

***Ictalurus* de México y sus posibles aplicaciones en la manipulación genética con fines biotecnológicos**

The genus *Ictalurus* in Mexico and its exploitation by means of the Biotechnology

F. Rodríguez Romero*

*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70.305, México D. F.

RESUMEN

Con el fin de caracterizar el potencial del género *Ictalurus* en México para su explotación mediante procedimientos de la biotecnología, se proporcionan antecedentes sobre la presencia de estos organismos en la República Mexicana, se analizan los datos derivados de la literatura relevante y se presenta información obtenida en el estado de Tamaulipas sobre la piscicultura de este recurso. La Familia Ictaluridae se encuentra formada por 7 géneros y 47 especies. El Género *Ictalurus* en México se encuentra representado por especies muy poco estudiadas que pueden ser reservorios genéticos de interés para el mejor aprovechamiento de este recurso. La dispersión en Norteamérica de estos organismos está estrechamente vinculada a la hidrografía. La principal especie que se explota con fines comerciales es *I. punctatus* cuyas poblaciones naturales parecen estar caracterizadas por una alta variabilidad genética posiblemente por el intercambio de genes que propician las redes hidrológicas en Norteamérica en donde se le encuentra en forma silvestre. Aún cuando *Ictalurus punctatus* es el bagre más explotado por sus características de resistencia adaptabilidad y conversión del alimento altamente positivas para la piscicultura, se ha demostrado que es posible obtener un híbrido estable por la cruce de *I. punctatus* con *I. furcatus* el cual ofrece aún mayores ventajas. En el territorio mexicano existen otras posibilidades de hibridación con especies como *I. pricei*, e *Ictalurus sp.*, bagre de Chihuahua, y otras especies del centro y sur del país que es recomendable evaluar en beneficio de la piscicultura mexicana y de la conservación de este género dado que estas especies pueden presentar características atractivas para el mercado y para la conservación de la biodiversidad y de la riqueza genética de este grupo. Las estrategias de explotación por acuicultura en el Estado de Tamaulipas se han enfocado recientemente a la reproducción y engorda de estos peces en granjas separadas para lograr mejores resultados en su producción comercial.

PALABRAS CLAVE: Ictaluridae, biotecnología, mejora genética, variabilidad genética.

ABSTRACT

With the purpose of characterizing the potential of *Ictalurus* in Mexico for their exploitation by means of procedures of the biotechnology, information about the presence of these organisms in the Mexican Republic is provided. Data of the available literature is analyzed and related to the obtained information in the state of Tamaulipas. The Family Ictaluridae is formed by 7 genera and 47 species. The genus *Ictalurus* in Mexico is represented for species that could have genetic resources of interest for the exploitation of these fishes. The presence of *I. punctatus* in North America is closely linked to the hydrography. This is the most exploited species whose natural populations are characterized by a high genetic variability due to the exchange of genes in natural populations. In spite of *Ictalurus punctatus* is the only commercial catfish cultivated by its characteristics of resistance adaptability and positive conversion of the food, it has been demonstrated that it is possible to obtain a successful hybrid by crossing *I. punctatus* with *I. furcatus*. In the Mexican territory other interspecific hybridization could be possible with species like *I. pricei*, the not well studied Chihuahua catfish and other species in our country that it is advisable to evaluate in benefit of the Mexican fish culture and for the conservation of this genus since these species could represent attractive characteristics for the market, the conservation of the biodiversity and of the genetic wealth of this group.

KEY WORDS: Ictaluridae, biotechnology, genetic improvement, genetic variability.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de bagres de la familia Ictaluridae representa el mayor éxito de la acuicultura continental de los EUA. El primer cultivo se realizó en el estado de Mississippi en la década de los 1960s (Moyle, 1976, Turner 1966), pero la industria realmente se desarrolló hasta los años setenta (Tucker y Robinson, 1990). Con el sólido apoyo de instituciones bancarias locales, universidades y el Estado, la industria del bagre ha logrado grandes avances y cifras sorprendentes de producción desde menos de 20,000 toneladas en 1980, a más de 250,000 toneladas en la actualidad (USDA U.S. Department of Agriculture, 2001). Aunque se sabe que en Norteamérica y Centroamérica existen alrededor de 39 especies de *Ictalurus* (Nelson, 1994), la importante industria piscícola del bagre que se ha desarrollado en Estados Unidos y en Tamaulipas tiene como base el cultivo de *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818), una especie nativa que se ha distribuido extensamente a lo largo de América del Norte desde Canadá hasta el Norte de México.

