



## Estatus actual de conservación de seis especies de peces dulceacuícolas de la península de Baja California, México

### Current conservation status of six freshwater fish species from the Baja California Peninsula, Mexico

Gorgonio Ruiz-Campos<sup>1✉</sup>, Faustino Camarena-Rosales<sup>1</sup>, Adrián F. González-Acosta<sup>2</sup>, Alejandro M. Maeda-Martínez<sup>3</sup>, Francisco J. García de León<sup>4</sup>, Alejandro Varela-Romero<sup>5</sup> y Asunción Andreu-Soler<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Tijuana-Ensenada, Km 103, 22860 Ensenada, Baja California, México.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, 23096 La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>3</sup>Planeación Ambiental y Conservación. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, 23096 La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Genética para la Conservación. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, 23096 La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>5</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

<sup>6</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Tijuana-Ensenada, Km 103, 22860 Ensenada, Baja California, México.

✉ gruiz@uabc.edu.mx

**Resumen.** Se determinó el estatus actual de conservación de 6 peces dulceacuícolas nativos de la península de Baja California (*Entosphenus tridentatus*, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, *Fundulus lima*, *Cyprinodon macularius*, *Gasterosteus aculeatus* y *Gobiesox juniperoserrai*), incluidos en la Norma Oficial Mexicana 059-2010, a partir de la información obtenida durante el periodo 2000-2014. Con excepción de *E. tridentatus* en la cuenca del río Santo Domingo y de *G. juniperoserrai* en la cuenca de Las Pocitas-San Hilario, la mayoría de las especies fueron registradas en las cuencas hidrológicas muestreadas. *Oncorhynchus mykiss nelsoni* registró una marcada fluctuación poblacional en el río San Rafael, en estrecha relación con la dinámica del flujo hidrológico y los eventos de incendio forestal. *Fundulus lima* presentó su probable extirpación en 4 cuencas: San Javier, Bebelamas, San Luis y Las Pocitas-San Hilario, lo cual contrasta con el hallazgo de una nueva población en el arroyo Santa Cruz. *Cyprinodon macularius* en su población remanente más importante en Baja California —lagunas de la planta geotérmica cerro Prieto— denotó fluctuaciones interanuales relacionadas directamente con el nivel de inundación de las lagunas y la disponibilidad de hábitat. *Gasterosteus aculeatus* exhibió un descenso poblacional progresivo en la localidad más austral de su distribución (río El Rosario), además de la extirpación de la población de la bocana del río Santo Domingo y el redescubrimiento de una nueva población en la bocana del río Cantamar. *Gobiesox juniperoserrai*, especie conocida sólo de la localidad tipo, es determinada como extirpada.

Palabras clave: peces nativos, distribución, consideraciones taxonómicas y bioecológicas.

**Abstract.** The current distribution and conservation status of six native freshwater fishes of the Baja California peninsula (*Entosphenus tridentatus*, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, *Fundulus lima*, *Cyprinodon macularius*, *Gasterosteus aculeatus* and *Gobiesox juniperoserrai*), included in the Norma Oficial Mexicana-059-2010, were assessed on the basis of information generated during the study period of 2000-2014. Except for *E. tridentatus* in the Santo Domingo river drainage and *G. juniperoserrai* in the Las Pocitas-San Hilario drainage, most of the species were recorded in the hydrological basins sampled. *Oncorhynchus mykiss nelsoni* showed a significant population fluctuation in the San Rafael river in relation to the dynamics of the base flow and the forest fire events. *Fundulus lima* presented the probable extirpation from four drainages (San Javier, Bebelamas, San Luis, and Las Pocitas-San Hilario) that is contrasting with the finding of a new population in the Santa Cruz stream. *Cyprinodon macularius* in the most important remnant population in Baja California (cerro Prieto geothermal ponds) showed interannual fluctuations related with the level

of flooding and availability of marginal habitats. *Gasterosteus aculeatus* showed a progressive population reduction in the southernmost distributional locality (mouth of El Rosario river), as well as the extirpation in the lower Santo Domingo river basin and its recent presence in the mouth of the Cantamar river. *Gobiesox juniperoserrai*, known only from the type locality is determined as extirpated.

Key words: native fish, distribution, taxonomical and bioecological considerations.

## Introducción

La península de Baja California (PBC), caracterizada por su eminente aridez y escasez de corrientes epicontinentales permanentes, posee un componente íctico nativo con predominio de especies de estirpe marina (Follett, 1960; Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987; Ruiz-Campos et al., 2000a, 2000b, 2003). Además, sobresale la escasa representación de especies ícticas de origen dulceacuícola primario y secundario (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000a), así como 3 casos de endemismos representados por la sardinilla peninsular *Fundulus lima* Vaillant, 1894, la trucha de San Pedro Mártir *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann, 1908) y la cucharita peninsular *Gobiesox juniperoserrai* Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996 (Miller et al., 2005).

En un principio, Follett (1960) registró 27 especies de peces nativos para las aguas continentales de la PBC, número que fue aumentado a 38 especies por Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987) y que en la actualidad alcanza las 59 especies nativas (Ruiz-Campos et al., 2000a, 2000b, 2003; Maeda-Martínez et al., 2012; Ruiz-Campos, 2012a). No obstante, la ictiofauna continental y sus hábitats en esta región han sido afectados principalmente en los últimos años por las actividades antropogénicas derivadas de la construcción de obras hidráulicas (Minckley y Deacon, 1991), cambios en el uso de suelo (Rivera-Campos, 2006) y la introducción de especies exóticas (Ruiz-Campos et al., 2000a, 2012), eventos que en su conjunto han contribuido para la inclusión de 6 especies (*Entosphenus tridentatus*, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, *Fundulus lima*, *Cyprinodon macularius*, *Gasterosteus aculeatus* y *Gobiesox juniperoserrai*) en algunas categorías de conservación en México (Semarnat, 2010) y Norteamérica (Jelks et al., 2008).

Varela-Romero y Ruiz-Campos (2004) elaboraron fichas sinópticas para 3 de las 6 especies arriba referidas (*O. mykiss nelsoni*, *F. lima* y *C. macularius*), conteniendo información resumida sobre aspectos biológicos, autoecológicos y estatus de distribución ([www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/peces.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/peces.html)). Por tanto, el presente estudio actualiza y documenta la información existente sobre el estatus de distribución y de conservación de estas 6 especies ícticas nativas de la península de Baja California, con fundamento en una serie

de muestreos intensivos realizados durante casi 3 lustros (2000-2014).

## Materiales y métodos

Los monitoreos sobre las 6 especies aquí estudiadas fueron realizados de forma repetida entre los años 2000 y 2014, en localidades que cubren su ámbito de distribución histórica y actual. El tipo de muestreo varió dependiendo de la especie en cuestión.

Para la lamprea del Pacífico (*E. tridentatus*) y la trucha de San Pedro Mártir (*O. mykiss nelsoni*) se utilizó un equipo de electropesca AC, Smith-Root 15B POW, realizando barridos en trayectos de 200 m de arroyo. Adicionalmente en el caso de la lamprea del Pacífico, se efectuaron muestreos mediante buceo libre con snorkel en zonas de pozas profundas. En los muestreos de la sardinilla peninsular (*F. lima*), el pez cachorrito del desierto (*C. macularius*) y el espinocho (*G. aculeatus*) se utilizaron de 10 a 20 trampas tipo "minnow" (45 cm longitud x 23 cm de diámetro, 0.64 cm de luz de malla, diámetro de entrada en ambos extremos de 2.2 cm), las cuales fueron cebadas con malvaiscos y trozos de tortilla de maíz; adicionalmente se utilizó un chinchorro de 7.8 m de longitud x 1.9 m de altura con luz de malla de 3.5 mm. Finalmente, en el muestreo de la cucharita peninsular (*G. juniperoserrai*) se utilizó una red agallera experimental con 4 paneles de 4.5 m de largo x 1.8 m de altura con luz de malla de 1.3, 3.8, 7.6 y 10.2 cm, respectivamente; además de un chinchorro (7.8 m de longitud x 1.9 m de altura con luz de malla de 3.5 mm).

Las abundancias de las especies capturadas con las trampas tipo "minnow" fueron expresadas en términos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE= número de individuos por trampa por hora); mientras que para aquellas especies recolectadas con la red agallera, los valores de abundancia se presentan como número de individuos capturados por hora de operación. En el caso de especies recolectadas con chinchorro, la abundancia se consideró en términos del número de individuos capturados por metro cuadrado. En las especies recolectadas con equipo de electropesca, la abundancia se expresó como el número de individuos capturados por cada 200 m de trayecto recorrido de arroyo.

