfuerzo de muestreo realizado se obtuvo una riqueza de especies del 71,9% de la riqueza esperada por los métodos de Chao2 y Jackknife2 para la laguna. El valor máximo de riqueza esperada (136 especies) se obtuvo por el método Jackknife2, mientras que el valor mínimo de especies probables a encontrar (126 especies) se obtuvo por el método de Chao2 (Fig. 4).

De acuerdo a la afinidad biogeográfica y distribución, se determinó una especie cosmopolita (CO) (1,05%), una anfiamericana (AN) (1,05%), una circumtropical (CT) (1,05%), tres especies exclusivas de la Provincia de Cortés (PC) (3,15%), tres especies distribuidas en la Provincia Californiana y Cortés (PCA-PC) (3,15%), tres especies que se distribuyen desde la Provincia Oregoniana, Californiana, Cortés y Panámica (PO-PCA-PC-PP) (3,15%), cuatro especies con afinidad en la Provincia Oregoniana, Californiana y Cortés (PO-PCA-PC) (4,16%) y 53 especies del Pacífico Oriental Tropical (POT) (PC-PP) (55,8%). Además, se observaron 26 especies que presentan una distribución tanto en el POT, como en la Provincia Californiana (PCA-PC-PP) (Fig. 5).

Comparativamente con investigaciones previas, en la laguna estaban reportadas 45 especies que no se registraron en el presente trabajo. Se observó que el 9,1% de esas 45 especies presentaron vulnerabilidad muy alta, 13,6% vulnerabilidad alta, 54,5% vulnerabilidad moderada y 22,7% vulnerabilidad baja, esto es, el 77% de la especies que no se registraron en este trabajo eran vulnerables (Fig. 6a), mientras que el 6,8% mostró resiliencia muy baja, 15,9% resiliencia baja, 43,2% resiliencia media y 34,1% resiliencia alta (Fig. 6b).

De las especies registradas en este trabajo y que no habían sido reportadas (37), el 2,7% presentó vulnerabilidad muy alta, 13,5% vulnerabilidad alta, 67,6% vulnerabilidad moderada y 16,2% vulnerabilidad baja (Fig. 6a), siendo entonces el 83,7% de las especies de moderada a baja vulnerabilidad. En cuanto a la resiliencia, el 8,3% mostró una resiliencia baja, 52,7% media y 38,9% alta (Fig. 6b).

DISCUSIÓN

La riqueza de especies observada (95 especies) es el mayor registro para la misma localidad comparado con Yépiz-Velázquez (1990) que reportó 31 especies, Rodríguez-Félix (2010) 79 y Ontiveros-Granillo (2011)

Tabla 1. Composición de peces de Laguna Las Guásimas, Sonora, nuevos registros de especies y afinidad zoogeográfica. PO: Provincia Oregoniana, PCA: Provincia de California, PC: Provincia de Cortés, PP: Provincia Panámica, AN: Anfiamericanas, CT: Circumtropical, CO: Cosmopolitas.

Especie	Nuevos registros	Afinidad biogeográfica
Phylum Chordata		
Subphylum Craniata		
Clase Chondrichthyes		
Subclase Elasmobranchii		
Subdivision Selachii		
Orden Carcharhiniformes		
Familia Carcharhinidae		
<i>Carcharhinus cerdale</i> Gilbert in Jordan & Evermann, 1898	X	PC-PP
Subdivision Batoidea		
Orden Myliobatiformes		
Familia Urolophidae		
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)		PCA-PC-PP
<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913		PCA-PC
Familia Gymnuridae		
<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)		PCA-PC-PP
Familia Rhinopteridae		
<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891	X	PC-PP
Clase Actinopterygii		
Subclase Neopterygii		
Division Teleostei		
Orden Elopiformes		
Familia Elopidae		
<i>Elops affinis</i> Regan, 1909		PCA-PC-PP
Orden Albuliformes		
Familia Albulidae		
<i>Albula esuncula</i> (Garman, 1899)		PCA-PC-PP
Orden Anguilliformes		
Suborden Congroidei		
Familia Congridae		
<i>Ariosoma gilberti</i> (Ogilby, 1898)	X	PC-PP
Familia Ophichthidae		
<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan & Gilbert, 1882	X	PCA-PC-PP
Orden Clupeiformes		
Suborden Clupeoidei		
Familia Engraulidae		
<i>Anchoa ischana</i> (Jordan & Gilbert, 1882)		PC-PP
<i>Anchoa lucida</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	X	PC-PP
<i>Anchoa nasus</i> (Kner & Steindachner, 1867)	X	PC-PP
<i>Anchovia macrolepidota</i> (Kner, 1863)		PC-PP
<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867)		PC-PP
Familia Clupeidae		
<i>Harengula thrissina</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	X	PCA-PC-PP
<i>Lile stolidifera</i> (Jordan & Gilbert, 1882)		PCA-PC-PP
<i>Opisthonema libertate</i> (Günther, 1867)		PC-PP
Orden Siluriformes		
Familia Ariidae		
<i>Ariopsis seemanni</i> (Günther, 1864)		PC-PP
<i>Ariopsis</i> sp.		PC-PP
<i>Occidentarius platypogon</i> (Günther, 1864)	X	PC-PP
Orden Aulopiformes		
Suborden Synodontoidei		
Familia Synodontidae		

