

Review

El bagre de canal (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818): estado actual y problemática en México

**Ana Laura Lara-Rivera¹, Gaspar Manuel Parra-Bracamonte¹, Ana María Sifuentes-Rincón¹
Héctor Hugo Gojón-Báez², Hervey Rodríguez-González³ & Isidro Otoniel Montelongo-Alfaro⁴**

¹Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México

²Comité Sistema Producto Bagre de Tamaulipas A.C. Victoria, Tamaulipas, México

³Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa Instituto Politécnico Nacional, Guasave, Sinaloa, México

⁴Universidad Tecnológica del Mar Tamaulipas Bicentenario. La Pesca, Soto la Marina Tamaulipas, México

Corresponding author: Gaspar Manuel Parra-Bracamonte (gparra@ipn.mx)

RESUMEN. El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es uno de los peces endémicos de Norte América con mayor potencial para la acuicultura. A pesar de esto, los datos sobre su distribución actual son escasos y se desconocen muchos aspectos de su dinámica y desempeño productivo. En el presente estudio se reportan los resultados de una búsqueda bibliográfica y análisis de campo que permiten describir la situación actual del bagre de canal con respecto a su distribución geográfica histórica y actual, así como de la problemática que enfrentan los sistemas productivos de esta especie en México. Se identificó la falta de información e indicadores que permitan conocer la extensión de su hábitat natural, movilización o potencial productivo. La calidad y disponibilidad del agua figuran entre las principales problemáticas de la industria; el alimento supone el mayor gasto para los productores y existe gran heterogeneidad de manejo tanto en granjas reproductoras como de engorde, gran parte de la dinámica productiva sigue un modelo de ensayo y error. Se requiere optimizar y homologar los procesos del sistema productivo de bagre de canal, así como caracterizar correctamente las poblaciones domésticas y silvestres para aprovechar al máximo su potencial.

Palabras clave: *Ictalurus punctatus*, sistemas de producción acuícola, acuicultura, México.

Channel catfish (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818): current status and problematic situation in Mexico

ABSTRACT. Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) is one of the endemic fishes of North America with the greatest potential for aquaculture. Despite this, data of its current distribution is scarce and many aspects of its dynamic and productive performance remain unknown. In the present study, results are reported from a literature search and field analysis for describing the current status of channel catfish in Mexico regarding its historical and current geographical distribution as well as the problems faced by fish farmers and production systems. We were able to identify a lack of information and indicators to properly assess the extent of the species natural habitat and its productive potential. The quality and availability of water are among the main problems of the industry. Food costs represent the larger cost-loss for producers and there is great heterogeneity on the management of both breeding and production farms. Much of the production dynamics follows a pattern of trial and error. It became clear the need to optimize and standardize the processes on the channel catfish production system and to properly characterize domestic and wild populations to maximize their potential.

Keywords: *Ictalurus punctatus*, aquatic production systems, aquaculture, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El continente americano posee casi el 50% de la diversidad de especies de agua dulce del mundo (Levêque *et al.*, 2008). El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es un pez dulceacuícola nativo de Estados Unidos, Canadá y noreste de México (Jordan, 1896; Jackson, 2004), con un potencial económico que se ve reflejado en el aumento en la producción mundial de 100.000 a 500.000 ton anuales en las últimas once décadas (ONU, 2014).

A pesar de su relevancia, existe escasa información sobre la dinámica de las poblaciones endémicas y domésticas de esta especie en México. Los primeros reportes sobre el bagre en el territorio mexicano datan de hace varias décadas y describen principalmente la distribución geográfica de la especie en el país. Conocer la distribución actual de la especie permite reconocer patrones de dispersión de la especie, identificarla como nativa o exótica y determinar su impacto potencial sobre distintos ecosistemas. Además, evaluar su desempeño productivo bajo diferentes esquemas o hábitats podría generar información que permita optimizar su aprovechamiento. Adicionalmente, la caracterización genética de las poblaciones de bagre de canal en México podría generar información valiosa sobre la calidad de las líneas usadas en la acuicultura, sus orígenes y la identidad de productos y subproductos de bagre comercializados en el país.

El objetivo del presente estudio consistió en analizar, mediante una extensa búsqueda bibliográfica y análisis de campo, la situación actual del bagre de canal en México en referencia a su distribución geográfica y la problemática que enfrenta la acuicultura de esta especie en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ocurrencia de peces ictalúridos

Para recopilar información sobre los antecedentes de ocurrencia, avistamientos en el país, producción acuícola y pesquera, y reportes de importación de bagre de canal en México, se efectuó una investigación en literatura y bases de datos oficiales. En México, la SAGARPA (2013) y CONAPESCA (2014) proveen información sobre producción en volumen, tipo de pesca, localización, estadísticas históricas y centros de producción federales, mientras que la FAO (ONU, 2014) provee información sobre los países que producen bagre a nivel mundial y el volumen correspondiente a pesca y acuicultura. Se consultaron publicaciones científicas que contienen principalmente

reportes sobre avistamientos en el país y las primeras importaciones de bagre de canal para la acuicultura. Se utilizó literatura gris, consistente en tesis de nivel licenciatura y posgrado con resultados de investigación científica, pero que no han sido publicados, como referencia para detectar la presencia de bagre de canal en diferentes sitios del país. La consulta de sitios de internet, como blogs de pesca deportiva y anuncios clasificados también permitió ubicar al bagre de canal en diversos estados en el país. La comunicación personal con los productores y pescadores mexicanos hizo posible identificar organismos en presas y ríos donde no existían reportes previos. Adicionalmente, se colocaron trampas en ríos y presas para determinar la presencia del bagre de canal en dichos cuerpos de agua.

