

Artículo de fondo

## Biología y conservación del pejerrey (Atherinopsidae, *Leuresthes sardina*)

Roberto Carmona\*, Adriana Hernández-Alvarez\*, Betsy Martínez-Reséndiz\*,  
Gorgonio Ruiz-Campos\*\*, José de la Cruz-Agüero\*\*\*, Ricardo Saldierna\*\*\*,  
Víctor M. Cota-Gómez\*\*\*, Martín Hernández-Rivas\*\*\* y Gustavo D. Danemann\*\*\*\*

El pejerrey (*Leuresthes sardina*) es un pez endémico del Alto Golfo de California, notorio debido a su estrategia de desove masivo en las playas arenosas. La información científica existente es escasa y antigua, la mayor parte de los trabajos se realizó en la década de 1970. Esta especie no cuenta con ningún estatus de protección en México, pese a que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza la cataloga como “casi amenazada”. Se realizó una compilación de todos los trabajos publicados (tesis y artículos), a los que se integraron datos propios generados a lo largo de ocho años de presencia en una de las principales zonas de desove, el Golfo de Santa Clara, Sonora. A grandes rasgos, se abordan aspectos de la biología de la especie, incluida su importancia para otros *taxa*, su utilización por el hombre y las amenazas presentes, para desembocar en una propuesta de conservación. En resumen, el pejerrey es una especie de alta vulnerabilidad. Pese a los huecos de información existentes, es un hecho que diferentes playas arenosas del norte de Sonora y Baja California están sufriendo modificaciones antrópicas perjudiciales, por lo que es urgente tomar medidas encaminadas a la protección de esta especie, más aún al considerar que se trata de un taxón paraguas, cuya conservación implicaría la de su entorno y la de diferentes especies asociadas.

**Palabras clave:** *Leuresthes sardina*, regulación pesquera, endemismo, perturbación, Golfo de California.

### Biology and conservation of the Gulf grunion (Atherinopsidae, *Leuresthes sardina*)

The Gulf grunion (*Leuresthes sardina*) is an endemic fish of the Upper Gulf of California, notable because of their massive spawning strategy on sandy beaches. Available scientific information is scarce and ancient; the majority of investigations were carried out during 1970 decade. In Mexico, this species is not classified under any conservation status in spite of actually being listed as “near threatened” in accordance with the International Union for Conservation of Nature. We compiled every publish research (thesis and papers) additionally to data collected during eight years of our presence in one of the main spawning beaches, Golfo de Santa Clara, Sonora. Here we broadly address basic biology of the species, including its importance for other *taxa*, its use by humans, current threats, and finally, we suggest a conservation proposal. In other words, Gulf grunion is a highly vulnerable species. Despite the gaps of scientific information, it is a fact that several sandy beaches in the north of Sonora and Baja California states are undergoing negative anthropic modifications, therefore it is urgent to take actions aimed to protect this species, in particular considering that Gulf grunion could serve as “umbrella taxon” whose conservation would imply that of its environment and other species associated.

**Key words:** *Leuresthes sardina*, fisheries regulation, endemism, disturbance, Gulf of California.

### Descripción

El pejerrey o grunón del Golfo *Leuresthes sardina* (Jenkins y Evermann 1888) es un pez endémico del norte del Golfo de California. Se caracteriza por ser elongado y delgado, con la cabeza y el cuerpo comprimidos. La parte superior de la cabeza es aplanada, sus ojos son pequeños (menos de la mitad de la cabeza), su hocico es romo, con dos surcos transversales que lo atraviesan. La mandíbula superior es muy ancha y

\* Departamento Académico de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. CP 23080 La Paz, BCS. \*Autor responsable de correspondencia: beauty@uabcs.mx

\*\* Laboratorio de Vertebrados. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana Núm. 3917. Col. Playitas. CP 22860. Ensenada, BC.

\*\*\* Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. Col. Palo de Santa Rita. CP 23096. La Paz, BCS.

\*\*\*\* Pronatura Noroeste, AC Calle Diez Núm. 60. Col. Centro. CP 22800. Ensenada, BC.

extensible. No presenta dientes o son muy pequeños. La primera aleta dorsal presenta cuatro espinas (IV); la segunda dorsal por lo regular tiene una espina y nueve radios (I, 9) con escamas entre los radios delanteros. La aleta anal tiene 25 radios y las aletas pectorales son cortas (2/3 de longitud de la cabeza). Las escamas son grandes y lisas, presenta en promedio 45 a lo largo de la línea lateral (Jenkins y Evermann 1888).

Su característica física más sobresaliente son las vistosas bandas laterales de color azul-plata, mientras que el vientre es plateado y el dorso gris-azul. Similares en tamaño a las sardinas, los pejerreyes tienen dimorfismo sexual en longitud, con hembras mayores (Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>; Fig. 1).

Dado que el método de recolecta se realiza sobre individuos desovantes, todas las medidas presentadas a continuación se refieren a peces adultos. Los machos miden entre 144 y 204 mm de longitud total (media  $\pm$  desviación estándar;  $= 172.9 \pm 8.2$  mm,  $n = 452$ ) y las hembras de 170 a 218 mm ( $191.9 \pm 8.5$  mm,  $n = 192$ ; Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>), lo que se refleja también en los pesos: machos de 13.6 a 41.6 g ( $21.4 \pm 3.2$  g) y hembras de 23.7 a 56.9 g ( $37.1 \pm 6.2$  g; Fig. 2). Al comparar las medias por sexo, las pruebas de hipótesis

evidenciaron diferencias significativas para la longitud total ( $t_{642} = 23.28$ ,  $p < 0.01$ ) y para el peso ( $t_{642} = 42.09$ ,  $p < 0.01$ ; Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>). De tal manera, hay alrededor de 0.02 de probabilidad de que un macho pese más de 35 g y 0.09 de que una hembra pese menos de 25 g (Fig. 2).

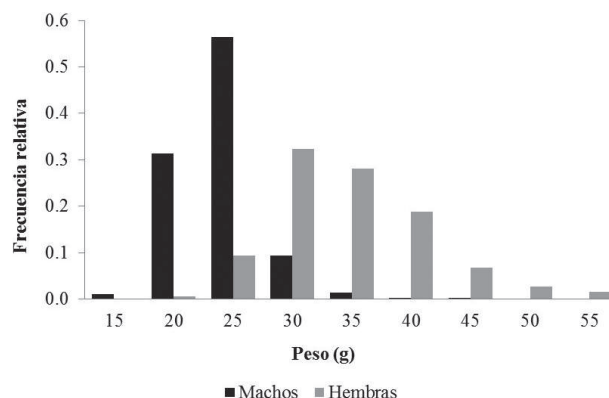


Fig. 2. Frecuencia relativa de los pesos por sexo del pejerrey *Leuresthes sardina*. Tamaños de muestra: 452 machos y 192 hembras.

## Taxonomía

Respecto a su taxonomía, al inicio ésta fue confusa. Jenkins y Evermann (1888) describieron la *Atherina sardina* con base en tres individuos recolectados cerca de Guaymas, Sonora. Sin embargo, posteriormente Evermann y Jenkins (1891) describieron dichos especímenes como *Menidia sardina*. En el mismo reporte presenta-

1. Carmona R, A Hernández-Alvarez, F Molina, GD Danemann. En revisión. Size structure, weight-length relationship, and evaluation of minimum capture size for Gulf grunion (*Leuresthes sardina*, Atherinopsidae): considerations for its conservation.



Fig. 1. Hembra (arriba) y macho (abajo) de pejerrey (*Leuresthes sardina*). Fotografía de Roberto Carmona.

ron a *Menidia clara* como una especie de forma y color general similares a *M. sardina*, a la que distinguieron por el mayor número de escamas en serie longitudinal (56 y 45, respectivamente).

Más tarde, Jordan y Evermann (1896) sugirieron una relación cercana de *M. clara* con el género *Leuresthes* por su semejanza en las escamas y su dentición débil, esta relación se generalizó además para *M. sardina*. Breder (1936) estableció después el nuevo género *Hubbsiella* para *M. clara* con base en varias características, entre ellas el número de escamas laterales. En este género, Schultz (1948) incluyó los ejemplares de *Atherina sardina* (Jenkins y Evermann 1888), *Menidia clara* (Evermann y Jenkins 1891) y *Leuresthes sardina* (sin fecha de recolecta); concluyó, además, que *M. clara* es sinónimo de *A. sardina*, así como de *Hubbsiella sardina* y que los géneros *Hubbsiella* y *Leuresthes* están estrechamente relacionados.