En vista de que en el territorio mexicano existen especies de bagres pertenecientes a este mismo género que no han sido estudiadas para definir la cercanía de parentesco con *I. punctatus* y que pueden representar oportunidades de riqueza genética para fines biotecnológicos, es objetivo del presente trabajo recabar información que permita establecer el potencial de las especies de bagre comunes del territorio mexicano para su explotación mediante la ingeniería genética y la biotecnología aplicada a la piscicultura.

MATERIAL Y MÉTODOS

En vista de que la mayor explotación de bagres por acuicultura se realiza en el Estado de Tamaulipas, se realizaron 4 campañas de trabajo de campo de tipo prospectivo en localidades con cuerpos de agua utilizados para el cultivo de *Ictalurus punctatus* (Fig. 1) en diferentes partes de la región con el fin de conocer el estado de la explotación, métodos de acuicultura, y producción que se obtiene en estas granjas. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos de pH, temperatura, salinidad, turbiedad, alcalinidad, amonio y oxígeno disuelto en las granjas acuícolas visitadas en vista de que estos parámetros son de gran importancia dadas las características del agua que para fines de acuicultura se utiliza en estas regiones.

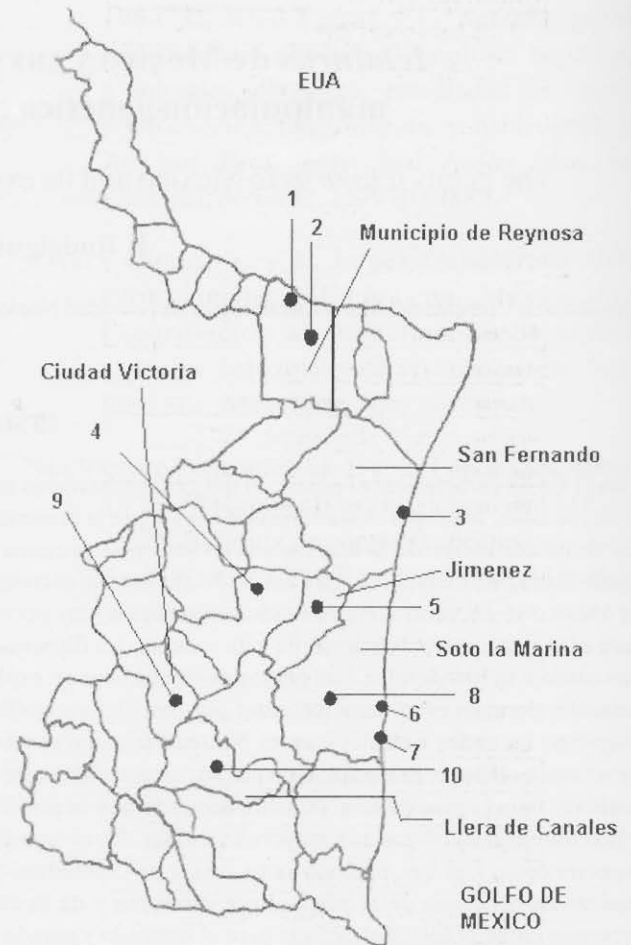


Figura 1. Ubicación de las granjas de piscicultura visitadas en los municipios del Estado de Tamaulipas: 1. Granja el Morillo, 2. Granja el Cortijo, 3. La Carbonera, 4. La Isla, 5. Aquamex, 6. Soto Lamarina, 7. El Vergel, 8. Aquamarina, 9. Cd. Victoria, 10. Llera de Canales.

Se comparó con la información proporcionada por los acuicultores. Se consultó y seleccionó la bibliografía pertinente para caracterizar el grado de conocimiento actual de esta especie en Estados Unidos de Norteamérica y la diversidad de especies de Ictaluridae en México con el propósito de establecer la diversidad de especies de este género comunes de nuestro país y el estado de su conocimiento hacia su explotación.