Sistema productivo del bagre de canal

Se utilizó un análisis descriptivo en base a encuestas para obtener información sobre el sistema productivo de bagre de canal en México. Se diseñaron encuestas para analizar las dos modalidades de cultivo de la especie en el país: producción de crías y engorde. En el estudio participaron 24 de las granjas acuícolas privadas, estatales y federales más representativas del país, ya sea por su volumen de producción o participación en el mercado nacional mediante alevines o peces de talla comercial.

Las encuestas fueron elaboradas para incluir el mayor número de aspectos posibles sobre la acuicultura del bagre de canal y obtener datos sobre las prácticas cotidianas en los centros acuícolas; origen de los individuos, comercialización a distintas escalas, gestión de residuos y costos de producción, entre otros, así como identificar las tendencias y problemáticas de su cultivo en México.

RESULTADOS

Presencia de peces ictalúridos en México

El bagre de canal es un integrante de la familia *Ictaluridae*, del orden de los siluriformes, que comprende 478 géneros, 36 familias y al menos 7.000 especies (Follet, 1960). En aguas mexicanas, la familia está representada por varias especies (Tabla 1). Antes del presente reporte, existían 189 registros de avistamientos de bagres silvestres en el país (Follet, 1960) (Tabla 2). El bajo Río Bravo, en la frontera norte del país, también está reportado como zona nativa de distribución de la especie y sería factible considerar sus ríos tributarios como el Conchos (Chihuahua), Salado (Coahuila y Nuevo León) y San Juan (Nuevo León), como posibles hábitats de la especie.

Tabla 1. Distribución nativa de especies de bagre en México.

Nombre científico	Nombre común	Distribución (Avistamientos reportados)	Taxonomía adicional
<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre de canal	Río Bravo, Río Conchos, Río Pánuco, Río Tuxpan/Pantepec (Page & Burr, 1991, Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2002)	<i>Silurus punctatus</i>
<i>Ictalurus fuscatus</i>	Bagre azul	Río Pánuco, Tamesí, Soto La Marina y Yaqui (Cuvier & Valenciennes, 1828), Río Bravo, Río Tuxtepec (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2002)	<i>Pimelodus fuscatus</i> , <i>Pimelodus affinis</i> , <i>Amiurus meridionalis</i> , <i>Amiurus ponderosus</i>
<i>Ictalurus mexicanus</i>	Bagre del Pánuco	Río Pánuco, Río Valles (Miller <i>et al.</i> , 2005)	<i>Amiurus mexicanus</i>
<i>Ictalurus melas</i>	Bagre cabeza de toro	Río Bravo (Page & Burr, 1991)	<i>Ameiurus melas</i>
<i>Ictalurus lupus</i> ²	Bagre lobo	Río Bravo y Soto La Marina (Girard, 1858), Cuatro Ciénegas, Río Pesquerías, Río Soto La Marina (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2002)	<i>Pimelodus lupus</i>
<i>Ictalurus balsanus</i>	Bagre del balsas	Río Balsas y Río Ixtla (Morelos, Guerrero y Michoacán) (Jordan & Snyder, 1900)	<i>Istiaurus balsanus</i>
<i>Ictalurus dugesii</i>	Negro del Lerma	Río Lerma, Santiago, Ameca, Armería, Turbio y Lago de Chapala (Jordan & Evermann, 1896)	<i>Ameiurus dugesii</i>
<i>Ictalurus ochoteranai</i> ¹	Bagre de Chapala	Isla Patos, B.C. (De Buen, 1940)	<i>Haustor ochoteranai</i>
<i>Ictalurus pricei</i>	Bagre del Yaqui	Río Yaqui, Río Mayo, Río Casas y Río Fuerte (Rutter, 1986)	<i>Villarius pricei</i> , <i>Amiurus meeki</i>
<i>Ictalurus australis</i> ³	Bagre del Pánuco	Río Forlón (Minckley <i>et al.</i> , 1986)	<i>Amiurus australis</i>

¹Especie descrita como válida en Lundberg (1992), pero como sinónima de *I. dugesii* en Álvarez (1966) y Miller *et al.* (1986). ²Miller *et al.* (2005) distinguen dos formas de *I. lupus*, pero no existen referencias de la descripción de esta segunda forma. ³Dos especies reciben el nombre de “Bagre del Pánuco”, sin embargo fueron reportadas como diferentes en Espinosa-Pérez *et al.* (1993).

Actualmente, se producen crías de bagre de canal en dos centros acuícolas federales: “La Boquilla” en Chihuahua y “La Rosa” en Coahuila (SAGARPA, 2013). Las crías producidas en estos centros se distribuyen para su engorda a productores de todo el país, mientras que cierto número de organismos se destina para la repoblación de presas. Las represas Vicente Guerrero y Falcón en Tamaulipas, si bien no han sido objeto de “siembras”, sí son utilizadas para engordar peces en jaulas flotantes y el escape de los organismos, debido principalmente a incidencias medioambientales (*i.e.*, huracanes), supone la liberación de toneladas de peces a los embalses (Tabla 2). Los centros acuícolas privados más importantes se encuentran en los estados de Michoacán y Tamaulipas.

Como consecuencia de la pesca en represas, engorda en jaulas o producción en estanques, el bagre de canal se ha esparcido a lo largo del territorio nacional mexicano y actualmente se reporta su cultivo en los estados de Durango, Baja California, Colima, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Aguascalientes, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Nuevo León, Morelos, Morelos y Veracruz (Tabla 3).