De manera simultánea al muestreo ictiológico, se midieron parámetros físico-químicos del agua mediante

el uso de un equipo multianalizador Hydrolab Surveyor 4a: conductividad (mS/cm), salinidad (‰), pH, oxígeno disuelto (mg/l) y sólidos disueltos totales (g/l). En cada sitio de muestreo se realizaron 3 mediciones en promedio de cada parámetro físico-químico, para los tipos de hábitats presentes. Como marco de referencia para futuros monitoreos de la calidad del agua en las localidades tipo de *O. mykiss nelsoni*, *F. lima* y *G. juniperoserrai*, los diferentes valores promedio de estas variables físico-químicas se detallan en el Apéndice 1. La información de variables físico-químicas correspondientes a otras localidades de muestreo aquí mencionadas, puede ser consultada en Ruiz-Campos et al. (2000a, 2003, 2006), Ruiz-Campos (2012a, 2012b, 2013) y Ruiz-Campos et al. (2013, 2014).

De los ejemplares capturados se tomaron algunas submuestras, las cuales fueron fijadas en formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio, o bien, en etanol al 95% sin desnaturalizar. Los ejemplares fijados en formaldehído, durante 7 días, fueron lavados en agua durante 1 día y, posteriormente, preservados en alcohol isopropílico al 50%. La mayoría de los especímenes fueron catalogados y depositados en la Colección Ictiológica de la Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California; otros especímenes adicionales fueron depositados en las colecciones ictiológicas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y del Centro de Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, ambas en La Paz, Baja California Sur. Para cada especie se ofrece una breve sinopsis que incluye información sobre: *a*) distribución, basada en su ámbito de distribución conocida; *b*) registros previos, los de recolecta anterior al año 2000 que han sido referidos en publicaciones y que están sustentados con especímenes depositados en colecciones científicas; *c*) registros recientes, los de recolecta realizados en el periodo 2000-2014 que son sustentados con ejemplares depositados en las colecciones antes enunciadas y que son referidos por el número de catálogo, seguido por el número total de organismos (ej.) recolectados en la localidad en cuestión; todos estos registros recientes en conjunto con aquéllos históricos son ilustrados en un mapa de distribución; *d*) estatus de conservación actual, que se refiere al estatus de conservación poblacional conocido para la especie, de acuerdo con los criterios establecidos por Jelks et al. (2008) y Semarnat (2010), y *e*) consideraciones taxonómicas y bioecológicas, que incluyen los aspectos más relevantes sobre la taxonomía, ecología y conservación de la especie, además de la tendencia poblacional actual de la misma. El arreglo sistemático de los taxones sigue a Nelson (2006), mientras que la nomenclatura a Page et al. (2013).

## Resultados

El estatus actual de conservación de las 6 especies de peces dulceacuícolas nativos de la península de Baja California es documentado a continuación:

Familia Petromyzontidae

*Entosphenus tridentatus* (Gairdner, 1836).

Fig. 1A.

*Nombre común:* lamprea del Pacífico/Pacific lamprey.

*Distribución:* desde Hokkaido, Japón hasta el río Santo Domingo, Baja California, México (Ruiz-Campos y González-Guzmán, 1996).

*Registros previos:* cuenca del río Santo Domingo, Baja California, en las proximidades a su desembocadura (Ruiz-Campos y González-Guzmán, 1996) y en el arroyo San Antonio cerca de su confluencia con el arroyo La Zanja, sierra San Pedro Mártir (Ruiz-Campos et al., 2000a).

*Registros recientes:* esta especie no ha sido registrada en los sitios de distribución conocida en la cuenca del río Santo Domingo (Fig. 2A); durante muestreos realizados, el 26 de enero de 2001, 22 de abril de 2005, 24 de septiembre de 2010 y 3 de mayo de 2014.

*Estatus de conservación actual:* en categoría de especie vulnerable (Jelks et al., 2008) o amenazada (Semarnat, 2010).

*Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:* se conocen solamente 2 registros de esta especie en aguas continentales de México, ambos de la cuenca del río Santo Domingo. El primero de ellos sustentado en el registro de un espécimen amocete (UABC-111, 126.5 mm de longitud total [LT]) capturado cerca de la desembocadura el 19 de febrero de 1995 (Ruiz-Campos y González-Guzmán, 1996); y un segundo ejemplar amocete (UABC-597, 92.5 mm LT) procedente del arroyo San Antonio de Murillos cerca de la confluencia con el arroyo La Zanja, recolectado el 16 de mayo de 1997 (Ruiz-Campos et al., 2000a). Ambos registros fueron realizados durante un periodo en el que el río Santo Domingo mostró flujos incrementados y una conexión efectiva al mar, facilitando la entrada de lampreas adultas aguas arriba para la reproducción. Desde entonces, muestreos en los mismos sitios y en otros de la cuenca en periodos de conexión del río al mar han sido infructuosos para detectar a esta especie. La causa posible de la ausencia de la lamprea del Pacífico podría ser consecuencia de los cambios tan significativos que ha tenido la parte baja del río Santo Domingo, los cuales han modificado de forma importante los niveles de su cauce y su fisiografía; dichas modificaciones son debidas a la explotación de los bancos de arena, la extracción excesiva de agua de su manto freático, la expansión agrícola y la contaminación por desechos agrícolas, entre otros



**Figura 1.** A) *Entosphenus tridentatus* (larva amocete), arroyo San Antonio de Murillos ca. rancho San Antonio, sierra San Pedro Mártir, BC, 16 mayo 1997; B) *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, arroyo San Antonio de Murillos ca. rancho San Antonio, sierra San Pedro Mártir, BC, localidad tipo, 26 mayo 2001; C) *Fundulus lima* (juvenil), arroyo Santa Cruz en rancho Viejo, Loreto, BCS, 14 noviembre 2011; D) *Cyprinodon macularius* (macho), lagunas de la planta geotérmica de cerro Prieto, BC, 5 marzo 2011; E) *Gasterosteus aculeatus*, bocana del río Cantamar, Rosarito, BC., 26 marzo 2011; F) *Gobiesox juniperoserrai*, río Las Pocitas en Pocitas del Vado, La Paz, BCS, 12 mayo 1986. Escala= 1 cm. Fotografías (A-E) de Gorgonio Ruiz-Campos y F) de Faustino Camarena-Rosales.

factores (Rivera-Campos, 2006). En el sur de California, estudios recientes indican que la ausencia actual de poblaciones no viables de lamprea del Pacífico en los drenajes costeros al sur del río Big Sur (bahía Monterey) podría ser consecuencia, entre otros factores específicos de cada drenaje, de una contracción en el ámbito de distribución hacia el norte como una manifestación de un evento de dinámica metapoblacional regional (Goodman y Reid, 2012). Zoogeográficamente, esta especie tiene una distribución simpátrica en la desembocadura del río Santo Domingo, con la especie diadroma (*G. aculeatus*.) y con *O. mykiss nelsoni* en el arroyo San Antonio de Murillos (rancho San Antonio) en la sierra San Pedro Mártir (Ruiz-Campos et al., 2000a). La ausencia de registros actuales de *E. tridentatus* en Baja California permite ubicarla como una especie extirpada de los ambientes continentales de México.

Familia Salmonidae

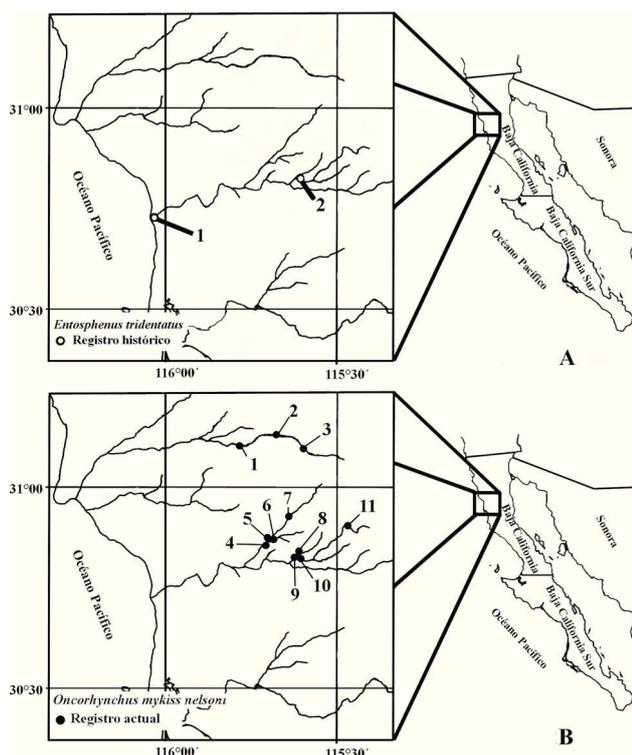
*Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann, 1908).

Fig. 1B.

*Nombre común:* trucha de San Pedro Mártir/San Pedro Mártir rainbow trout.

*Distribución:* endémica de la cuenca del río Santo Domingo en la vertiente occidental de la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; con una distribución original desde el rancho San Antonio hasta 24 km río arriba (Evermann, 1908; Snyder, 1926; Ruiz-Campos y Pister, 1995). Esta subespecie ha sido trasplantada en otras corrientes perennes de la sierra San Pedro Mártir como el río San Rafael y los arroyos La Misión, La Grulla y El Potrero (= Valladares) (Ruiz-Campos, 1993; Ruiz-Campos y Pister, 1995).