Continuación

Especie	Nuevos registros	Afinidad biogeográfica
<i>Synodus lucioceps</i> (Ayres, 1855)	X	PO-PCA-PC
<i>Synodus scituliceps</i> Jordan & Gilbert, 1882		PC-PP
Orden Batrachoidiformes		
Familia Batrachoididae		
<i>Porichthys analis</i> Hubbs & Schultz, 1939		PCA-PC-PP
<i>Porichthys notatus</i> Girard, 1854	X	PO-PCA-PC-PP
Orden Mugiliformes		
Familia Mugilidae		
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758		CO
<i>Mugil curema</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1836		CT
Orden Atheriniformes		
Familia Atherinopsidae		
<i>Leuresthes sardina</i> (Jenkins & Evermann, 1888)	X	PC
<i>Atherinops affinis</i> (Ayres, 1860)	X	PCA-PC
Orden Beloniformes		
Suborden Belonoidei		
Familia Belonidae		
<i>Strongylura exilis</i> (Girard, 1854)	X	PCA-PC-PP
Orden Scorpaeniformes		
Suborden Scorpaenoidei		
Familia Scorpaenidae		
<i>Scorpaena sonorae</i> Jenkins & Evermann, 1889		PC-PP
Orden Perciformes		
Suborden Percoidei		
Familia Centropomidae		
<i>Centropomus robalito</i> Jordan & Gilbert, 1882		PC-PP
Familia Serranidae		
<i>Diplectrum pacificum</i> Meek & Hildebrand, 1925		PC-PP
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)		PCA-PC-PP
Familia Nematistiidae		
<i>Nematistius pectoralis</i> Gill, 1862	X	PCA-PC-PP
Familia Carangidae		
<i>Carangoides otrynter</i> Jordan & Gilbert, 1883	X	PC-PP
<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868	X	PCA-PC-PP
<i>Caranx caninus</i> Günther, 1867	X	PCA-PC-PP
<i>Caranx vinctus</i> Jordan & Gilbert, 1882	X	PCA-PC-PP
<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan & Gilbert, 1883		PCA-PC-PP
<i>Oligoplites altus</i> (Günther, 1868)		PC-PP
<i>Oligoplites refulgens</i> Gilbert & Starks, 1904		PC-PP
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)		PC-PP
<i>Selene brevoortii</i> (Gill, 1863)		PC-PP
<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)		PCA-PC-PP
<i>Trachinotus kennedyi</i> Steindachner, 1876	X	PC-PP
<i>Trachinotus rhodopus</i> Gill, 1863		PC-PP
Familia Lutjanidae		
<i>Hoplopagrus guentherii</i> Gill, 1862		PC-PP
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)		PC-PP
Familia Gerreidae		
<i>Diapterus brevirostris</i> (Sauvage, 1879)		PC-PP
<i>Eucinostomus currani</i> Zahuranec, 1980		PCA-PC-PP
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)		PC-PP
<i>Eucinostomus entomelas</i> Zahuranec, 1980		PC-PP
<i>Eugerres axillaris</i> (Günther, 1864)		PC-PP
Familia Haemulidae		
<i>Haemulon maculicauda</i> (Gill, 1862)	X	PCA-PC-PP