La dinámica de bagre de canal y su situación actual no podrían entenderse sin la referencia de los movimientos de introducción y movilización a los que ha estado sujeto. Sin embargo, es complicado establecer los antecedentes debido a que son escasos los eventos reportados de manera oficial. La primera introducción oficial de bagre de canal a México, ocurrió entre 1976 y 1981 mediante 800 pares de reproductores provenientes de Estados Unidos para su cría en Tamaulipas con fines comerciales (Miller, 2005), aunque existe un reporte (Follet, 1960) sobre peces que fueron liberados probablemente en los ríos Yaqui en Sonora, Casas Grandes en Chihuahua y Elota en Sinaloa. El reporte más reciente sobre la importación oficial de bagre de canal data de 2010 (Parra-Bracamonte *et al.*, 2010), donde se describe la introducción oficial de una línea de peces seleccionados para crecimiento procedentes de San Luis Missouri, (USA), hacia los centros acuícolas federales de Coahuila y Chihuahua. No existen registros oficiales de movilizaciones posteriores de peces, pero se sabe que los productores a nivel nacional acostumbra comprar, vender e intercambiar reproductores y crías entre ellos, en un intento empírico de aumentar la productividad de sus granjas por medio de la variabilidad genética.

Con respecto a la distribución actual de bagre de canal, en algunos casos, existe información sobre su origen, problemáticas y particularidades relacionadas con la actividad acuícola en los distintos estados (Tabla 4). Estos reportes comprenden la presencia de bagre en

Tabla 2. Avistamientos de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en ríos mexicanos.

Estado	Sitio de avistamiento
Baja California	Río Colorado, Río Hardy, Presa Emilio López Zamora (Ruiz-Campos, 1995) y Río Mayor (Follet, 1960).
Sonora	Río Yaqui y Canal Welton-Mohawk (Follet, 1960).
Sinaloa	Río Fuerte, Río San Lorenzo, Río Humaya, Río Sinaloa, puente Dren Pericos (Ruiz-Campos, 1995; Hendrickson, 1984).
Tamaulipas	Río Pílon, Río Purificación, Río Corona, Río Soto La Marina (Miller & Smith, 1986).
Veracruz	Río Cazones, Río Pánuco (Follet, 1960).

Tabla 3. Presas mexicanas reportadas como hábitat de bagre de canal. *La presa La Lajilla se alimenta de agua de la Sierra Madre Oriental.

Presa	Río(s)	Estado
Vicente Guerrero	Purificación y Corona	Tamaulipas
Falcón	Bajo Bravo	Tamaulipas
La Boquilla	Conchos	Chihuahua
Gustavo Díaz Ordaz	Sinaloa	Sinaloa
Lázaro Cárdenas	Sextín y Ramos	Durango
La Lajilla	*	San Luis Potosí
José López Portillo	Pablillo y Camacho	Nuevo León
Rodrigo Gómez	San Juan	Nuevo León
Presa el Cuchillo-Solidaridad	San Juan	Nuevo León
Álvaro Obregón	Yaqui	Sonora
Lázaro Cárdenas	Bavispe y Yaqui	Sonora
Adolfo Ruiz Cortines	Mayo	Sonora

relación con la acuicultura, pudiendo derivar en el escape de los organismos cultivados hacia nuevos hábitats. Adicionalmente, se encontraron reportes sobre la introducción o producción de bagre de canal en los estados de Guerrero, Durango, Chiapas y Nayarit, sin embargo, no existen datos oficiales sobre la productividad de los mismos.

El Estado de Tamaulipas posee las condiciones climatológicas ideales para el cultivo del bagre de canal; inviernos fríos y cambios de temperatura que fomentan la maduración de las gónadas en los peces, además de ríos, presas y canales de riego disponibles para la acuicultura (González *et al.*, 2014). Actualmente, se encuentran registradas 7 granjas reproductoras de bagre de canal en el Estado de Tamaulipas, mientras que 22 unidades reportan la engorda del recurso en 664 jaulas flotantes en presas, ríos, estanques rústicos, semirústicos y circulares que le permiten ser el principal productor de bagre de canal en el país con más del 50% de la producción nacional.

Sistemas productivos de bagre de canal

El cultivo de bagre de canal se inició de manera intensiva en la década de 1970, cuando en Estados Unidos se optimizaron las técnicas utilizadas en la

actualidad. Sin embargo, de acuerdo a los datos de campo obtenidos en este trabajo, los productores mexicanos se han visto obligados a experimentar constantemente en sus unidades de producción, a objeto de acumular experiencia de los éxitos y fracasos en su manejo. La problemática puede verse generalizada entre productores nacionales, pero existen dificultades específicas dependientes del objetivo del sistema productivo ya sea cría o engorde (Tablas 5-7).

La producción constante de crías a lo largo del año para abastecer a los productores es clave en la industria productora de bagre de canal en el país. Por lo tanto, un análisis detallado de las virtudes y desventajas del sistema puede ser una herramienta muy útil en el manejo futuro del recurso. Los productores mexicanos de bagre de canal dedicados a su reproducción utilizan entre 2 y 120 ha dedicadas casi equitativamente a las modalidades intensiva y extensiva. La actividad económica emplea ~200 personas en las granjas adscritas a la investigación, en su mayoría hombres, siendo las mujeres requeridas específicamente durante la temporada de reproducción. Los productores entrevistados mencionaron que su prioridad es tener peces más fértiles. La mayor parte de los peces usados como pie de cría es de origen nacional, sin embargo, es tam-

Tabla 4. Ocurrencia de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) en México.