*Registros previos:* cuenca del río Santo Domingo, San Ramón, en las localidades de San Antonio de Murillos



**Figura 2.** Registros históricos y actuales de distribución de: A) *Entosphenus tridentatus* y B) *Oncorhynchus mykiss nelsoni*; en la península de Baja California, México (ver Apéndice 2 para número de localidad y toponimia).

(Evermann, 1908; Snyder, 1926; Needham, 1938, 1955; Ruiz-Campos y Pister, 1995), La Zanja, El Potrero y La Grulla (Ruiz-Campos y Pister, 1995). En la cuenca del río San Rafael se localiza el rancho Mike's Sky y rancho Las Truchas o Garet (Ruiz-Campos, 1993; Ruiz-Campos y Pister, 1995).

**Registros recientes:** río Santo Domingo (Fig. 2B), en rancho San Antonio de Murillos (UABC-1395-1396, 1559; 18 ej.); arroyo La Zanja cerca de la confluencia con arroyo San Antonio de Murillos (UABC- 1393, 8 ej.); arroyo El Potrero en rancho El Potrero (UABC-1392, 1490; 22 ej.) y (Nuevo) Valladares (UABC-1055; 1 ej.); río San Rafael en rancho Mike's Sky (UABC-1390, 2884; 11 ej.) y rancho Garet (UABC-0952-0953, 1388-1389; 42 ej.); y arroyo La Grulla en La Grulla (UABC-1397; 27 ej.).

**Estatus de conservación:** especie vulnerable (Jelks et al., 2008) o sujeta a protección especial (Semarnat, 2010).

**Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:** en la última evaluación (periodo 1987-1994) sobre el estatus de conservación de este taxón realizada por Ruiz-Campos y Pister (1995), se habían registrado importantes fluctuaciones estacionales e interanuales en la densidad poblacional de

*O. mykiss nelsoni* del río San Rafael, con valores de 20 a 98 individuos/200 m de arroyo (1987 a 1989) y de 0 a 14 individuos/200 m de arroyo (1991a 1994). Sin embargo, la densidad de individuos durante el periodo de octubre 2000 a febrero 2014, en este mismo segmento de arroyo, se registró una variación similar al periodo 1987-1989 con valores de 13 a 107 individuos/200 m de arroyo, incluyendo disminuciones notables en los años de 2003 y 2012 por el efecto de incendios forestales. Por otra parte, en el arroyo San Antonio de Murillos (periodo de 1995 a 2014) se registraron valores que variaron en el orden de 37 individuos/200 m de arroyo (1 octubre 1995), 10 individuos/200 m (26 enero 2001), 5 individuos/200 m (24 septiembre 2010) y 31 individuos/200 m (3 marzo 2014). La menor densidad de individuos fue registrada en septiembre de 2010, la cual fue probablemente producto de las fuertes avenidas durante el invierno que originó un azolvamiento de las pozas más profundas y redujo la disponibilidad de hábitat para las truchas. En el arroyo La Zanja, un tributario del río Santo Domingo ubicado cerca del rancho San Antonio, también se presentó variación en el número de truchas capturadas en un segmento de 200 m de arroyo: 22 (1 octubre 1995), 20 (26 enero 2001) y 10 (24 septiembre 2010). En el arroyo El Potrero, la abundancia de truchas también mostró una variación interanual con 19 y 20 individuos/200 m de arroyo, registrada el 30 de septiembre de 1995 y 25 de enero de 2001, respectivamente. Desde el punto de vista de la genética de la conservación, Villarreal-Zazueta (2012) analizó la variabilidad alozimica en las poblaciones de trucha de las cuencas hidrológicas de San Rafael y Santo Domingo, además de sus posibles cambios durante un periodo de 10 años (2000-2001 vs. 2011-2012); los resultados de dicho autor indicaron que la estructura genética en ambas poblaciones se ha mantenido relativamente estable, de acuerdo con el número de alelos por locus y porcentaje de loci polimórficos. En comparación con las truchas mexicanas de la sierra Madre Occidental (cf. Mayden et al., 2010), las truchas del arroyo San Antonio de la sierra San Pedro Mártir muestran valores similares de diversidad genética, evaluadas mediante 11 loci microsatélites (heterocigosis observada, 0.35/0.37; número de alelos efectivos, 1.97/1.97). Cabe señalar que cuenta con un haplotipo exclusivo evaluado mediante PCR-RFLP de ADN mitocondrial que lo diferencia de las truchas nativas de la sierra Madre Occidental (Camarena-Rosales et al., 2008). En suma, los monitoreos recientes sobre densidad y diversidad genética de esta subespecie endémica, indican una condición poblacional estable.

Familia Fundulidae

*Fundulus lima* Vaillant, 1894.

Fig. 1C.

**Nombre común:** sardinilla peninsular/Baja California killifish.

**Distribución:** endémica de los oasis sudcalifornianos de la vertiente Pacífico, desde el río San Ignacio (Vaillant, 1894) hasta el río Las Pocitas (Ruiz-Campos et al., 2003).

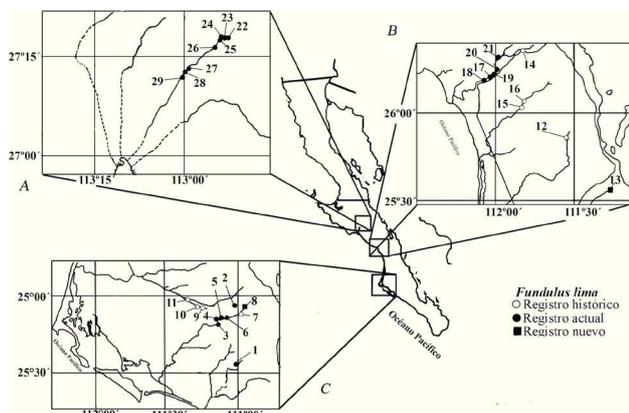
**Registros previos:** oasis San Ignacio (localidad tipo) (Vaillant, 1894; Evermann, 1908; Myers, 1930; Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2003); arroyo San Javier 1 milla (1.6 km) al norte de misión de San Javier (Follett, 1960; Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987; Ruiz-Campos et al., 2003); un arroyo ca. Carmel entre Canipolé y Comondú, arroyo Comondú, una laguna 22 millas (35.4 km) al noreste de Comondú, arroyo La Purísima 13 millas (21 km) al este de La Purísima; 5 millas (8 km) río arriba de La Purísima (Follett, 1960); cañón La Purísima 23 millas (37 km) al norte de Comondú (Follett, 1960.); arroyo La Purísima en San Isidro (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2003); La Purísima y Carambuche (Ruiz-Campos, 2012a); arroyo Bebelamas en San Lucas (= Poza Honda), arroyo San Luis en Misión de San Luis Gonzaga y rancho Las Cuedas, arroyo La Presa de Toris, arroyo San Pedro en San Pedro de la Presa, San Basilio, Merecuaco y Pozo del Iritú (Ruiz-Campos et al., 2003; Ruiz-Campos, 2012a).

**Registros recientes** (Fig. 3A-C): río San Ignacio (localidad tipo) entre el manantial y El Tizón (UABC-071, 156, 186, 718-719, 879-881, 884, 886, 1435, 1617; UABCS-164, UABCS-171; 918 ej.); Lake Side (UABC-1434, 1 ej.); puente San Ignacio (UABC-1436, 1 ej.); Poza Larga (UABC-1309, 1312-1313, 1327, 1422, 1433, 1471, 1492, 1539, 1556, 2126; 387 ej.); Los Corralitos (UABC-1385, 1421, 1430, 1450, 1472, 1512, 1541, 1555, 2125; 735 ej.); Paso Los Pinos (UABC-1477, 2245; 63 ej.) y San Sabas (UABC-1380, 1432, 1451, 1473, 1486, 1514, 1542, 1640;

1590 ej.); arroyo Santa Cruz en rancho Viejo (UABC-2859-2860; 37 ej.); río La Purísima en Ojo de Agua (UABC-1383, 1416, 1426, 1463-1464, 1516, 1543; 359 ej.); presa Carambuche (UABC-1326, 1362, 1384, 1409, 1431, 1524, 1544; 333 ej.); Carambuche (= Cuba) (UABC-758, 829, 1530, 1533; 17 ej.); La Purísima (UABC-1001; 1 ej.) y frente a cerro El Pílon (UABC-1381-1382, 1425, 1465, 1515, 1540; 151 ej.); arroyo Bebelamas en San Lucas (= Poza Honda) (UABC-745; 5 ej.); río San Luis en Misión de San Luis Gonzaga (UABCS-169, 740; 33 ej.) y rancho Las Cuedas (UABC-743, 1325; 23 ej.); arroyo La Presa de Toris (UABCS-170; 2 ej.); río San Pedro en San Pedro de La Presa (UABCS-165, 6 ej.; UABC-796, 1324, 6 ej.; CICIMAR-CI 1956, 2019, 2023, 29 ej.); La Higuera (Mario A. Rodríguez-Rodríguez, obs. pers.); San Basilio (UABC-779; 1 ej.); Merecuaco (UABC-789; 1 ej.); Las Tres Pozas (UABCS-167; 7 ej.) y Pozo del Iritú (UABC-797, 6 ej.; CICIMAR-CI 2005, 32 ej.); río Las Pocitas en El Caracol (CICIMAR-CI 2025, 86 ej.; UABC-798, 1594, 10 ej.).