Continuación

Especie	Nuevos registros	Afinidad biogeográfica
<i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill, 1862		PCA-PC-PP
<i>Haemulopsis elongatus</i> (Steindachner, 1879)	X	PC-PP
<i>Haemulopsis nitidus</i> (Steindachner, 1869)	X	PC-PP
<i>Orthopristis reddingi</i> Jordan & Richardson, 1895		PC-PP
<i>Pomadasys branickii</i> (Steindachner, 1879)		PC-PP
<i>Pomadasys macracanthus</i> (Günther, 1864)		PC-PP
<i>Pomadasys panamensis</i> (Steindachner, 1876)	X	PC-PP
Familia Polynemidae		
<i>Polydactylus approximans</i> (Lay & Bennett, 1839)		PCA-PC-PP
Familia Sciaenidae		
<i>Bairdiella icistia</i> (Jordan & Gilbert, 1882)		PC-PP
<i>Cheilotrema saturnum</i> (Girard, 1858)	X	PO-PCA-PC
<i>Cynoscion parvipinnis</i> Ayres, 1861		PCA-PC
<i>Cynoscion squamipinnis</i> (Günther, 1867)	X	PC-PP
<i>Cynoscion xanthulus</i> Jordan & Gilbert, 1882		PCA-PC-PP
<i>Larimus pacificus</i> Jordan & Bollman, 1890	X	PC-PP
<i>Menticirrhus panamensis</i> (Steindachner, 1877)	X	PC-PP
<i>Micropogonias altipinnis</i> (Günther, 1864)	X	PC-PP
<i>Micropogonias megalops</i> (Gilbert, 1890)	X	PC
<i>Umbrina analis</i> Günther, 1868	X	PC-PP
Familia Mullidae		
<i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)		PC-PP
Suborden Gobioidi		
Familia Gobiidae		
<i>Bollmannia stigmatura</i> Gilbert, 1892	X	PC-PP
<i>Gobionellus microdon</i> (Gilbert, 1892)	X	PC-PP
Suborden Acanthuroidei		
Familia Ephippidae		
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858)		PCA-PC-PP
Suborden Scombroidei		
Familia Sphyracidae		
<i>Sphyracna ensis</i> Jordan & Gilbert, 1882	X	PC-PP
Familia Scombridae		
<i>Auxis thazard</i> (Lecépède, 1800)	X	PCA-PC-PP
<i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks in Jordan, 1895		PCA-PC-PP
Orden Pleuronectiformes		
Suborden Pleuronectoidei		
Familia Paralichthyidae		
<i>Citharichthys fragilis</i> Gilbert, 1890	X	PO-PCA-PC
<i>Citharichthys gilberti</i> Jenkins & Evermann, 1889		PC-PP
<i>Cyclopsetta querna</i> Jordan & Bollman, 1890		PC-PP
<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882		AN
<i>Etropus peruvianus</i> Hildebrand, 1946	X	PC-PP
<i>Paralichthys woolmani</i> Jordan & Williams, 1897		PCA-PC-PP
<i>Syacium ovale</i> (Günther, 1864)		PC-PP
Familia Pleuronectidae		
<i>Hypsopsetta guttulata</i> (Girard, 1856)		PO-PCA-PC
<i>Pleuronichthys ocellatus</i> Starks & Thompson, 1910		PC
Familia Bothidae		
<i>Bothus leopardinus</i> (Günther, 1862)		PC-PP
Familia Achiridae		
<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)		PCA-PC-PP
Familia Cynoglossidae		
<i>Symphurus chabanaudi</i> Mahadeva & Munroe, 1990		PC-PP
<i>Symphurus fasciolaris</i> Gilbert, 1892		PC-PP

Continuación

Especie	Nuevos registros	Afinidad biogeográfica
<i>Symphurus leei</i> Jordan & Bollman, 1890	X	PC-PP
Orden Tetradontiformes		
Suborden Balistoidei		
Familia Balistidae		
<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876		PO-PCA-PC-PP
Suborden Tetraodontoidei		
Familia Tetradontidae		
<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)		PO-PCA-PC-PP

74. También fue mayor en comparación con otras lagunas del estado de Sonora (Thomson, 1973; Yépez-Velázquez, 1990; Castro-Longoria *et al.*, 1991) a excepción de Grijalva-Chon *et al.* (1996) que reportaron 96 especies para la laguna costera La Cruz, una especie más que en este análisis. En otras lagunas del noroeste, Rodríguez-Romero *et al.* (1998) y Rodríguez-Romero *et al.* (2011) han reportado 55 y 62 especies en Baja California Sur. Danemann & De la Cruz-Agüero (1993) reportaron 81 en Laguna San Ignacio. Posteriormente De la Cruz-Agüero & Cota-Gómez (1998) adicionaron 26 especies, siendo un total 107 especies reportadas para esta laguna.

Las diferencias en el número de especies tienen relación con el método de extracción, ya que al utilizar un solo método se puede cometer un sesgo de selectividad del arte, por lo tanto, no se tendría bien representado el ensamble de peces en el ecosistema. Sosa-López *et al.* (2007) hacen mención de este sesgo y utilizaron dos artes de pesca para la captura de peces. En trabajos previos para Las Guásimas, Yépez-Velázquez (1990), Rodríguez-Félix (2010) y Ontiveros-Granillo (2011) utilizaron un solo arte de pesca, lo cual explica la diferencia en el número de especies. Las especies observadas constituyen 10,8% de las reportadas para el Golfo de California (911 especies; Hastings *et al.*, 2010) y 7,1% del total de especies de peces para el Pacífico Oriental Tropical (POT) (Robertson & Allen, 2002). La dominancia del orden Perciformes según el número de especies (49 especies), es un comportamiento característico de este grupo en todos los mares del mundo (Nelson, 2006).

