

PECES DULCEACUÍCOLAS

ALEJANDRO VARELA-ROMERO¹ Y DEAN A. HENDRICKSON²

RESUMEN. Las recolectas de la ictiofauna dulceacuícola del estado de Sonora efectuadas desde principios del siglo XIX registran hasta el momento 109 especies, de las cuales 33 son de derivación periférica. Setenta y nueve son especies estrictamente dulceacuícolas, 53 son nativas y al menos 26 introducidas. Sólo cuatro especies son endémicas al estado. Las especies nativas son de origen neártico o neotropical y representan 9.6% de las especies de peces nativos del país y 22%, 34.3% y 41.1% de los géneros, familias y órdenes de estas especies, respectivamente. Además, constituyen cuarenta por ciento de los clupeidos, 17.7% de los cipriniformes (ciprínidos y catostómidos), 16.6% de los salmónidos, 6.5% de los ciprinodontiformes (pecílidos y ciprinodóntidos) y 4.5% de los ictalúridos del país. La ictiofauna se encuentra en peligro. Una especie está extinta y nueve han sido extirpadas hasta el momento del territorio sonoreño pero persisten en regiones adyacentes. Los impactos de las actividades humanas que afectan la permanencia y estabilidad de las poblaciones de peces nativos son la alteración y fragmentación de hábitats por la construcción de presas, el uso indiscriminado del agua para fines agropecuarios, mineros y de desarrollo humano y a la introducción de peces exóticos. Cincuenta por ciento de las especies de peces nativos de Sonora se encuentran incluidas bajo alguna categoría de protección a nivel federal; ocho se encuentran en peligro de extinción, diez amenazadas y cuatro sujetas a protección especial. La actual Norma Oficial Mexicana (NOM-059) se encuentra en revisión y seguramente cambiará el estatus de especies en el estado de Sonora e incrementará este listado nacional. Es evidente la falta de programas de protección, manejo y conservación de este singular recurso íctico del estado.

¹ Universidad de Sonora. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

² University of Texas.

ABSTRACT. Collections from the beginning of the XIX century to the present demonstrate the Sonoran freshwater continental fish fauna to be comprised of 109 species, 33 of marine origin. Seventy nine species are strictly freshwater, 53 native and 26 introduced. Four species are endemic to the state. The natives include species of both nearctic and neotropical origins, and comprise 9.6, 22, 34.3, and 41.1%, respectively, of Mexico's native genera, families, and orders. The state also supports forty per cent of the country's clupeids, 17.7% of the cypriniformes, 16.6% of salmonids, 6.5% of cyprinodontids, and 4.5% of its ictalurids. The fauna is endangered. One species is extinct and nine have been extirpated from the state but persist in adjacent regions. Major human impacts affecting the permanency and stability of the state's native fish populations include habitat alteration and fragmentation by reservoirs, and indiscriminate use of water for agricultural, livestock, and mining activities, as well as pollution and introductions of exotic fishes. Fifty percent of Sonora's native fishes are now protected by the federal government; eight are endangered, ten threatened, and four under special protection. The current NOM-059 is under revision, and changes to status in the state of Sonora species are suggested. The lack of adequate protection, management and conservation programs for this singular fish fauna is evident.

COLECTA Y DESCRIPCIÓN DE ESPECIES

El conocimiento histórico de la ictiofauna sonoreña inicia con la noción de los primeros pobladores sobre el uso de estos recursos de la región. Su efímero registro sólo puede encontrarse en forma de pinturas y grabados sobre roca, escasamente dispersos en territorio sonoreño. Al igual que el resto

de las culturas nativas del país, los nativos sonorenses muy posiblemente tenían un adecuado conocimiento de los peces que habitaban la región (Mozziño, 1970; McVaugh, 1977; Engstand, 1981). La historia escrita acerca de la ictiología sonorense surge con la mención de la ictiofauna existente en cuencas del estado por Juan Nentvig (1971) en su obra escrita en 1764 y titulada *Descripción geográfica, natural y curiosa de la Provincia de Sonora, por un amigo de el servicio de Dios y de el Rey Nuestro Señor*. Nentvig citó la presencia de bagres y matalotes como los peces dulceacuícolas más comunes en ríos y sus tributarios en Sonora y de truchas en sólo algunos de estos arroyos. Existe además información publicada proveniente de exploraciones realizadas a mitad del siglo XIX hacia la frontera suroeste de Estados Unidos y noroeste de México. Spencer F. Girard promovió la participación de naturalistas en estas exploraciones y de allí se desprenden las primeras publicaciones que incluyen algunas de las descripciones de peces en Sonora y de otros estados a ambos lados de la frontera (Emory, 1848 y 1857; Bartlett, 1854; Girard, 1854, 1856 y 1859). Las primeras contribuciones ictiológicas más relevantes de la época fueron las de Jordan y Gilbert (1882) y Jordan y Evermann (1896) y pocos años después las de Seth E. Meek sobre recolectas de peces dulceacuícolas en territorio mexicano (Meek, 1903). Estas contribuciones son reconocidas como invaluable para la ictiología sonorense y mexicana debido a la magnitud de la cobertura geográfica, al total de especies incluidas y a la compilación de la información existente hasta esa fecha. Posteriormente, las recolectas en suelo sonorense realizadas por el doctor Edgar A. Mearns en los ríos Colorado, Gila, Santa Cruz, San Pedro, Sonoyta, Yaqui, San Bernardino y el arroyo Cajón Bonito, fueron publicadas por Snyder (1915) y actualizaron el conocimiento hasta esa época.

Los ictiólogos contemporáneos más destacados por su contribución al conocimiento de la ictiofauna sonorense fueron el doctor Robert R. Miller y sus colaboradores (Miller, 1943, 1945, 1950, 1952, 1959, 1960, 1961, 1966, 1976 y 1986; Hubbs y Miller, 1941; Miller y Winn, 1951; Chernoff y Mi-

ller, 1982; McMahon y Miller, 1985; Miller y Fuiman, 1987) y el doctor W. L. Minckley y sus colaboradores (Minckley, 1973 y 1979; Minckley y Deacon, 1968; Minckley y Barber, 1970; Minckley y Brown, 1982; Minckley *et al.*, 1986; Siebert y Minckley, 1986; DeMarais y Minckley, 1991; Rinne y Minckley, 1991; Hendrickson *et al.*, 1981). Todos ellos formaron un importante grupo de ictiólogos, varios de ellos compatriotas, que, en su mayoría, aún desarrollan la investigación de la ictiofauna del estado y del país. Gran parte de las aportaciones contemporáneas se han dirigido a la descripción de especies, su taxonomía, historia natural y distribución en cuencas hidrológicas de Sonora (Branson *et al.*, 1960; Álvarez del Villar, 1970; Moore *et al.*, 1970; McNatt, 1974; Burr, 1976; Rinne, 1976; Contreras-Balderas, 1978; Hendrickson, 1984 y 1987; Hendrickson y Juárez-Romero, 1990; Lundberg, 1992; Vrijenhoek, 1994; Quattro *et al.*, 1992). Las contribuciones más recientes, ya en el siglo XXI, aún dirigen la investigación hacia el conocimiento de la taxonomía con el apoyo de herramientas moleculares y el análisis ictiogeográfico mediante sistemas de información geográfica, hacia la historia natural de las especies y sus hábitats, así como hacia los impactos ocasionados por el desarrollo humano sobre la permanencia de esta singular fauna y su conservación (Echelle *et al.*, 2000; Minckley y DeMarais, 2000; Hendrickson *et al.*, 2002; Hendrickson y Varela-Romero, 2002; Mateos *et al.*, 2002; Varela-Romero *et al.*, 2002; Ruiz-Campos *et al.*, 2003; Unmack y Fagan, 2004; Miller *et al.*, 2005; Hedrick *et al.*, 2006). En su mayoría, estos trabajos mantienen un interés específico y poco se ha escrito acerca de la biodiversidad íctica del estado y de la situación actual de sus poblaciones.

CUENCAS HIDROLÓGICAS DE SONORA

Sonora posee un variado mosaico de hábitats y biodiversidad acuática dentro de sus doce cuencas hidrológicas (figura 1). Una gran parte de su territorio se considera un ecosistema de desierto con va-

rios tipos de comunidades bióticas (Brown, 1994). Su historia geológica ha promovido la formación de un sistema hidrológico muy singular (Deacon y Minckley, 1974; Hendrickson *et al.*, 1981; Minckley, 1982; Minckley *et al.*, 1986; Miller, 1986). La mayoría de las cuencas de este estado se ubican en las Provincias Fisiográficas de la Sierra Madre Occidental (SC) y en las de Cuencas y Llanuras Sonorenses y del Pacífico (BR) (INEGI, 1991; Ricketts *et al.*, 1999). La formación y evolución de las cuencas hidrológicas sonorenses fueron promovidas por movimientos orogénicos en la Sierra Madre Occidental, el Desierto Sonorense y una serie de pequeñas sierras aisladas y valles que recorren de norte a sur el estado (Blásquez, 1959; Araiza, 1982).