De tal manera, a lo largo de la década de 1960, el nombre *Leuresthes sardina* fue utilizado como sinónimo de *H. sardina* (p. ej. Walker 1960). Finalmente, desde mediados de la década de 1970, el pejerrey aparece constantemente en la literatura como *Leuresthes sardina* (p. ej. Reynolds y Thomson 1974a, 1974b, 1974c, Moffatt y Thomson 1975, Thomson y Muench 1976, Muench 1977).

## Sinopsis de las investigaciones

Poco se sabe con certeza del ciclo de vida del pejerrey, además de su distribución, por ejemplo, se sugiere que los peces adultos habitan cerca de estuarios, bahías y en aguas poco profundas (Walker 1949<sup>2</sup>).

Hace cerca de 40 años, el grupo de trabajo dirigido por el doctor D. A. Thomson de la Universidad de Arizona (p. ej. Reynolds y Thomson 1974a, 1974b, 1974c, Moffatt y Thomson 1975, Thomson y Muench 1976) hizo un esfuerzo constante de investigación; sin embargo, a finales de esa década dejan de aparecer trabajos al respecto. Ese grupo de investigación realizó algunos trabajos de laboratorio y campo acerca de temas

como la influencia de la marea en el tamaño de los huevos de ambas especies de *Leuresthes* (Moffatt y Thomson 1978) y la tolerancia a la temperatura y a la salinidad de las larvas (Reynolds *et al.* 1976).

Con relación a investigaciones nacionales, hay un trabajo anecdótico donde se comentan algunos aspectos generales de ambas especies de *Leuresthes* (Castro y Yoshida 1974). Fuera de éste, el pejerrey únicamente es citado como parte de los ensambles ícticos de diferentes sitios, como la laguna La Cruz (Grijalva-Chon *et al.* 1996) y Las Guásimas (Padilla-Serrato *et al.* 2016), ambas en Sonora; en los dos casos se trató de individuos jóvenes. Además se indicó la importancia de los juveniles en la dieta del gallito marino menor (*Sternula antillarum* Lesson 1847) en Bahía San Jorge, Sonora (Zuria y Mellink 2005).

Recientemente, los estudios con pejerrey reiniciaron, por su conexión con las aves playeras migratorias. Así se reconoció la valía de sus huevos en el reabastecimiento primaveral de especies de aves playeras en el Golfo de Santa Clara, Sonora (Hernández-Alvarez *et al.* 2013). En este mismo contexto se ha generado información básica acerca de la estructura de longitudes, la relación peso-longitud y la estimación de la longitud mínima de captura durante los desoves verificados en el Golfo de Santa Clara (Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>), a lo que se suma un trabajo de divulgación publicado (Hernández-Alvarez *et al.* 2016).

Una de las razones que explica, al menos en parte, este amplio desconocimiento, es su bajo valor comercial. En contraste con el escaso conocimiento científico existente, la especie es bien conocida por las comunidades humanas de la región, debido a su llamativa estrategia reproductiva, que implica arribazones masivas y la salida de los individuos en playas arenosas, donde desovan.

## Distribución

Se ha indicado desde hace 40 años que el pejerrey se distribuye desde Bahía Concepción en la porción sudcentral de la península de Baja California (26°40' N), hasta el delta del río Colorado (31°35' N) en las costas peninsulares, y desde dicho delta hasta Guaymas (27°55' N) en las costas continentales (Moffatt y Thomson 1975). Con base en la

2. Walker BW. 1949. Periodicity of spawning by the grunion, *Leuresthes tenuis*, an Atherine fish. Technical Report (Internal document). Scripps Institution of Oceanography. 166p.

bibliografía, en una compilación de los registros de ejemplares de museos y colecciones ictiológicas (86 en 25 localidades) y en datos propios, en este trabajo se presenta la distribución espacial general y reproductiva del pejerrey (Fig. 3).

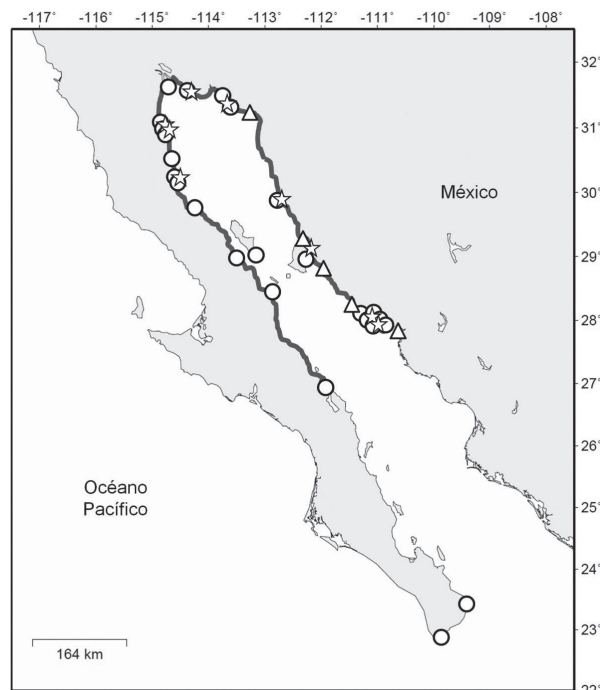


Fig. 3. Intervalo de distribución del pejerrey (línea gris), zonas de desove confirmadas (estrellas), sitios de recolecta de colecciones ictiológicas (círculos) y áreas indicadas en la bibliografía con presencia de la especie (triángulos).

No obstante, dado que dicho intervalo incluye zonas con registros de peces juveniles sin evidencias de reproducción (como los extremos australes), la distribución de los sitios de puesta es menor, pues sólo se tiene información de desoves desde San Felipe (31°02' N) en la costa peninsular, hasta el estero El Soldado, adyacente a Guaymas (27°57' N), en la continental (Fig. 3).

Incluso a lo largo de este segundo intervalo geográfico, son pocas las playas con desoves confirmados (Tabla 1). Se ha indicado que llega a haber desoves esporádicos en playas hacia el sur de su intervalo de distribución, tanto en las costas peninsulares como en las continentales; sin embargo, Muench (1977), con seis años de recorridos (1968-1973), indica que éstos son difícilmente predecibles.

Fuera de la época reproductiva, la distribución de los pejerreyes adultos es desconocida; se

ha sugerido que se encuentran en aguas someras (menores a 5 m), por lo que deberían de ubicarse siempre cerca de la costa (Findley *et al.* 2010<sup>3</sup>); sin embargo, pláticas con pescadores locales del Golfo de Santa Clara indican que los peces no se localizan en las cercanías de la línea costera, por lo que es probable que fuera de la época reproductiva prefieran aguas más profundas.

Para los juveniles se ha propuesto que realizan movimientos hacia lagunas y estuarios cercanos a las áreas de reproducción (Walker 1949<sup>2</sup>, Muench 1977). En la literatura hay registros de presencia de juveniles de pejerreyes en diferentes lagunas costeras ubicadas en la porción centro-norte de Sonora (Fig. 3).

Al pormenorizar, en la laguna El Sargento (29°19' N) se detectó la presencia de juveniles, por lo que los autores sugieren que se trata de un sitio de crianza y residencia temporal (Castro-Longoria *et al.* 2002). De igual forma, en la laguna La Cruz (28°45' N) se registraron peces jóvenes; incluso, fue una de las especies numéricamente más importantes (33% de la captura total en número; Grijalva-Chon *et al.* 1996). En el estero El Soldado, ubicado a 20 km al norte de la ciudad de Guaymas, Sonora (27°57' N), se registró la presencia de individuos jóvenes poco después de un desove en la playa arenosa adyacente conocida como El Pilar (Thomson 1973<sup>4</sup>); este autor sugiere que las larvas realizan movimientos en el estero y que es el área de crianza de mayor importancia en la zona de Guaymas.

También existen registros de peces jóvenes (de 93 mm de longitud total promedio) para Bahía San Jorge, en el noreste del Golfo de California (31°05' N), esta especie fue la más importante en la dieta del gallito marino menor (*S. antillarum*) durante la época reproductiva (Zurita y Mellink 2005). Por último, en la laguna Las Guásimas (27°49' N) se indicó la presencia de la especie, pero no de sus longitudes, por lo que no es posible inferir si se trató de peces adultos o juveniles (Padilla-Serrato *et al.* 2016).

- Findley L, H Espinosa, B Collette, P Rojas. 2010. *Leuresthes sardina*. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>
- Thomson DA. 1973. Preliminary ecological survey of Estero Soldado, Sonora, México. Informe Técnico (Documento interno). Cella, Barr, Evans and Associates. Tucson, Arizona. 29p.