**Estatus de conservación:** especie en peligro de extinción (Jelks et al., 2008; Semarnat, 2010).

**Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:** la abundancia de *F. lima* en las cuencas de los ríos San Ignacio (RSI) y La Purísima (RLP) fue evaluada por Ruiz-Campos et al. (2006) durante el periodo 2002-2004, registrando valores promedio de CPUE en RSI entre 0.02 ind./trampa/h (Lake Side) y 2.04 ind./trampa/h (Poza Larga); mientras que en RLP, los valores oscilaron entre 0.02 ind./trampa/h (Carambuche) y 0.53 ind./trampa/h (Ojo de Agua). En la localidad de mayor abundancia (Poza Larga), la CPUE osciló de 0.02 ind./trampa/h (marzo 2004) a 5.4 ind./trampa/h (septiembre 2003). La densidad de la sardinilla peninsular en localidades del río San Ignacio, demostró una correlación inversa significativa con aquella del ciclido exótico *Tilapia cf. zillii* (Ruiz-Campos et al., 2006; Andreu-Soler y Ruiz-Campos, 2013). La extirpación de *F. lima* en las cuencas de San Javier, Bebelamas y San Luis fue recientemente confirmada con base en un muestreo intensivo realizado en junio de 2010. De igual modo, en muestreos realizados con atarraya y chinchorro en 10 localidades de oasis establecidas a lo largo de las cuencas de Santa Rita y Las Pocitas-San Hilario durante junio de 2009, mayo de 2010, junio de 2011 y marzo de 2011, no se registró la presencia de esta especie. Lo anterior indica que probablemente la especie en cuestión ha sido también extirpada de estas cuencas. En todos los eventos de recolecta realizados en la cuenca de Santa Rita, se registró la presencia del exótico *Tilapia cf. zillii* y, en algunos casos, del mugilido nativo *Agonostomus monticola*. Durante eventos de recolecta realizados el 14 de noviembre de 2011 y 18 de enero de 2012, se pudo



**Figura 3.** Registros históricos y actuales de distribución de *Fundulus lima* en Baja California Sur, México. A) localidades norteñas; B) centrales y C) sureñas (ver Apéndice 2 para número de localidad y toponimia).

registrar por primera vez la presencia de *F. lima* (UABC-2859, 2860) en el arroyo Santa Cruz (rancho Viejo) de la cuenca del río Santo Domingo, municipio de Loreto; las condiciones ambientales durante la recolecta fueron: salinidad de 0.6-0.7 ‰, pH de 9.1-9.7 y conductividad de 1.24-1.29 mS/cm. Por otro lado, en la localidad tipo (manantial oasis San Ignacio), la CPUE de *F. lima* osciló entre 0 y 0.029 ind./trampa/h, durante el periodo 2002-2004, con una significativa reducción en el tamaño poblacional como consecuencia de la introducción del exótico *T. cf. zillii* en el año 1996 (Ruiz-Campos et al., 2006). Sin embargo, el 3 de agosto de 2012, se registró una notable recuperación en la abundancia de *F. lima* (3.1 ind./trampa/h) en esta misma localidad. Es posible que esta recuperación sea producto de un equilibrio dinámico entre las especies competidoras, a través de una segregación por hábitats, similar como ha sido registrado en la localidad de presa Carambucho de la cuenca del río La Purísima (Ruiz-Campos et al., 2006). Por medio de una comparación morfométrica entre las poblaciones de *F. lima* y las 2 subespecies de *F. parvipinnis* (*F.p. parvipinnis* y *F.p. brevis*) de la península de Baja California, Reyes-Valdez et al. (2011) determinaron que las poblaciones más australes de *F. lima* (localidad Las Pocitas) presentan una mayor similitud con la subespecie sureña de *F. p. brevis*; mientras que la población de *F. lima* de la cuenca río San Pedro, tiene una posición intermedia entre ambos taxones; asimismo, sugieren la existencia de 5 unidades evolutivas para el género *Fundulus* en la península de Baja California (3 dulceacuícolas y 2 costeras). Por otro lado, Bernardi et al. (2007) analizaron a las poblaciones de *F. lima* mediante la evaluación de la región control del ADN mitocondrial, cuyos resultados sugieren que existe una identidad genética exclusiva de cada cuenca (San Ignacio, La Purísima, San Luis Gonzaga y San Pedro); por consiguiente, se establece que cualquier plan de translocación de individuos de estas poblaciones debe considerar de manera crucial tal condición genética.

Familia Cyprinodontidae

***Cyprinodon macularius*** Baird y Girard, 1853.

Fig. 1D.

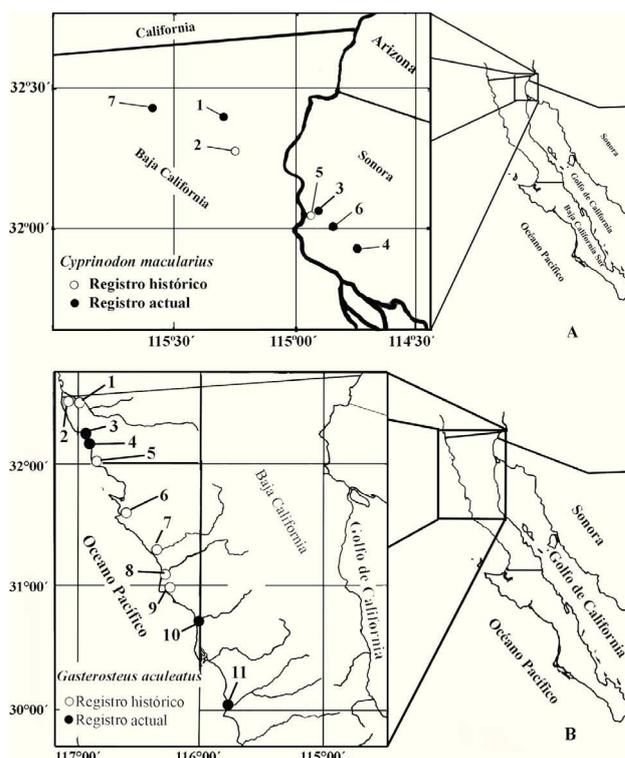
**Nombre común:** pez cachorrillo del desierto/desert pupfish.

**Distribución:** en la cuenca del bajo río Colorado, ocupando porciones de los ríos Colorado y Hardy, así como en la laguna Salada en Baja California y las ciénagas de Santa Clara; desembocadura del canal Wellton-Mohawk, Flor del Desierto y El Doctor; en el estado de Sonora (Follett, 1960; Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Varela-Romero et al., 2003; Miller et al., 2005). En el suroeste de los Estados Unidos (California) está confinada a Salton Sea y sus

escurrimientos (Minckley, 1973; Schoenherr, 1988; Rinne y Minckley, 1991; Echelle et al. 2000; Minckley, 2002; Moyle, 2002).

**Registros previos:** pozo del Tule en el margen noroeste de laguna Salada (Jordan y Richardson, 1907; Follett, 1960), pozo de cerro Prieto; rancho Agua Caliente, 3 millas (4.8 km) al este de cerro Prieto (Follett, 1960); una laguna ca. 5 millas (8.0 km) al este del rancho Agua Caliente (Miller, 1943); un canal de irrigación entre ejidos Nayarit y Sonora, ciénaga Santa Clara en El Doctor, ejido Luis Encinas Johnson, Flor del Desierto y canal Wellton-Mohawk —Sánchez Taboada— (Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Varela-Romero et al., 1999, 2003).

**Registros recientes** (Fig. 4A): en las lagunas de la planta geotérmica cerro Prieto (UABC-2645, 2727-2730, 2734-2735; 764 ej.). Ningún muestreo sistemático ha sido realizado en las poblaciones de la ciénaga Santa Clara; desembocadura del canal Wellton-Mohawk, El Doctor y Flor del Desierto; después de la última evaluación realizada en 1996-1997 (Varela-Romero et al., 1999, 2003). En estos últimos sitios del estado de Sonora, se presume que la abundancia de este pez ha declinado debido a los efectos



**Figura 4.** A) Registros de distribución históricos y actuales de *Cyprinodon macularius* y B) *Gasterosteus aculeatus* en la península de Baja California, México (ver Apéndice 2 para número de localidad y toponimia).

de competencia con especies exóticas (Ruiz-Campos et al., 2013).

