

## Informe final\* del Proyecto CE014

### Distribución de peces dulceacuícolas introducidos en las cuencas del México central, con especial atención a las localidades dentro del área de distribución de los peces endémicos de la familia Goodeidae

- Responsable:** Dr. Constantino Macías García
- Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto de Ecología  
Departamento de Ecología Evolutiva  
Laboratorio de Conducta Animal
- Dirección:** Apartado Postal 70-275, Copilco-Universidad, México, DF, 04510 , México
- Correo electrónico:** [maciasg@servidor.unam.mx](mailto:maciasg@servidor.unam.mx)
- Teléfono/Fax:** 622 9044 Fax: 622 8995
- Fecha de inicio:** Octubre 29, 2004
- Fecha de término:** Agosto 15, 2007
- Principales resultados:** Base de datos, Informe final, Mapas, Fotografías
- Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** el Gesundheit, P. y C Macías García. 2007. Distribución de peces dulceacuícolas introducidos en las cuencas del México central, con especial atención a las localidades dentro del área de distribución de los peces endémicos de la familia Goodeidae. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Ecología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CE014.** México D. F.

#### Resumen:

Con el propósito de caracterizar y cuantificar algunos de los efectos de la ictiofauna introducida sobre la nativa en el centro de México (en el área de distribución de los representantes mexicanos de la familia Goodeidae), así como de conocer la dinámica de las introducciones y hacer recomendaciones al respecto, se harán muestreos en aproximadamente 100 localidades de México Central. En estos muestreos se estimará la presencia/ausencia y abundancia de las especies nativas e introducidas y se cuantificarán también variables limnológicas en cada localidad. La información obtenida se contrastará con registros históricos para determinar cómo han sido el proceso de introducción de especies, y los efectos que este ha tenido, en el tiempo. Se elaborarán al menos una base de datos georeferida (en sistema Biótica) con la información de presencia/ausencia y abundancia, una base de datos adicional con datos limnológicos, mapas de distribución, reporte de resultados y recomendaciones. Se coleccionarán ejemplares de especies introducidas y, sólo en caso necesario, de especies nativas, mismas que serán depositadas en la CNPE del Instituto de Biología de la UNAM.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Distribución de peces dulceacuícolas introducidos en las cuencas de México central, con especial atención a las localidades dentro del área de distribución de los peces endémicos de la familia Goodeidae

### Informe final

Dr. Constantino Macías García y Biól. Pablo Gesundheit Montero  
Laboratorio de Conducta Animal  
Instituto de Ecología, UNAM

### Resumen

Utilizando muestreos estandarizados caracterizamos la presencia y abundancia de especies nativas y exóticas de peces en una muestra de 83 cuerpos de agua en el Centro de México, en el área históricamente ocupada por especies de la familia Goodeidae, sub-familia Goodeinae. Recabamos información limnológica y colamos referencias históricas sobre la presencia de especies exóticas en el área de interés. Encontramos un declive generalizado en la presencia de especies nativas, y un incremento en la incidencia y diversidad de especies exóticas, pero no encontramos una asociación significativa entre ambas tendencias. Nuestros muestreos indican que el mayor riesgo para la ictiofauna nativa es la degradación del hábitat, incluyendo contaminación por aguas residuales y desecación.