RESULTADOS

De la literatura revisada, se encontró que son frecuentes las sinonimias y las confusiones en la taxonomía de algunas especies de bagres y, aunque el criterio más aceptado es el de Page y Burr (1991)

Orden: Siluriformes	
Familia: Ictaluridae	
Géneros:	
1. <i>Ameiurus</i> (Rafinesque, 1820)	<i>Noturus eleutherus</i> (Jordan, 1877)
2. <i>Ictalurus</i> (Rafinesque, 1820)	<i>Noturus exilis</i> (Nelson, 1876)
3. <i>Noturus</i> (Rafinesque 1818)	<i>Noturus flavater</i> (Taylor, 1969)
4. <i>Prietella</i> (Carranza, 1954)	<i>Noturus flavipinnis</i> (Taylor, 1969)
5. <i>Pylodictis</i> (Rafinesque 1819)	<i>Noturus flavus</i> (Rafinesque, 1818)
6. <i>Satan</i> . (Hubbs y Bailey, 1947)	<i>Noturus funebris</i> (Gilbert y Swain, 1891)
7. <i>Trogloglanis</i> (Eigenmann, 1919)	<i>Noturus furiosus</i> (Jordan y Meek, 1889)
1. Ameiurus:	<i>Noturus gilberti</i> (Jordan y Evermann, 1889)
<i>Ameiurus brunneus</i> (Jordan, 1877)	<i>Noturus gyrinus</i> (Mitchill, 1817)
<i>Ameiurus catus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Noturus hildebrandi</i> (Bailey y Taylor, 1950)
<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	<i>Noturus hildebrandi lautus</i> (Taylor, 1969)
<i>Ameiurus natalis</i> (Lesueur, 1819)	<i>Noturus insignis</i> (Richardson, 1836)
<i>Ameiurus nebulosus</i> (Lesueur, 1819)	<i>Noturus lachneri</i> (Taylor, 1969)
<i>Ameiurus platycephalus</i> (Girard, 1859)	<i>Noturus leptacanthus</i> (Jordan, 1877)
<i>Ameiurus serracanthus</i> (Yerger y Reylea)	<i>Noturus miurus</i> (Jordan, 1877)
2. Ictalurus:	<i>Noturus munitus</i> (Suttkus y Taylor, 1965)
<i>Ictalurus australis</i> (Meek, 1904)	<i>Noturus nocturnus</i> (Jordan y Gilbert, 1886)
<i>Ictalurus balsanus</i> (Jordan y Zinder, 1899)	<i>Noturus phaeus</i> (Taylor, 1969)
<i>Ictalurus dugesi</i> (Bean, 1880)	<i>Noturus placidus</i> (Taylor, 1969)
<i>Ictalurus furcatus</i> (Valenciennes, 1840)	<i>Noturus stanauli</i> (Etnier y Jenkins, 1980)
<i>Ictalurus lupus</i> (Girard, 1858)	<i>Noturus stigmatus</i> (Taylor, 1969)
<i>Ictalurus mexicanus</i> (Meek, 1904)	<i>Noturus taylori</i> (Douglas, 1972)
<i>Ictalurus ochoterenai</i> (de Buen, 1946)	<i>Noturus trautmmani</i> (Taylor, 1969)
<i>Ictalurus pricei</i> (Rutter, 1896)	4. Prietella:
<i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818)	- <i>Prietella hunderbergi</i> (Walsh y Gilbert, 1995)
3. Noturus:	- <i>Prietella phreatophila</i> (Carranza, 1954)
<i>Noturus albater</i> (Taylor, 1969)	5. Pylodictis
<i>Noturus baileyi</i> (Taylor, 1969)	- <i>Pylodictis olivaris</i> (Rafinesque, 1818)
<i>Noturus elegans</i> Taylor, 1969)	6. Satan:
	- <i>Satan eurystomus</i> (Hubbs y Bailey, 1947)
	7. Trogloglanis:
	- <i>Trogloglanis pattersoni</i> (Eigenmann, 1919)

Tabla 1. 47 especies comunes de las aguas interiores mexicanas.

y de la Fishbase (2004), en el presente estudio se presenta una lista con 47 especies adicionada con aquellas especies comunes de las aguas interiores mexicanas, algunas de ellas no consideradas por los autores mencionados (tabla 1).

En cuanto a las especies mexicanas de bagres, Espinosa Pérez *et al.* (1993), han identificado las siguientes especies (Fig. 2):

Ictalurus:

1. *Ictalurus australis* (Meek) «bagre del Panuco»

Distribución: Centroamérica y México (Fishbase, 2004). Localidad típica: Forlon, Tamaulipas. Distribución: Del Sur de Veracruz, del río Blanco al

río Pánuco (Espinosa Pérez *et al.* 1993). Considerada como especie vulnerable (Contreras-Balderas y Almada-Villela, 1996).