Históricamente los ríos de Sonora formaron

grandes complejos hidrológicos en una gran extensión del suroeste de Estados Unidos y del norte y noroeste de México, situación congruente con las afinidades a la fauna íctica de la Mesa del Norte y a las cuencas de la vertiente del Pacífico Noroeste (Miller, 1959, 1966 y 1986). Actualmente sólo los ríos Colorado, Yaqui y Mayo drenan sus aguas en el Golfo de California después de surgir de las montañas Rocallosas y de la Sierra Madre Occidental, respectivamente, fluyendo a través del desierto sonorense. A excepción de las de los ríos Sonora, San Ignacio, Bacoachi, Cocoraque y Mátape, todas las cuencas hidrológicas se encuentran compartidas con los estados de Baja California, Chihuahua y Sinaloa, y en los Estados Unidos con Arizona y Nuevo México. El arroyo Cachujaqui,

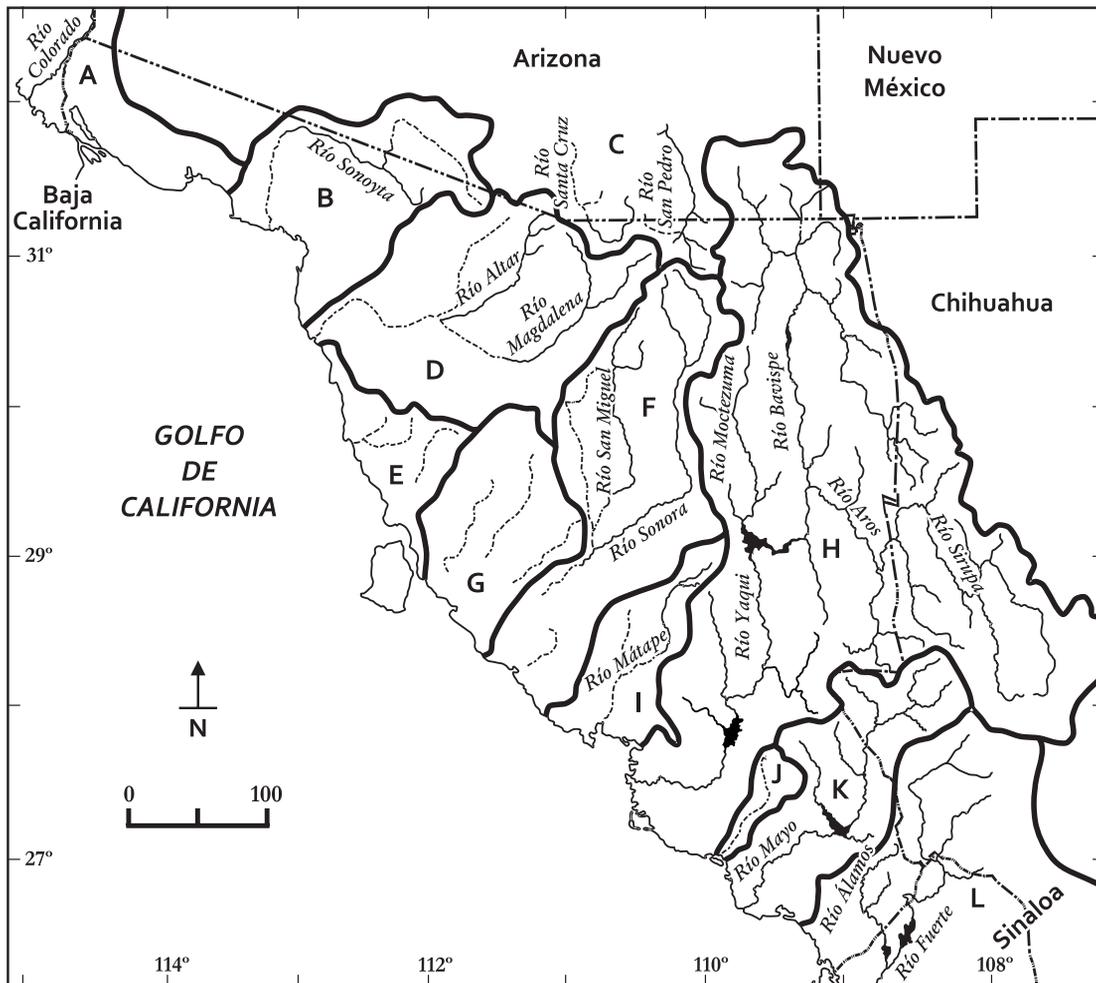


Figura 1. Cuencas hidrológicas y principales ríos del estado de Sonora (A = Río Colorado, B = Río Sonoyta, C = Río Gila, D = Río de la Concepción, E = Río San Ignacio, F = Río Sonora, G = Río Bacoachi, H = Río Yaqui, I = Río Mátape, J = Arroyo Cocoraque, K = Río Mayo, L = Río Fuerte).

representante de la cuenca del río Fuerte en Sonora, vierte su caudal a este río que drena sus aguas en la costa de Sinaloa (Hudson *et al.*, 2005; Miller *et al.*, 2005). En general, las cuencas hidrológicas de Sonora drenan un área aproximada a 170 880 km² con una descarga media anual menor a los 11 851 m³ (Miller *et al.*, 2005).

LA ICTIOFAUNA DULCEACUÍCOLA DE MÉXICO Y SONORA

Composición de la ictiofauna dulceacuícola

La ictiofauna dulceacuícola de México comprende peces estrictamente de aguas dulces (permanentes y secundarios) y aquellos que toleran por largos períodos de tiempo distintos grados de salinidad en aguas interiores. La estimación más reciente sobre el total de esta fauna íctica es de alrededor de quinientas especies (Miller *et al.*, 2005). De acuerdo a su origen y afinidad, la ictiofauna sonorensis y la continental de México se distribuyen en las regiones biogeográficas neártica y neotropical. Las principales familias neárticas con especies presentes en Sonora son las Salmonidae, Cyprinidae, Catostomidae e Ictaluridae y las neotropicales son las Cichlidae y Poeciliidae. Los peces neárticos son más abundantes en aguas continentales de Sonora (Miller *et al.*, 2005). Cabe mencionar que en Sonora y su litoral concurre más del veinte por ciento de la ictiofauna conocida para México (véase apéndice en disco compacto). Sin embargo, algunas de las especies de este conteo incluyen peces vicarios eurihalinos y costeros marinos que han sido registrados en estuarios y lagunas costeras de Sonora, respectivamente, por lo que se considera un registro para aguas continentales y no de tipo dulceacuícola (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). Los peces vicarios son especies periféricas que pueden establecerse en aguas dulces en ausencia de representantes primarios y secundarios, aunque son estrictamente de afinidad marina. Para integrar este conteo hemos incluido en el apéndice (véase disco compacto) todos los peces continentales registrados en la literatura

y consideramos únicamente dentro del análisis y la discusión a los peces primarios (peces dulceacuícolas obligados) y secundarios (peces eurihalinos). Los registros vicarios incluidos aquí son los localizados en cauces de ríos de Sonora y son una muestra de la riqueza que pueden representar dentro del ambiente dulceacuícola; sin embargo, este grupo de peces no será descrito en este trabajo y para una mejor apreciación de su relevancia se recomienda consultar los trabajos de Castro-Aguirre *et al.* (1978 y 1999). Al grupo de los peces primarios pertenecen 54 especies repartidos en 6 familias y 23 géneros (Cyprinidae, Catostomidae, Ictaluridae, Salmonidae, Centrarchidae y Cichlidae). Como especies secundarias están 23 agrupadas en seis familias (Clupeidae, Poeciliidae, Cyprinodontidae, Eleotridae, Gobiidae y Paralichthyidae) (véase apéndice en disco compacto).

El registro fósil es aún insuficiente para permitir una visión clara de la historia ancestral de la ictiofauna nativa de Sonora. El hallazgo en el rancho La Brisca constituye el registro fósil mejor documentado del estado y pertenece a especies de peces de las familias Cyprinidae (*Rhinichthys chrysoaster*) y Catostomidae (*Catostomus wigginsi*). Se considera también como el primer registro fósil conocido del género *Catostomus* para México y se reporta a un *Poeciliopsis* aún no descrito como el único registro fósil de esta familia para México (Van Denvender *et al.*, 1985). Uno de los peces primarios relictos presentes de la región es un representante del Pleistoceno cercano al género *Gila*, de la cuenca alta del río Yaqui en Chihuahua (Smith, 1981). Recientemente se han detectado fósiles de una diversa y rica ictiofauna en depósitos de lava del Pleistoceno a lo largo del río Moctezuma. La fauna acuática es abundante y destaca la presencia de carpas, matalotes y bagres. A pesar de que no se han identificado los restos (Mead *et al.*, 2006), se cree que su afinidad con especies actuales o recientemente extintas puede aportar importantes avances en el conocimiento de la ictiofauna de la región.

Los registros a lo largo de recolectas iniciadas a finales del siglo antepasado y hasta la actualidad (Jordan y Everman, 1896; Meek, 1904; Espinosa-

Pérez *et al.*, 1993; Varela-Romero, 1995; Miller *et al.*, 2005) y nuestros propias recolectas documentan que la ictiofauna dulceacuícola de Sonora incluye 79 especies de peces; las 53 nativas y al menos 26 introducidas (Juárez-Romero *et al.*, 1988; Campoy-Favela, *et al.*, 1989; Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Juárez-Romero *et al.*, 1989; Hendrickson y Juárez-Romero, 1990; Varela-Romero, 1995). Entre las nativas, ocho especies se encuentran extirpadas del territorio nacional y una está extinta. Con respecto al total nacional, Sonora representa 9.6% de las especies de peces nativos del país y 22, 34.3 y 41.1% de los géneros y familias a escala nacional, respectivamente (tabla 1). De éstas, 40% de las especies de clupeídeos, 17.7% de las de los cypriniformes (ciprínidos y catostómidos), 16.6% de las de los salmónidos, 6.5% de las de los ciprinodontidos (pecílidos y ciprinodontidos), 9.4% de las de los perciformes (centrárquidos) y 4.5% de las de los Siluriformes (ictalúridos)

se encuentran en nuestro estado (tabla 1).