### Introducción

Un problema recurrente y frecuentemente grave en los ambientes naturales es la translocación de especies con diversos fines. En las cuencas centrales de la República Mexicana (San Pedro Mezquital, El Salado, Lerma, Grande de Santiago, México, Pánuco, Balsas, Ameca, Lagos de Michoacán y Jalisco y las cuencas menores de la vertiente del Pacífico) se han introducido regularmente, pero sobre todo desde la década de 1970, un número de especies exóticas con fines diversos, pero principalmente para alimentación (Zambrano & Macías García 2000). Esto ha significado un conflicto ecológico, ya que dichas cuencas albergan una parte substancial de la riqueza ictiofaunística del País, incluyendo, notablemente, a la sub-familia Goodeinae (Webb et al 2004) y los charales y pescados blancos (género *Menidia*). Se trata además de la región más poblada del país, lo que supone una intensa demanda de agua, y la exposición recurrente de las especies nativas a las actividades humanas (De La Vega Salazar et al 1997, De la Vega Salazar et al 2003a). Las especies exóticas pueden impactar negativamente la ecología de las especies locales por una diversidad de rutas, desde la introducción de nuevos patógenos, hasta la depredación, pasando por la competencia directa o indirecta, la alteración del hábitat y la interferencia en los sistemas de apareamiento. Hasta ahora no existía un análisis a largo plazo sobre la ocurrencia de especies exóticas en nuestros cuerpos de agua. Las introducciones regulares de carpas (*Cyprinus carpio* o carpa común, *Carassius auratus* o pez dorado y *Ctenopharyngodon idella* o carpa herbívora) y tilapias (Géneros *Tilapia* y, mayormente, *Oreochromis*) los han vuelto residentes ubicuos en nuestros ecosistemas (Zambrano et al 1999). Además es cada vez más frecuente la introducción de especies usadas en el acuarismo (poecílidos como el *guppy*, *Poecilia reticulata*, *Heterandria* spp. y *Xiphophorus* spp.) o con otros fines recreativos como la pesca deportiva (e.g. la lobina, *Micropterus salmoides*, y de nuevo, la carpa común). Estas introducciones no siempre conducen al establecimiento de las especies exógenas, y muchas veces introducciones subsecuentes de otras especies las sustituyen (compárese el reporte de Webb y Miller 1998 con el de de La Vega Salazar et al 2003b). Es conocido que las poblaciones de peces pequeños experimentan grandes fluctuaciones en su tamaño, lo que es cierto también en el caso de las especies nativas (c.f. Macías García et al 1998). Con el fin de facilitar el diseño de políticas que atenúen o eliminen los efectos negativos de la fauna introducida sobre la fauna nativa, nos propusimos realizar una descripción detallada de la magnitud del problema. En este proyecto

describimos la interacción a nivel geográfico (dónde se han establecido poblaciones de especies exóticas, cual es su abundancia en esas localidades y cual la de las especies nativas), y esperamos en el futuro caracterizar las formas de la interacción (conductuales y ecológicas) mediante estudios puntuales en nuestro laboratorio.

## Antecedentes

Desde la década de 1980 se han producido esporádicamente reportes académicos sobre la ocurrencia de especies exóticas en nuestros cuerpos de agua y su impacto (ver las referencias que aparecen en la compilación de información histórica). Debe existir una cantidad no determinada de literatura "gris" en forma de tesis de licenciatura en Biología y reportes oficiales del sector pesquero y agropecuario, pero ésta, por su naturaleza, es de difícil acceso y más difícil interpretación.

Los reportes académicos son comúnmente de dos tipos: listados faunísticos producidos típicamente por encargados de colecciones ictiológicas, o análisis ecológicos centrados en alguna región o grupo de interés para el investigador. Gracias a los primeros tenemos noticia de la extensión del problema en las diversas cuencas del país, pero suele tratarse de reportes de presencia/ausencia, lo que frecuentemente hace difícil extraer conclusiones generales de los mismos. Por su parte los segundos informan sobre las posibles consecuencias ecológicas de las introducciones, pero suelen ser de naturaleza acotada a solamente ciertas especies y lugares. Este proyecto usó una aproximación mixta, en la que cuantificamos variables limnológicas y demográficas, tanto de especies nativas como introducidas, en una extensión substancial del territorio nacional.

## Objetivos

- Generar mapas de la ocurrencia actual y abundancia de especies exóticas de peces en las cuencas de México central habitadas por goodeidos.
- Contrastar la distribución actual de especies exóticas de peces en las cuencas focales, con los reportes históricos sobre introducción de peces en esas cuencas.
- Trazar en mapas la abundancia actual de especies endémicas de la familia Goodeidae y contrastar esa información con la obtenida en el primer punto.
- Obtener información limnológica que permita interpretar los patrones de permanencia y abundancia de especies exóticas en las cuencas focales
- Detectar zonas donde la incidencia de especies exóticas y la biología de las especies nativas supongan un riesgo para la supervivencia de las poblaciones de éstas últimas.
- Generar recomendaciones sobre control de especies exóticas con base en la información recabada en los puntos anteriores.

## Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica y de bases de datos, y muestreos en campo. La búsqueda en bases de datos de acceso público y en literatura especializada permitió determinar la incidencia reportada de especies (nativas y exóticas) en las cuencas focales. Comúnmente tales fuentes bibliográficas solamente indican presencia/ausencia de las especies de interés (c. f. Contreras-Balderas 2000), lo que implica que las comparaciones entre reportes históricos y nuestros datos solo pueden ser cualitativas. El muestreo en campo consistió en visitar 83 localidades (83% de las previstas, ver más abajo) en las cuencas focales en las que existen o han existido peces de la familia

Goodeidae; 43 de éstas se ubican dentro de las Regiones Hidrológicas Prioritarias identificadas por la CONABIO (Figura 1). Realizamos un total 13 salidas, en las que cuantificamos la abundancia de peces de diferentes especies y hábitos utilizando siempre que fue posible muestreos estandarizados mediante tres técnicas diferentes (Perrow et al 1996):

- 1.- Arrastres de chinchorro (4m de largo; malla = 0.5cm) seis veces por sitio de muestreo, desde una distancia de 4 metros hacia la orilla.
- 2.- Colocación de una red agallera multi-malla de 20 metros compuesta de cuatro secciones de 5 metros con mallas de 1.27, 5.71, 7.62 y 8.9cm, por 4 horas (ver De la Vega Salazar et al. 2003a).
- 3.- Colocación de cinco nasas (40cm de largo, diámetro mayor de 22 y menor de 19cm, y entrada de 3.5cm de diámetro) en zonas de vegetación densa o con piedras en el fondo (condiciones que dificultan el muestreo con chinchorro) por periodos de cuatro horas.

Las salvedades a esta metodología ocurrieron cuando 1) la localidad estaba seca o casi seca o en ella había aguas negras de las que antemano se sabía no podían albergar vida, 2) la corriente del río impedía maniobrar correctamente o con seguridad, 3) cuando en localidades anteriores dentro de la misma salida alguna parte del equipo de colecta se dañó o extravió, o 4) cuando la topografía del cuerpo de agua impidió colocar las trampas, arrastrar el chinchorro o instalar la red agallera.

Nuestra metodología preveía verificar la presencia/ausencia de especies mediante electropesca, pero generalmente la ausencia de especies focales ocurría en sitios cuyas condiciones contraindican el uso de este procedimiento (alta turbidez, baja profundidad y/o muy alta conductancia).

En cada localidad se buscó cuantificar en tres muestras tomadas a dos profundidades diferentes (superficie y media agua) las variables limnológicas siguientes:

1. temperatura (°C),
2. turbidez (unidades internacionales de turbidez),
3. transparencia (cm),
4. O<sub>2</sub> (ppm),
5. Fósforo (ppm),
6. Nitratos (ppm),
7. Nitritos (ppm),
8. Amoníaco (ppm),
9. productividad (Clorofila A y/o Feofitina; mg\*L<sup>-1</sup>)
10. pH, y
11. flujo del agua (cm\*s<sup>-1</sup>).

De nuevo hubo imponderables que impidieron completar los registros en un número limitado de localidades. Como se aprecia en la tabla anexa, obtuvimos la mayoría de los datos limnológicos en 73 localidades (88% de nuestra muestra), lo que nos permitió evaluar la posible relación entre la prevalencia de especies exóticas y las condiciones limnológicas de los cuerpos de agua. Determinamos *in situ* la identidad de la mayoría de los peces colectados, sobre todo los nativos, y en muchos casos colectamos muestras de aletas para posteriores análisis moleculares. Transportamos ejemplares de la gran mayoría de las especies exóticas encontradas al laboratorio, donde las determinamos, en ocasiones con ayuda de personal de la Colección Nacional de Peces (CNPE) del Instituto de Biología de la UNAM. Los ejemplares colectados aguardan ser catalogados e incorporados a dicha Colección, en caso de que así lo ameriten. Toda la información pertinente ha sido ingresada en el programa Biótica (v. 4.1) de acuerdo al instructivo para la conformación de bases de datos taxonómicas biogeográficas compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad 2004. Finalmente generamos mapas de distribución en que se comparan los reportes históricos sobre exóticos en la zona de interés, con los resultados de nuestros muestreos, y un mapa en el que se indica el estatus de las poblaciones en las localidades estudiadas en función del riesgo

de extinción local (por sustitución de especies o por destrucción del hábitat) a partir de nuestros datos.