Tabla 1

Lista de sitios de desove confirmados (se anexa en superíndice el número de la referencia, para mayor detalle véase el pie de tabla) y potenciales del pejerrey (*Leuresthes sardina*). Se incluyen coordenadas iniciales y finales

<i>Costa Este (Sonora)</i>	<i>Costa Oeste (Baja California)</i>
Golfo de Santa Clara <sup>1,2,3</sup> al Borrascoso <sup>1</sup> 31.683646° N-114.502675° O 31.490442° N-114.047377° O	Norte San Felipe 31.200208° N-114.885547° O 31.081175° N-114.858528° O
De Bahía Adair a La Choya 31.531215° N-113.715232° O 31.345824° N-113.612011° O	San Felipe <sup>1,2,4</sup> 31.035731° N-114.826500° O 30.997589° N-114.830700° O
Playa Princesa <sup>1,2</sup> 31.324323° N-113.588390° O 31.314797° N-113.552123° O	Al sur San Felipe <sup>1</sup> 30.986675° N-114.822669° O 30.959715° N-114.770509° O
Morúa (Playa Encanto) 31.278316° N-113.427974° O 31.265907° N-113.358823° O	Playa Hermosa 30.737758° N-114.695786° O 30.637337° N-114.699173° O
Bahía San Jorge al Desemboque 31.048833° N-113.125207° O 30.563139° N-113.006711° O	San Juan de los Lagos 30.502639° N-114.635250° O 30.429886° N-114.633263° O
Puerto Lobos 30.317628° N-112.845758° O 30.276147° N-112.854068° O	Al norte de Puertecitos <sup>8</sup> 30.384878° N-114.641836° O 30.369693° N-114.642407° O
Puerto Libertad <sup>4</sup> 29.902107° N-112.678127° O 29.859802° N-112.650204° O	Playa Alfonsinas 29.808083° N-114.394908° O 29.741218° N-114.306881° O
Canal Infiernillo <sup>5</sup> 29.323021° N-112.249236° O 28.970196° N-112.17312° O	Bahía de Remedios 29.248975° N-113.630585° O 29.206119° N-113.654940° O
Bahía Kino <sup>6</sup> 28.858936° N-112.025816° O 28.792078° N-111.917419° O	Al norte de Bahía de los Ángeles 29.038050° N-113.548772° O 28.967958° N-113.545535° O
San Rafael † 28.571621° N-111.757361° O 28.496728° N-111.716290° O	Bahía de los Ángeles 28.921089° N-113.543717° O 28.911344° N-113.472761° O
El Cardonal a Tastiota † 28.451106° N-111.682492° O 28.360789° N-111.458989° O	Al norte de Bahía San Francisquito 28.477556° N-113.054847° O 28.474294° N-112.904571° O
Bahía San Carlos 27.979500° N-111.124956° O 27.946358° N-111.094414° O	El Barril 28.365798° N-112.855474° O 28.302612° N-112.872821° O
El Soldado <sup>3</sup> 27.963354° N-111.016507° O 27.954770° N-110.979325° O	La Trinidad 27.866497° N-112.772086° O 27.823244° N-112.729361° O
Miramar, Guaymas <sup>7</sup> 27.926704° N-110.950626° O 27.914591° N-110.945774° O	

Referencias: <sup>1</sup>Autores del presente trabajo, <sup>2</sup>Moffatt y Thomson (1975), <sup>3</sup>Muench (1977), <sup>4</sup>Walker (1949), <sup>5</sup>Torre-Cosío (2002), <sup>6</sup>Cota Moreno *com. pers.*, CONANP-Guaymas, <sup>7</sup>Ferreira *com. pers.*, CICESE, <sup>8</sup>Lance y Wolfson (1965<sup>5</sup>). El símbolo † indica que el sustrato parece adecuado para la reproducción, pero las modificaciones de las granjas acuícolas adyacentes podrían impedir su uso.

5. Lance JR, F Wolfson 1965. Nota de campo número: SIO 65-86. (Documento interno). Scripps Institution of Oceanography. San Diego, California. EU. 1p.

La presencia de juveniles de pejerrey en estos ecosistemas indica que las lagunas costeras actúan como áreas de crianza, por lo que se sugiere que sus larvas aprovechan los vientos con giros anticiclónicos que predominan en la zona norte del Golfo de California durante el periodo de invierno-primavera (Soto-Mardones *et al.* 1999), para ser desplazados a los esteros continentales sureños.

### Zonas de desove

El pejerrey y el grunón de California (*L. tenuis*) son las dos únicas especies, entre todos los peces, que salen del agua para enterrar y fertilizar sus huevos en playas arenosas (Walker 1949<sup>2</sup>, Moffatt y Thomson 1975, Martin 2015).

Tres zonas de desove del pejerrey en las que recientemente se describió el sedimento (Golfo de Santa Clara, Puerto Peñasco y San Felipe; Carmona y Hernández-Alvarez 2016<sup>6</sup>) se caracterizaron por un claro predominio de arenas gruesas (94%, 84% y 93%, respectivamente). Este tipo de sustrato permite una percolación rápida durante la bajamar. La alta porosidad de los sedimentos evita la retención de agua intersticial, lo que ocasiona una alta tasa de recambio (Kasper-Zubillaga *et al.* 2007).

Durante el desarrollo embrionario del pejerrey, las arenas gruesas presentes en la zona de puesta contribuyen a evitar la desecación y la hipoxia (Martin 2015). La preferencia hacia arenas gruesas por parte de los adultos puede atribuirse a que estos sedimentos son porosos, lo que ayuda a conservar la humedad dentro del nido permitiendo así mayor difusión del oxígeno (Martin 2015). Así, los huevos enterrados en arena se desarrollan en un micro hábitat húmedo con temperaturas menos extremas que las de la superficie (Rice 2006, Martin 2015). La preferencia del pejerrey por desovar en playas de arenas gruesas debe considerarse como un primer criterio por tomar en

cuenta para desarrollar modelos espaciales que permitan ubicar hábitats de puesta adecuados.

Por otra parte, como respuesta al régimen de mareas de la costa de California, el grunón desova únicamente durante la noche, cuando ocurren las mareas más altas; en contraste, el régimen semidiurno mixto del Golfo de California permite que el pejerrey desove tanto en la marea alta del día como en la de la noche (Walker 1949<sup>2</sup>). Solamente unas cuantas playas han sido reportadas como evidentes zonas de reproducción (Tabla 1). Aunque es probable que se reproduzca en otras zonas, se ha indicado que para algunos sitios, los desoves son esporádicos y pueden pasar varias temporadas sin que se verifiquen (Muench 1977). Con base en el conocimiento empírico obtenido durante la observación de desoves en los últimos ocho años en el Golfo de Santa Clara (2010-2017), y recientemente en San Felipe y Puerto Peñasco, este trabajo propone una serie de sitios que potencialmente pueden ser utilizados para la reproducción de la especie (Tabla 1). Cabe mencionar que en particular en la costa de Sonora aún hay secciones de playa que han sido poco exploradas.

### Evento reproductivo (arribazón)

La primera descripción del comportamiento reproductivo de *L. tenuis* fue publicada por Hubbs (1916); posteriormente, Walker (1949<sup>2</sup>) reportó la similitud de *L. sardina* en su estrategia reproductiva y años más tarde hubo un esfuerzo constante de investigación, ya comentado, sobre aspectos de reproducción de *L. sardina*.

El primer estudio sistemático publicado sobre el comportamiento reproductivo de *L. sardina* se realizó con base en observaciones realizadas entre 1968 y 1973 en las playas del Golfo de Santa Clara, Sonora (Thomson y Muench 1976). Los autores registraron desoves desde enero a mayo y encontraron diferencias significativas en el número de días transcurridos después de cada luna cuando éstos ocurrieron, así como la altura de la marea en cada ocasión, 3.5 días después de la luna llena (a 3.6 m de altura de marea) y cuatro días después de la nueva (a 3.9 m). La duración promedio de los desoves fue de 79.73 minutos; resaltaron que el estímulo para iniciar el desove es una

6. Carmona R, A Hernández-Alvarez. 2016. Informe de la caracterización de las playas de desove del pejerrey (*Leuresthes sardina*) en el Alto Golfo de California. Informe de Investigación (Documento interno). PRONATURA Noroeste, AC. México.10p.

marea alta de amplitud adecuada. Finalmente, indicaron diferencias entre *L. tenuis* y *L. sardina* en el tiempo que permanecen fuera del agua, 30 y 3-7 segundos, respectivamente, mucho menor en *L. sardina*, lo que interpretaron como una adaptación al corto periodo y la notoria amplitud de mareas del Alto Golfo de California.