Estado	Actividad Económica		Origen de los organismos	Mercado	Observaciones
	Acuicultura	Pesca			
Michoacán	Estanques rústicos y semirústicos	No hay reportes	Tamaulipas: granjas reproductoras y pescadores	Venta de pescado cocinado en restaurantes adyacentes a las granjas. Distribuyen a Jalisco, Morelos, México D.F.	Productores de crías para abastecimiento local y nacional
Jalisco	Estanques rústicos y semirústicos. Jaulas flotantes	Lago de Chapala	Tamaulipas y Michoacán	Local. En pescaderías, se exhiben peces vivos. Existen restaurantes anexos a las granjas más importantes	El Centro Acuícola Estatal produce crías para el abastecimiento local
Coahuila	Centro Acuícola Federal "La Rosa"		Líneas importadas de USA	Productores nacionales	381.045.000 crías producidas en 2013
Chihuahua	Centro Acuícola Federal "La Boquilla"	Presa La Boquilla	Tamaulipas y Coahuila	Productores nacionales	-
Nuevo León	Jaulas flotantes	Presas Rodrigo Gómez Santiago y José L. Portillo	Tamaulipas y Coahuila (4.000 alevines introducidos a la Presa La Boca de origen desconocido)	Pie de granja; vivo para repoblar presas privadas, pescaderías en Linares, Montemorelos, Abasolo y Monterrey	Se reporta la pérdida de los peces engordados en jaulas, a partir de los huracanes y su liberación hacia las respectivas presas
San Luis Potosí	Estanques rústicos y circulares. Jaulas flotantes.	Río Tamapaón	Tamaulipas	Pescaderías locales	
Zacatecas	Estanques rústicos	Presa Julián Adame	Coahuila	Reproducción de presas	Producción rústica: sin nidos ni incubación
Sinaloa	Estanques rústicos	Gustavo Díaz Ordaz	Desconocido	Pescaderías locales	-
Sonora	No hay reportes	Presa Alvaro Obregón y Lázaro Cárdenas	Desconocido	Pescaderías locales	-
Puebla	Estanques circulares	No hay reportes	Tamaulipas	Pescaderías locales	La activad ha decrecido. Se desintegró el Comité Sistema Producto Bagre y sólo quedan algunos productores

Tabla 5. Unidades de producción acuícolas de bagre de canal en México. NR: no existen reportes.

Estado	Granjas comerciales	Granjas de autoconsumo	Superficie cultivada (ha)
Baja California	9	0	NR
Coahuila	13	44	50.00
Colima	15	0	2.00
Chihuahua	30	45	40.00
Durango	0	10	2.50
Estado de México	2	13	8.00
Guanajuato	6	1	5.26
Guerrero	24	0	NR
Hidalgo	9	0	0.76
Jalisco	68	0	112.00
Michoacán	14	6	36.00
Morelos	1	0	0.96
Nuevo León	NR	NR	NR
Puebla	12	7	5.00
Querétaro	1	0	0.015
San Luis Potosí	10	2	10.00
Sonora	NR	NR	NR
Tamaulipas	30	0	60.00

Tabla 6. Características principales de las granjas reproductoras de bagre de canal de México.

Característica	Descripción y frecuencia
Sistema de manejo	Intensivo (54%), extensivo (46%)
Superficie cultivada	2-120 ha
Personal empleado	Hombres (86%), mujeres (14%)
Objetivo de cría	Fertilidad (36%), tasa de crecimiento (27%), talla (23%), resistencia a enfermedades (14%)
Origen de progenitores	Tamaulipas (61%), EUA (22%), Coahuila (17%)
Criterio de selección	Talla (63%), edad (22%), apariencia (10%), fertilidad (5%),
Tasa de reemplazo (%)	10 (83%), 20 (17%)
Problemática	Cantidad y calidad de agua (25%), costos (25%), calidad de progenitores (19%), inseguridad (12.5%), capacitación (12.5%), comercialización (6%)
Enfermedades prevalentes	Ectoparásitos (37%), hongos (32%), bacterias (32%)
Período de crianza	Marzo-octubre
Relación macho: hembra	2:1 (30.7%), 3:1 (30.17%), 1:1 (15.3%), 5:1 (15.3%), 1:2 (7.6%)
Edad de reproductores	1-7 años
Densidad de siembra (reproductores por m ³)	4 (46%), 3 (31%), 6 (23%)
Tipo de nido	Cajas de madera (38%), botes de leche (25%), cubetas 20 L (18%), ollas de barro (6%), tubos de PVC (6%), llantas (3%), ninguno (3%)
Registros productivos	Peso de hueva (78%), estanque (12%), fecha (4%), ninguno (4%), color (2%)
Período de incubación	5-10 días
Manejo de residuos	Riego agrícola (76%), ninguno (24%)

bién evidente la presencia de ejemplares importados. Los reproductores son elegidos según su tamaño por la mayoría de los productores y durante cada ciclo se reemplaza del 10 al 20% los peces, siempre con peces de los lotes propios. Con respecto a los problemas identificados, la disponibilidad de agua de calidad y los costos de alimentación suponen los conflictos más

importantes en la actividad acuícola. El periodo de reproducción varía entre granjas durante el periodo marzo-octubre. Los peces son sembrados a densidades igualmente variables entre unidades de producción y la relación macho:hembra utilizada por los productores es muy diversa.

Tabla 7. Características principales de las granjas de engorde de bagre de canal de México.