## Análisis de datos

Además de verter los datos en el sistema Biótica, compilamos una tabla resumida que permite extraer información en forma expedita. El cuerpo principal de la tabla corresponde a las 67 localidades muestreadas de las cuales tenemos datos limnológicos suficientemente completos (ver Resultados). Estas localidades constituyen nuestra muestra básica para análisis. En 17 de esas 67 localidades (cuerpos lóticos mayormente) obtuvimos muestras de superficie y de profundidad media, pero en éste reporte incluimos únicamente los datos limnológicos basados en las muestras de superficie.

Aplicamos un análisis multivariado (de componentes principales) a los datos de la muestra básica, y utilizamos las variables canónicas resultantes para buscar asociación entre los atributos limnológicos de los cuerpos de agua y el riesgo de extinción/sustitución de especies nativas por exóticas. Este índice (que hemos llamado índice de riesgo de extinción, o IRE) lo calculamos como el cambio en la proporción de especies nativas encontradas, más la frecuencia de especies exóticas expresada en función de la frecuencia original de especies nativas.

$$\text{IRE} = (1 - (\text{Nobs} / \text{Nesp})) + (\text{Eobs} / \text{Nesp})$$

En ausencia de exóticos, una localidad en la que no se ha extinguido ninguna especie nativa tendrá un IRE = 0. Cualquier desviación de esta condición supone un incremento en el IRE. Por ejemplo, una localidad en la que se han extinguido todos los nativos pero no hay exóticos tendrá un IRE = 1, lo mismo que una localidad en que por cada nativo extirpado se haya establecido un exótico. Valores por arriba de 1 suponen que las especies exóticas superan en número a las nativas. Usamos este índice para discernir patrones espaciales de riesgo en relación con factores demográficos como la densidad de la población humana por municipio.

## Resultados

Como se explica en la leyenda de la tabla, visitamos 67 localidades en las que fue posible muestrear peces (muestra básica), más una (1) en que no se nos permitió pero de la que tenemos registros cualitativos previos. Visitamos una (1) localidad basados en una referencia equívoca, y catorce en las que no fue posible coleccionar debido a que se trataba de ambientes muy deteriorados (e.g. aguas negras; 9), se habían secado los cuerpos de agua (4), o la topografía de la presa impidió el muestreo de peces (1).

En promedio, obtuvimos en cada localidad de la muestra básica estimadores de 10.36 variables limnológicas de las 11 que esperábamos cuantificar (rango de 9-11). En esas localidades se esperaba encontrar en promedio 4.34 especies nativas (rango 1-16), pero encontramos únicamente 2.27 (rango 0-9), lo que confirma reportes previos (ver Compilación de información histórica) que alertan sobre la pérdida de especies dulceacuícolas en la zona de estudio. En cambio encontramos en promedio 1.39 especies exóticas por localidad (rango 0-5), lo que supone un IRE promedio de 0.93 (rango 0-6), implicando deterioro sustancial relacionado con un incremento de especies exóticas presentes (lo que no supone causalidad). Esto no incluye las 13 localidades que han sido secadas o que contienen aguas negras (que aparecen con un color especial en el mapa correspondiente). Si nuestra muestra es representativa de la situación de los cuerpos de agua en las cuencas focales, ello implica una pérdida total de biota (y de hábitat) del 15.6%, o sea que hemos perdido (en algunos

casos en forma definitiva) en la segunda mitad del siglo XX cerca de una sexta parte de los hábitats dulceacuícolas en las cuencas centrales de México.