De acuerdo con Sarkar (2002) y Magurran (2004), la forma más directa de medir la biodiversidad es por medio de la riqueza. Sin embargo, la mayoría de los inventarios faunísticos son forzosamente incompletos. La imposibilidad de registrar el total de especies durante un trabajo de muestreo es un problema metodológico importante en los estudios de la biodiversidad (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Por esto es altamente deseable utilizar curvas de acumulación de especies que permiten tener una

aproximación realista de probables especies a encontrar en el ecosistema y al mismo tiempo, son una medida del grado de confiabilidad del muestreo aplicado.

Del 100% de las especies probables de encontrar, se obtuvo el 71,9%, este porcentaje es una relación entre estas especies obtenidas y las estimadas por los métodos de Chao2 y Jackknife2. Por lo tanto, este porcentaje mostró que faltan por encontrar más especies, por lo que es deseable aumentar el esfuerzo de muestreo, incluyendo áreas de la misma laguna tales como zonas de manglar, que comúnmente concentran alta cantidad de especies y cuyos resultados pueden jugar un papel fundamental en la riqueza. En el presente estudio, por el tipo de artes de pesca usados no se pudo obtener especies que puedan estar asociadas a estos sistemas y de acuerdo con González-Acosta *et al.* (2005), los peces utilizan las áreas de manglar para refugiarse, crecer y alimentarse. Además de lo anterior, es importante ampliar la estacionalidad de los muestreos.

En la práctica, la medida exacta y precisa de la riqueza no es una labor sencilla (Magurran, 2004), pues el número de especies aumentará con el esfuerzo de muestreo. Aun con esta limitación, los análisis efectuados son válidos, ya que la intensidad de muestreo fue alta (52 lances y 6 muestreos estacionales), además del uso simultáneo de varios artes de pesca, ayuda a evitar el sesgo de la selectividad del arte cuando se usa solo un arte de pesca. Por otra parte, según Jiménez-Valverde & Hortal (2003), el porcentaje mínimo de especies muestreadas para que un análisis sea válido para hacer inferencias a nivel ecosistémico, debe ser del 70% de las especies esperadas, cifra que fue superada en este trabajo (71,9%).

El presente estudio muestra la comunidad de peces dominada por las familias Carangidae y Sciaenidae. Este comportamiento se asocia con el ciclo biológico de algunas especies; como es el caso de los carángidos, que en su etapa juvenil penetran a ríos y lagunas como etapa de su ciclo de vida (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). En cuanto a los sciaénidos se debe a las características del hábitat, ya que son más frecuentes en ambientes someros, lodosos y arenosos (Myers, 1960), caracte-

rísticas de la laguna costera Las Guásimas (Chávez-López & Álvarez-Arellano, 2006). Esta misma dominancia también fue observada por Castellanos-Galindo *et al.* (2013), que encontraron el predominio de estas dos familias en ocho ambientes estuarinos con áreas de manglar del Pacífico Oriental Tropical (POT). El número de especies reportadas para Las Guásimas por Yépiz-Velázquez (1990), Rodríguez-Félix (2010), Ontiveros-Granillo (2011) y este estudio, muestran el segundo mayor inventario para una laguna de la costa oriental del Golfo de California, ya que Amezcua *et al.* (2006) reportaron 173 especies en Santa María la Reforma, región suroriental del Golfo de California.

Las especies observadas en Las Guásimas, son de fondos blandos y ambientes tropicales que utilizan la laguna con fines de protección, alimentación y crianza (Vasconcelos *et al.*, 2011). Estas características causan diferencias en la riqueza con otras zonas del Golfo de California, debido a que un ecosistema con características diferentes juega un papel importante en la diversidad específica (Galván-Magaña *et al.*, 2000). El área de estudio carece de hábitats rocosos y coralinos, lo cual restringe el asentamiento de especies de ambientes pedregosos, tales como blenidos, labrisómidos, y góbidos entre otros, por lo que se considera un filtro faunístico (Castro-Aguirre *et al.*, 1995), que disminuye la riqueza de las especies.

El número de especies endémicas observadas (3), como *Micropogonias megalops*, *Pleuronichthys ocellatus* (Palacios-Salgado *et al.*, 2012) y *Leuresthes sardina*, es bajo si se considera que en el Golfo de California existen 92 especies endémicas (Thomson *et al.*, 2000). Es poco probable que las especies endémicas sean recurrentes en este ecosistema, debido a que los fondos lodosos y arenosos tienen menos elementos endémicos en comparación con los fondos rocosos, observándose que las familias restringidas a estos hábitats son: Sciaenidae, Rhinobatidae, Urolophidae, Clupeidae, Engraulidae, Achiridae, Mugilidae, Gerreidae y Centropomidae (Castro-Aguirre *et al.*, 1995), explicando así la dominancia de las familias Sciaenidae, Carangidae, Gerreidae y Engraulidae (Fig. 3), además las especies de estuarios presentan distribución amplia y continua (Castro-Aguirre *et al.*, 1994).