El evento de desove del pejerrey puede resumirse así (tomado de Thomson y Muench 1976, Muench 1977, Moffat y Thomson 1978, Hernández-Alvarez *et al.* 2016):

- 1) Grupos de machos (*scouts*) exploran la playa desde aproximadamente 30 minutos antes de la marea más alta (Fig. 4A). Existe la posibilidad de que ante eventuales fuentes de disturbio el desove no se verifique; así, es habitual que en el desove que coincide con la Semana Santa, cuando las playas son utilizadas por numerosos turistas, sus vehículos y mascotas, los *scouts* regresen al agua y el resto de los peces no arribe.
- 2) Una vez alcanzada la marea más alta y conforme ésta inicia su retroceso, los pejerreyes congregados en la orilla comienzan a salir del agua.
- 3) Los pejerreyes suben hasta medio metro costa arriba, las hembras se entierran (dos terceras partes de su cuerpo en posición vertical) con la cola hacia abajo, para depositar sus huevos; a la par, hasta 10 machos se enrollan a su alrededor para expulsar el semen y asegurar la fertilización (Fig. 4B).
- 4) De forma posterior al desove, las hembras retornan al mar. Los machos pueden permanecer por más tiempo en la línea de costa, en espera de poder fecundar a otras hembras.

De haber perturbación humana en la playa, también es posible que los peces desoven en el agua, por lo que los huevos quedan sobre la playa, lo que los hace inviables (*obs. pers.*). La incubación se verifica en nueve días en promedio; las larvas se dirigen al mar después de la eclosión (Moffatt y Thomson 1978; Fig. 4C).

Los desoves pueden suceder en hasta 5 km de costa (*obs. pers.*; Fig. 4D), cada pez pasa fuera del agua entre tres y siete segundos y la salida constante de organismos puede durar cerca de dos horas (Thomson y Muench 1976), lo que a lo largo del periodo de duración total de un desove

implica que el número de individuos involucrados se incrementa de forma exponencial. Con el uso de fotografías tomadas durante los desoves en 2010, 2011, 2013 y 2014 (con una escala de medida sobre la arena) en el Golfo de Santa Clara, Sonora, se estimaron la densidad promedio y la desviación estándar de adultos en 379.3 peces/m<sup>2</sup> ( $\pm 105.3$ ,  $n = 9$ ), 296.7 ( $\pm 49.8$ ,  $n = 4$ ), 332.9 ( $\pm 70.8$ ,  $n = 8$ ) y 342.7 ( $\pm 49.1$ ,  $n = 22$ ), respectivamente.

Las hembras de *L. tenuis* pueden desovar cada dos semanas (Clark 1925). Walker (1949<sup>2</sup>) evidenció que tanto hembras como machos de esta especie participan en más de un evento reproductivo a lo largo de la temporada. Estos aspectos se desconocen para *L. sardina*.

### Huevos, larvas y desarrollo embrionario

Los huevos fecundados se mantienen enterrados y protegidos del sol; cuando la marea alcanza otra vez la altura a la que se depositaron, la fricción del agua incita su rompimiento o eclosión (Moffatt y Thomson 1978).

El periodo de incubación de los huevos depende de la temperatura, con variaciones de nueve (enero-marzo) a siete días (abril-mayo; Constant 1976). Durante la incubación, la arena protege a los embriones hasta la llegada de la siguiente marea alta. Se ha indicado que los huevos de *L. tenuis* tienen un volumen 4.10 veces mayor que *L. sardina* ( $4.19 \pm 0.54$  y  $1.02 \pm 0.0003$  mm<sup>3</sup>, respectivamente), atribuido a la diferencia en el tiempo de incubación, ocasionado por un patrón de mareas más irregular en las costas de California. Así, el periodo de *L. tenuis* es de nueve a 14 días (Moffatt y Thomson 1978).

Diversos autores han analizado en laboratorio variables importantes que intervienen en el desarrollo de los huevos, larvas y juveniles de *L. sardina*.

En todas las edades, desde la eclosión hasta los 150 días, *L. sardina* es una especie fotorreceptiva, que selecciona intensidades lumínicas altas de hasta 32 000 lux (Reynolds y Thomson 1974a, 1974b, Reynolds *et al.* 1976) y con una preferencia por turbulencias moderadas, evitando concentraciones de oxígeno menores a 5 ppm (Reynolds y Thomson 1974b).

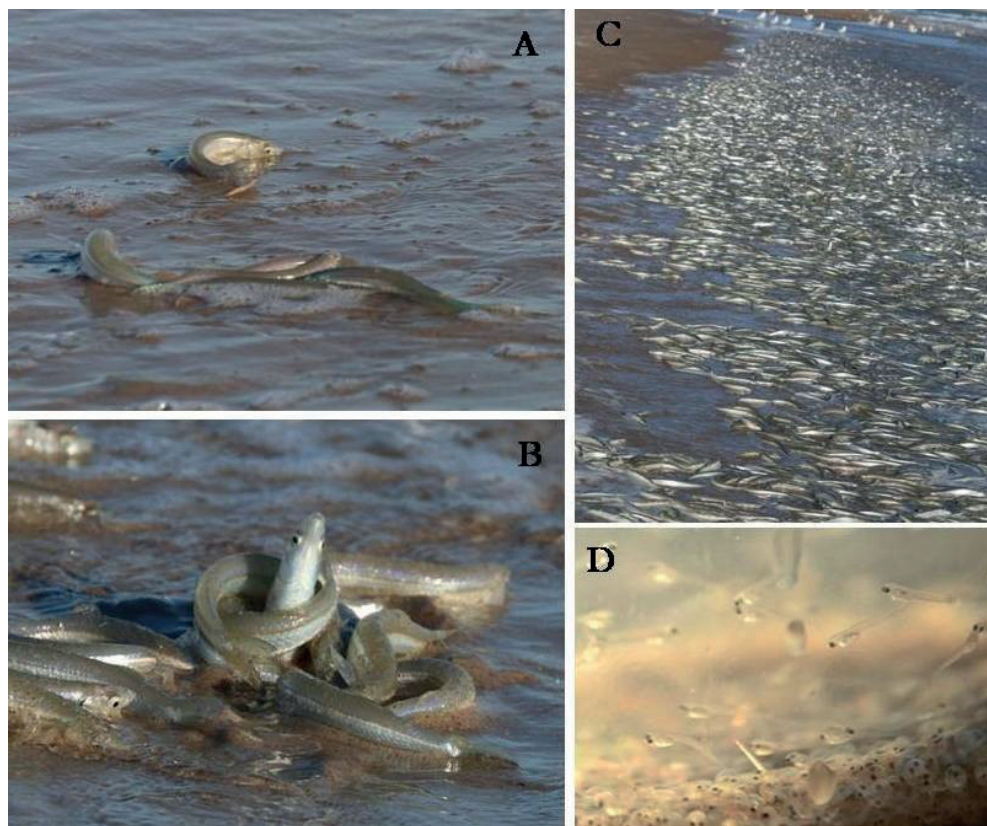


Fig. 4. A) Momento del arribo de los primeros machos; B) una hembra desovando rodeada de machos; C) panorámica de un desove en el Golfo de Santa Clara; D) larvas de pejerrey recién eclosionadas. Fotografías A y D de Betsy Martínez Reséndiz, B) y C) de Roberto Carmona.

El porcentaje óptimo de humedad para el desarrollo de los embriones va de 3.0 a 4.5% (Constant 1976). En cuanto a la temperatura, los huevos en ambiente natural se incuban en un periodo de siete a diez días de 20 a 33 °C (Constant 1976, Moffatt y Thomson 1978). También se sabe que existe una disminución en la tolerancia a la temperatura conforme aumenta la edad (Reynolds *et al.* 1976).

Por otra parte, el éxito de la fecundación respecto a la salinidad es de 99% a 35‰ (Constant 1976). Las larvas recién eclosionadas prefieren salinidades de 15-24‰, mientras que las post-larvas tardías y juveniles, salinidades de 45-54‰ (Reynolds y Thomson 1974b, 1974c). Como un reflejo de las diferencias en los lugares de desove, las larvas de *L. sardina* son más tolerantes a cambios de temperatura y salinidad que las de *L. tenuis* (Reynolds *et al.* 1976).

El desarrollo embrionario de *L. sardina* fue descrito por Constant (1976) con base en individuos incubados a 18 °C. El autor toma como refe-

rencia la embriología general de teleósteos y del grunón de California (*L. tenuis*) descrita por David (1939). Su descripción consta de 14 estadios de desarrollo, a continuación se presentan algunos de ellos: estadio *E1*: huevos no fecundados, los huevos inmaduros son amarillos y los maduros anaranjados-rojizos, miden cerca de 1 mm de diámetro y pesan en promedio  $1.8 \pm 0.27$  mg. *E8*: primer somita, ocurre la formación de los primeros esbozos del sistema nervioso central y la presencia del primer somita. *E9*: formación del celoma, el número de somitas ha aumentado, el epitelio del saco vitelino produce el celoma. *E11*: formación del mesencéfalo que se expande desde los lóbulos ópticos. *E14*: eclosión, la prolarva sale del huevo a la menor agitación, pesa  $1.08 \pm 0.16$  mg.