Una revisión de la Figura 2 sugiere que existe una asociación entre el IRE y la densidad poblacional en los municipios visitados, mientras que la presencia de centros de población importantes (con más de 35,000 habitantes) no parece relacionarse en forma obvia con el reemplazo de nativos por exóticos.

Por razones de datos faltantes y correlación cruzada, únicamente incluimos seis variables limnológicas en el análisis de componentes principales (Turbidez, Nitritos, Nitratos, Oxígeno, Fósforo y pH). Las tres primeras variables canónicas explicaron el 68% de la varianza (ver tabla anexa), pero ninguno se correlacionó significativamente con el IRE.

Con relación a los registros históricos de especies exóticas en cuerpos de agua de la zona de estudio, este proyecto ha tomado como referencia a la base de datos en línea NEODAT ([www.neodat.org](http://www.neodat.org)), que reúne los registros de 24 museos y es la fuente de información curatorial más completa para peces neotropicales. Con base en ella hemos escogido las localidades que visitamos, y por lo tanto también hecho las comparaciones entre los registros históricos de especies o poblaciones exóticas para el área de estudio y las especies o poblaciones que hemos encontrado. Esta base no cuenta con información referente a la abundancia de las especies colectadas, por lo que nos es imposible comparar nuestros propios datos de abundancia. Cabe aclarar que no todas las localidades con registros históricos de alguna especie exótica fueron visitadas, por lo que nuestro muestreo no permite decir si en dichas localidades las poblaciones de aquellos exóticos reportados persisten o no (y por supuesto todas las localidades que nosotros visitamos han sido cubiertas por NEODAT, ya sea que contengan exóticos o no). Existen registros adicionales de especies tanto exóticas como nativas, como se hace evidente en la literatura compilada que incluimos en este informe, pero en ningún caso se trata de registros georreferidos, por lo que no son directamente cartografiables. Por ejemplo, uno de los reportes históricos más completos es el de Contreras Balderas y Escalante Cavazos (1984), en que se consigna un número considerable de registros de exóticos en muchísimas localidades. Empero, la ubicación de las mismas solo se describe verbalmente, y no sería justificado suponer que aquellas aparentemente cercanas a nuestros sitios de registro son necesariamente las mismas o deberían contener necesariamente la biota que reportamos. En otros casos es común que se trate de análisis limitados a pequeñas regiones geográficas, siempre sin georreferir, y contienen números reducidos de registros. Finalmente, en algunos casos se reportan cantidades de peces nativos y exóticos colectados; cuando esto ocurre no existe información para determinar densidad o captura por unidad de esfuerzo. En virtud de todas estas limitaciones, y considerando que con cierta frecuencia los ejemplares de las especies exóticas reportados en la literatura han sido finalmente depositados en colecciones que forman parte de la base de datos NEODAT, decidimos basar nuestro análisis en la comparación de ausencia/presencia de especies entre nuestros datos y los reportados en dicha base de datos.

La comparación de los registros históricos y las poblaciones halladas en nuestro muestreo se ilustran de manera gráfica en las Figuras 3 – 13 y se resumen en las siguientes tablas:

Exóticos reportados	Número de localidades	Observación
<i>C. auratus</i>	4	
<i>C. carpio</i>	2	Ambas localidades incluidas en la Tabla 2
<i>L. macrochirus</i>	6	3 localidades incluidas en la Tabla 2
<i>M. salmoides</i>	3	Una localidad incluida en la Tabla 2
<i>O. aureus</i>	7	3 localidades incluidas en la Tabla 2

<i>P. butleri</i>	13	
<i>X. maculatus</i>	2	

Tabla 1. Número de localidades con especies exóticas reportadas en NEODAT dentro de la zona de interés.