*Estatus de conservación:* especie en peligro de extinción (Jelks et al., 2008; Semarnat, 2010).

*Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:* la abundancia del pez cachorrito del desierto de la población remanente más importante en México (lagunas de la planta geotérmica de cerro Prieto), fue monitoreada durante 2 periodos. El primero cubrió de septiembre de 2005 a agosto de 2006, con oscilaciones de la CPUE de 0.08 ind./trampa/h (septiembre 2005) a 1.42 ind./trampa/h (junio 2006); un segundo periodo de julio de 2010 a noviembre de 2013, durante el cual, la CPUE varió de 0.15 ind./trampa/h (noviembre 2013) a 4.1 ind./trampa/h (septiembre 2011). La abundancia de esta población demuestra una amplia fluctuación tanto estacional como interanual, con incrementos debidos a reclutamiento de individuos en el verano (junio a septiembre) y a los niveles de inundación que determinan la disponibilidad de hábitat marginal para la dispersión de individuos entre lagunas (Ruiz-Campos, 2012b; Ruiz-Campos, 2013). La proporción sexual observada durante el periodo 2010-2013 para la población de cerro Prieto (32% machos y 68% hembras; Ruiz-Campos, 2012b; Ruiz-Campos, 2013), fue muy similar a la registrada para esta misma población en el periodo 1996-1997, que correspondió a valores de 37% para machos y de 63% para hembras (Varela-Romero et al., 2003). Por otra parte, se pudo constatar que la población del pozo del Tule, localizada en el margen oriental de la laguna Salada, aún persiste, pero en niveles de inundación muy reducidos; por lo cual se establece que se encuentra en seria amenaza de desaparecer. De igual forma, las poblaciones de las ciénagas El Doctor y Flor del Desierto poseen niveles bajos de abundancia debido a la fuerte competencia con *Tilapia* cf. *zillii* (Varela-Romero et al., 2003). Las poblaciones de Salton Sea (California) y Delta del río Colorado conforman un mismo clado que las separa de aquellas de su congénere *Cyprinodon eremus* Miller y Fuiman, 1987 de Quitobaquito/Sonoyta (Echelle et al., 2000).

Familia Gasterosteidae

***Gasterosteus aculeatus*** Linnaeus, 1758.

Fig. 1E.

*Nombre común:* espinucho/threespine-stickleback.

*Distribución:* estrecho de Bering, Alaska (Eigenmann, 1886) a río El Rosario, Baja California, México (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000a).

*Registros previos:* manantiales Agua Caliente (Smith, 1883), arroyo Gato Bronco (Smith, 1883; Eigenmann, 1892), arroyos Cantamar (= El Médano, Miller y Hubbs, 1969), El Descanso (Ruiz-Campos et al., 2000a),

Guadalupe o La Misión (Miller y Hubbs, 1969), Santo Tomás, San Isidro, San Vicente, Seco (Miller y Hubbs, 1969), El Salado (Rutter, 1896), Santo Domingo (Myers, 1930; Ruiz-Campos et al., 2000a) y El Rosario (Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000a).

*Registros recientes* (Fig. 4B): la distribución actual se circunscribe a la bocana del arroyo Cantamar (UABC-2647, 2649 [65]; 131 ej.), lagunita adyacente al río El Descanso (UABC-2646, 2648; 74 ej.) y bocana del río El Rosario (UABC-2093, 2095, 2097-2099, 2101-2108, 2300-2314, 2332-2334, 2336-2339, 2341-2346, 2658-2664, 2830-2839; 1883 ej.).

*Estatus de conservación:* especie en categoría de amenazada (Jelks et al., 2008) y en peligro de extinción (Semarnat, 2010).

*Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:* las poblaciones dulceacuícolas de *G. aculeatus* en Baja California han sido consideradas como una forma taxonómica distinta por Miller et al. (2005). Los recientes análisis basados en ADN microsatelital de las poblaciones de esta especie en el sur de California y de su población más austral en Baja California (río El Rosario), indican que esta última población demuestra una mayor afinidad con las poblaciones presentes al norte de Punta Concepción (California), que con aquellas más cercanas en el sur de California (David L. Jacobs y Jonathan Q. Richmond, com. pers.). La abundancia estimada del pez espinucho en el río El Rosario durante el periodo 2008-2013, osciló entre 0.1 ind./trampa/h en mayo de 2010 y 3.8 ind./trampa/h en noviembre de 2008. El 26 de marzo de 2011, fue registrada por segunda vez la presencia del espinucho en la bocana del río Cantamar (= El Médano), después de más de 4 décadas de su primer registro por Miller y Hubbs (1969). Los monitoreos más recientes (2000-2013) han permitido confirmar la extirpación de la especie en la bocana del río Santo Domingo.

Familia Gobiesocidae

***Gobiesox juniperoserrai*** Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996.

Fig. 1F.

*Nombre común:* cucharita peninsular/Baja California clingfish.

*Distribución:* endémica del río Las Pocitas, localidad tipo: Poza del Vado, suroeste del extremo sur de la sierra La Giganta, Baja California Sur, México (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996).

*Registros previos:* río Las Pocitas en la Poza del Vado, 1 km al noreste del poblado Las Pocitas, Baja California Sur (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996).

*Registros recientes* (Fig. 5): no existen registros recientes, ya que el único conocido corresponde a aquél de la

localidad tipo de las Poza del Vado en el río Las Pocitas, La Paz, Baja California Sur, sustentado en 3 ejemplares recolectados el 12 de mayo de 1986 (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996).

*Estatus de conservación:* especie en peligro de extinción (Jelks et al., 2008; Semarnat, 2010).

*Consideraciones taxonómicas y bioecológicas:* la presencia de esta especie endémica de la cuenca del río Las Pocitas y de México (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996) no ha sido detectada posterior a su primera captura (12 de mayo de 1986) en la localidad tipo. Esta misma localidad ha sido muestreada en 7 ocasiones por algunos de los autores de esta contribución, con ayuda de redes agalleras experimentales, atarraya y trampas, pero ningún ejemplar fue capturado. Adicionalmente, los muestreos realizados a lo largo de la cuenca de Las Pocitas-San Hilario, entre junio 2009 y mayo 2014, también han fracasado para detectar a *G. juniperoserrai*. En la localidad tipo, se registró una alternancia en la presencia y ausencia del espejo de agua, con presencia en los muestreos de 21 abril 2002, 22 enero 2005, 4 agosto 2005 y 15 junio 2010, y ausencia en los muestreos de 15 marzo 1998, 18 enero 2012 y 21 mayo 2014. Con base en los resultados de los monitoreos antes citados, el taxón en cuestión podría estar probablemente extinto.

## Discusión

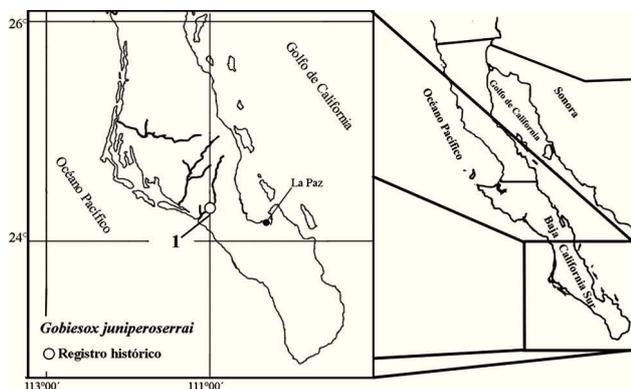
La ictiofauna nativa de las aguas continentales de la península de Baja California (PBC) tiene un origen ecogeográfico y evolutivo muy peculiar que la distingue de aquellas del sur de California (Swift et al., 1993; Moyle, 2002) y noroeste de Sonora (Varela-Romero y Hendrickson, 2009); lo cual se debe a que la mayoría de sus especies es de derivación marina, en comparación

con aquellas especies de origen dulceacuícola de tipo primario y secundario (cf. Follett, 1960; Ruiz-Campos et al., 2000b, 2003; Ruiz-Campos, 2012a). De las 59 especies de peces nativos registradas para las aguas continentales de la PBC (Ruiz-Campos et al., 2000a, 2000b, 2003; Ruiz-Campos, 2012a; Maeda-Martínez et al., 2012), 6 de ellas se encuentran en alguna categoría de riesgo (Jelks et al., 2008; Semarnat, 2010).

La lamprea del Pacífico, cuya distribución continental más austral se localiza en el río Santo Domingo, Baja California, México (Follett, 1960; Ruiz-Campos y González-Guzmán, 1996; Ruiz-Campos et al., 2000a), no ha sido registrada en la PBC desde mayo de 1997, y es posible que su ausencia esté asociada a la notable disminución de flujos base en la parte baja del río Santo Domingo, acontecida durante los últimos 3 lustros y que ha impedido la conectividad efectiva con el mar para la migración de adultos reproductivos río arriba. En la actualidad, también se ha documentado su ausencia en la porción sur del río Big Sur, California, debido quizá a la contracción de tipo metapoblacional que ha acontecido en su ámbito distribucional norteño, combinado con una falta de regularidad en la conectividad de los ríos con el mar para los eventos de diadromía reproductiva (Goodman y Reid, 2012).