#### Parásitos

Constant (1976) encontró en huevos depositados en el Golfo de Santa Clara, alta incidencia



de larvas y adultos de la mosca tropical (*Fucellia rejecta* Aldrich 1918); 60% de los huevos de pejerrey había sido devorado. Olson (1979) estudió los parásitos de las dos especies de *Leuresthes*. Encontró 26 especies de parásitos en *L. sardina*; por orden de frecuencia de aparición, los más comunes fueron: el tremátodo *Diplostomulum* spp., el céstodo *Gyrodactylus* spp., un cisticerco no identificado, el nemátodo *Contracaecum* spp. y el copépodo *Caligus* spp.

Los peces de longitudes mayores tendieron a tener más parásitos, de más especies y de mayor longitud. A lo largo de tres años sólo *Contracaecum* spp. presentó variaciones en su frecuencia de ocurrencia (de 34.8% en 1978 a 65% en 1977; Olson 1979). La comparación entre los parásitos de ambas especies del género *Leuresthes* apoya la hipótesis de la existencia de un grunón original del Alto Golfo de California, que emigró a la costa pacífica (Olson 1979).

### Información-biológico pesquera básica

Para el grunón de California se estima que el periodo de vida es de tres a cuatro años y rara vez es mayor. Su tasa de crecimiento disminuye después de la primera reproducción y se detiene por completo durante la temporada de desove; esta variación de la tasa de crecimiento provoca anillos en las escamas, que se han utilizado para calcular edad y crecimiento (Clark 1925). En contraste, para el pejerrey ninguna de estas características se ha descrito aún, aunque se supone que son semejantes. Sólo recientemente un trabajo aborda los aspectos biológico-pesqueros básicos (Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>). En dicha investigación se describe la duración promedio de los desoves (71.1 y 19.3 min de desviación), la estructura de longitudes en el Golfo de Santa Clara (con intervalos modales de 170 a 179 mm para machos y de 185 a 194 mm para hembras), su relación peso-longitud (alométrica negativa para machos y positiva para hembras) y se proporciona una estimación de la longitud mínima recomendable para su captura (176 mm de longitud total).

### Importancia ecológica

La relevancia ecológica del pejerrey es evidente, por ejemplo, la totoaba (*Totoaba macdonaldi* Gilbert 1890); actualmente catalogada como “en peligro de extinción”, se alimenta de pejerreyes adultos, así cuando la pesca de totoaba estaba permitida, las arribazones de pejerreyes era indicativo de la presencia de esta especie (Muench 1977).

Por otra parte, en comparación con el grunón de California que sólo desova de noche, el pejerrey está más expuesto a ser consumido por las aves en el momento de la puesta (MacGinitie y MacGinitie 1949), principalmente en sus desoves diurnos. En los ocho años de observación en este trabajo en el Golfo de Santa Clara, se registró depredación de los peces adultos y sus huevos por parte de 36 especies de aves (Thomson y Muench 1976, *obs. pers.*). De éstas, 18 se alimentan de peces, 14 de los huevos y cuatro de ambos recursos (Tabla 2). Hay que destacar que siete de las especies de aves (20%) están incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), cuatro con protección especial, dos amenazadas y una catalogada como en peligro de extinción (Tabla 2).

Entre estas aves se encuentran gaviotas, que se congregan en la playa en espera de las arribazones, pelícanos y charranes, que capturan a los adultos cuando se acercan a la playa. Aunque los días de desove representan sólo una pequeña fracción de tiempo, en éstos las aves ictiófagas satisfacen ampliamente sus requerimientos energéticos y presumiblemente acumulan reservas.

Adicionalmente, el Golfo de Santa Clara representa el área de reabastecimiento energético más importante en México durante la migración primaveral de las aves playeras (Hernández-Alvarez *et al.* 2013), dentro de este grupo se han registrado 14 especies que se alimentan de los huevos de pejerrey y una más de huevos y adultos (Tabla 2).

En el área, donde es particularmente relevante el playero rojizo del Pacífico (*Calidris canutus roselaari* Tomkovich 1990), se ha registrado un máximo de 6 123 individuos alimentándose de huevos de pejerrey, 36% de su estimado poblacional (Andres *et al.* 2012). Otra especie para la que los huevos son un recurso importante es el playero blanco (*Calidris alba*

**Tabla 2**

Especies de aves que se alimentan del pejerrey o de sus huevos. Se indica la fuente y (de ser el caso) la categoría de protección por parte del Gobierno mexicano en superíndice (Pr= protección especial, A= amenazada y P= peligro de extinción; DOF 2010)

Especies	Peces	Huevos	Fuente
<i>Melanitta perspicillata</i>		*	1
<i>Mergus serrator</i>	*		1
<i>Gavia pacifica</i>	*		1
<i>Gavia immer</i>	*		1
<i>Aechmophorus occidentalis</i>	*		1
<i>Sula nebouxii</i>	*		1
<i>Sula leucogaster</i>	*		1
<i>Phalacrocorax auritus</i>	*		1
<i>Pelecanus occidentalis</i> <sup>A</sup>	*		1, 2
<i>Ardea herodias</i>	*		1
<i>Pandion haliaetus</i>	*		1
<i>Pluvialis squatarola</i>		*	1
<i>Charadrius nivosus</i> <sup>A</sup>		*	1
<i>Tringa semipalmata</i>	*	*	1
<i>Numenius phaeopus</i>		*	1
<i>Numenius americanus</i>		*	1
<i>Limosa fedoa</i>		*	1
<i>Arenaria interpres</i>		*	1
<i>Arenaria melanocephala</i>		*	1
<i>Calidris virgata</i>		*	1
<i>Calidris canutus</i> <sup>P</sup>		*	1
<i>Calidris alba</i>		*	1, 2
<i>Calidris mauri</i>		*	1, 2
<i>Calidris alpina</i>		*	1
<i>Limnodromus griseus</i>		*	1
<i>Leucophaeus atricilla</i>	*		1, 2
<i>Larus heermanni</i> <sup>Pr</sup>	*	*	1, 2
<i>Larus delawarensis</i>	*	*	1, 2
<i>Larus livens</i> <sup>Pr</sup>	*	*	1
<i>Larus californicus</i>	*		1, 2
<i>Larus argentatus</i>	*		1
<i>Hydroprogne caspia</i>	*		1
<i>Thalasseus maximus</i>	*		1
<i>Thalasseus elegans</i> <sup>Pr</sup>	*		1
<i>Sternula antillarum</i> <sup>Pr</sup>	*		1
<i>Rynchops niger</i>	*		1

Fuentes: <sup>1</sup>Autores del presente trabajo y <sup>2</sup>Thomson y Muench (1976).

Pallas 1764) con un máximo de 20 000 aves (7% de la población; Andres *et al.* 2012); las agregaciones vistas en el Golfo de Santa Clara son las más altas registradas en el país.

Un equivalente ecológico está en la relación presa-depredador que existe entre los hue-

vos puestos por el cangrejo cacerola, *Limulus polyphemus* (Linnaeus 1758) y las aves playeras en la Bahía de Delaware, EUA (Botton *et al.* 1994). Así, en el Alto Golfo de California, tanto los peces adultos como los huevos de pejerrey están estrechamente vinculados con la trama trófica primaveral de la zona, por lo que representa una especie clave en el funcionamiento de los ecosistemas costeros de la región.

### Utilización directa por el hombre, histórica y actual

En Sonora habitaban diferentes grupos indígenas que incluyen a los cahita (mayos y yaquis), guarijíos, seris, pimas, pápagos, eudeve, jova y ópatas; además, en el Alto Golfo de California habita el grupo cucapá (Luque-Agraz y Gómez 2007). Los grupos indígenas que tienen más presencia en la zona de distribución del pejerrey (costa) son los cucapá, los yaquis y los seris. Para los seris, el pejerrey es una importante fuente de alimento, dada su notoria abundancia, al menos en algunos momentos (Castro-Longoria *et al.* 2002, Torre-Cosío 2002). Se tiene indicada la presencia de zonas de desove en el canal Infiernillo, entre el continente e Isla Tiburón, zona seri (Torre-Cosío 2002). Incluso existe un estudio que demuestra la existencia de diferentes frases en seri, relacionadas con la captura y aprovechamiento de este recurso (Beck y Marlett 2005), lo que implica su relevancia para dicho grupo étnico.

Existen también alusiones al uso de especies menores para el grupo cucapá, que conlleva implícitamente el aprovechamiento del recurso pejerrey (Alarcón-Chaires 2001); además, dadas su abundancia y la facilidad de captura resulta justificable pensar que fue y es utilizado por este grupo indígena, asentado cerca de las principales áreas de desove de *L. sardina* (Luque-Agraz y Gómez 2007). Actualmente, los pobladores del Golfo de Santa Clara mencionan su buen sabor y la facilidad para cocinarlo, pues debido a su tamaño pequeño no es necesario eviscerarlo, lo consumen completo y frito; también es utilizado como carnada.