Exótico reportado	Localidad y año de colecta	Reencontrado
<i>C. carpio</i>	Presa Cointzio 1977	Si
<i>C. carpio</i>	Río Gde. de Santiago en Ocotlán 1932	No
<i>H. cyanoguttatus</i>	Laguna de La Media Luna 1978	No
<i>L. macrochirus</i>	Laguna de Santa María 1965	Si
<i>L. macrochirus</i>	Manantial en 27 de Noviembre 1976	Si
<i>L. macrochirus</i>	Río El Mimbres 1982	No
<i>M. salmoides</i>	Lago de Pátzcuaro 1939	Si
<i>O. aureus</i>	Presa Cointzio 1977	Si
<i>O. aureus</i>	Canales en Zinzimeo 1977	Si
<i>O. aureus</i>	Laguna de La Media Luna 1972	No

Tabla 2. Comparación entre registros históricos de especies exóticas (a partir de la base de datos NEODAT) y poblaciones halladas en nuestro muestreo

Por consiguiente, todas las demás poblaciones de especies exóticas encontradas en nuestro muestreo (incluidas en la base de datos BIOTICA) pueden considerarse como nuevos registros, y se muestran en la siguiente tabla:

Especie	Número de localidades
<i>A. nigrofasciatus</i>	1
<i>C. auratus</i>	1
<i>C. carpio</i>	8
<i>C. idella</i>	1
<i>G. affinis</i>	1
<i>G. yucatanana</i>	2
<i>H. burtoni</i>	1
<i>Heterandria sp.</i>	2
<i>H. bimaculata</i>	3
<i>H. jonesii</i>	2
<i>L. macrochirus</i>	3
<i>M. salmoides</i>	3
<i>Oreochromis sp.</i>	11
<i>O. aureus</i>	13
<i>O. mossambicus</i>	3
<i>O. niloticus</i>	1
<i>Poecilia sp.</i>	3
<i>P. butleri</i>	1
<i>P. sphenops</i>	5
<i>P. cf. sphenops</i>	1
<i>P. cf. sphenops x butleri</i>	2
<i>P. latipunctata</i>	1

<i>P. reticulata</i>	5
<i>P. nigromaculatus</i>	1
<i>Poeciliopsis sp.</i>	1
<i>P. gracilis</i>	2
<i>X. cf. couchianus</i>	1
<i>X. hellerii</i>	8
<i>X. maculatus</i>	2
	Total: 89

Tabla 3. Nuevos registros de especies o poblaciones exóticas

## Discusión

La ocurrencia de especies exóticas ha incrementado en las cuencas del México central desde los primeros reportes sistematizados (década de 1980; e.g. Contreras Balderas & Escalante Cavazos 1984) hasta nuestros días. No sólo ha aumentado el número de ambientes con especies introducidas, sino la diversidad de especies que se liberan en los cuerpos de agua de la región que nos ocupa, al tiempo que han desaparecido localmente muchas especies nativas. No es claro a partir de nuestros datos que las especies exóticas estén causalmente involucradas en el desplazamiento de especies nativas, y en cambio es probable que la presencia de éstas se sume a otros factores como la desecación de cuerpos de agua y la contaminación con desechos urbanos (y probablemente agrícolas), procesos todos que incrementan en magnitud como consecuencia del crecimiento demográfico de la población humana.

Encontramos que las localidades ubicadas en municipios poco poblados presentan valores relativamente bajos de IRE (Figura 2), pero también encontramos algunos casos de localidades cercanas a ciudades grandes con valores bajos de IRE (y algunas con valores muy altos). Ello sugiere que acciones puntuales de protección (frecuentemente promovidas desde las ciudades) pueden ser agentes efectivos de conservación, mientras que la vulnerabilidad de cuerpos de agua pequeños puede conducir a su desaparición aún en municipios francamente despoblados.