Las divisiones biogeográficas utilizadas en este estudio, siguieron lo propuesto por Briggs (1974), que el Golfo de California es una provincia independiente denominada Provincia de Cortés (equivalente a las sinus-californiana de Castro-Aguirre, 1983), debido a sus características peculiares que como consecuencia indica la formación de conjuntos ictiofaunísticos muy singulares, tanto en su origen como en su composición específica (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). La eliminación de los filtros faunísticos como la brecha de Sinaloa y la

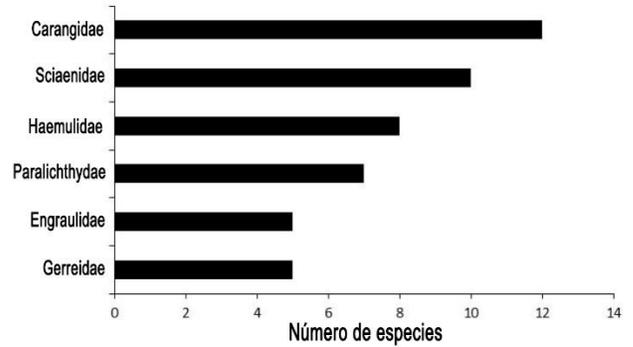


Figura 3. Dominancia de las familias de peces en relación al número de especies.

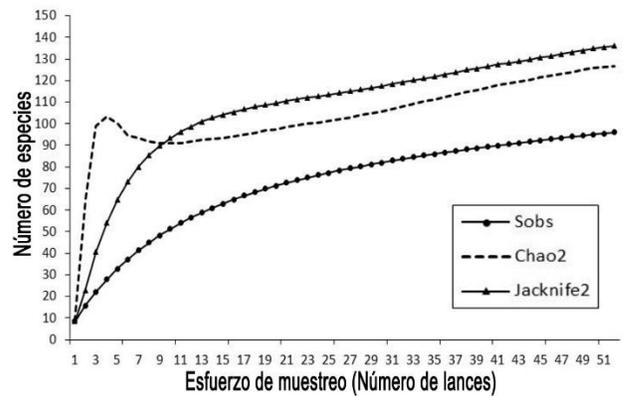


Figura 4. Curva de acumulación de especies de peces observadas (riqueza observada) y curvas de riqueza de especies estimadas con los modelos no paramétricos de Chao2 y Jackknife2.

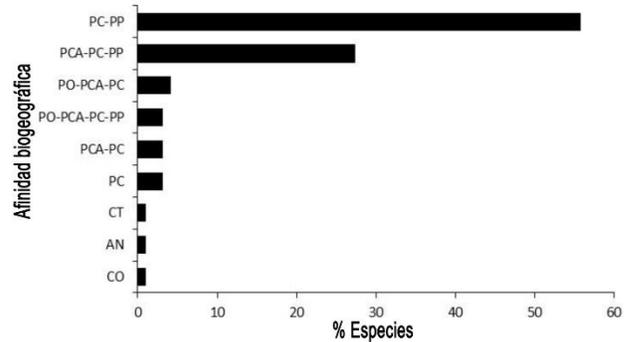


Figura 5. Porcentaje de afinidad biogeográfica de los peces de laguna Las Guásimas Sonora.

de América central y la unificación de la Mexicana y Panámica se debe a lo señalado por Robertson & Cramer (2009), argumentando que algunos subconjuntos de la fauna íctica están vinculados tanto al norte con la Provincia de Cortés y al sur con la Provincia Panámica y el número de especies endémicas locales en la Provincia Mexicana son pocas, reflejando la escasez de especies endémicas locales y la presencia de especies con amplia distribución, coincidiendo con lo observado