Característica	Descripción y frecuencia
Número de jaulas	20-75
Problemática principal	Precio en el mercado (70%), costo de alimentación (30%)
Personal empleado	Hombres (92%), mujeres (8%)
Origen de los organismos	Tamaulipas (100%)
Criterio de selección	Talla (100%)
Enfermedades prevalentes	Endoparásitos (70%), ectoparásitos (30%)
Registros productivos	Talla (36%), ninguno (36%), temperatura del agua (28%)
Densidad de siembre (ind m ⁻³)	50-120
Talla a la siembra (pulgadas)	4-6
Periodo de engorda (meses)	8-12
Peso a la cosecha (gramos)	500-700
Tasa de mortalidad	10-30%
Temporada de mayor mortalidad	Octubre-febrero
Presentación de venta del producto	Vivo (53%), eviscerado (26%), filete (11%), cocinado (10%)

El ejemplo más claro de la variabilidad en el manejo en la acuicultura de bagre de canal es el tipo de nido usado en la reproducción. El uso de nido varía según la región y la experiencia de los productores, siendo los botes lecheros y los cajones de madera la elección más popular. Otros nidos incluyen cubetas de 20 L, ollas de barro, tubos de PVC y llantas. Incluso, se observó que ante la falta de nidos, los peces excavan en los estanques rústicos o utilizan las instalaciones de bombeo para depositar los huevos. Las masas de huevos se pueden considerar el primer producto en la acuicultura de bagre de canal. Los estanques, tipos de nido, calidad de agua y fertilidad de los reproductores son algunos de los factores que afectan la calidad y cantidad de huevos producidos. Dado que se espera obtener un alevín de cada huevo, esta etapa es de gran importancia. Sin embargo, el único control reportado por los productores es el número de masas ovígeras que produce cada estanque, aunque se podría estimar la fertilidad, huevos por kg de peso de hembra, supervivencia, porcentaje de eclosión, temperatura e incubabilidad, entre otros. Otro aspecto que pudiera relacionarse con los factores anteriores es el tiempo que tardan las crías en eclosionar. De acuerdo a las encuestas, este tiempo varía entre 5 y 9 días, sin que se cuente, con los datos necesarios para estimar dicha relación.

Las granjas de engorda comparten problemáticas como costos de alimentación y disponibilidad de agua, entre otras. La engorda de bagre ocurre principalmente en jaulas flotantes en presas o ríos; esto reduce al mínimo los costos de producción y mantenimiento necesario, al tiempo que proporciona un flujo constante de agua, así como temperatura y oxigenación controladas. El número de jaulas por unidad de producción varía entre 20 y 75. Los peces son

comprados en los criaderos locales y seleccionados en base al tamaño del individuo. La talla de siembra varía entre 4 y 6 pulgadas, variando en razón del tamaño de malla usada en las jaulas. La densidad de siembra fluctúa entre 50 y 120 ind m⁻³ y se crían por un periodo de 8 a 12 meses, hasta que alcanzan la talla comercial de 500-700 g. La temporada de mayor mortalidad se reporta de octubre a febrero, con tasas del 10-30%, en relación a las bajas temperaturas. El personal empleado por las granjas de engorde es significativamente menor a los criaderos y la mano de obra es principalmente a masculina.

Otra de las tendencias identificadas en el presente estudio es que el bagre se produce a partir de la demanda local. Este hecho es fácilmente observable con la disponibilidad de bagre en los alrededores de las granjas, ríos o embalses; ya sea fresco o cocinado a la usanza local y regional. En este rubro se observó que los productores que ofrecen el producto cocinado obtienen hasta tres veces más ganancias que si lo venden a pie de granja, por lo que es común que existan restaurantes asociados a las granjas o cooperativas pesqueras.

Existe una sola procesadora de bagre de canal en el país: Integradora Piscícola de Tamaulipas S.A de C.V. En ella se recoge el producto de la cooperativa local asociada y se vende en diferentes presentaciones, que incluyen bagre entero, eviscerado, filete, nuggets y fajita, mediante marcas como "Blanco Santander" y "Farm Catch". Este producto se distribuye en el país mediante cadenas comerciales como HEB. Esta modalidad supone la ventaja de una producción continua, a diferencia de los mercados locales, donde la demanda del producto ocurre específicamente durante la época de Cuaresma.

Existen rubros que no han podido ser caracterizados debido a que los procesos no se encuentran bien estandarizados o simplemente no son documentados. Entre ellos, los costos de producción, la influencia que tiene el manejo sobre los peces o el posible impacto de las poblaciones domésticas sobre las silvestres o viceversa.

DISCUSIÓN

Ocurrencia de peces ictalúridos en México

Pocas especies acuícolas mexicanas son susceptibles de explotación con fines comerciales y el bagre de canal posee un potencial que ha pasado desapercibido hasta la fecha. Sin embargo, la acuicultura es considerada como una de las principales causas de la presencia de especies acuícolas invasoras en México y el bagre de canal ha sido recientemente clasificado (Mendoza *et al.*, 2014), como una especie exótica en cualquier represa del territorio nacional, puesto que su presencia en embalses es mediada por la introducción incidental. Los fenómenos naturales son la vía de escape más común de organismos domésticos hacia represas y ríos. La ocurrencia de una especie exótica está sujeta a la presencia de depredadores naturales, disponibilidad de alimento y su capacidad reproductiva y, debido a que los peces domésticos son a menudo elegidos por sus características superiores (facilidad de adaptación, resistencia a enfermedades, eficiencia en la conversión alimenticia, entre otras), es factible que tengan mayor probabilidad de sobrevivir en un hábitat natural (Houde *et al.*, 2010). Por lo tanto, es de gran importancia determinar si el bagre de canal ha podido adaptarse a nuevos hábitats y la influencia que pudiera tener sobre estos ecosistemas.