La trucha de San Pedro Mártir ha presentado fluctuaciones estacionales e interanuales de abundancia (periodo 2000-2014), muy similares a las registradas durante el periodo 1987-1994 por Ruiz-Campos y Pister (1995). Esta trucha arcoíris exhibe fluctuaciones en su abundancia poblacional en respuesta a eventos de disminución del flujo de los ríos durante el verano, inundaciones extraordinarias en invierno y ocasionales fuegos forestales (Ruiz-Campos, 1993; Ruiz-Campos y Pister, 1995); sin embargo, se ha registrado en todos los casos una alta tasa de recuperación poblacional a corto plazo (cf. Ruiz-Campos, 1989). En lo que respecta a la variabilidad alozímica de sus poblaciones registrada durante un periodo de 10 años (2000-2012) en los ríos San Rafael y Santo Domingo, ha quedado de manifiesto que la estructura genética se ha mantenido relativamente estable de acuerdo con el número de alelos por locus y porcentaje de loci polimórficos (Villarreal-Zazueta, 2012). En suma, el estado actual de conservación de esta subespecie endémica del complejo de trucha arcoíris costera, se considera como estable y sujeta a protección especial.

En el caso de la sardinilla peninsular, su situación poblacional actual basada en monitoreos entre 2002 y 2012, permiten determinar su estatus como especie extirpada en 4 cuencas de su distribución conocida; San Javier, Bebelamas, San Luis, y Las Pocitas-San Hilario; tal condición podría ser debida a procesos de exclusión



**Figura 5.** Registro de distribución de *Gobiesox juniperoserrai* en Baja California Sur, México (ver Apéndice 2 para número de localidad y toponimia).

competitiva con las especies exóticas invasivas *Tilapia* cf. *zillii* y *Oreochromis aureus* (Maeda-Martínez et al., 2012; Ruiz-Campos et al., 2012). No obstante, a nivel metapoblacional no hay evidencia de posibles signos de cuellos de botella en su diversidad genética que comprometan su potencial evolutivo (Bernardi et al., 2007). El hallazgo de una nueva población de *F. lima*, rancho Viejo, en la cuenca del río Santo Domingo al sur de Loreto, Baja California Sur, podría representar una fuente disponible para futuros programas de repoblación en aquellas cuencas adyacentes, San Javier y San Luis, donde las poblaciones de este pez endémico han sido ya extirpadas (Ruiz-Campos, 2012a; Ruiz-Campos et al., 2012). Considerando que más del 50% de sus poblaciones han sido extirpadas, se estima que su estatus actual de conservación debe permanecer como especie en peligro de extinción.

El pez cachorrillo del desierto ha experimentado un declive poblacional en su distribución en el bajo río Colorado de México durante las 2 últimas décadas, con registros de poblaciones extirpadas en 2 localidades (Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Varela-Romero et al., 2003; Varela-Romero y Hendrickson, 2009). De modo similar, la disminución en la abundancia de este pez en la ciénaga Santa Clara -sitios: desembocadura del canal Wellton-Mohawk, El Doctor y Flor del Desierto-, aún es persistente debido a los efectos combinados de la reducción en los niveles de inundación y la competencia con especies exóticas. En contraste, en las lagunas de la planta geotérmica cerro Prieto, la población remanente y más abundante en México de *C. macularius* ha mostrado durante el periodo 2005-2013, una estabilidad en su abundancia y proporción de sexos (Ruiz-Campos, 2012b, 2013), lo cual ha podido ser consecuencia del alto contenido salino (> 35‰) de estas lagunas que evitan la presencia de especies exóticas y una competencia potencial (Ruiz-Campos et al., 2013).

La situación para el espinucho se podría explicar con base en la distribución histórica conocida de esta especie en el noroeste de Baja California, la cual incluyó un total de 12 localidades (cf. Smith, 1883; Eigenmann, 1892; Rutter, 1896; Myers, 1930; Follett, 1960; Miller y Hubbs, 1969; Ruiz-Campos et al., 2000a); de las cuales en sólo 3 es aún persistente; bocanas de Cantamar, Lagunita El Descanso y El Rosario. La desaparición de poblaciones del espinucho entre Tijuana y Ensenada podría estar asociada con cambios en el uso de suelo derivados de actividades antropogénicas como urbanización, contaminación, agricultura y pastoreo por ganado (Ruiz-Campos et al., 2000a; Rivera-Campos, 2006). Asimismo, en la región al sur de Ensenada, entre el arroyo Santo Tomás y el río El Rosario, 6 poblaciones del espinucho han sido extirpadas;

Santo Tomás, San Isidro, San Vicente, Seco, Salado y Santo Domingo; tal situación es debida a la alteración del hábitat generada por la actividad agrícola progresiva en zonas adyacentes a los hábitats de marisma, la extracción de arena en los cauces y a la reducción significativa del flujo base de los arroyos, debido a sobreexplotación de los mantos acuíferos (Ruiz-Campos et al., 2000a; Rivera-Campos, 2006). Por tanto, la única población de espinucho aún presente al sur de Ensenada, es aquella del río El Rosario, donde esta especie alcanza su distribución más austral (Follett, 1960).

Por su parte, la cucharita peninsular considerada como una de las 3 especies dulceacuícolas representativas del género *Gobiesox* en México (Miller et al., 2005), es solamente conocida de la localidad tipo de Las Pocitas del Vado (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996). Los esfuerzos para localizar a esta especie en la localidad tipo, después de su primera captura en 1986, han sido infructuosos, a pesar del muestreo intensivo con diferentes artes de pesca. En virtud de esto, la especie es aquí considerada como probablemente extinta.

En un contexto general, es urgente la necesidad de realizar monitoreos de la diversidad genética de las especies/poblaciones aquí estudiadas, lo cual podría ser facilitado por las nuevas técnicas de secuenciación masiva que permiten obtener miles de marcadores tanto neutrales como de selección que permitirán auxiliar en las planes de manejo y conservación de especies de peces habitantes en los desiertos de la península de Baja California.

Es prioritario el establecimiento a corto plazo de programas de erradicación y control de peces exóticos en los ambientes de distribución de las especies nativas aquí estudiadas, además de la recuperación de sus hábitats, con especial atención en los oasis sudcalifornianos y en la región del bajo río Colorado de Baja California y Sonora. Colateralmente a los programas antes citados, se debe promover la conservación *ex situ* de aquellas especies en estatus de peligro de extinción vía centros de investigación con programas dirigidos a la recuperación de especies acuáticas nativas (e. g., Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León y Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo), con el propósito de proveer individuos para repoblación en aquellos sitios de su distribución histórica previamente restaurados y exentos de peces exóticos.

#### Agradecimientos

El muestreo ictiológico para el monitoreo poblacional de las especies aquí estudiadas recibió apoyo económico de

varios proyectos durante el periodo 2000-2014: Semarnat-Conacyt, México (proyecto 2002-C01-173) ; Universidad Autónoma de Baja California (proyectos 173, 213, 227 y 1275); University of California-Mexus (2001/SC-02-11); Conabio (proyectos DC007 y HA022) y Comisión Federal de Electricidad (proyecto AA-018TOQ034-N47-2012). Los permisos de recolecta científica fueron otorgados por la Dirección General de Vida Silvestre (08184, 08473 y 09605) y por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (07345.010910.4127). Agradecemos el apoyo en los muestreos de campo a José Delgadillo, Sergio Sánchez, Ira E. Nevius, Germán Ruiz, José De la Cruz, Andrés González, Patricia Cota, Alberto Antuna, José Echánove, Ricardo Guzmán, Alain Jullian, Dinora Acosta, Claudia Alejandra Reyes, Raúl Druck, Gonzalo De León, Stewart Reid, Carlos Flores, Bradford Hollingsworth, Iván Peraza, Jorge Alaníz, Salvador Contreras, Carmen Paniagua, Marisela Aguilar, Paul Vásquez, Martín Ortiz, Carlos Rangel, David Ceseña, Salvador González, Daniel Gómez, Mario Rodríguez, José Sánchez, Edgar Flores, Paulina Díaz y Juan Corral. A los curadores Héctor Espinosa (Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, UNAM) y María de Lourdes Lozano (Colección Ictiológica, Universidad Autónoma de Nuevo León), por permitir el acceso a material y registros de ejemplares. A Jonathan Q. Richmond (US Geological Survey, San Diego, California), David L. Jacobs (University of California, Los Angeles, California) y Stuart B. Reid (Western Fishes, Ashland, Oregon), por la información sobre el estatus genético-poblacional de peces anádromos en el sur de California. La parte final de este estudio fue apoyada por el Cuerpo Académico UABC “Estudios Relativos a la Biodiversidad”. Así como a tres revisores anónimos, quienes aportaron comentarios muy valiosos que mejoraron el contenido y claridad del manuscrito.