Endemismo y distribución por cuencas

Sólo cuatro especies son endémicas dentro de los límites del estado: el matalote Opata (*C. wigginsi*) a la cuenca del río Sonora, el guatopote del Concepción (*Poeciliopsis* n. sp.) a la cuenca del río de la Concepción, una forma taxonómicamente no determinada de la carpita adornada *Cyprinella* n. sp. a la cuenca del río Yaqui y, por último, la carpa del desierto (*Gila eremica*) endémica a las cuencas de los ríos Sonora, Mátape y Yaqui. Sin embargo, Sonora y sus cuencas hidrológicas albergan un número importante de endemismos a nivel de las provincias biogeográficas de las que forman parte.

La distribución de los peces nativos en las cuencas hidrológicas de Sonora tiene relación con su origen y con los mecanismos de dispersión a lo largo del tiempo geológico. El bajo río Colorado es

Tabla 1. Resumen de la riqueza de especies de peces dulceacuícolas nativos de México para cada orden, familia y géneros y los presentes actualmente para el estado de Sonora

Especie	México			Sonora			% de especies para Sonora
	Familias	Géneros	Especies	Familias	Géneros	Especies	
Petromyzontiformes	1	1	2	0	0	0	0.0
Acipenseriformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Anguilliformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Clupeiformes	1	2	5	1	2	2	40.0
Cypriniformes	2	23	107	2	9	19	17.8
Characiformes	1	5	8	0	0	0	0.0
Siluriformes	3	7	22	1	1	1	4.5
Gymnotiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Salmoniformes	1	1	6	1	1	1	16.7
Ophidiiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Batrachoidiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Gobiesociformes	1	1	2	0	0	0	0.0
Cyprinodontiformes	6	39	169	2	3	11	6.5
Atheriniformes	1	4	37	1	1	1	2.7
Gasterosteiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Synbranchyiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Perciformes	8	19	74	3	7	7	9.5
Total	32	109	439	11	24	42	9.6
% para Sonora	—	—	—	34.4	22	9.6	—

Fuente: Miller *et al.* (2005).

la cuenca más norteña del estado y representa históricamente la desembocadura de mayor importancia en el Pacífico mexicano. Su ictiofauna nativa estuvo compuesta hasta antes del siglo XIX por peces endémicos altamente especializados a hábitats de grandes ríos como la carpa elegante (*Gila elegans*), la carpa aleta redonda (*Gila robusta*), la carpita afilada (*Plagopterus argentissimus*), la carpa gigante del Colorado (*Ptychocheilus lucius*) y el matalote jorobado (*Xyrauchen texanus*). Sin embargo, esta ictiofauna nativa relictas se encuentra totalmente extirpada del territorio nacional y persiste sólo en hábitats restringidos en Estados Unidos (Follett, 1960; Miller, 1961; Holden, 1980; Minckley, 1982; Minckley y Deacon, 1991; Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987). Sólo el pez cachorrillo del desierto (*Cyprinodon macularius*) permanece en el delta del río Colorado como único pez dulceacuícola nativo en la porción mexicana (Echelle *et al.*, 2000; Varela-Romero *et al.*, 2002). La cuenca del río Gila, como subcuenca del Colorado, está formada en Sonora por sus tributarios los ríos San Pedro y Santa Cruz; ambos relatan una historia de modificaciones ambientales y defaunación narrada de forma excelsa por Minckley (1985). En ella permanecen aún la carpa del Gila (*Gila intermedia*) como endémico, el pupo panza verde (*Rhinichthys chryso-gaster*) y los matalotes de Sonora (*Catostomus insignis*) y del desierto (*C. clarki*), pero al igual que en el Colorado, en México se ha documentado la pérdida de las carpas aleta redonda, aguda (*Meda fulgida*), pinta (*Rhinichthys osculus*), locha (*Rhinichthys cobitis*), el cachorrillo del Santa Cruz (*Cyprinodon arcuatus*) y el del desierto y el guatopote del Gila (*Poeciliopsis occidentalis*) (Miller y Winn, 1951; Minckley, 1973 y 1980; Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Minckley *et al.*, 2002).

El río Sonoyta es el más norteño de un grupo de pequeñas cuencas que actualmente no alcanzan a drenar sus aguas en la superficie hasta la costa de Sonora y se distribuyen al noroeste y centro del estado. Este antiguo tributario de la cuenca del río Colorado fue aislado de ésta en el Pleistoceno por la formación de la sierra volcánica del Pinacate (Lynch, 1981). El pez cachorrillo del Sonoyta (*Cy-*

prinodon eremus) se considera un endemismo de la cuenca reconocido taxonómicamente hace poco tiempo, en donde se desarrolla separado de su con-géneres hermano el cachorrillo del desierto (McMahon y Miller, 1985; Miller y Fuiman, 1987; Echelle *et al.*, 2000) y cohabita con el pupo panza verde (May, 1976; Juárez-Romero *et al.*, 1989; Hendrickson y Varela-Romero, 2002). Inmediatamente al sur se encuentra la cuenca del río de la Concepción donde concurren la carpa sonoreña (*Gila ditaeonia*) y el guatopote del Concepción, que cohabitan con los otros nativos, el pupo panza verde y el guatopote del Gila. Un patrón similar se encuentra en las cuencas de los ríos Sonora y Mátape, donde el único endémico de la primera cuenca es el matalote Opata (*Catostomus wigginsi*), mientras que la carpa del desierto (*Gila eremica*) es endémico a las dos cuencas. El rodapiedras mexicano se encuentra en el río Sonora y, con excepción del Mátape, está ampliamente distribuido en los otros ríos del estado localizados más al sur. El guatopote de Sonora (*P. sonoriensis*) sustituye al del Gila, empezando en el Mátape donde inicia su amplia distribución por el resto de las cuencas de la vertiente Pacífico hacia el sur en Sonora (Miller *et al.*, 2005).

A la cuenca del río Yaqui le corresponde la más extensa y diversa ictiofauna con 34.24% del total de las especies registradas para el estado. Su fauna íctica presenta bajo endemismo, ya que sus especies las comparte o se han derivado por medio de intercambios con cuencas vecinas como las de los ríos Gila al norte y Mayo al sur. También se han registrado intercambios faunísticos con las cuencas orientales adyacentes del lago Guzmán y del río Conchos en la Mesa del Norte y al oeste con las cuencas del Sonora y el Mátape, debido principalmente a conexiones tectónicas o de aluvión y por medio de pasos estuarinos (Miller *et al.*, 2005). Nueve ciprínidos, el rodapiedras mexicano, las carpitas yaqui (*Cyprinella formosa*), adornada (*Cyprinella ornata*) y una forma no descrita (*Cyprinella* n. sp.), del desierto, aleta redonda mexicana (*Gila minacae*), púrpura (*G. purpurea*) y cabezona (*Pimephales promelas*) y el pupo mexicano (*Rhinichthys* n. sp.) habitan esta cuenca. Adicionalmente, los ma-

talotes yaqui (*Catostomus bernardini*), Cahita (*C. cabita*), del Bavispe (*C. leopoldi*) y del Bravo (*C. plebeius*) coexisten con el bagre yaqui (*Ictalurus pricei*) y los guatopotes del Gila y Culiche (*Poeciliopsis prolifca*). La trucha yaqui (*Oncorhynchus n. sp.*), aún no descrita, se distribuye en la parte alta de los arroyos de aguas frías de esta cuenca y la del río Mayo. La mojarra sinaloense (*Herichthys beanii*) registra aquí su distribución más norteña y comparte en la cuenca baja el hábitat con la sardinita del Pacífico (*Dorosoma smithi*), entre otros peces secundarios (Minckley *et al.*, 1980). La cuenca del río Mayo recibe una fuerte influencia de la ictiofauna de su vecina norteña, la cuenca del río Yaqui; se registra una lista más reducida de las especies mencionadas anteriormente para la cuenca del Yaqui. Los ciprínidos de la cuenca del río Mayo son el rodapiedras mexicano, la carpa aleta redonda mexicana y el pupo mexicano y entre los catostómidos se cuentan a los matalotes yaqui y cahita. Faltaría por añadir al guatopote mayo (*Poeciliopsis monacha*), la trucha yaqui, la mojarra sinaloense y la sardinita del Pacífico. Por último, el arroyo Cuchujaqui representa la mayor influencia de la fauna neotropical del estado. Los guatopotes del Fuerte (*Poeciliopsis latidens*), Mocerito (*P. lucida*), Mayo y Culiche y el topote del Pacífico (*Poecilia butleri*), junto con la mojarra sinaloense, representan 45% del total de la ictiofauna de la subcuenca con respecto a la carpa aleta redonda mexicana, el pupo panza verde, el rodapiedras mexicano, los matalotes yaqui y cahita y el bagre yaqui (Varela-Romero *et al.*, en dict. para publ.). El único aterínido registrado para Sonora es el plateadito del Presidio (*Atherinella crystallina*), que se encuentra extirpado del arroyo Cuchujaqui, subcuenca del río Álamos.