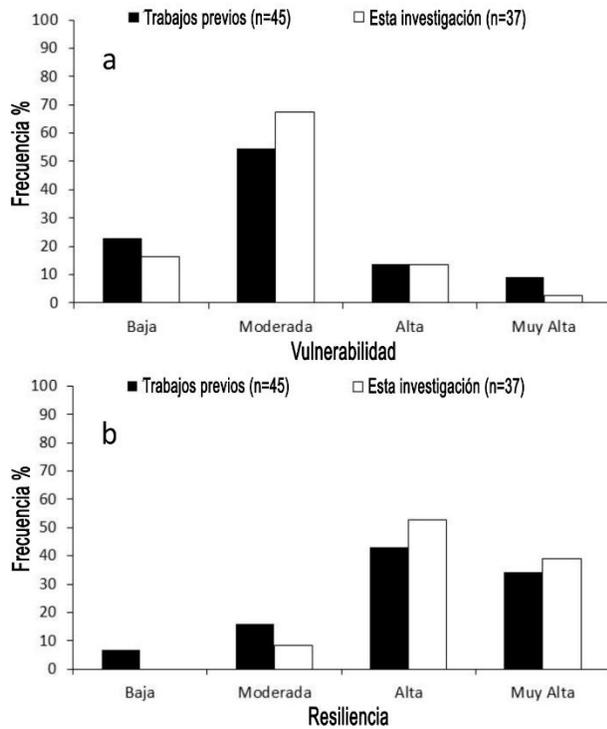


Figura 6. Frecuencia porcentual por nivel de a) vulnerabilidad y b) resiliencia de las nuevas especies registradas en este estudio y de las especies ausentes registradas en estudios previos en la laguna Las Guásimas, Sonora.

en este trabajo, donde la proporción de especies de amplia distribución fue alta.

Las tres investigaciones previas de peces en esta localidad aportan en total 107 especies, de las cuales 45 especies no se observaron en esta investigación, por lo tanto es probable que estas especies ya no frecuentan la laguna, una potencial explicación podría tener relación con cambios ambientales (De la Cruz-Agüero *et al.*, 1994), o bien con cambios en el ecosistema derivados de actividades antropogénicas (Arellano-Martínez *et al.*, 1996), las cuales ocasionarían cambios en el hábitat de las especies. En el caso de la laguna costera Las Guásimas, las actividades que pudieran influir son la pesca efectuada en la laguna y la acuicultura desarrollada en sus márgenes que vierte sus residuos al ecosistema. Por otra parte, durante el tiempo que transcurrió entre los muestreos efectuados por Yepiz-Velázquez (1990), Rodríguez-Félix (2010) y Ontiveros-Granillo (2011) y los aquí reportados, en los márgenes de la laguna se incrementó sustancialmente los asentamientos urbanos, específicamente de la tribu Yaqui, que por su precaria condición económica, cuenta con escasa infraestructura para el manejo de residuos urbanos.

Las 45 especies obtenidas por Yepiz-Velázquez (1990), Rodríguez-Félix (2010) y Ontiveros-Granillos

(2011), mostraron vulnerabilidades de moderadas a altas, estando por lo tanto más expuestas a perturbaciones. Queda por definir las causas de la potencial desaparición de especies en la laguna o si su ausencia es resultado de la dinámica del ecosistema, además de las características biológicas de las especies (Pessanha *et al.*, 2003). Por otra parte, resalta el hecho de que el 84% de las especies que se reportan como nuevos registros en el área tienen vulnerabilidades moderadas a muy altas, destacando la importancia de la laguna como área de protección y crianza de estas especies vulnerables.

A pesar que Las Guásimas fue decretada como sitio RAMSAR en 2008, desde su declaratoria no se han observado cambios en el control y cuidado del área que ayuden a la preservación de las especies que dieron origen a la declaratoria (aves y manglares, entre otros), hecho que se traduciría necesariamente en cuidado al ecosistema completo, lo cual pudo coadyuvar a reducir la abundancia de las especies que no aparecieron en los muestreos.

La proporción de especies con mayor vulnerabilidad y baja resiliencia en trabajos previos influyó en que estas no se registraran en este estudio. Este comportamiento de baja resiliencia y mayor vulnerabilidad está relacionado, pues Cheung *et al.* (2005) mencionan que los niveles de resiliencia determinarán la vulnerabilidad de las especies, es decir que a menor resiliencia la vulnerabilidad será mayor. El mayor porcentaje de especies observadas en esta investigación fueron de distribución amplia, con escaso endemismo, coincidiendo con Castro-Aguirre *et al.* (2005) quienes mencionan que las lagunas costeras son zonas no propicias para el endemismo debido a que son sistemas altamente variables ambientalmente.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto de Ciencia Básica CONACYT CB-2008-01-000000 000106787 y el proyecto SEMARNAT-CONACYT 249458. Jesús Padilla es becario CONACYT. A Eloísa Herrera Valdivia del Laboratorio de Pesquería del CIBNOR Guaymas, donde fueron analizadas las muestras. FGM agradece al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo de becas de investigador (COFAA, EDI).

REFERENCIAS

- Amezcuca, F., J. Madrid-Vera & H. Aguirre-Villaseñor. 2006. Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Cienc. Mar.*, 32(1B): 97-109.