No existen datos recientes sobre las poblaciones silvestres de bagre nativas del norte del país; si han sufrido por la influencia de la industrialización en la zona fronteriza, si han sido capaces de sobrevivir a los fenómenos naturales, si su población se ha dividido por barreras geográficas o si se han mezclado con bagres domésticos cultivados en Texas, Tamaulipas, Durango o Chihuahua. Las poblaciones silvestres suelen tener mayores niveles de variabilidad genética debido a su dinámica poblacional, lo que las convierte en una fuente potencial de reproductores para iniciar o mejorar las granjas acuícolas mexicanas.

Adicionalmente, conocer las características genéticas y fenotípicas del bagre mexicano permitiría la identificación de productos y subproductos comercializados en el país. Este hecho cobra importancia al analizar la influencia de las especies del género *Pangasius*, que durante la última década se importa al

país a precios que no permiten la competencia del producto nacional. El etiquetado de productos bajo el nombre de “bagre” es una práctica muy común en el mercado mexicano. Inclusive los reportes oficiales sobre pesca y acuicultura incluyen bagre bandera, bagre de canal o bagre genérico en las estadísticas productivas. La implementación de un método de identificación molecular del bagre mexicano, como la secuenciación del gen de la citocromo oxidasa I (Wong *et al.*, 2011), permitiría rastrear su origen, desplazamiento, importación e inocuidad, proveyendo así una herramienta para el mercado y reglamentación del producto en el país. Desde cualquier perspectiva, la caracterización de las poblaciones silvestres de bagre de canal en México es una necesidad que se acompaña de beneficios indudables para la acuicultura nacional.

Uno de los aspectos identificados mediante el presente trabajo es la falta de literatura científica arbitrada. Es importante tomar conciencia sobre la importancia de bagre de canal como especie nativa mexicana y su potencial económico.

Sistema productivo de bagre de canal

El análisis de las encuestas aplicadas a productores de bagre permitió identificar tendencias interesantes. Las técnicas usadas en México tienen gran influencia de la industria estadounidense; sin embargo, es importante notar que el conocimiento se va generando de manera eurística con base al ensayo y error, por lo cual los resultados, en general, no son transmitidos, ni mucho menos documentados o publicados, por lo que es indispensable desarrollar planes de manejo enfocados en las necesidades y ventajas particulares de cada tipo de producción y región.

México posee una amplia variedad de recursos que hacen factible el cultivo de bagre de canal, entre ellos un gran número de ríos, represas y agua subterránea que han sido mencionados como precursores de la acuicultura. A pesar de esto, la obtención de agua de calidad fue identificada por los productores como la problemática principal en la acuicultura de bagre. En la región central del país, los productores usan agua de pozo para la cría de bagre y mencionan que los altos costos de operación influyen sobre sus ganancias. Sin embargo, el agua de pozo es reconocida como la mejor opción para la acuicultura debido a sus bajos niveles de abonos y pesticidas, o la ausencia de otros peces silvestres. Por otro lado, el Centro Acuícola “La Rosa” en Coahuila, es uno de los más productivos del país y se ubica en una zona desértica con claras limitaciones en la disponibilidad de agua en cantidad y calidad. Por otra parte, el Centro Acuícola “La Boquilla” en Chihuahua, se nutre de una represa que le brinda agua

templada durante todo el año, lo que permite un mayor dinamismo en la reproducción.

A pesar de la creciente producción nacional de bagre y del evidente potencial productivo del país, la importación de peces de USA sigue siendo una realidad. Desde sus inicios, la acuicultura del bagre se ha basado en peces importados. El mercado estadounidense maneja varias líneas, incluso cruza, que han demostrado ser sobresalientes en algunas características productivas. Sin embargo, como se ha comprobado, la acuicultura de bagre es un medio importante para la diseminación de los peces en nuevos hábitats, por lo tanto la introducción no controlada de peces americanos al país debe ser tomada con mucha seriedad para evaluar correctamente los riesgos que la misma supone a las poblaciones silvestres de bagres mexicanos.

Por otro lado, a pesar que los productores manifiestan interés en tener peces más fértiles, la selección de los reproductores se hace en base a la talla de los mismos. La fertilidad y la talla son dos características independientes con base genética. Seleccionar arbitrariamente a los peces más grandes de un lote de ningún modo permite suponer que dichos peces serán más fértiles. Por el contrario, si se toma en cuenta que el 10% de los reproductores son reemplazados cada año con juveniles emparentados, es de esperarse que la depresión consanguínea conduzca a una acuicultura cada vez menos productiva (Parra-Bracamonte *et al.*, 2011).

Probablemente uno de los aspectos más importantes en la producción de bagre de canal es el uso de nidos. En su hábitat natural, los bagres eligen cuevas, troncos huecos, raíces y demás cavidades para depositar huevos (Tucker & Hargreaves, 2004). La gran variedad de nidos usados en México es el indicador más claro de la falta de homologación en el sistema productivo nacional. Los bagres prefieren ciertos nidos cuando tienen la oportunidad de elegir (Busch, 1983), pero el éxito de los nidos depende en mayor medida de que se ajusten al tamaño de la pareja de reproductores. La selección del nido por los productores mexicanos varía en función de su disponibilidad y precio, manejabilidad, disponibilidad, facilidad de limpieza, etc. Es probable que la naturaleza de los nidos influya sobre la producción de huevos, sin embargo no existen datos para validar esta hipótesis. También en relación con el "montaje" de la reproducción, la relación hembra:macho es un aspecto ampliamente estudiado desde hace varias décadas. No obstante, los productores mexicanos caen incluso en el exceso de usar dos machos por cada hembra, desencadenando de este modo disputas territoriales que resultan en lo que pudiera interpretarse como una tasa de fertilidad nula.