Durante los desoves, la gente local y los turistas “se divierten” intentando atrapar cuantos peces les sea posible. En la costa de California

existe desde 1927 una ley que regula la extracción de *L. tenuis*; durante los meses de mayor abundancia (abril y mayo), la recolecta está prohibida; el resto de la temporada está abierta y no hay un límite de peces recolectados con la condición de que todos sean tomados con las manos y se consuman. En contraste, en México la gente puede atraparlos con cualquier fin, de cualquier manera, en cualquier momento y en todas las playas. En el Golfo de Santa Clara, algunas personas incluso los pescan con redes de enmalle que colocan justo en la línea de costa; en este caso, las capturas se utilizan como carnada en cimbras para la pesca ilegal de totoaba (habitantes de la comunidad, *com. pers.*). De esta forma, al pejerrey, capturado en las playas arenosas donde la especie desova, se le dan tres usos: consumo humano directo, como carnada y el entretenimiento de los turistas y locales (Hernández-Alvarez *et al.* 2016).

Una alternativa potencial sustentable es utilizar el espectáculo natural impresionante que representan los desoves masivos de esta especie como un atractivo ecoturístico, lo que podría darle al recurso relevancia económica.

### Tendencias de la población

A pesar de la falta de información biológica básica de la especie, que incluye su tamaño y la tendencia poblacional, se ha indicado que los desoves estudiados por Thomson y Muench (1976) entre 1968 y 1973 en el Golfo de Santa Clara tuvieron una duración promedio de 81.23 min, mientras que los verificados en 2015 en la misma zona presentaron una duración 10 min menos (Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>). Al considerar la alta tasa de recambio de los peces (Thomson y Muench 1976), esta disminución en la duración de los desoves puede estar relacionada con un decremento en el número de peces involucrados.

En concordancia con el razonamiento anterior, en el único trabajo en el que se da información referente a la longitud promedio (longitud estándar para sexos combinados), Moffatt y Thomson (1975) reportaron una longitud de 163.5 ( $\pm 11.6$ ) mm, 15 mm superior a la registrada en 2015 (Carmona *et al.* en revisión<sup>1</sup>), 40 años

después. Debido a que se ha demostrado que uno de los primeros efectos de una disminución poblacional es la reducción de la composición de longitudes y, a su vez, de la longitud promedio, se plantea como hipótesis que la disminución en la longitud promedio del pejerrey es un efecto de la perturbación y la sobrepesca en sus zonas de reproducción.

Desde hace más de 40 años, con los resultados de ese momento (p. ej. Muench 1977), se sugirió la necesidad de proteger a la especie, mediante la disminución de la perturbación y la regulación de su captura, sin que este planteamiento haya podido ser concretado hasta la fecha. Actualmente, la diferencia entre las longitudes y la duración de los desoves indica la urgencia de regular la extracción y proteger los sitios de incubación de la especie. El pejerrey ya está considerado a escala internacional como “casi amenazado” (Findley *et al.* 2010<sup>3</sup>), por lo que un paso siguiente será incluirlo en la Norma Oficial Mexicana de protección de especies.

En suma, son tres los factores intrínsecos que hacen en particular vulnerable a *L. sardina*: (1) su limitado intervalo geográfico de distribución reproductiva, (2) su dependencia reproductiva de las playas arenosas de la zona y (3) su estrategia reproductiva, pues las especies que tienden a reunirse en grandes asociaciones son especialmente vulnerables a cualquier factor, incluidos perturbación y pesca, que altere el hábitat de desove (Colin *et al.* 2003).

### Problemas de conservación

El noroeste del país se caracteriza por su constante desarrollo (Díaz-García y Ojeda-Revah 2013), que amenaza en diferentes grados al restringido hábitat reproductivo del pejerrey, las playas arenosas. Dichas presiones incluyen: (1) cambios en los regímenes de sedimentación ocasionados por el escaso aporte del río Colorado; (2) la elevación en el nivel medio del mar, ocasionada por el calentamiento global; (3) pesca no regulada; (4) turismo no controlado; (5) contaminación por residuos sólidos y (6) pérdida y degradación del hábitat reproductivo causada por desarrollos turísticos y actividades acuaculturales.

### *Sedimentación*

Hace cerca de 100 años, cuando el río Colorado corría de forma natural, el desarrollo y la evolución de su delta eran controlados por la interacción de dos factores: el aporte de sedimentos de origen fluvial, calculado en 160 millones de toneladas anuales (Van Andel 1964) y el régimen de mareas, considerado uno de los más grandes del mundo, con hasta 12 m verticales, con las consecuentes corrientes generadas por él (Meckel 1975). Si bien el patrón de mareas continúa inalterado, en la actualidad la depositación del río representa apenas 0.5% de la original (Milliman y Meade 1983). Ante la ausencia de fuerzas constructivas (depositación), en la cuenca del delta predominan los procesos destructivos, incluidos las corrientes de marea, el oleaje y los vientos (Carriquiry y Sánchez 1999, Carriquiry *et al.* 2001). Para otros sitios está documentado que las playas arenosas constituyen la geoforma más susceptible a la erosión litoral (Martínez-Ardila *et al.* 2005).

También se ha discutido que los cambios hidrológicos (modificaciones en la salinidad causadas por la ausencia de agua dulce), además de los impactos ecológicos directos en la fauna y la flora nativas, también han alterado la circulación en el sistema hidrográfico, lo que provoca la erosión en algunas áreas y la sedimentación en otras (Carriquiry y Sánchez 1999), cambios que también podrían afectar la dispersión larval del pejerrey.

### *Elevación en el nivel medio del mar*

Uno de los efectos del calentamiento global es la elevación en el nivel medio del mar (Martínez-Austria y Patiño-Gómez 2012). En zonas bajas y de escasa pendiente, como las que predominan en el Alto Golfo de California, sus efectos pueden ser muy notorios, pues la elevación se añadirá a la natural amplitud de mareas (Díaz-Castro *et al.* 2012).

Se sugiere que el nivel del mar podría ascender entre 19 y 59 cm hacia finales de este siglo (datos compilados por Málikov 2010). Esta elevación traerá aparejada una disminución de las áreas de puesta del pejerrey, lo que potencialmente afectará su tamaño poblacional.

### *Pesca no regulada*

Actualmente, durante los desoves, la gente local y los turistas “se divierten” al intentar atrapar cuantos peces les sea posible, sin que medie ningún tipo de regulación temporal (lo pueden hacer durante cualquier desove), espacial (en cualquier sitio) o en el método de captura (uso de distintos tipos de redes). Parte de estas capturas es usada para consumo propio y su cantidad no debe afectar significativamente a la población. Sin embargo, el uso de redes ocasiona volúmenes de captura mayores, si se considera la alta densidad de peces durante los desoves. Estas capturas “masivas” son utilizadas como carnada para la pesca ilegal de totoaba.

La propuesta que se plantea no es cerrar la pesquería, sino regularla, de forma similar a lo reglamentado en Estados Unidos para el grunón de California. La pesca debe limitarse a febrero y mayo, fuera de la época de los desoves más grandes y los peces deben ser atrapados a mano. En cuanto a su pesca para carnada, es mucho más difícil plantear alternativas; dada la ilegalidad que representa, sin entrar en polémicas, se espera de forma optimista que estas capturas desaparecerán al dejar de existir la pesca ilegal de la totoaba.

### *Turismo no controlado*

Las playas arenosas son usadas como áreas de recreación (Moreno-Casasola *et al.* 2008) y las actividades de esparcimiento son una de las fuentes de perturbación más común, ya que incluyen el tránsito de personas, a pie o en vehículos, que provoca la compactación de la arena (Brown y McLachlan 2002) y reduce las posibilidades de eclosión de los huevos de pejerrey. Por ejemplo, en las playas arenosas aledañas al poblado Golfo de Santa Clara, una de las zonas más recurrentes para la puesta (Thomson y Muench 1976, Hernández-Alvarez *et al.* 2013), se observa un impacto negativo por parte de los visitantes. Esta situación se intensifica en la temporada vacacional de Semana Santa, pues el número de usuarios aumenta exponencialmente y coincide con una de las principales puestas de la especie. Además, durante el periodo de incubación, los huevos se mantienen en condiciones óptimas debido a la formación de



una capa de arena salada (por evaporación) sobre la superficie; sin embargo, esta capa “crujiente”, que forma una incubadora natural para los embriones (Constant 1976), es poco resistente y se rompe por el tránsito humano. Dicha perturbación se verifica desde hace años y se considera que es un factor importante para explicar la aparente disminución poblacional. Asimismo, al pasar los vehículos “todo terreno” por las zonas de desove provocan que una importante cantidad de huevos salga a la superficie, lo que detiene su desarrollo. Por lo anterior, es imprescindible regular las actividades recreativas, en particular el uso de estos vehículos, así como la distancia de acercamiento a las zonas de desove.