- Arceo-Carranza, D., M.E. Vega-Cendejas, J.L. Montero-Muñoz & M.J. Hernández de Santillana. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictemerales de peces en la laguna costera tropical. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81: 823-837.
- Arellano-Martínez, M., J. de la Cruz-Agüero & V.M. Cota-Gómez. 1996. Lista sistemática de los peces marinos de las lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro, B.C.S. y B.C, México. *Cienc. Mar.*, 22(1): 111-128.
- Arreola-Lizárraga, J.A., L.G. Hernández-Moreno, S. Hernandez-Vázquez, F.J. Flores-Verdugo, C. Lechuga-Deveze & A. Ortega-Rubio. 2003. Ecology of *Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus* (Decapoda, Portunidae) in a coastal lagoon of Northwest Mexico. *Crustaceana*, 76(6): 651-664.
- Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 13: 7-136.
- Brigs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York, 475 pp.
- Brown, A. 2014. Species resilience, shelving old habits. *Nature Clim. Change*, 4: 87 pp.
- Cabral, H.N., M.J. Costa & J.P. Salgado. 2001. Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? *Clim. Res.*, 18: 119-126.
- Castellanos-Galindo, G.A., U. Krume, E.A. Rubio & U. Saint-Paul. 2013. Spatial variability of mangroves fish assemblage composition in the tropical eastern Pacific Ocean. *Rev. Fish Biol.*, 23: 69-86.
- Castro-Aguirre, J.L. 1983. Aspectos zoogeográficos de los elasmobranchios mexicanos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, 27: 77-94.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1994. Consideraciones generales sobre la ictiofauna de las lagunas costeras de México. *Rev. Zool. Informa.*, 27: 47-84.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 5: 57-78.
- Castro-Aguirre, J.L., H.S. Espinosa-Pérez & J.J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Editorial Limusa, México D.F., 623 pp.
- Castro-Aguirre, J.L., A.F. González-Acosta & J. de la Cruz-Agüero. 2005. Lista anotada de las especies ícticas anfibipacíficas, de afinidad boreal, endémicas y anfibipeninsulares del Golfo de California, México. *Universidad y Ciencia*, 21: 85-106.
- Castro-Longoria, R., J.M. Grijalva-Chon, R.H. Barraza-Guardado & J.C. Aguirre-Rosas. 1991. Descripción de los principales rasgos estructurales de la comunidad ictiológica y zooplanctónica del Estero El Sargento, Sonora. Informe Técnico, Universidad de Sonora, DIGCSA/SEP-UNISON C89-01-0387, 110 pp.
- Chávez-López, S. & A.D. Álvarez-Arellano. 2006. Batimetría, sedimentos y ambientes de depósito en la laguna costera de Guásimas Sonora, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM, Coyoacán*, 60: 7-21.
- Cheung, W.W.L., T.J. Pitcher & D. Pauly. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biol. Conserv.*, 124: 97-111.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley. 2005. *PRIMER*. v6: User manual/Tutorial, PRIMER-E. Plymouth, UK.
- Colwell, R. K., C.X. Mao & J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717-2727
- Danemann, G.D. & J. de la Cruz-Agüero. 1993. Ictiofauna de la laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.*, 19(3): 333-341.
- De la Cruz-Agüero, J. & V.M. Cota-Gómez. 1998. Ictiofauna de la laguna de San Ignacio, Baja California Sur, México: nuevos registros y ampliaciones de ámbito. *Cienc. Mar.*, 24(3): 353-358.
- De la Cruz-Agüero, J., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero & F.J. Gutiérrez-Sánchez. 1994. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.*, 20(1): 17-31.
- Dulvy, N.K., J.R. Ellis, N.B. Goodwin, A. Grant, J.D. Reynolds & S. Jennings. 2004. Methods of assessing extinction risk in marine fishes. *Fish Fisher.*, 5: 255-276.
- Eschmeyer, W.N., E.S. Herald & H. Hammann. 1983. *A field guide to the Pacific coast fishes of North America*. Houghton Mifflin Harcourt, Massachusetts, 336 pp.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados-Parte 1. FAO, Roma, pp. 648-1200.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen III. Vertebrados-Parte 2. FAO, Roma, pp. 1201-1813.
- Franca, S., M.J. Costa & H.N. Cabral. 2011. Inter- and intra-estuarine fish assemblage variability patterns