Una de las observaciones más relevantes a partir de las encuestas es que los productores no llevan registro de los diversos parámetros que observan en sus granjas. Particularmente, la medición de parámetros productivos (tolerancia a diversos niveles de oxígeno y salinidad, eficiencia de conversión alimenticia, resistencia, crecimiento, facilidad de manejo, palatabilidad, fertilidad, incubabilidad, supervivencia, entre otros), puede permitir relacionar el desempeño de los organismos bajo distintos esquemas de producción. Específicamente, se podría evaluar si el tipo de alimento influye sobre el crecimiento de los peces, la densidad de siembra en la supervivencia y el crecimiento diferencial de los peces, la proporción de reproductores o nidos sobre los huevos y parámetros relacionados con la rentabilidad del sistema. Es evidente además que la obtención de datos se debe homogenizar entre todos los productores; por ejemplo, en la acuicultura en jaulas los peces son medidos al inicio del ciclo porque se requieren peces de al menos 4 pulgadas para producirse en jaulas flotantes; sin embargo, al término del proceso los peces se pesan para venderlos a los 500 g, por lo que resulta difícil un comparativo de la producción puesto que se emplean distintas unidades de medida. Estos registros se pueden relacionar también con la necesidad de capacitación mencionada por los productores como necesidad a corto plazo. La generación de material didáctico o asesores profesionales se relaciona con la disponibilidad de la información, capacidad para generarla y el compromiso de diversos sectores de la sociedad para con la industria.

Mediante el análisis de la información recopilada, se pueden identificar fortalezas y debilidades en el sistema productivo bagre de canal en México. Tener poblaciones silvestres de una especie de gran potencial acuícola, recursos hídricos y regiones climáticas adecuadas, favorecen la producción de la especie en el país. Los productores mexicanos cuentan con décadas de experiencia empírica en la producción de bagre de canal. La colaboración de instituciones gubernamentales y privadas, así como la toma de decisiones con base al método científico coadyuvaría a la formación de un sistema productivo altamente eficaz. En México ya existe un mercado de distribución del producto. El 100% del bagre producido en el país se consume y es factible considerar la exportación del producto. Como ejemplo, se puede considerar a la industria de bagre de canal en Estados Unidos donde la publicidad jugó un papel clave en su éxito.

Entre las principales debilidades identificadas se puede nombrar la falta de planeación para tener peces de talla comercial disponibles durante todo el año. La estratificación de los cultivos y la organización de los

productores en cooperativas son muy importantes para proveer crías para engorde durante todo el año y del mismo modo cosechar animales de talla comercial de manera regular.

Por otro lado, los productores mexicanos señalan el alimento como el principal gasto en la producción de bagre; los residuos de las procesadoras -tales como piel y huesos- pudieran ser utilizados para el diseño de formulaciones con los requerimientos nutricionales específicos del bagre de canal. Tamaulipas es el principal productor de soya a nivel nacional y ésta podría ser una buena alternativa para abaratar el costo del alimento (Islas-Rubio & Higuera-Ciapara, 2002).

La optimización del sistema productivo debe verse reflejada en el precio final de los productos y subproductos. El descenso del costo ayudaría al mercadeo del producto, a la vez que lo haría más competitivo frente a los productos asiáticos. En general, la homogenización de los procedimientos y la optimización de los mismos en base a las necesidades de los productores, permitirá sentar las bases sobre las cuales puede comenzar a planearse un programa de mejoramiento genético que resulte en la obtención de una línea mexicana de bagre de canal que permita explotar al máximo el potencial productivo del país, para consolidar una cadena productiva exitosa y contribuir así de manera significativa a la economía nacional.

AGRADECIMIENTOS

Investigación apoyada por el Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACyT-Gobierno del Estado de Tamaulipas. Proyecto 150598, la Secretaría de Investigación y Postrado del Instituto Politécnico Nacional. (Proyecto SIP 20143982). El presente trabajo se deriva de la Tesis doctoral de la primera autora, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Los autores agradecen a: Biol. Nely Reyes (Comité Sistema Producto Bagre Tamaulipas), Biol. Hugo Arias (Comité de Sanidad Acuícola Jalisco), Dr. José Herrera Camacho y M.C. Jessica Herrera Hojeda (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo). Ing. Armando Pacheco (CONAPESCA, Chihuahua), M.C. Lorena Vázquez (CIIDIR-IPN, Sinaloa). Ing. Manuel Ochoa, Ing. Daniel Montaña e Ing. Julio Ortiz. C. Sergio Balboa, Ignacio Lara e Ing. Roque Cantú por su aportación en la colecta de bagres silvestres. A todos los productores que tan amablemente nos abrieron sus puertas y proporcionaron información sobre sus unidades de producción.