2. *Ictalurus balsanus* (Jordan y Snyder) «bagre del Balsas»

Localidad típica: Río Ixtla, Puente de Ixtla, Morelos. Distribución: Endémica de la cuenca del río Balsas. (Espinosa Pérez *et al.* 1993; Conabio, 1994b).

3. *Ictalurus dugesi* (Bean) «bagre del Lerma»

Localidad típica: Río Turbio, Guanajuato. Distribución: Endémica de las cuencas de los ríos Lerma-Santiago, Ameca, Armeria y del lago de Chapala. (Espinosa Pérez *et al.* 1993; Conabio 2004c).



Figura 2. Localización de las especies mexicanas de Ictaluridae en el mapa de ríos principales de la República Mexicana: 1. *Ictalurus australis*, «Bagre del Pánuco», 2. *I. balsanus*, «Bagre del Balsas», 3. *I. dugesi*, «Bagre del Lerma», 4. *I. furcatus*, «Bagre azul», 5. *I. lupus*, «Bagre lobo», 6. *I. cf. lupus*, 7. *I. mexicanus*, «Bagre de Río Verde», 8. *I. pricei*, «Bagre Yaqui», 10. *Ictalurus sp.*, «Bagre de Tunal», 11. *Ictalurus sp.*, «Bagre de Cuatro Ciénegas», 12. *Prietella phreatophila*, «Bagre ciego de Muzquiz», 13. *Pylodictis olivaris*, «Bagre cabeza plana».

4. *Ictalurus furcatus* (Le Sueur) «bagre azul»

Localidad típica: Nueva Orleans. Distribución: De los ríos Panuco, Tamesi y Soto La Marina a Iowa y Ohio, E.U.A. (Espinosa Perez *et al.* 1993; Robins *et al.* 1991).

5. *Ictalurus lupus* (Girard) «bagre lobo»

Localidad típica: Río Pecos, E.U.A. Distribución: Ríos Bravo y Soto La Marina. (Espinosa Perez *et al.* 1993; Robins *et al.* 1991).

6. *Ictalurus cf. lupus* (Miller, 1986).

Distribución: Endémica del río Bravo. Nota: Miller (1986) distingue dos formas de *I. lupus*, no existiendo la referencia a esta segunda forma.

7. *Ictalurus mexicanus* (Meek) «bagre del río Verde»

Localidad típica: Rascon, San Luis Potosí. Distribución: Endémica del Río Panuco (Fishbase, 2004; Espinosa Perez *et al.* 1993).

8. *Ictalurus pricei* (Rutter) «bagre Yaqui»

Localidad típica: San Bernardino, un tributario del Río Yaqui al S de Arizona. Distribución: Endémica de las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo en Sonora, Chihuahua y Durango. También hay registros en los ríos Casas Grandes y Fuerte (Hendrickson, 1984; Espinosa Perez *et al.* 1993).

9. *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) «bagre de canal»

Localidad típica: Río Ohio, E.U.A. Distribución: Del río Panuco en el sur a la región de los Grandes Lagos, E.U.A. Ha sido registrada como introducciones en otras localidades de Baja California Norte, Sonora, Tamaulipas, Jalisco y Nayarit (Page y Burr, 1991; Espinosa Perez *et al.* 1993).

10. *Ictalurus sp.* Miller (1986) «bagre del Tunal»

Distribución: Cuencas de los ríos Tunal-Santiagoillo y Nazas-Aguanaval (Espinosa Perez *et al.* 1993).