Es evidente que las modificaciones en los ríos y arroyos destruyen los hábitats y eliminan la fauna y son la causa principal de la extirpación de especies en Sonora. La desecación de los cursos de agua corriente abajo de las presas, la canalización y la transferencia de grandes volúmenes de agua de un lugar a otro, son algunas de las modificaciones que se registran para los ríos sonorenses. Adicionalmente, la estabilización de los regímenes de los flujos

de agua en los sistemas de presas promueve la interrupción de los procesos naturales del río, lo que provoca una alteración en las comunidades naturales. La interrupción de la conectividad de descarga de agua desde las cabeceras hasta la parte baja de los ríos impacta la integridad biológica de la totalidad del río (Meyer *et al.*, 2007). Esta estabilización o desestabilización que resulta de la construcción de diferentes tipos de represas provoca cambios no sólo en la dinámica de las descargas estacionales del agua y su temperatura, sino, además, cambia la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, la descarga de sedimentos debido a la erosión y los escurrimientos de contaminantes de diversos tipos son responsables de la alteración de la química y características físicas del agua de los ríos. Los peces nativos tienden a permanecer en los sitios donde las condiciones físicas y químicas de los hábitats son inalteradas o apenas han sido modificadas, por lo que se consideran indicadores de la calidad de los hábitats ribereños. A pesar de no existir información publicada para peces nativos del estado, es presumible la ruptura de patrones conductuales entre especies nativas como la conducta durante el cortejo, en la búsqueda de presas y para la protección de los depredadores, entre otros, promovida por los cambios en la calidad y cantidad de sólidos suspendidos que la contaminación agrícola, minera y urbana promueve en los cuerpos de agua naturales. Rinne y Minckley (1991) mencionan que, a pesar de la similitud de los impactos sobre las cuencas hidrológicas del sur de Estados Unidos y las del norte de México, la menor pérdida de especies nativas que se ha registrado del lado mexicano está relacionada con la escasa abundancia y dispersión de las especies exóticas. En efecto, la introducción y establecimiento de peces exóticos es la opción más plausible de esta diferencia, debido al reemplazo de los peces nativos ocasionado por la competencia por alimento, espacio y otros recursos o, simplemente, porque los peces nativos se convierten en alimento de los peces exóticos. Adicionalmente, mencionan que, en general, las especies nativas de la zona desértica del oeste americano se encuentran en desventaja contra las especies exóti-

cas generalistas provenientes del este del continente, donde las comunidades ícticas son más diversas y mantienen un mayor número de formas carnívoras.

En Sonora se han detectado al menos 26 especies de peces introducidos, cuya presencia denota una condición dinámica y representa una de las principales amenazas para la ictiofauna nativa. Unmack y Fagan (2004) detectaron que el efecto de la invasión de los peces introducidos en la cuenca del río Yaqui en Sonora y Arizona es progresivo y eventualmente afectará en forma negativa la permanencia de las poblaciones de peces nativos. Esta cuenca, junto con las de los ríos Colorado, Sonoyta y Gila, ha recibido el mayor número de introducciones de peces exóticos comparados con el resto del estado. La principal causa directa de la dispersión de peces exóticos son los programas de extensivismo piscícola que han sido y son desarrollados por el gobierno federal, primeramente, y estatal posteriormente, sobre peces de interés comercial para la acuicultura extensiva y la pesca artesanal y deportiva. Las mojarrafricanas de los géneros *Tilapia* y *Oreochromis*, junto con los bagres de canal (*Ictalurus punctatus*) y azul (*I. furcatus*), así como la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*), son los peces más utilizados para actividades acuícolas. Junto con ellos, las especies medianas y pequeñas utilizadas como forraje de estos peces carnívoros también muestran amplia distribución, como es el caso de las mojarrafricanas del género *Lepomis* (*L. cyanellus*, *L. macrochirus*, *L. megalotis*) y *Pomoxis* (*P. annularis* y *P. nigromaculatus*), la sardina del Maya (*Dorosoma petenense*), las carpas dorada (*Carassius auratus*) y roja (*Cyprinella lutrensis*) y el pez mosquito (*Gambusia affinis*). Además, el bagre negro (*Ameiurus melas*) ha sido introducido y diseminado en represas por pobladores locales para su consumo. La mayoría de estos peces son introducidos en embalses y represas donde se llevan a cabo las actividades productivas, de tal forma que representan reservorios de peces exóticos, desde donde éstos suelen dispersarse, con lo que se promueven impactos negativos sobre las poblaciones de peces nativos (Juárez-Romero *et al.*, 1988; Hendrickson y Vare-

la-Romero, 1989; Campoy-Favela *et al.*, 1989; Hendrickson y Juárez-Romero, 1990). En los casos más extremos para Sonora, el porcentaje de especies de peces introducidos por cuenca puede llegar a ser mayor al cincuenta por ciento de la totalidad de las especies ícticas en la cuenca del bajo río Colorado y casi cincuenta por ciento en la cuenca del río Sonoyta (Hendrickson y Varela-Romero, 1989; Varela-Romero *et al.*, 2002). Los principales impactos negativos de los peces introducidos sobre las poblaciones de peces nativos son la competencia, desplazamiento, hibridización y depredación (Contreras-Balderas y Escalante, 1984; Taylor *et al.*, 1984; Moyle *et al.*, 1986; Olden y Poff, 2005). En Sonora, uno de estos impactos se refiere a la posible hibridización de las truchas nativas de los ríos Yaqui y Mayo (*Oncorhynchus* spp.) con la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), utilizada para fines acuiculturales, debido a la existencia de híbridos putativos en la región (Hendrickson y Varela-Romero, 2002; Hendrickson *et al.*, 2002; Camarena-Rosales *et al.*, 2007). Se conoce también, por recolectas en la cuenca del río Yaqui durante los años ochenta y noventa, de la existencia actual de híbridos entre el bagre yaqui y el de canal (Hendrickson *et al.*, 1981; Campoy-Favela *et al.*, 1989). La presencia de este bagre hermano introducido, interactuando con el bagre yaqui, representa una seria amenaza para las poblaciones de bagres nativos. Adicionalmente, la introducción indirecta de parásitos asociados a la ictiofauna exótica se suma a las infecciones naturales de los parásitos nativos sobre sus huéspedes, lo que provoca, en algunos casos, drásticas reducciones en los niveles poblacionales de la ictiofauna nativa (Campoy-Favela *et al.*, 1989; Hendrickson y Juárez-Romero, 1990). Es importante considerar que hasta este momento los impactos ocasionados por las especies introducidas deberán adicionarse a los factores existentes en el sistema de alteraciones que actúan en los hábitats naturales de las cuencas hidrológicas del estado. Sin embargo, el efecto real de las especies exóticas sobre las nativas no se ha evaluado de manera experimental en campo para hacer esta inferencia científica en Sonora, por lo

que urge la necesidad de desarrollar este tipo de estudios para valorar y precisar los impactos de esta fauna no nativa.

Amenazas sobre la ictiofauna de Sonora

Los principales factores que impactan a las poblaciones de peces nativos son la utilización inadecuada de los recursos hidrológicos destinados a las actividades productivas, como son las agropecuarias, mineras, industriales y domésticas, las alteraciones físicas de los hábitats naturales por la construcción de presas, repesos, caminos y puentes, el incremento en el uso de agentes contaminantes y la introducción de especies de peces exóticos (Meffe y Vrijenhoek, 1988; Varela-Romero, 1995). En fechas recientes se han propuesto varios proyectos de construcción de presas con el propósito de incrementar en número las más de 25 construidas en cauces naturales de ríos y arroyos en Sonora, lo que elevaría el número de hectáreas de hábitats lóticos artificiales en el estado. Estos esfuerzos pretenden principalmente almacenar agua para las actividades agropecuarias, mineras y domésticas. Adicionalmente, el agua del subsuelo es utilizada para apoyar estas actividades productivas, lo que ocasiona la disminución del manto freático, con la consecuente reducción de las aguas epicontinentales en todo el estado y la muerte de vegetación ribereña debido al abatimiento del nivel freático, lo que, a su vez, provoca la disminución de los hábitats disponibles para peces nativos y de las migraciones naturales al interior de los sistemas hidrológicos.

Las actividades agropecuarias intensivas se encuentran generalmente localizadas en las partes bajas de las cuencas hidrológicas y las mineras se localizan en las regiones de mediana y alta elevación, con lo que se provoca un efecto sinérgico en la dinámica de los impactos. Dependiendo de la zona de que se trate, el pastoreo por ganado es una actividad registrada con un impacto desde moderado localizado hasta devastador en el noroeste de México. Este factor contribuye directamente a la eliminación de la vegetación ribereña, la compac-

tación del suelo por pisoteo, la erosión de los bancos de los arroyos, el aumento en la sedimentación y, consecuentemente, la modificación de la morfología del canal, todo lo cual diezma la calidad del hábitat de la especie. Los impactos de la contaminación por la industria minera han sido recientemente documentados para las cuencas de los ríos Sonora y San Pedro en Sonora (Gómez-Álvarez *et al.*, 1990 y 2004), además de que son un factor constante en la mayor parte de la zona serrana, donde se desarrollan niveles de extracción minera desde artesanal hasta industrial. La acuicultura extensiva en cuerpos de agua artificiales como presas y repesos es el vector directo de la entrada de peces exóticos en los ecosistemas naturales. En los reservorios del estado, por medio de programas gubernamentales, se han liberado millones de juveniles de peces de interés comercial para apoyo a las actividades económicas y de subsistencia. La camaricultura es una actividad productiva de reciente creación en el estado que ha tenido un desarrollo explosivo en la zona costera. Su crecimiento ha generado cambios en los hábitats de las zonas de influencia estuarina en las partes bajas de las cuencas de los ríos, lo que ha afectado la fauna de peces secundarios y periféricos y se suma a la problemática existente para los peces nativos (Husdon *et al.*, 2005). Además, aunque local, el impacto de la contaminación urbana por medio de desechos urbanos no deja de estar presente en Sonora. El vertimiento de aguas de drenajes urbanos, la modificación de los hábitats ribereños y la contaminación por desechos sólidos son los impactos más generalizados. No obstante, la mayoría de los asentamientos humanos principales están localizados en la parte baja de las cuencas, donde los ríos principales se convierten en efímeros, por lo que el impacto es mínimo para la fauna nativa, a excepción de los ríos de la Concepción, Sonora, Yaqui y Mayo.