## Conclusiones

Encontramos que la presencia de especies exóticas en los cuerpos de agua históricamente habitados por Goodeidos ha aumentado en las décadas recientes tanto en extensión como en el número de especies involucradas. Además de las especies comúnmente introducidas como alimento, encontramos una variedad de especies de acuario y de especies translocadas desde otros sitios del País. Un análisis inicial de los datos sugiere:

1. que la incidencia de especies exóticas no se explica como una función sencilla de la geografía humana,
2. que la prevalencia de las especies nativas no se asocia en forma clara con la ocurrencia de especies exóticas,
3. que el mayor riesgo que enfrentan las especies nativas es la destrucción del hábitat y su contaminación con aguas residuales,
4. que las variables fisicoquímicas no parecen explicar la ocurrencia de especies exóticas, lo que supone que
5. son las actividades humanas (pecuarias y de otros tipos) las que determinan la incidencia de especies exóticas en los cuerpos de agua

Finalmente encontramos un declive sustancial en la ocurrencia de especies nativas, por lo que recomendamos que independientemente de que se identifiquen puntualmente las causas de ésta

situación, sería prudente frenar el deterioro ambiental en aquellos cuerpos de agua en los que hemos identificado un declive substancial de especies nativas (ver registros en BIOTICA).

### Recomendaciones

La falta de asociación entre los valores de la caracterización limnológica por un lado, y el IRE, sugiere que la calidad del agua en las localidades visitadas no aporta un criterio suficiente para determinar prioridades de conservación. La calidad del agua es materia de preocupación en muchas localidades, pero no encontramos evidencia de que sea un factor directamente determinante del riesgo de sustitución de especies nativas por especies exóticas de peces. En todo caso, hay siete localidades con valores particularmente bajos de calidad de agua (segundo componente principal en nuestros análisis, ver tabla anexa) y en las que se requiere que se tome pronta acción para remediar el problema. Estas localidades son:

Cuenca	Localidad
Río San Pedro Mezquital	Río El Mimbres
Río San Pedro Mezquital	Manantial en 27 de Nov.
Río Gde. de Santiago	Río Cuarenta
Lagunas de Sayula	Arroyo en Acatlán
Río Gde. de Santiago	Río Gde. de Santiago en Ocotlán
Lago de Cuitzeo	Presa Cointzio
Medio Lerma	Río Turbio en San Juan de la Puerta

Otra razón para emprender acciones de conservación, que no se relaciona directamente con la presencia de exóticos, es la ocurrencia en varios casos de localidades únicas que albergan la totalidad de los miembros silvestres de una especie. Estas localidades tienen, forzosamente, que ser objeto de prontas medidas de conservación. Algunas, empero, son de tal magnitud que se encuentran relativamente seguras, mientras que algunas son de magnitud tan reducida que tienen que protegerse cuanto antes. Se trata de:

Cuenca	Localidad	
Río San Pedro Mezquital	Manantial El Toboso	<i>C. audax</i>
Río Ameca	Manantiales del río Teuchitlán	<i>Z. tequila</i> <i>A. splendens</i>
Medio Lerma	Lago Zacapu	<i>H. turneri</i>
Río Balsas	Presa de Santa Catarina	<i>A. catarinae</i>
Río Ameca	Laguna de Magdalena	<i>A. maculata</i>
Río Balsas	Manantial Ojo de Agua en Tocumbo	<i>C. pardalis</i>

Finalmente, un análisis de los valores medios de IRE por subcuenca (Figura 14) muestra que un factor de riesgo frecuente, que se asocia directamente con la presencia de exóticos y la pérdida de especies nativas, es la presencia de grandes urbes o asentamientos humanos de consideración. Destacan por ejemplo las localidades del Valle de México, pero sorprendentemente no las del valle del Alto Lerma. Las 17 subcuencas con valores más elevados de IRE, y que requieren acción inmediata para revertir los efectos de la desaparición de fauna nativa y su sustitución por fauna exótica, dentro de la región comprendida en este estudio son:

Localidad	Sub cuenca	IRE promedio
Manantial en Cerro Gordo	Alto Mezquital	9.000
Manantial El Sacristán	Bajo Tepic	9.000
Presa El Gigante	Villa Garcia	8.000
Manantial cerca de Illescas	Santa Clara	7.000
Río Turbio cerca de Manuel Doblado	Las Amapolas	7.000