- along the Portuguese coast. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 91: 262-271.
- Frose, R. & D. Pauly. 2015. Fishbase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org]. 10 February 2015.
- Galván-Magaña, F., S.F.J. Gutiérrez, C.L.A. Abitia & J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur Lagoons. In: M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Manuwar & D.F. Malley (eds.). *Aquatic ecosystems of Mexico: status & scoop*. *Ecovision world monograph series*. Blackhuys Publishers, Amsterdam, pp. 383-398.
- González-Acosta, A.F., G. de la Cruz-Agüero, J. de la Cruz-Agüero & G. Ruiz-Campos. 2005. Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*. 15(2 Esp.): 205-214.
- Grijalva-Chon, J.M., S. Nuñez-Quevedo & R. Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la laguna costera La Cruz, Sonora, México. *Cienc. Mar.*, 22(2): 129-150.
- Hastings, P.A., L.T. Findley & A.M. Van der Heiden. 2010. Fishes of the Gulf of California. In: R. Brusca (ed.). *The Gulf of California. Biodiversity and conservation*. University Arizona Press, Tucson, pp. 96-118.
- Hernández, L. & J.A. Arreola-Lizárraga. 2007. Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. *Rev. Biol. Trop.*, 55(1): 225-233.
- Jordan, D.S. & B.W. Evermann. 1896-1900. The fishes of North and Middle America. *Bull. U.S. Mus. Nat. Hist.*, 47: 1-3313.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev. Ibérica Aracnol.*, 8: 151-161.
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Malden, 256 pp.
- McKinney, M.L. 1997. Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *An. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 495-516.
- Meek, S.E. & S.F. Hildebrand. 1923-1928. The marine fishes of Panama. *Publ. Field. Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.*, 15: 1-1045.
- Miller, D.J. & R.N. Lea. 1976. Guide to the coastal marine fishes of California. *Fish. B-NOAA*, 157: 1-249.
- Myers, G.S. 1960. Restriction to the croakers (Scianidae) and anchovies (Engraulidae) to continental waters. *Copeia*, 1960(1): 67-68.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, New Jersey, 601 pp.
- Ontiveros-Granillo, A. 2011. Variabilidad diurna, estacional e interanual de la comunidad de peces demersales en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de Maestría, CIBNOR, México, 64 pp.
- Palacios-Salgado, D.S., L.A. Burnes-Romo, J.J. Tavera & A. Ramírez-Valdez. 2012. Endemic fishes of the Cortez Biogeographic Province (Eastern Pacific Ocean). *Acta Ichthyol. Piscat.*, 42(3): 153-164.
- Pessanha, A.L., F.G. Araújo, M.C. Costa de Azevedo & I. Dias Gomes. 2003. Diel and seasonal changes in the distribution of fish on southeast Brazil sandy beach. *Mar. Biol.*, 143: 1047-1055.
- Robertson, D.R. & G.R. Allen. 2015. Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. [http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages]. Reviewed: 4 May 2015.
- Robertson, D.R. & K.L. Cramer. 2009. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 380: 1-17.
- Rodríguez-Félix, D. 2010. Cambios interanuales en la estructura de la comunidad de peces de una laguna costera semiárida del Golfo de California. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Guaymas, Guaymas, 68 pp.
- Rodríguez-Romero, J., D.S. Palacios-Salgado, J. López-Martínez, S. Hernández-Vázquez & G. Ponce-Díaz. 2008. Composición taxonómica y relaciones zoogeográficas de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 56(4): 1765-1783.
- Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, F.J. Gutierrez-Sánchez, B. Aguilar-Palomino & J. Arvizu-Martínez. 1998. Ecology of fish communities from the soft bottoms of Bahía Concepción, México. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 46(1): 61-67.
- Rodríguez-Romero, J., L.C. López-González, F. Galván-Magaña, F.J. Sánchez-Gutiérrez, R.B. Inohuye-Rivera & J.C. Pérez-Urbiola. 2011. Seasonal changes in a fish assemblage associated with mangroves in a coastal lagoon of Baja California Sur, México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 39(2): 250-260.
- Sarkar, S. 2002. Defining "biodiversity": assessing biodiversity. *Monist*, 85: 131-155.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 78 pp.
- Sosa-López, A., D. Mouillot, J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernandez & T. Do Chi. 2007. Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *J. Biogeogr.*, 34: 52-61.

- Siqueiros-Beltrones, D.A. & J. de la Cruz-Agüero. 2004. Examen filosófico de las listas sistemáticas como informes científicos y porqué deben ser publicados. *Oceánides*, 19: 1-9.
- Thomson, D.A. 1973. Ecological survey of Estero Soldado. University of Arizona, Arizona, 29 pp.
- Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez: The rocky-shore fishes of the Gulf of California. University of Texas Press, Texas, 407 pp.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2015. Red list of threatened species. Version 2015-3. [www.iucnredlist.org]. Reviewed: 24 September 2015.
- Vasconcelos, R.P., P. Reis-Santos, M.J. Costa & H.N. Cabral. 2011. Connectivity between estuaries and marine environment: integrating metrics to assess estuarine nursery function. *Ecol. Indic.* 11: 1123-1133.
- Villalba-Atondo, A., P. Ortega-Romero & M. De la O-Villanueva. 1989. Evaluación geoquímica de la fase sedimentaria de ecosistemas costeros del Estado de Sonora, México. *Acta Oceanogr. Pac.*, 5(1): 98-105.
- Yepiz-Velázquez, V.L.M. 1990. Diversidad, distribución y abundancia de la ictiofauna en tres lagunas costeras de Sonora, México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, 168 pp.

Received: 1 September 2014; Accepted: 10 November 2015