REFERENCIAS

- Busch, R.L. 1983. Evaluation of three spawning containers for channel catfish. *Prog. Fish. Cult.*, 45: 97-99.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México (CONAPESCA). 2014. Organismos en Centros Acuícolas Federales (Programa eScinco). [http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/cona_venta_de_organismos_ca] Revisado: 10 julio 2014.
- Cuvier, G. & A. Valenciennes. 1828. *Histoire naturelle des Poissons*. Paris, pp. 421-455.
- De Buen, F. 1940. Un nuevo género de la familia Goodeidae perteneciente a la fauna ictiológica mexicana. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, 40(2-3): 133-140.
- Espinosa-Pérez, H.T., P. Gaspar-Dillanes & A. Fuentes-Mata. 1993. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Serie listados faunísticos de México. III. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 62 pp.
- Follet, W.I. 1960. The freshwater fishes: their origins and affinities. Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. *Syst. Zool.*, 9: 212-232.
- Girard, C.F. 1858. Notes upon various new genera and new species of fishes, in the Museum of the Smithsonian Institution, and collected in connection with the United States and Mexican boundary survey: major William Emory, Commissioner. *P. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 10: 167-171.
- González, A.I., Y. Barrios, G. Born-Schmidt & P. Koleff. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras. In: R.E. Mendoza & P. Koleff (Coord.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F., pp. 95-112.
- Hendrickson, D.A. 1984. Distribution records of native and exotic fishes in the Pacific drainages of northern México. *J. Arizona-Nevada Acad. Sci.*, 18: 33-38.
- Houde, A.L., D.J. Fraser & J.A. Hutchings. 2010. Fitness-related consequences of competitive interactions between farmed and wild Atlantic salmon at different proportional representations of wild-farmed hybrids. *ICES J. Mar. Sci.*, 67: 657-667.
- Islas-Rubio, A.R. & I. Higuera-Ciapara. 2002. Soybeans: post-harvest operations. FAO, United Nations, 93 pp.
- Jackson, D.C. 2004. Natural history and fisheries. In: C.S. Tucker & J.A. Hargreaves (eds.). *Biology and culture of channel catfish*. Elsevier, Amsterdam, pp. 15-35.
- Jordan, D.S. & B.W. Evermann. 1896-1900. The fishes of north and middle America. *Bull. U.S. Nat. Mus.*, 47(1-4): 1-3313.
- Jordan, D.S. & J.O. Snyder. 1900. Notes on a collection of fishes from the rivers of Mexico, with descriptions or

- twenty new species. *Bull. U.S. Fish. Comm.*, 19: 115-147.
- Levêque, C., T. Oberdorff, D. Paugy, M.L.J. Stiassny & P.A. Tedesco. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. In *freshwater animal diversity assessment*). Springer, Netherlands, pp. 545-567.
- Lundberg, J.G. 1992. The phylogeny of ictalurid catfishes: a synthesis of recent work. In: R.L. Mayde (ed.). *Systematics, historical ecology, and North American freshwater fishes*. SUPS. Stanford, California, pp. 392-420.
- Mendoza, R., C. Ramírez-Martínez, C. Aguilera & M.A. Meave. 2014. Principales vías de introducción de las especies exóticas. In: R.E. Mendoza & P. Koleff. (Coord.). 2014. *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. D.F., pp. 44-67.
- Miller, R.M. 2005. *Freshwater fishes of México*. University of Chicago Press, Chicago, 490 pp.
- Miller, R.R. & M.L. Smith. 1986. Origin and geography of the fishes of Central Mexico. In: C.H. Hocutt & E.O. Wiley (eds.). *The zoogeography of North American freshwater fishes*. John Wiley & Sons, New York, pp. 491-517.
- Miller, R.R., W.L. Minckley & S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of México*. University of Chicago Press, Chicago, 490 pp.
- Minckley, W.L., D.A. Hendrickson & C.E. Bond 1986. Geography of western north american freshwater fishes: description and relationships to Intracontinental Tectonism. In: C.H Hocutt & E.O. Wiley (eds.). *The Zoogeography of North American freshwater fishes*. John Wiley and Sons, 15: 519-613.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONU). 2014. Departamento de Pesca y Acuicultura. Programa de información de especies acuática: *Ictalurus punctatus*. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ictalurus_punctatus/es.] Revisado: Junio de 2014.
- Page, L.N. & B.M. Burr. 1991. *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico*. The Peterson Field Guides Series, Houghton Mifflin, Boston, 432 pp.
- Parra-Bracamonte, G.M., A.M. Sifuentes-Rincón, X.F. De la Rosa-Reyna, W. Arellano-Vera & B. Sosa-Reyes. 2010. Desarrollo tecnológico para el mejoramiento de especies acuícolas de interés comercial. Recurso bagre de canal-Informe final, Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas, 144 pp.
- Parra-Bracamonte, G.M., A.M. Sifuentes-Rincón, X.F. De la Rosa-Reyna, W. Arellano-Vera & B. Sosa-Reyes. 2011. Inbreeding evidence in a traditional channel catfish (*Ictalurus punctatus*) hatchery in Mexico. *Electron. J. Biotechnol.*, 14: 1-11.
- Pérez-Ponce, G. & A. Choudhury. 2002. Adult endohelminth parasites of Ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comp. Parasitol.*, 69: 10-19.
- Ruiz-Campos, G. 1995. First occurrence of the yellow bullhead, *Ameiurus natalis*, in the lower Colorado River, Baja California. *Calif. Fish Game*, pp. 76-84.
- Rutter, C.M. 1986. Notes on fresh water fishes of the Pacific slope of North America. The fishes of Rio Yaqui, Sonora, with the description of a new genus of Siluridae. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 255-262.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. *Diario Oficial de la Federación*. Carta Acuícola, pp. 11 -15.
- Tucker, C.S. & J.A. Hargreaves. 2004. *Biology and culture of channel catfish*. Elsevier, Amsterdam, pp. 15-35.
- Wong, L.L., E. Peatman, J. Lu, H. Kucuktas, S. He, C. Chou, U. Na-nakorn & Z. Liu. 2011. DNA Barcoding of Catfish: species authentication and phylogenetic assessment. *PLoS ONE* 6(3):e17812. doi:10.1371/journal.pone.0017812.

Received: 24 September 2014; Accepted: 9 April 2015