ESTATUS DE CONSERVACIÓN DE LOS PECES NATIVOS DE SONORA

En Sonora, como en otros estados de la franja ári-

da de Norteamérica, el desarrollo económico ha impulsado una creciente demanda de los ya escasos recursos hidrológicos. Esta situación ha ocasionado modificaciones en la mayoría de las cuencas de la región, lo que ha traído como consecuencia la destrucción y reducción de los hábitats acuáticos naturales y ha afectado la distribución de las poblaciones de peces nativos. Dentro de las especies ícticas con distribución actual para Sonora, 33.3% (tabla 2) se encuentra incluida bajo alguna categoría de protección de acuerdo al gobierno mexicano (NOM-059 2001). Ocho son las especies en peligro de extinción, diez se consideran amenazadas y cuatro se incluyen como sujetas a protección especial. Actualmente, esta NOM-059 se encuentra en revisión y se espera obtener una lista más acertada de los estatus de conservación de las

especies incluidas en este listado nacional. De esta iniciativa, se propone para Sonora la recategorización de cinco especies ya mencionadas aquí como extirpadas de las cuencas de los ríos Colorado y Gila, y consideradas en la NOM vigente en las categorías de «sujeta a protección especial y en peligro de extinción» (tabla 2), las cuales deben de considerarse en la categoría de extirpadas del territorio nacional (Varela-Romero y Ruiz-Campos, 2002).

Para el resto de las especies nativas cuyo estado de conservación es ya conocido pero no ha sido reconocido en la NOM-059, será necesario proponer al gobierno federal su integración a esta lista de manera independiente y de acuerdo a la metrología publicada en la propia Norma Oficial (NOM-059 2001). Entre este grupo de especies que se ha descrito, o se le ha reconocido nombre válido recién-

Tabla 2. Peces nativos de Sonora incluidos en la NOM-059-ECOL-2001 (NOM-059 2001) y propuesta de inclusión en la nueva NOM-059*

Familia	Especie	Categoría federal	Distribución en el país	Situación Actual/Propuesta
Cyprinidae	<i>Agosia (Rhinichthys) chrysogaster</i>	A	No endémica	A
Cyprinidae	<i>Cyprinella formosa</i>	A	No endémica	A
Cyprinidae	<i>Cyprinella ornata</i>	A	Endémica	–
Cyprinidae	<i>Gila ditaenia</i>	A	No endémica	A
Cyprinidae	<i>Gila elegans</i>	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	<i>Gila intermedia</i>	P	No endémica	P
Cyprinidae	<i>Gila purpurea</i>	P	No endémica	P
Cyprinidae	<i>Gila robusta</i>	Pr	No endémica	Ex*
Cyprinidae	<i>Rhinichthys cobitis</i>	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	<i>Rhinichthys osculus</i>	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	<i>Ptychocheilus lucius</i>	E	No endémica	Ex
Catostomidae	<i>Catostomus bernardini</i>	Pr	No endémica	–
Catostomidae	<i>Catostomus cabita</i>	A	Endémica	A
Catostomidae	<i>Catostomus insignis</i>	P	No endémica	P
Catostomidae	<i>Catostomus leopoldi</i>	Pr	Endémica	A*
Catostomidae	<i>Catostomus plebeius</i>	A	No endémica	–
Catostomidae	<i>Catostomus wigginsi</i>	A	Endémica	A
Catostomidae	<i>Xyrauchen texanus</i>	P	No endémica	E*
Cyprinodontidae	<i>Cyprinodon macularius</i>	P	No endémica	P
Ictaluridae	<i>Ictalurus pricei</i>	Pr	No endémica	P*
Poeciliidae	<i>Poecilia butleri</i>	A	No endémica	–
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis occidentalis</i>	A	No endémica	–
Poeciliidae	<i>Poeciliopsis latidens</i>	A	No endémica	–

Nota: Ex = Extirpada, P = En peligro de extinción, A = Amenazada, Pr = Sujeta a protección Especial.

temente, se encuentran *Gila minacae*, *Poeciliopsis sonoriensis* y *Cyprinodon eremus* (Echelle *et al.*, 2000; Miller *et al.*, 2005), que se suman a las especies no incluidas en la NOM con distribución relicta de sus poblaciones en Sonora y que se requieren evaluar para reconocer su estatus de conservación. Adicionalmente, existen especies que aún no se han descrito que requieren ser formalmente reconocidas en términos taxonómicos y nomenclaturales y eventualmente incluirlas en el listado nacional. Para el caso de los salmónidos de Sonora, por medio del ADN mitocondrial la trucha del género *Oncorhynchus* que habita la cuenca del río Yaqui en Sonora se ha reconocido como una forma muy cercana a la trucha arcoiris (Nielsen, 1996 y 1997; Nielsen *et al.*, 1997 y 1998). Sin embargo, estudios complementarios de fragmentos del genoma mitocondrial y la morfología de las truchas nativas de la Sierra Madre Occidental reconocen su identidad específica y sugieren a esta especie como nativa de las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo (Ruiz-Campos *et al.*, 2003; Camarena-Rosales *et al.*, 2007). A pesar de esto, es evidente que aún faltan estudios para su definición taxonómica y para el esclarecimiento de los impactos promovidos por la potencial hibridización con la trucha arcoiris, lo cual, aunado a la reducción de sus hábitats y a las modificaciones descritas para otros peces nativos, amenaza su sobrevivencia. Para los ciprínidos, Hendrickson y Minckley (Miller *et al.*, 2005, datos sin publ.) han restringido la distribución de *R. chryso-gaster* a las cuencas de los ríos Gila, Sonoyta, Concepción y Sonora en Sonora y Arizona debido a que reconocen la existencia de una nueva especie, *Rhinichthys* sp., para las cuencas de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte. Esta disminución en la extensión de la distribución original conocida para estas especies representa un incremento en el grado de amenaza de las poblaciones para ambas especies. De la misma forma, Miller *et al.* (2005) reconoce la existencia de *Cyprinella* n. sp., restringida a la subcuenca del río Bavispe y separándola de la distribución de *C. ornata* que se extiende hacia el sur a la subcuenca del río Papigochic hasta el río San Pedro Mezquital en Durango, con lo que se incre-

menta en consecuencia el grado de amenaza para ambas especies. Finalmente, en relación al bagre yaqui, *Ictalurus pricei*, y su complejo de formas similares, originalmente reconocidos para los ríos tributarios de la vertiente Pacífico de la Sierra Madre Occidental, se ha observado por medio de estudios de genes mitocondriales que representan al menos una unidad evolutiva independiente y se ha restringido su distribución a los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte (Varela-Romero, 2007). Los estudios descritos anteriormente sin duda orientan las necesidades de conservación hacia la necesidad de generar conocimiento sobre la historia natural, el origen y la evolución de estas especies.

PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN

Las perspectivas de conservación para los recursos ictiofaunísticos de la región no parecen ser muy favorables debido a los impactos actuales producto de las actividades económicas y las tendencias del desarrollo humano. Esta influencia lleva a las poblaciones de peces nativos a una constante disminución de sus poblaciones, lo que las coloca bajo una seria amenaza de desaparecer, en virtud de la cada vez menor disponibilidad de agua para su sobrevivencia. Sonora es un estado principalmente árido, donde las actividades socioeconómicas sustanciales están directamente relacionadas con el recurso hídrico. Esta característica enfatiza las modificaciones antropogénicas en todas las cuencas hidrológicas de la región, lo que ocasiona la reducción de hábitats naturales y de las distribuciones de las poblaciones de peces nativos. Estas modificaciones han sido más severas en las zonas de mayor aridez del estado, que se ubican en el Desierto Sonorense, desde el bajo río Colorado hasta el río Mátape y, además, en la porción sur de los ríos Yaqui y Mayo, a diferencia de las zonas serranas, cuya mayor elevación, inaccesibilidad y precipitación, propician una menor intensidad en los impactos y se observan menos modificadas.

En Sonora no existe un programa formal sobre la conservación y el manejo de la ictiofauna dulcea-

cuícola. La protección de las especies se da teóricamente por la inclusión de algunas de estas especies en el listado nacional para la protección ambiental de especies nativas de México (NOM-059 2001) y por las medidas de mitigación de los impactos que es necesario considerar en los nuevos desarrollos económicos destinados a zonas naturales donde estas especies se distribuyen. Además, algunas porciones de ríos y arroyos se encuentran dentro de áreas naturales protegidas de carácter federal y algunas de ellas contemplan programas de estudio, conservación y protección específica para sólo pocas especies de peces nativos. *C. macularius* se encuentra en las reserva de la biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, *C. eremus* en la del Pinacate y Gran Desierto de Altar y varias especies de pecílidos, ciprínidos, el bagre yaqui y la mojarra sinaloense en el área de protección de flora y fauna silvestres Sierra de Álamos y Arroyo Cuchujaqui en Sonora. Estas áreas naturales protegidas consideran programas de protección, manejo y conservación de estas especies pero con limitados recursos económicos para su implementación (Conanp, 2007). Se han desarrollado algunos esfuerzos para mantener poblaciones reproductivas de resguardo de peces nativos bajo alguna categoría de conservación. Una población del cachorrillo del Sonoyta (*Cyprinodon eremus*) ha sido mantenida en repesos artificiales dentro del Centro Ecológico de Sonora en Hermosillo con fines de conservación. Adicionalmente, se han realizado esfuerzos coordinados de rescate y conservación del bagre yaqui por parte del Servicio de Peces y Vida Silvestre de Estados Unidos, el Departamento de Caza y Pesca de Arizona y el Centro Ecológico de Sonora en las décadas de 1980 y 1990, con el objetivo de confinar una población reproductiva de bagre yaqui en instalaciones de granjas reproductoras de peces en peligro de extinción en Estados Unidos y repoblar su distribución natural a ambos lados de la frontera. Este esfuerzo permitió la obtención de ejemplares utilizados para la repoblación de hábitat controlado dentro de su distribución en la cuenca del río Yaqui en el sur de Arizona. Sin embargo, el *stock* reproductivo murió y ya

no se cuenta con esta línea base para la recuperación de la especie (Varela-Romero *et al.* en dict. para publ.).