#### *Contaminación por residuos sólidos*

Las visitas no reguladas han generado un severo problema de contaminación por residuos sólidos. El Golfo de Santa Clara es un sitio altamente afectado durante la temporada de turismo, en particular en Semana Santa, cuando alrededor de 35 mil personas llegan a la playa. Estos visitantes producen en cuatro días entre 100 y 110 toneladas de residuos tóxicos (Vórtice Web 2017<sup>7</sup>), focos de contaminación que perjudican al pejerrey al atraer moscas que pueden depositar sus huevos en los nidos de los peces (Constant 1976). De hecho, en la temporada 2017 se registró la incidencia de larvas de moscas en los nidos.

#### *Grandes desarrollos*

Otro problema que se ha presentado, y que pudiera continuar, es la expansión de la infraestructura turística masiva, pues los grandes desarrollos hoteleros por lo regular se asientan adyacentes a playas arenosas, las mismas que son usadas por el pejerrey para reproducirse. A la fecha, en diversos sitios, como San Felipe en Baja California, así como Puerto Peñasco, San Carlos y Bahía Kino en Sonora, identificados como zonas reproductivas del pejerrey, está ocurriendo una expansión de desarrollos turísticos y residen-

ciales (Díaz-García y Ojeda-Revah 2013); así, a la perturbación se suma la pérdida de hábitat de puesta. Además, la costa sonorenses ha sufrido modificaciones causadas por el asentamiento de extensas granjas acuaculturales dedicadas al cultivo del camarón, que modifican el suelo y pueden alterar los patrones hidrológicos de las playas. Es imprescindible determinar a qué grado afecta esta actividad, pues se utilizan en ella diferentes productos contaminantes (Espinosa-Plascencia y Bermúdez-Almada 2012).

#### **Propuestas básicas de conservación**

La “lista roja” de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) clasifica al pejerrey como una especie “casi amenazada”, debido a: (1) que su reproducción depende de la disponibilidad de playas arenosas, las que están bajo mayor presión de desarrollo costero; (2) su limitada distribución geográfica, (3) por la amenaza potencial que representa su recolecta sin regulación, (4) el uso irrestricto de vehículos “todo terreno”. Finalmente, en concordancia con lo planteado en el presente trabajo, según la IUCN, la tendencia poblacional de la especie es “en disminución” (Findley *et al.* 2010<sup>3</sup>).

Pese a que el pejerrey está incluido en la “lista roja” de la IUCN y que desde hace 40 años se sabe de las necesidades de regular su extracción, a la fecha en México no existe normatividad alguna, por lo que se propone que se establezca una serie de regulaciones mínimas, que incluyan:

- Prohibición de la recolecta durante los meses pico de su reproducción (marzo y abril).
- Permisos para su captura sólo en forma manual y para autoconsumo.
- Centrar la captura en los ejemplares de entre 170 y 180 mm, predominantemente machos.
- Restricción del tránsito de vehículos “todo terreno” en las zonas de desove durante el periodo marzo-abril.
- Delimitación de una distancia mínima de acercamiento para los observadores de los desoves, se sugieren 10 m indicados con cinta de advertencia.

7. Vórtice Web. 2017. Dejan turistas más de 100 toneladas de basura en el Golfo de Santa Clara. <http://vorticeweb.com/2017/04/19/dejan-turistas-mas-de-100-toneladas-de-basura-en-el-golfo-de-santa-clara/>

- Inclusión del pejerrey como especie protegida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Respecto al seguimiento de la especie para poder determinar si las medidas antes indicadas realmente favorecen su conservación, se propone:
- Determinar la duración promedio de los desoves en los sitios más frecuentes (Golfo de Santa Clara y San Felipe), conforme la hipótesis de que dicha duración debe incrementarse en el plazo de algunos años, que se reflejaría en un aumento en la abundancia del recurso.
- En estos mismos sitios, determinar en cada temporada, la longitud promedio de los peces desovantes (por sexo), considerando que si las acciones fueron adecuadas, dicha longitud se debería incrementar.
- Comprobar la ocurrencia de desoves en los sitios potenciales propuestos, mediante visitas a los mismos.

## Recomendaciones

Si bien el pejerrey no es una especie sujeta a la pesquería comercial, su uso para carnada, autoconsumo y con fines “recreativos”, además de su exposición a otras amenazas, lo hacen vulnerable. Al considerar su endemismo, con un intervalo de distribución reproductiva estrecho y la falta de información sobre su biología básica, se sugiere, además de las medidas de protección antes mencionadas, realizar estudios futuros que evalúen las características de playas críticas para su reproducción; aspectos de ecología como la relación presa-depredador, tanto en su fase adulta como embrionaria (por ejemplo, con aves playeras); así como estimar el tamaño actual de la población y la tendencia de ésta, de tal manera que esos datos permitan mejorar la capacidad de manejo y conservación.

## Conclusión

Hace falta información básica acerca del pejerrey, una especie de alta vulnerabilidad, como una lista de sitios de desove confirmados en cam-

po, a lo que seguiría una evaluación del tamaño poblacional en dichas playas. Pese a esta carencia, es un hecho que diferentes zonas arenosas del norte de Sonora y Baja California están sufriendo modificaciones antrópicas perjudiciales, por lo que es urgente tomar medidas encaminadas a su protección, sobre todo al tratarse de una especie paraguas, cuya conservación implicaría la de su entorno y la de diferentes especies asociadas y a su importancia ecológica como elemento fundamental en el ecosistema de la zona, especialmente en primavera.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la David and Lucile Packard Foundation, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (Programa de Conservación de Aves Migratorias Neotropicales) y la Mitsubishi Corporation Foundation. Agradecemos el apoyo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo y Delta del Río Colorado y de colaboradores del poblado de Golfo de Santa Clara.

## Literatura citada

- Alarcón-Chaires P. 2001. Los indígenas cucapá y la conservación de la naturaleza. El infortunio de vivir en un área natural protegida en México. *Ecología Política* 22: 117-129.
- Andres BA, PA Smith, RIG Morrison, CL Gratto-Trevor, SC Brown, CA Friis. 2012. Population estimates of North American shorebirds 2012. *Wader Study Group Bulletin* 119(3): 178-194.
- Beck MM, SA Marlett (comps.). 2005. *Diccionario seri-español-inglés: con índices español-seri, inglés-seri*. Editorial UniSon. Hermosillo, Sonora, México. 943p.
- Botton ML, RE Loveland, TR Jacobsen. 1994. Site selection by migratory shorebirds in Delaware Bay, and its relationship to beach characteristics and abundance of horseshoe crab (*Limulus polyphemus*) eggs. *Auk* 111(3): 605-616.
- Breder CM. 1936. Scientific results of the second oceanographic expedition of the “Pawnee” 1926. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection* 2: 6-10.
- Brown AC, A McLachlan. 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some