#### Literatura citada

- Andreu-Soler, A. y G. Ruiz-Campos. 2013. Effects of exotic fishes on the somatic condition of the endangered killifish *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae) in oases of Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58:192-201.
- Bernardi, G., G. Ruiz-Campos y F. Camarena-Rosales. 2007. Genetic isolation and evolutionary history of oases populations of the Baja California killifish, *Fundulus lima*. *Conservation Genetics* 8:547-554.
- Camarena-Rosales, F., G. Ruiz-Campo, J. De la Rosa-Vélez, R. L. Mayden, D. A. Hendrickson, A. Varela-Romero y F. J. García de León. 2008. Mitochondrial haplotype variation in wild trout populations (Teleostei: Salminidae) from Northwestern Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18:33-45.
- Echelle, A. A., R. A. Van Den Bussche, T. Malloy Jr., M. L. Haynie y C. O. Minckley. 2000. Mitochondrial DNA variation in pupfishes assigned to the species *Cyprinodon macularius* (Atherinomorpha: Cyprinodontidae): taxonomic implications and conservation genetics. *Copeia* 2000:353-364.
- Eigenmann, C. H. 1886. A review of the American Gasterosteidae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 1886:233-252.
- Eigenmann, C. H. 1892. The fishes of San Diego. *Proceedings of the United States National Academy of Sciences Museum* 15:123-178.
- Espinosa-Pérez, H. y J. L. Castro-Aguirre. 1996. A new freshwater clingfish (Pisces: Gobiiesocidae) from Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 95:120-126.
- Evermann, B. W. 1908. Descriptions of a new species of trout (*Salmo nelsoni*) and a new cyprinodont (*Fundulus meeki*) with notes on other fishes from Lower California. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 21:19-30.
- Follett, W. I. 1960. The freshwater fishes: their origins and affinities. *Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. Systematic Zoology* 9:212-232.
- Goodman, D. H. y S. B. Reid. 2012. Pacific Lamprey (*Entosphenus tridentatus*): Assessment and template for conservation measures in California. U. S. Fish and Wildlife Service, Arcata, California. 117 p.
- Hendrickson, D. A. y A. Varela-Romero. 1989. Conservation status of desert pupfish, *Cyprinodon macularius* in Mexico and Arizona. *Copeia* 1989:478-483.
- Jelks, H. L., S. J. Walsh, N. M. Burkhead, S. Contreras-Balderas, E. Díaz-Pardo, D. A. Hendrickson, J. Lyons, N. E. Mandrak, F. McCormick, J. S. Nelson, S. P. Platania, B. A. Porter, C. B. Renaud, J. J. Schmitter-Soto, E. B. Taylor y M. L. Warren Jr. 2008. Conservation status of imperiled North American freshwater and diadromous fishes. *Fisheries (Bethesda)* 33:372-407.
- Jordan, D. S. y R. E. Richardson. 1907. Description of a new species of killifish, *Lucania browni*, from a hot spring in Lower California. *Proceedings of the U. S. National Museum* 4:1-18.
- Maeda-Martínez, A. M., H. Obregón-Barboza, E. F. Balart, G. Murugan, G. Ruiz-Campos, L. Campos-Dávila y H. García-Velazco. 2012. Fauna acuática. *In* Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: avances y retos, A. Ortega, M. Lagunas-Vázquez y L. F. Beltrán-Morales (eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur. p. 133-150.
- Mayden, R. L., C. B. Dillman, H. Espinosa-Pérez, J. R. Tomelleri, B. R. Kuhajda, D. A. Hendrickson, G. Ruiz-Campos, A. B. De los Santos-Camarillo, F. García de León, A. Varela-Romero, D. L. Propst, J. E. Brooks, L. T. Findley, A. L. George, D. A. Neely, I. A. Barriga-Sosa y K. E. Mayden. 2010. Evolution and diversity of trout species in Mexico. *In* Conserving wild trout, R. F. Carline y C. LoSapio (eds.). *Proceedings of the Wild Trout X Symposium*. Bozeman, Montana. p. 134-144.

- Miller, R. R. 1943. The status of *Cyprinodon macularius* and *Cyprinodon nevadensis*, two desert fishes of western North America. University of Michigan, Museum of Zoology Occasional Paper 473:1-25.
- Miller, R. R. y C. L. Hubbs. 1969. Systematics of *Gasterosteus aculeatus*, with particular reference to intergradation and introgression along the Pacific coast of North America: a commentary on a recent contribution. *Copeia* 1969:59-69.
- Miller, R. R., W. L., Minckley y S. M. Norris. 2005. Freshwater fishes of Mexico. The University of Chicago Press, Chicago. 490 p.
- Minckley, W. L. 1973. Fishes of Arizona. Arizona Game and Fish Department. Phoenix, Arizona. 293 p.
- Minckley, W. L. 2002. Fishes of the lowermost Colorado river, its delta, and estuary: a commentary on biotic change. In Libro Jubilar en Honor al Dr. Salvador Contreras Balderas, M. L. Lozano-Vilano (ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. p. 63-78.
- Minckley, W. L. y J. E. Deacon. 1991. Battle against extinction: native fish management in the American West. The University of Arizona Press, Tucson. 517 p.
- Moyle, P. B. 2002. Inland fishes of California. University of California Press, Berkeley. 517 p.
- Myers, G. S. 1930. The killifish of San Ignacio and the stickleback of San Ramon, lower California. Proceedings of the California Academy of Sciences, Ser. 4, 19:95-104.
- Needham, P. R. 1938. Notes on the introduction of *Salmo nelsoni* Evermann into California from Mexico. Transactions of the American Fisheries Society 67:139-146.
- Needham, P. R. 1955. Trail of the mexican trout. *Pacific Discovery* 8:18-24.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world, Fourth edition. John Wiley y Sons. Hoboken, Nueva Jersey. 601 p.
- Page, L. M., H. Espinosa-Pérez, L. T. Findley, C. R. Gilbert, R. N. Lea, N. E. Mandrak, R. L. Mayden y J. S. Nelson. 2013. Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico, Seventh edition. American Fisheries Society, Special Publication 34, Bethesda. 243 p.
- Reyes-Valdez, C. A., G. Ruiz-Campos, F. Camarena-Rosales, J. L. Castro-Aguirre y G. Bernardi. 2011. Population morphometric variation of the endemic freshwater killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), and its coastal relative *F. parvipinnis* from the Baja California Peninsula, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21:543-558.
- Rinne, J. N. y W. L. Minckley. 1991. Native fishes of arid lands: a dwindling resource of the desert Southwest. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-206, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, Colorado. 45 p.
- Rivera-Campos, R. U. 2006. Valoración ecológica de humedales costeros pequeños del noroeste de Baja California. Tesis, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada. 91 p.
- Ruiz-Campos, G. 1989. Repoblación natural por trucha arcoiris (*Salmo gairdneri nelsoni*) en un transecto del arroyo San Rafael, noroeste de la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist* 34:552-556.
- Ruiz-Campos, G. 1993. Bionomía y ecología poblacional de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), de la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. 223 p.
- Ruiz-Campos, G. 2012a. Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, México, D. F. 159 p.
- Ruiz-Campos, G. 2012b. Manejo poblacional y de hábitat del pez cachorrito del desierto (*Cyprinodon macularius*) en las lagunas de la planta geotérmica de cerro Prieto, Mexicali, Baja California, México. Informe Final Proyecto AA-018TOQ034-N47-2012. Comisión Federal de Electricidad. 32 p.
- Ruiz-Campos, G. 2013. Monitoreo poblacional y de hábitat del pez cachorrito del desierto (*Cyprinodon macularius*) en la laguna de evaporación del campo geotérmico de cerro Prieto, Mexicali, Baja California, México. Informe Final Proyecto IA-018TOQ034-N88-2013. Comisión Federal de Electricidad. 39 p.
- Ruiz-Campos, G., A. Andreu-Soler y A. Varela-Romero. 2013. Condition status of the endangered desert pupfish, *Cyprinodon macularius* Baird and Girard, 1853, in the lower Colorado River basin (Mexico). *Journal of Applied Ichthyology* 29:555-561.
- Ruiz-Campos, G., A. Andreu-Soler, M. R. Vidal-Abarca Gutiérrez, J. Delgadillo-Rodríguez, M. L. Suárez-Alonso, C. González-Abraham, y V. H. Luja. 2014. Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Semarnat, México, D. F. 195 p.
- Ruiz-Campos, G. y E. P. Pister. 1995. Distribution, habitat, and current status of the San Pedro Mártir rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 94:131-148.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C. A. Reyes-Valdez, J. De la Cruz-Agüero y E. Torres-Balcazar. 2006. Distribution and abundance of the endangered killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), in oases of central Baja California Peninsula, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51:502-509.
- Ruiz-Campos, G. y S. Contreras-Balderas. 1987. Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California peninsula. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17:105-117.
- Ruiz-Campos, G. y S. González-Guzmán. 1996. First freshwater record of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata*, from Baja California, Mexico. *California Fish and Game* 82:144-146.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano, S. González-Guzmán y J. Alaniz-García. 2000a. Ecological and distributional status of the continental fishes of northwestern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 99:59-90.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, J. L. Castro-Aguirre, M. L. Lozano-Vilano y A. F. González-Acosta. 2000b.