NECESIDADES DE RECOLECTA E INVESTIGACIÓN

La importancia de las especies nativas puede evaluarse de diferentes puntos de vista como son la investigación científica necesaria para el conocimiento de la diversidad íctica, su historia y evolución y el papel de los peces en los ecosistemas. Además, sus usos como alternativas en la pesca comercial y deportiva, así como en la acuicultura y el acuarismo y su potencial como control biológico son parte de la utilidad práctica que el propio desarrollo humano demanda de estos recursos. Dentro de la investigación básica, muchas son las deficiencias de información sobre los peces nativos de Sonora. Se requieren estudios para el conocimiento de su origen, evolución y biogeografía, así como de la sistemática y taxonomía, basados en marcadores moleculares y caracteres morfológicos. Su historia natural está pobremente documentada a todos los niveles para la mayoría de las especies en aspectos básicos como distribución y abundancia, ciclos de vida, alimentación y requerimientos ambientales, además de la falta de estudios de carácter ecológico para establecer la estructura y función de esta singular ictiofauna en los ecosistemas acuáticos. Para la generación y fomento de pesquerías comerciales y deportivas sobre peces nativos, algunas especies como el bagre yaqui, la trucha yaqui y la mojarra sinaloense tienen un papel importante, ya que especies exóticas muy similares a ellas son utilizadas para soportar estas actividades comerciales, sin contar con la plusvalía que el carácter de endemismo les otorga. Estas especies presentan un potencial aún desconocido para la acuicultura extensiva en el noroeste de México. Adicionalmente, algunas especies como el cachorrillo del desierto y del Sonoyta, las sardinitas yaqui y adornada, el rodapiedras mexicano y el topote del Pacífico, presentan un potencial de uso

para el comercio como mascotas en acuarios. Este uso a futuro debe estar eficazmente regulado por las autoridades federales y estatales para controlar y evitar la transferencia de especies entre cuencas ocasionada por la liberación de mascotas en hábitats naturales y el posible impacto derivado de ésta entre poblaciones nativas e introducidas. Un uso poco evidente que han presentado los peces nativos a lo largo del desarrollo humano es la investigación básica. Aspectos importantes sobre tolerancia térmica, salinidades y procesos evolutivos de las especies como modelos de evolución con base en la información genética y ecológica de la especie, han sido estudiados en peces nativos de fácil manejo en acuarios, como el pez cachorrillo del desierto y los guatopotes de Sonora, del Mayo y del Mocerito en el sur de la entidad. Una breve síntesis del estado del arte del conocimiento de la diversidad genética de los peces nativos de Sonora se incluye en el capítulo diversidad genética de la biota de Sonora de este libro (Molina-Freaner *et al.*, en este vol.).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer las facilidades otorgadas por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo para la elaboración de este manuscrito, especialmente a la doctora Gloria Yépez Plascencia, directora del programa de estudios de doctorado del primer autor, por la revisión crítica a este manuscrito, así como a los doctores Gorgonio Ruiz Campos y Francisco García de León por sus críticas y sugerencias. Agradecemos también a los editores de este libro la invitación a contribuir con el presente capítulo y las sugerencias aportadas para mejorar la versión inicial. El primer autor agradece a las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este manuscrito.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ DEL VILLAR, J. 1970. *Peces mexicanos (claves)*.

- Serie Investigación Pesquera Estudio 1. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, México, 166 p.
- ARAIZA, Q.H. 1982. Notas sobre la hidrología de Sonora. Universidad Autónoma de Sinaloa. *Revista Ciencias del Mar* 3: 18-21.
- BARTLETT, J.P. 1854. *Personal Narrative of Explorations and Incidents in Texas, New Mexico, California, Sonora, and Chihuahua Connected with the U.S. and Mexican Boundary Commission During the Years of 1850, '51, '52 and '53*. vols. I y II. D. Appleton, Nueva York.
- BLÁSQUEZ, L.L. 1959. Hidrogeología de las regiones desérticas de México. *Anales del Instituto de Geología* 15: 1-172.
- BRANSON, B.A., C.J. MCCOY JR. y M.E. SISK. 1960. Notes on the Freshwater Fishes of Sonora, with Addition to the Known Fauna. *Copeia* 1960: 217-220.
- BROWN, D.E. 1994. *Biotic communities: Southwestern United States and Northwest Mexico*. University of Utah Press. Salt Lake City, Utah.
- BURR, B.M. 1976. A Review of the Mexican Stoneroller, *Campostoma ornatum* Girard (Pisces: Cyprinidae). *Transactions of the San Diego Society of Natural History* 18: 127-144.
- CAMARENA-ROSALES, F., G. RUIZ-CAMPOS, J. DE LA ROSA, R. MANDEN, D.A. HENDRICKSON, A. VARELA-ROMERO y F. GARCÍA DE LEÓN. 2007. Mitochondrial Haplotype Variation in Wild Trout Populations (Teleostei: Salmonidae) from Northwest Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2-3: 157-165.
- CAMPOY-FAVELA, J., A. VARELA-ROMERO y L. JUÁREZ-ROMERO. 1989. Observaciones sobre la ictiofauna nativa de la cuenca del río Yaqui, Sonora, México. *Ecológica* 1: 1-29.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L. 1978. *Catálogo sistemático de los peces que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos*. Serie Científica 19. Instituto Nacional de la Pesca, 298 p.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L., J. SCHMITTER-SOTO y H. ESPINOSA-PÉREZ. 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Limusa, México.
- CHERNOFF, B. y R.R. MILLER. 1982. *Notropis bocagrande*, a New Cyprinid Fish from Chihuahua, México, with Comments on *Notropis formosus*. *Copeia* 3: 514-522.
- CONANP. 2007. *Programas de manejo*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (<http://www.conanp.gob.mx/anp/pcm.php>).

- CONTRERAS-BALDERAS, S. 1978. Speciation Aspects and Man Made Community Changes in Chihuahuan Desert Fishes. En: R.H. Waver y D.H. Riskind, eds. *Transactions Research Chihuahuan Desert Region U.S. Mexico*. USDI, National Park Service, pp. 405-431.
- CONTRERAS-BALDERAS, S. y M. ESCALANTE. 1984. Distribution and Known Impacts of Exotic Fishes in México. En: W.R. Courtenay Jr. y J.R. Stauffer Jr., eds. *Distribution, Biology and Management of Exotic Fishes*. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, pp. 102-130.
- DEACON, J.E. y W.L. MINCKLEY. 1974. Desert Fishes. En: Brown, G.W., ed. *Desert Biology*. Vol. 2. Academic Press. Nueva York-Londres, pp. 385-488.
- DEMARAIS, B. y W.L. MINCKLEY. 1991. *Gila eremica*, a New Cyprinid Fish from Northwestern Sonora, México. *Copeia* 1: 178-189.
- EHELLE, A.A., R.A. VAN DEN BUSSCHE, T.P. 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* 2: 353-364.
- EMORY, W.H. 1848. Notes of a Military Reconnaissance from Fort Leavenworth, in Missouri, to San Diego, in California, Including Parts of the Arkansas, and Gila Rivers. Thirtieth Congress, First Session, Executive Document 41: 15-126.
- EMORY, W.H. 1857. Report on the United States and Mexican Boundary Survey. U.S. Congress, First Session, A.O.P. Nicholson for the United States Government, Washington, D.C.
- ENGSTAND, I.H.W. 1981. *Spanish Scientist in the New World: The Eighteen-Century Expeditions*. University of Washington, Seattle.
- ESPINOSA-PÉREZ, H., M.T. GASPAS y P. FUENTES-MATA. 1993. *Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FOLLETT, W.I. 1960. The Freshwater Fishes-Their Origins and Affinities. *Systematic Zoology* 9: 212-232.
- GIRARD, C. 1854. Descriptions of New Fishes, Collected by Dr. A.L. Heerman, Naturalist Attached to the Survey of the Pacific Railroad Route, Under Lt. R.S. Williamson, USA. *Proceedings of the National Academy of Science of Philadelphia* 8: 165-218.
- GIRARD, C. 1856. Research Upon the Cyprinoid Fishes Inhabiting the Fresh Waters of the United States of America, West of the Mississippi Valley, from Specimens in the Museum of the Smithsonian Institution. *Proceedings of the National Academy of Science of Philadelphia* 8: 165-213.
- GIRARD, C. 1859. Ichthyology of the Boundary. U.S.-Mex. *Boundary Survey* 2(2): 1-85.
- GÓMEZ-ÁLVAREZ, A., A. VILLALBA-ATONDO, G. ACOSTA-RUIZ, M. CASTAÑEDA-OLIVARES y D. KAMP. 2004. Metales pesados en el agua superficial del río San Pedro durante 1997 y 1999. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 20: 1-8.
- GÓMEZ-ÁLVAREZ, A., M.T. DE J. YOCUPICIO-ANAYA y P. ORTEGA-ROMERO. 1990. Niveles y distribución de metales pesados en el río Sonora y su afluente el río Bacanuchi, Sonora, México. *Ecológica* 1: 10-20.
- HEDRICK, P.W., R.N. LEE y C.R. HURT. 2006. The Endangered Sonoran Topminnow: Examination of Species and ESUs Using Three mtDNA Genes. *Conservation Genetics* 7: 483-492.
- HENDRICKSON, D.A. 1984. Distribution Records of Native and Exotic Fishes in the Pacific Drainages of Northern México. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Sciences* 18: 33-38.
- HENDRICKSON, D.A. 1987. *Geographic Variation in Morphology of Agosia chrysoaster, a Sonoran Desert Cyprinid Fish*. Tesis doctoral, Arizona State University, Tempe, Arizona, 138 p.
- HENDRICKSON, D.A., H. ESPINOSA, L. FINDLEY, W. FORBES, R. MAYDEN, J. NELSEN, B. JENSEN, G. RUIZ-CAMPOS, J. TOMELLERI, A. VAN DER HEIDEN, A. VARELA-ROMERO, F. CAMARENA y F. GARCÍA DE LEÓN. 2002. Mexican Native Trouts: A Review of their History and Current Status. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2-3: 273-316.
- HENDRICKSON, D.A., W.L. MINCKLEY, R.R. MILLER, D.J. SIEBERT y P.H. MINCKLEY. 1981. Fishes of the Río Yaqui Basin, México and United States, *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Sciences* 15: 65-106.
- HENDRICKSON, D.A. y A. VARELA-ROMERO. 1989. Conservation Status of Desert Pupfish, *Cyprinodon macularius* in México and Arizona. *Copeia* 2: 478-483.
- HENDRICKSON, D.A. y A. VARELA-ROMERO. 2002. Fishes of the Río Fuerte Drainage. En: M.L. Lozano-Vilano, ed. *Libro jubilar en honor al Dr. Salvador Contreras Balderas*, Univesidad Autónoma de Nuevo León, México, pp. 172-195.
- HENDRICKSON, D.A. y L. JUÁREZ-ROMERO. 1990. Los peces de la cuenca del río de la Concepción, Sonora, México, y el estatus del charalito sonorensis, *Gila*