Presa en Los Vergeles	Bajo Aguascalientes	7.000
Río Turbio cerca de El Nopal	Pénjamo - Irapuato - Silao	5.067
Río Turbio en San Juan de La Puerta	Pénjamo - Irapuato - Silao	5.067
Río Turbio al E de Cueramaro	Pénjamo - Irapuato - Silao	5.067
Lago de Zumpango	Pachuca - Cd. de México	4.778
Texcoco 2	Pachuca - Cd. de México	4.778
Canales de Xochimilco	Pachuca - Cd. de México	4.778
Lago de Chalco	Pachuca - Cd. de México	4.778
Texcoco 1	Pachuca - Cd. de México	4.778
Arroyo cerca de Teotihuacan	Pachuca - Cd. de México	4.778
Canal en Acatlan	San Marcos	4.500
Laguna de San Marcos	San Marcos	4.500

Es de notar que algunas cuencas como la del Mezquital figuran en las tablas compiladas de acuerdo a los tres criterios (albergar poblaciones únicas, presentar alta eutrofización y altos niveles de IRE), por lo que es inaplazable emprender en ellas labores de restauración.

#### Literatura citada

1. Contreras-Balderas, S. (2000) Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. Cap. 2 en: Nonindigenous Freshwater Organisms. Vectors, Biology and Impacts. Eds. R. Claudi & J. H. Leach. Lewis Publishers, USA.
2. Contreras Balderas, S. & Escalante Cavazos, M. A. 1984. Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico. Pp. 102-130 en W. R. Courtenay, Jr. & J. R. Stauffer, Jr. (eds). Distribution, Biology and Management of Exotic Fishes. John Hopkins University Press, Baltimore-London.
3. De La Vega Salazar, M. Y., Martínez Tabche, L., & Macías Garcia, C. (1997). Bioaccumulation of methyl parathion and its toxicology in several species of the freshwater community at Ignacio Ramirez dam in México. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 38(1),53-62.
4. De La Vega-Salazar, M. Y., Avila-Luna, E. & Macías-Garcia, C. (2003a). Ecological evaluation of local extinction: the case of two genera of endemic mexican fish, *Zoogoneticus* and *Skiffia*. *Biodiversity and Conservation*. 12:2043-2056.
5. De La Vega –Salazar, M. Y., Avila-Luna E. G. & Macías-Garcia, C. (2003b) Threatened fishes of the word: *Zoogoneticus tequila* (Webb and Miller 1998) (Goodeidae). *Env. Biol. Fish.* 68:14.
6. Macías Garcia, C., Saborío, E., & Berea, C. (1998) Does male-biased predation lead to male scarcity in viviparous fish?. *J. Fish Biol.* 53 (Supplement A),104-117.
7. Perrow, M. R., Côté, I. & Evans, M. 1996. Fish. Cap. 5 en: Ecological Census Techniques. Ed. William J. Sutherland. Cambridge University Press. Cambridge, R. U.
8. Webb, S. A. & Miller R.R. 1998. *Zoogoneticus tequila*, a new Goodeid fish (CYPRINODONTIFORMES) from the Ameca drainage of México, and a rediagnosis of the genus. *Occ. Pap. Mus. Zool Univ. Mich.* 725: 1-23.
9. Webb, S. A., Graves, J. A., Macias-Garcia, C., Magurran, A. E., Ó Foighil, D. & Ritchie, M. G. 2003. Molecular phylogeny of the live-bearing Goodeidae (Cyprinodontiformes). *Mol. Phyl. Evol.* 30(3): 527-544.
10. Zambrano, L., Perrow, M., Macías Garcia, C. & Aguirre Hidalgo, V. (1999) Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in Central Mexico. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 6:281-288.
11. Zambrano, L. & Macías-Garcia, C. (2000) Impact of introduced fish for aquaculture in Mexican freshwater systems. Cap. 6 en: Nonindigenous Freshwater Organisms. Vectors, Biology and Impacts. Eds. R. Claudi & J. H. Leach. Lewis Publishers, USA.

## Créditos y Restricciones

Los créditos por el uso de la información contenida en los resultados de este proyecto deben ser: Gesundheit, P. y Macías García, C. 2006. "Distribución de peces dulceacuícolas introducidos en las cuencas de México central, con especial atención a las localidades dentro del área de distribución de los peces endémicos de la familia Goodeidae." Informe final para la CONABIO.