- Distribution and status of the continental fishes of the Peninsula of Baja California, Mexico. 80<sup>th</sup> Annual Meeting American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Junio 14-20, 2000. Abstract. La Paz, Baja California Sur, México. p. 319.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, J. L. Castro-Aguirre, M. L. Lozano-Vilano, A. F. González-Acosta y S. Sánchez-González. 2003. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, México. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:143-155.
- Ruiz-Campos, G., S. Contreras-Balderas, A. Andreu-Soler, A. Varela-Romero y E. Campos-González. 2012. An annotated distributional checklist of exotic freshwater fishes from the Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:216-234.
- Rutter, C. 1896. Notes on freshwater fishes of the Pacific slope of North America. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 6:245-267.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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, 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. México.
- Schoenherr, A. A. 1988. A review of the life history and status of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 87:104-134.
- Smith, R. 1883. Notes on the fishes of Todos Santos bay, lower California. *Proceedings of the United States National Academy of Sciences Museum* 6:232-236.
- Snyder, J. O. 1926. The trout of the sierra San Pedro Mártir, lower California. *University of California Publications in Zoology* 21:419-426.
- Swift, C. C., T. R. Haglund, M. Ruiz y R. N. Fisher. 1993. The status and distribution of the freshwater fishes of Southern California. *Bulletin of the Southern Academy of Sciences* 92:101-167.
- Vaillant, L. 1894. Sur une collection de poissons recueillie en basse-Californie et dans le golfe par M. Léon Diguët. *Bulletin de la Societe philomathique de Paris* 6:69-75.
- Varela-Romero, A. y D. A. Hendrickson. 2009. Peces dulceacuícolas. *In* Diversidad biológica de Sonora, F. E. Molina-Freaner y T. R. Van Devender (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 339-356.
- Varela-Romero, A., G. Ruiz-Campos, L. M. Yépez-Velázquez y J. Alaniz-García. 1999. Evaluación de la situación actual de las poblaciones del pez cachorro del desierto (*Cyprinodon macularius macularius*) en la cuenca del Bajo río Colorado, Sonora-Baja California, México. Universidad de Sonora, Hermosillo, México. Informe final SNIB-Conabio proyecto No. H126.
- Varela-Romero, A., G. Ruiz-Campos, L. M. Yépez-Velázquez y J. Alaniz-García. 2003. Distribution, habitat, and conservation status of desert pupfish (*Cyprinodon macularius*) in the lower Colorado River basin, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:157-165.
- Varela-Romero, A. y G. Ruiz-Campos. 2004. Estatus de conservación de los peces dulceacuícolas del PROY-NOM-059-2000 en el noroeste de México: Sonora y Baja California. Universidad de Sonora. Bases de datos SNIB-Conabio proyecto No. W028. México, D. F. [www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/peces.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/peces.html)
- Villarreal-Zazueta, N. A. 2012. Análisis de la estructura genético poblacional de la trucha arcoíris de la sierra San Pedro Mártir, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann, 1908). Tesis, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. 115 p.

**Apéndice 1.** Parámetros físico-químicos del agua en las localidades tipo de *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (arroyo San Antonio de Murillos), *Fundulus lima* (manantial oasis San Ignacio) y *Gobioesox juniperoserrai* (Pocitas del Vado), en el periodo 1998-2014. NM= no medido; \*= lecho seco; Cond.= conductividad en mS/cm, pH= potencial de iones hidrógeno; Oxíg.= oxígeno disuelto en mg/l; TDS= total de sólidos disueltos en g/l; Salin.= salinidad en %.

Fecha	Cond.	pH	Oxíg.	TDS	Salin.	Hora
<i>O. m. nelsoni</i>						
01/10/1995	0.370	8.6	NM	0.236	0.2	13:30
31/03/2001	0.363	8.4	10.3	NM	0.2	10:05
24/09/2010	0.444	8.1	NM	NM	0.2	13:30
03/05/2014	0.350	NM	NM	0.235	0.2	10:00
<i>Fundulus lima</i>						
26/10/2002	0.122	7	5.48	0.078	0.1	08:57
06/02/2003	0.128	7.9	8.15	0.082	0.1	11:30
05/07/2004	1.490	8.6	7.49	0.950	0.8	09:59
05/07/2007	1.106	9.6	3.77	0.710	0.6	10:38
14/12/2012	1.009	9.6	NM	0.654	0.5	14:35
<i>G. juniperoserrai</i>						
15/03/1998	*	*	*	*	*	*
21/04/2002	0.32	7.7	5.34	0.205	0.2	09:47
23/01/2005	9.74	7.9	12.95	6.24	5.5	09:38

04/08/2005	13.74	10	8.52	8.83	8.2	13:05
15/06/2010	6.57	8	6.23	NM	3.6	12:53
18/01/2012	*	*	*	*	*	*
21/04/2014	*	*	*	*	*	*

**Apéndice 2.** Localidades de registros históricos y actuales de 6 especies de peces dulceacuícolas de la península de Baja California, México (ver mapa correspondiente de cada especie para la ubicación del número de la localidad).

*Entosphenus tridentatus* (Fig. 2A): 1) bocana del río Santo Domingo; 2) arroyo San Antonio de Murillos cerca de la confluencia con el arroyo La Zanja.

*Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Fig. 2B): 1) río San Rafael en rancho Mike's Sky; 2) parte intermedia entre rancho Mike's Sky y rancho Gareth; 3) rancho Gareth; 4) arroyo Valladares en rancho (Nuevo) Valladares; 5) arroyo Valladares en represo ca. rancho (Viejo) Valladares; 6) arroyo Valladares en rancho (Viejo) Valladares (mina abandonada); 7) arroyo El Potrero en rancho El Potrero; 8) arroyo La Zanja ca. la confluencia con arroyo San Antonio; 9) arroyo San Antonio de Murillos en rancho San Antonio, localidad tipo; 10) arroyo San Antonio y 11) arroyo La Grulla en La Grulla.

*Fundulus lima* (Fig. 3A). *Localidades norteñas*: 22) río San Ignacio en manantial, localidad tipo; 23) río San Ignacio en El Tizón; 24) río San Ignacio en Lake Side; 25) río San Ignacio en puente; 26) arroyo San Ignacio en Poza Larga; 27) río San Ignacio en Los Corralitos; 28) río San Ignacio en Paso Los Pinos y 29) río San Ignacio en San Sabas. (Fig. 3B) *Localidades centrales*: 12) río San Javier en misión de San Javier, presa y manantial; 13) arroyo Santa Cruz en rancho Viejo; 14) arroyo La Tasajera entre Canipolé y Uña de Gato; 15) arroyo Comondú en San Miguel de Comondú; 16) arroyo Comondú en San José de Comondú; 17) río La Purísima en San Isidro; 18) río La Purísima

en La Purísima, 19) río La Purísima en Carambuche; 20) río La Purísima en presa Carambuche y 21) río La Purísima en Ojo de Agua. (Fig. 3C) *Localidades sureñas*: 1) río Las Pocitas en rancho El Caracol; 2) presa de Toris; 3) río San Pedro en Pozo del Iritú; 4) río San Pedro en rancho Merecuaco; 5) río San Pedro en Tres Pozas; 6) río San Pedro en San Basilio; 7) río San Pedro en San Pedro de la Presa; 8) río San Pedro en La Higuera, Las Animas; 9) río San Luis en Las Cuedas; 10) río San Luis en Misión San Luis Gonzaga y 11) arroyo Bebelamas en rancho San Lucas, Poza Honda.

*Cyprinodon macularius* (Fig. 4A): 1) lagunas de la planta geotérmica de cerro Prieto; 2) canal de irrigación entre Ejido Nayarit y Ejido Sonora; 3) desembocadura del canal Wellton-Mohawk; 4) ciénaga El Doctor; 5) ciénaga frente a ejido Luis Encinas Johnson; 6) ciénaga Flor del Desierto y 7) pozo del Tule en margen oriental de laguna Salada.

*Gasterosteus aculeatus* (Fig. 4B): 1) arroyo Gato Bronco; 2) manantial Tía Juana (= Agua Caliente); 3) río Cantamar (= El Médano); 4) río El Descanso; 5) río La Misión (= Guadalupe); 6) río Santo Tomás; 7) río San Vicente; 8) río El Salado; 9) arroyo Seco (tributario del río San Rafael); 10) río Santo Domingo y 11) río El Rosario.

*Gobiesox juniperoserrai* (Fig. 5): 1) río Las Pocitas en Poza del Vado, localidad tipo.