- ditaenia*, una especie en amenaza de extinción. *Southwestern Naturalist* 35: 177-187.
- HOLDEN, P.B. 1980. *Gila elegans* Baird and Girard, Bonytail Chub. En: D.S. Lee, C. Gilbert, Ch. Hocutt, R. Jenkins y McAllister, eds. *Atlas of North American Fresh Water Fishes*. North Carolina State Museum of Natural History, Raleigh, North Carolina, p. 167.
- HUBBS, C.L. y R.R. MILLER. 1941. *Dorosoma smithi*, the First Known Gizzard Shad from the Pacific Drainage of Middle America. *Copeia* 4: 232-238.
- HUDSON, P.F., D.A. HENDRICKSON, A.C. BENKE, A. VARELA-ROMERO, R. RODILES-HERNÁNDEZ y W.L. MINCKLEY. 2005. Rivers of Mexico. En: A.C. Benke y C.E. Cushing, eds. *Rivers of North America*. Elsevier Academic Press, Toronto, Canadá.
- INEGI. 1991. *Síntesis de información geográfica del estado de Sonora*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- JORDAN, D.S. y B.W. EVERMANN. 1896. The Fishes of North and Middle America. *Bulletin of the United States Natural Museum* 47(1-4): 1-3313.
- JORDAN, D.S. y C.H. GILBERT. 1882. Synopsis of the Fishes of North America. *Bulletin of the United States Natural Museum* 16: 1-1018.
- JUÁREZ-ROMERO, L., A. VARELA-ROMERO y J. CAMPOY-FAVELA. 1988. Observaciones preliminares sobre la ictiofauna de la cuenca del río Mátape, Sonora, México. *Memorias del X Congreso Nacional de Zoología*. Villahermosa, Tabasco, México, pp. 27-33.
- JUÁREZ-ROMERO, L., A. VARELA-ROMERO y J. CAMPOY-FAVELA. 1989. The Rio Sonoyta Basin and its ichthyofauna in the Pinacate Reserve: Study and Conservation. *Memorias del Simposio de Investigación sobre la zona ecológica de El Pinacate*, Hermosillo, Sonora, México.
- LUNDBERG, J.G. 1992. The Phylogeny of Ictalurid Catfishes: A Synthesis of Recent Work. En: R.L. Mayden, ed. *Systematics, Historical Ecology and North American Freshwater Fishes*. Stanford University Press, California, pp. 392-420.
- LYNCH, D.J. 1981. Trachytes and Alkali Basalts of Pinacate Volcanic Fields of Northwest Sonora, Mexico, their Ages, Composition, and Morphologies. *Geological Society of America* 19: 1-113.
- MATEOS, M., O.I. SANJUR y R.C. VRIJENHOEK. 2002. Historical Biogeography of the Fish Genus *Poeciliopsis* (Cyprinodontiformes) *Evolution* 56: 972-984.
- MAY, L.A. 1976. *Fauna de vertebrados de la región del Gran Desierto Sonora, México*. Serie Zoológica 47. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 143-182.
- MCMAHON, T.E. y R.R. MILLER. 1985. Status of the Fishes of the Rio Sonoyta Basin, Arizona and Sonora, México. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 14: 53-59.
- MCNATT, R.M. 1974. Re-evaluation of the Native Fishes of the Rio Yaqui in the United States. *Proceedings of the Annual Conference of Western Association State Game Fish Commission* 54: 273-279.
- MCVAUGH, R. 1977. Botanical Results of the Sessé and Mociño Expedition (1797-1803). Summary of Excursions and Travels. *Contribution MI Herbarium Herbarium* 11: 97-196.
- MEAD, J.I., A. BAEZ, S.L. SWIFT, M.C. CARPENTER, M. HOLLENSHEAD, N.J. CZAPLEWSKI, D.W. STEADMAN, J. BRIGHT y J. ARROYO-CABRALES. 2006. Tropical Marsh and Savanna of the Late Pleistocene in Northeastern Sonora, Mexico. *Southwestern Naturalist* 51: 226-239.
- MEEK, S.E. 1903. Distribution of the Fresh-Water Fishes of México. *American Naturalist* 37: 771-784.
- MEEK, S.E. 1904. The Fresh Water Fishes of México North of the Isthmus of Tehuantepec. *Field Columbian Museum of Zoology Series* 5: 1-252.
- MEFFE, G.K. y R. VRIJENHOEK. 1988. Conservation Genetics in the Management of Desert Fishes. *Conservation Biology* 2: 157-169.
- MEYER, J.L., D.L. STRAYER, J.B. WALLACE, S.L. EGGERT, G.S. HELFMAN y N.E. LEONARD. 2007. The Contribution of Headwater Streams to Biodiversity in River Networks. *Journal of the American Water Resources Association* 43(1): 86-103.
- MILLER, R.R. 1943. The Status of *Cyprinodon macularius* and *Cyprinodon nevadensis*, Two Desert Fishes of Western North America. University of Michigan. *Occasional Papers of the Museum of Zoology* 473: 1-25.
- MILLER, R.R. 1945. A New Cyprinid Fish from Southern Arizona, and Sonora, México, with the Description of a New Subgenus of *Gila* and a Review of Related Species. *Copeia* 1945: 104-110.
- MILLER, R.R. 1950. Notes on the Cutthroat and Rainbow Trout with Description of a New Species from the Gila River, New Mexico. University of Michigan. *Occasional Papers of the Museum of Zoology* 529: 1-42.
- MILLER, R.R. 1952. Bait Fishes of the Lower Colorado River from Lake Mead, Nevada, to Yuma, Arizona, with a Key for their Identification. *California Fish and Game* 38: 7-42.