- predictions for the year 2025. *Environmental Conservation* 29(1): 62-77. <https://doi.org/10.1017/S037689290200005X>
- Carriquiry JD, A Sánchez. 1999. Sedimentation in the Colorado River delta and Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. *Marine Geology* 158(1-4): 125-145. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(98\)00189-3](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(98)00189-3)
- Carriquiry JD, A Sánchez, VF Camacho-Ibar. 2001. Sedimentation in the northern Gulf of California after cessation of the Colorado River discharge. *Sedimentary Geology* 144(1-2): 37-62. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(01\)00134-8](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(01)00134-8)
- Castro T, M Yoshida. 1974. Los grujones curiosas criaturas del mar. *Ciencias Marinas* 1(2): 92-95. doi: <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v1i2.252>
- Castro-Longoria R, JM Grijalva-Chon, JF Sánchez-Osuna. 2002. La comunidad ictiológica de la laguna costera El Sargento, Sonora, México. *Ciencia y Mar* 6(17): 3-16.
- Clark FN. 1925. The life history of *Leuresthes tenuis*, an atherine fish with tide controlled spawning habits. *Fish Bulletin* 10: 1-88.
- Colin PL, YJ Sadovy, ML Domeier. 2003. *Manual for the study and conservation of reef fish spawning aggregations*. Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations Special Publication, num. 1 (version 1), pp. 1-98 + iii.
- Constant CL. 1976. The effects of hypersalinity upon the eggs and prolarvae of the Gulf of California grunion, *Leuresthes sardina* (Jenkins and Evermann 1888). Tesis de Maestría. Universidad de Arizona. Arizona, USA. 53p.
- David LR. 1939. Embryonic and early larval stages of the grunion, *Leuresthes tenuis*, and of the sculpin, *Scorpaena guttata*. *Copeia* 2: 75-81.
- Díaz-Castro SC, EA Aragón-Noriega, A Arreola-Lizárraga, L Brito-Castillo, MS Burrola-Sánchez, S Carreón-Palau, P González-Zamorano, MM Manzano-Sarabia, G Martínez-Gutiérrez, G Padilla-Arredondo, D Urias-Laborín. 2012. Incremento del nivel medio del mar y vulnerabilidad costera en Baja California Sur. En: A Ivanova, AE Gámez (eds.). *Baja California Sur ante el Cambio Climático: vulnerabilidad, adaptación y mitigación*. Estudios para la elaboración del plan estatal de acción ante el cambio climático (PEACC-BCS). México, pp: 93-110.
- Díaz-García DA, L Ojeda-Revah. 2013. La Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado: planeación territorial. *Región y Sociedad* 25(58): 57-85.
- DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, México. 30 de diciembre de 2010.
- Espinosa-Plascencia A, MC Bermúdez-Almada. 2012. La acuicultura y su impacto al medio ambiente. *Estudios Sociales* 2: 212-232.
- Evermann BW, OP Jenkins. 1891. Report upon a collection of fishes made at Guaymas, Sonora, Mexico, with descriptions of new species. *Proceedings of the United States National Museum* 14: 121-165.
- Grijalva-Chon JM, S Núñez-Quevedo, R Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la laguna costera La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas* 22(2): 129-150.
- Hernández-Alvarez A, R Carmona, N Arce. 2013. Feeding ecology of Red Knots *Calidris canutus roselaari* at Golfo de Santa Clara, Sonora, Mexico. *Wader Study Group Bulletin* 120(3): 194-201.
- Hernández-Alvarez A, R Carmona, F Molina, MJ Martínez-Contreras, MJ Román-Rodríguez. 2016. El desove del pejerrey en el Alto Golfo de California. *Ciencia y Desarrollo* 283: 6-11.
- Hubbs CL. 1916. Notes on the marine fishes of California. University of California *Publications in Zoology* 16: 153-169.
- Jenkins OP, BW Evermann. 1888. Description of eighteen new species of fishes from the Gulf of California. *Proceedings of United States National Museum* 11: 137-158.
- Jordan DS, BW Evermann. 1896. Family CVI. Atherinidae. In: The fishes of North and Middle America: a descriptive catalogue of the species of fish-like vertebrates found in the waters of North America, North of the Isthms of Panama. *Bulletin of the United States National Museum* 47: 788-808.
- Kasper-Zubillaga JJ, A Carranza-Edwards, E Morales de la Garza. 2007. Caracterización textural de la arena de playa del Golfo de California, México: implicaciones para los procesos costeros y el relieve. *Ciencias Marinas* 33(1): 83-94. doi: <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v33i1.1018>
- Luque-Agraz D, E Gómez. 2007. La construcción de la región del Golfo de California desde lo ambiental y lo indígena. *Ra Ximhai* 3(1): 83-116.
- MacGinitie GE, N MacGinitie. 1949. *Natural history of marine animals*. McGraw-Hill. New York, USA. 373p. doi: 10.1002/sce.3730340599
- Málikov Í. 2010. Análisis de las tendencias del nivel del mar a nivel local y su relación con las tendencias mostradas por los modelos internacionales. Nota técnica del Instituto de Hidrología, Meteorología

- y Estudios Ambientales (IDEAM). Subdirección de Meteorología. Bogotá, Colombia. 38p.
- Martin KLM. 2015. *Beach-spawning fishes: reproduction in an endangered ecosystem*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 223p.
- Martínez-Ardila NJ, OJaramillo-Rodríguez, KG Robertson. 2005. Amenazas naturales en el litoral Pacífico colombiano asociadas al ascenso del nivel del mar. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 14: 83-96. doi: 10.15446/rcdg
- Martínez-Austria PF, C Patiño-Gómez. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 3(1): 5-20.
- Meckel LD. 1975. Holocene sand bodies in the Colorado delta area, northern Gulf of California. En: MC Broussard (ed.). *Deltas: models for exploration*. Houston Geological Society. Houston, Texas, USA, pp: 239-265.
- Milliman, JD, RH Meade. 1983. World-wide delivery of river sediment to the oceans. *The Journal of Geology* 91(1): 1-21. <https://doi.org/10.1086/628741>
- Moffatt NM, DA Thomson. 1975. Taxonomic status of the Gulf grunion (*Leuresthes sardina*) and its relationship to the California grunion (*L. tenuis*). *Transactions of the San Diego Society of Natural History* 18(4): 75-84. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.15543>
- Moffatt NM, DA Thomson. 1978. Tidal influence on the evolution of egg size in the grunions (*Leuresthes*, Atherinidae). *Environmental Biology of Fishes* 3(3): 267-273. <https://doi.org/10.1007/BF00001452>
- Moreno-Casasola P, ML Martínez, G Castillo-Campos. 2008. Designing ecosystems in degraded tropical coastal dunes. *Ecoscience* 15(1): 44-52. [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2008\)15\[44:DEIDTC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2008)15[44:DEIDTC]2.0.CO;2)
- Muench KA. 1977. Behavioral ecology and spawning periodicity of the Gulf of California grunion, *Leuresthes sardina*. Tesis de Doctorado. Universidad de Arizona, USA. 92p.
- Olson LJ. 1979. Host-parasite associations of the grunions, *Leuresthes sardina* and *Leuresthes tenuis*, from the Gulf of California. Tesis de Doctorado. Universidad de Arizona, USA. 97p.
- Padilla-Serrato J, J López-Martínez, J Rodríguez-Romero, D Lluch-Cota, F Galván-Magaña, A Acevedo-Cervantes. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(1): 85-98. doi: 10.3856/vol44-issue1-fulltext-9
- Reynolds WW, DA Thomson. 1974a. Temperature and salinity tolerances of young Gulf of California grunion, *Leuresthes sardina* (Atheriniformes: Atherinidae). *Journal of Marine Research* 32: 37-45.
- Reynolds WW, DA Thomson. 1974b. Responses of young Gulf grunion, *Leuresthes sardina*, to gradients of temperature, light, turbulence and oxygen. *Copeia* 1974(3): 747-758. doi: 10.2307/1442688
- Reynolds WW, DA Thomson. 1974c. Ontogenetic change in the response of Gulf of California grunion, *Leuresthes sardina* (Jenkins and Evermann), to a salinity gradient. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 14(3): 211-216. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(74\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0022-0981(74)90002-1)
- Reynolds WW, DA Thomson, ME Casterlin. 1976. Temperature and salinity tolerances of larval Californian grunion, *Leuresthes tenuis* (Ayres): A comparison with Gulf grunion, *L. sardine* (Jenkins and Evermann). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 24(1): 73-82. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(76\)90044-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(76)90044-7)
- Rice CA. 2006. Effects of shoreline modification on a northern Puget Sound beach: microclimate and embryo mortality in surf smelt (*Hypomesus pretiosus*). *Estuaries and Coasts* 29: 63-71. <https://doi.org/10.1007/BF02784699>
- Schultz LP. 1948. A revision of six subfamilies of Atherine fishes, with descriptions of new genera and species. *Proceedings of the United States. National Museum* 98: 1-50. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.98-3220.1>
- Soto-Mardones L, SG Marinone, A Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25(1): 1-30.
- Thomson DA, KA Muench. 1976. Influence of tides and waves on the spawning behavior of the Gulf of California grunion, *Leuresthes sardina* (Jenkins and Evermann). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 75(2): 198-203.
- Torre-Cosío J. 2002. Inventory, monitoring and impact assessment of marine biodiversity in the Seri Indian Territory, Gulf of California, Mexico. Tesis de Doctorado. Universidad de Arizona, USA. 195p.
- Van Andel TH. 1964. Recent marine sediments of Gulf of California. En: Van Andel TH, GG Shor (eds.). *Marine Geology of the Gulf of California: a symposium*. American Association of Petroleum Geologists, pp: 275-310. doi: 10.1306/M3359C11



Walker BW. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematic Zoology* 9(3-4): 123-133. <https://doi.org/10.2307/2411961>

*Recibido: 30 de agosto de 2017*

*Aceptado: 15 de octubre de 2017*

Zuria I, E Mellink. 2005. Fish abundance and the 1995 nesting season of the Least Tern at Bahía de San Jorge, northern Gulf of California, Mexico. *Waterbirds* 28(2): 172-180. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2005\)028\[0172:FAATNS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2005)028[0172:FAATNS]2.0.CO;2)