- MILLER, R.R. 1959. Origins and Affinities of the Fresh Water Fish Fauna of Western North America. En: C.L. Hubbs, ed. *Zoogeography*. American Association of Advances in Science 51, pp. 187-222.
- MILLER, R.R. 1960. Four New Species of Viviparous Fishes, Genus *Poeciliopsis* from northwestern México. University of Michigan. *Occasional Papers of the Museum of Zoology* 619: 1-11.
- MILLER, R.R. 1961. Man and the Changing Fish Fauna of the American Southwest. *Papers of the Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters* 46: 365-404.
- MILLER, R.R. 1966. Geographical Distribution of Central American Freshwater Fishes. *Copeia*: 773-801.
- MILLER, R.R. 1976. An Evaluation of Seth E Meek's Contributions to Mexican Ichthyology. *Fieldiana Zoologica* 69: 1-31.
- MILLER, R.R. 1986. Composition and Derivation of the Freshwater Fish Fauna of México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional* 30: 121-153.
- MILLER, R.R., W.L. MINCKLEY y S. NORRIS. 2005. *Freshwater Fishes of Mexico*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- MILLER, R.R. y H.E. WINN. 1951. Additions to the Known Fish Fauna of México: Three Species and One Subspecies from Sonora. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 4: 83-84.
- MILLER, R.R. y L.E. FUIMAN. 1987. Description and Conservation Status of *Cyprinodon macularius eremus*, a New Subspecies of Pupfish from Organ Pipe Cactus National Monument, Arizona. *Copeia* 3: 593-609.
- MINCKLEY, W.L. 1973. *Fishes of Arizona*. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, Arizona.
- MINCKLEY, W.L. 1979. *Aquatic Habitats and Fishes of the Lower Colorado River, Southwestern United States*. Final Report to the U.S. Bureau of Reclamation, Boulder City, NV. Arizona State University, Tempe, Arizona.
- MINCKLEY, W.L. 1980. *Tiaroga cobitis* Girard, Loach Minnow. En: D.S. Lee, C. Gilbert, Ch. Hocutt, R. Jenkins y McAllister, eds. *Atlas of North American Freshwater fishes*. North Carolina State Museum of Natural History, Raleigh, North Carolina, p. 365.
- MINCKLEY, W.L. 1982. Trophic Interrelations Among Introduced Fishes in the Lower Colorado River, Southwestern United States. *California Fish and Game* 68: 78-89.
- MINCKLEY, W.L. 1985. *Native Fishes and Natural Aquatic Habitats of U.S. Fish and Wildlife Service Region II, West of the Continental Divide*. Final Report for U.S. Fish and Wildlife Service-Arizona State University Interagency Personnel Act Agreement. Arizona State University, Tempe.
- MINCKLEY, W.L., D.A. HENDRICKSON y C.E. BOND. 1986. Geography of Western North American Freshwater Fishes; Description and Relations to Intracontinental Tectonism. En: C.H. Hocutt, y E.O. Wiley, eds. *Zoogeography of Freshwater Fishes of North America*. Wiley Interscience, Nueva York, pp. 519-614.
- MINCKLEY, W.L., D.A. HENDRICKSON y D. J. SIEBERT. 1980. Additional Records for the Pacific Gizzard Shad, *Dorosoma smithi* (Clupeidae), from Sonora, México. *Southwestern Naturalist* 24: 695-697.
- MINCKLEY, W.L., R.R. MILLER y S. M. NORRIS. 2002. Three New Pupfish Species, *Cyprinodon* (Teleostei, Cyprinodontidae) from Chihuahua, México, and Arizona, USA. *Copeia* 3: 687-705.
- MINCKLEY, W.L. y B.D. DEMARAIS. 2000. Taxonomy of Chubs (Teleostei, Cyprinidae, genus *Gila*) in the American Southwest with Comments on Conservation. *Copeia* 1: 251-256.
- MINCKLEY, W.L. y D.E. BROWN. 1982. Wetlands. En: D.E. Brown, ed. *Biotic Communities of the American Southwest-United States and México*. Desert Plants 4(1-4). pp. 222-287.
- MINCKLEY, W.L. y J.E. DEACON. 1968. Southwestern Fishes and the Enigma of «Endangered Species». *Science* 159: 1424-1432.
- MINCKLEY, W.L. y J.E. DEACON. 1991. *Battle Against Extinction: Native Fish Management in the American Southwest*. The University of Arizona Press, Tucson y Londres.
- MINCKLEY, W.L. y W.E. BARBER. 1970. Some Aspects of the Biology of the Longfin Dace, a Cyprinid Fish Characteristic of Streams in the Sonoran Desert. *Southwestern Naturalist* 15: 459-464.
- MOORE, W.S., R.R. MILLER y R.J. SCHULTZ. 1970. Distribution, Adaptation, and Probable Origin of an All-Female Form of *Poeciliopsis* (Pisces: Poeciliidae) in Northwestern México. *Evolution* 24: 789-795.
- MOYLE, P.B., H.W. LI y B.A. BARTON. 1986. The Frankenstein Effect: Impact of Introduced Fishes on Native Fishes in North America. En: R.H. Stroud, ed. *Fish Culture in Fisheries Management*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- MOZIÑO, J.M. 1970. Noticias de Nutka: An Account of Nootka Sound in 1792. Traducido y editado por

- I.H. Wilson. University of Washington Press, Seattle-Londres, 141 p.
- NENTVIG, J. 1971. *Descripción geográfica, natural y curiosa de la Provincia de Sonora, por un amigo del servicio de Dios y de el Rey Nuestro Señor*. Publicaciones del Archivo General de la Nación, 2a serie, núm. 1. Talleres Gráficos de la Nación, México, 247 p.
- NIELSEN, J.L. 1996. Using Mitochondrial and Nuclear DNA to Separate Hatchery and Wild Stocks of Rainbow Trout in California and Mexico. En: E.M. Donaldson y D.D. MacKinlay, eds. *Aquaculture Biodiversity Symposium Proceedings*. International Congress on the Biology of Fishes, julio 14-18. San Francisco, California, pp. 139-147.
- NIELSEN, J.L. 1997. Molecular Genetics and Evolutionary Status of the Trout of the Sierra Madre. En: R.E. Gresswell, P. Dwyer y R.H. Hamre, eds. *Wild Trout VI: Putting the Native Back in Wild Trout*. Montana State University, Bozeman, Montana, pp. 103-109.
- NIELSEN, J.L., M. FOUNTAIN, J. CAMPOY-FAVELA, K. COBBLE y B. JENSEN. 1998. *Oncorhynchus* at the Southern Extent of their Range: A Study of mtDNA Control-Region Sequence with Special Reference to an Undescribed Subspecies of *O. mykiss* from Mexico. *Environmental Biology of Fishes* 51: 7-23.
- NIELSEN, J.L., M.C. FOUNTAIN y J.M. WRIGHT. 1997. Biogeographic Analysis of Pacific Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in California and Mexico Based on Mitochondrial DNA and Nuclear Microsatellites. En: T.D. Kocher, y C.A. Stepien, eds. *Molecular Systematics of Fishes*. Academic Press, San Diego, pp. 53-73.
- NOM. 2001. 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. NOM-059-ECOL-2001. *Diario Oficial de la Federación*, marzo.
- OLDEN, J.D. y N.L., POFF. 2005. Long-Term Trends of Native and Non-Native Fish Faunas in the American Southwest. *Animal Biodiversity and Conservation* 28.1: 75-89.
- QUATTRO, J.M., J.C. AVISE y R.C. VRIJENHOEK. 1992. Mode of Origin and Sources of Genotypic Diversity in Triploid Gynogenetic Fish Clones (*Poeciliopsis*: Poeciliidae) *Genetics* 130: 621-628.
- RICKETTS, T.H., E. DINERSTEIN, D.M. OLSON, C.J. LOUCKS, W. EICHBAUM, D. DELLA SALA, K. KAVANAUGH, P. HEDAO, P.T. HURLEY, K.M. CARNEY, R. ABELL y S. WALTERS. 1999. *Terrestrial Ecosystems of North America: A Conservation Assessment*. Island Press, Washington, D.C.
- RINNE, J.N. 1976. Cyprinid Fishes of the Genus *Gila* from the Lower Colorado River Basin. Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- RINNE, J.N. y W.L. MINCKLEY. 1991. *Native Fishes of Arid Lands: A Dwindling Resource of the Desert Southwest*. General Technical Report RM-206, Fort Collins, Colorado. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- RUIZ-CAMPOS, G., F. CAMARENA-ROSALES, A. VARELA-ROMERO, S. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ y J. DE LA ROSA-VÉLEZ. 2003. Morphometric Variation of Native Trout Populations from Northwestern Mexico (Pisces: Salmonidae) *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 13: 91-110.
- RUIZ-CAMPOS, G. y S. CONTRERAS-BALDERAS. 1987. Ecological and Zoogeographical Check List of the Continental Fishes of the Baja California Peninsula, Mexico. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17: 105-117.
- SIEBERT, D.J. y W.L. MINCKLEY. 1986. Two New Catostomid Fishes (Cypriniformes) from the Northern Sierra Madre Occidental of México. *American Museum Novitates* 2849: 1-17.
- SMITH, G.R. 1981. Late Cenozoic Freshwater Fishes of North America. *Annual Review of Ecology and Systematic* 12: 163-193.
- SNYDER, J.O. 1915. Notes on a Collection of Fishes Made by Dr. Edgar A. Mearns from Rivers Tributary to the Gulf of California. *Proceedings of the United States National Museum* 49: 573-586.
- TAYLOR, J.N. W.R. COURTNEY JR. y J. MCCANN. 1984. Known Impacts of Exotic Fish Introductions in the Continental United States. En: W.R. Courten Jr. y J.R. Stauffer Jr. eds. *Distribution, Biology and Management of Exotic Fishes*. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, pp. 322-373.
- UNMACK, P.J. y W.F. FAGAN. 2004. Convergence of Differentially Invaded Systems Toward Invader-Dominance: Time-Lagged Invasions as a Predictor in Desert Fish Communities. *Biological Invasions* 6: 233-243.
- VAN DEVENDER, T.R., A.M. REA y M.L. SMITH. 1985. The Sangammon Interglacial Vertebrate Fauna from Rancho La Brisca, Sonora, México. *Transactions of the San Diego Society of Natural History* 21: 23-55.

- VARELA-ROMERO, A. 1995. *Perspectivas de recuperación y cultivo de peces nativos en el Noroeste de México*. Publicaciones Académicas CICTUS, Serie CM 3, pp. 1-6.
- VARELA-ROMERO A. 2007. Variación genética mitocondrial en bagres del género *Ictalurus* (Pises: Ictaluridae) en el noroeste de México. Tesis de doctorado en ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México, 204 p.
- VARELA-ROMERO, A., D.A. HENDRICKSON, G. YEPIZ-PLASCENCIA, J.E. BROOKS y D.A. NELLY. En dictamen para publicación. Current Conservation Status of the Yaqui Catfish in the United States and Northwest México. *Southwestern Naturalist*.
- VARELA-ROMERO, A., G. RUIZ-CAMPOS, L.M. YÉPIZ-VELÁZQUEZ y J. ALANIZ-GARCÍA. 2002. Distribution, Habitat, and Conservation Status of the Desert Pupfish (*Cyprinodon macularius*) in the Lower Colorado River Basin, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2-3: 157-165.
- VARELA-ROMERO, A. y G. RUIZ-CAMPOS. 2002. *Estatus de conservación de los peces dulceacuícolas del PROY-NOM-059-2000 en el noroeste de México: Sonora y Baja California*. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto W028. México. (<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/peces.html>).
- VRIJENHOEK, R. 1994. Unisexual fish: Model Systems for Studying Ecology and Evolution. *Annual Review in Ecology and Systematics* 25: 71-96.