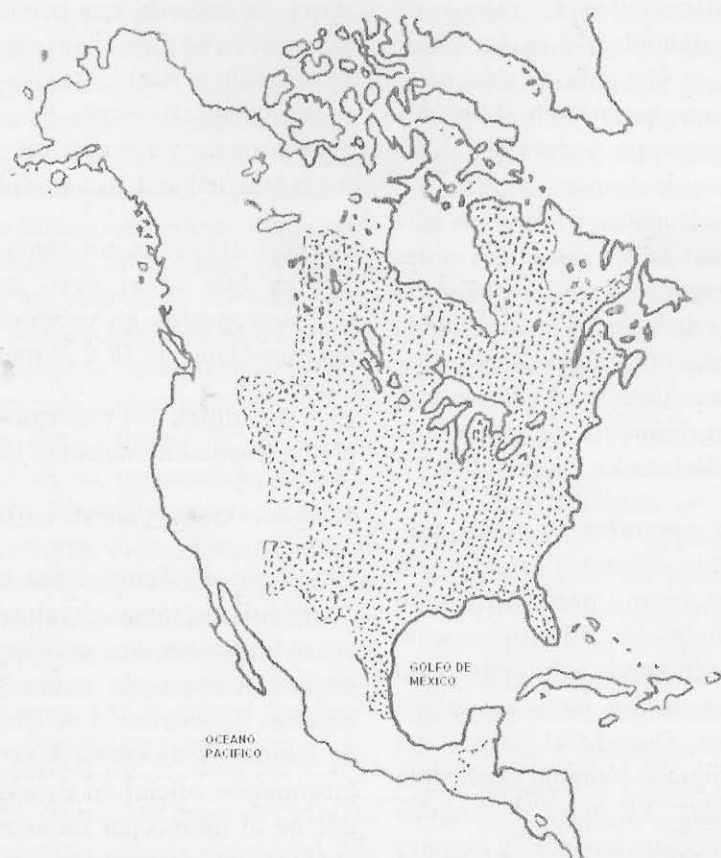


Figura 3. Distribución de *Ictalurus punctatus* en Norteamérica.

1. *Ictalurus* sp. (Williams *et al.*, 1989) «bagre de Cuatro Ciénegas». Distribución: Cuatro Ciénegas, Coahuila. (Williams *et al.*, 1989).

Prietella:

12. *Prietella phreatophila* (Carranza) «bagre ciego de Muzquiz»

Localidad típica: Pozo al pie de la Sierra de Santa Rosa del Municipio de Muzquiz, Coahuila. Distribución: especie endémica de cuevas del estado de Coahuila (Espinoso Perez *et al.* 1993).

Pylodictis:

13. *Pylodictis olivaris* (Rafinesque) «bagre cabeza plana»

Localidad típica: Río Ohio, E.U.A. Distribución: Del norte del río Panuco al sur de Estados Unidos en el Valle del Mississippi (Espinoso Perez *et al.* 1993).

Información de la Conabio (2004a), señala la presencia de *Ictalurus australis*, *I. furcatus*, e *I. punctatus*, en

la confluencia de las Huastecas (Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro), mientras que en estudios realizados por Amezcua-Linares y Yañez-Arancibia (1980) y García-Prieto (1990), se informa sobre la presencia de *Ictalurus meridionalis* y Lamothe (1987), en *I. dugesi*.

El bagre *Ictalurus punctatus*.

El bagre de canal puede alcanzar un tamaño de 1.2 m. y 26.3 kg de peso, presenta una cabeza grande y gruesa, ojos pequeños y hocico largo. La boca cuenta con dos apéndices semejantes a bigotes a su alrededor, denominados «barbillones», dispuestos cuatro bajo la mandíbula, dos encima de la misma, y uno a cada extremo de la maxila. La primera aleta dorsal y las pectorales tienen radios blandos, con una espina modificada y fuerte. Esta especie de bagre es la única que presenta manchas, con una aleta caudal profundamente bifurcada y una anal redondeada. Generalmente, presenta el dorso de color azulado a oliváceo, contrastando con el vientre blanquecino; el cuerpo es comprimido lateralmente.

Hábitat. Demersal dulceacuícola, rango de pH: 6.0 -8.0, rango de profundidad 15 m. En estado silvestre se le encuentra en el fondo de riachuelos con flujo moderado, así como también en embalses y lagos. Es de hábitos nocturnos y durante el día permanece oculto en fosas o agujeros de rocas o troncos sumergidos. Se le encuentra en forma silvestre en la parte central oriental de los Estados Unidos y sur de Canadá. Se le encuentra a lo largo del río Mississippi hasta el noreste de México. También desde el Este del río St. Lawrence, a lo largo de la cuesta occidental de los Apalaches hasta la Florida central. Ha sido introducido ampliamente para fines de pesca deportiva en casi todo Estados Unidos (Fig. 3).

Reproducción. *Ictalurus punctatus* es monógamo con una conducta de cortejo extensa. El macho y la hembra se aparean en el verano pero la relación se establece con mucha anticipación. El apareamiento se consuma cuando el macho nada a lo largo de la hembra en dirección opuesta. Sus colas envuelven alrededor de sus cabezas. Cuando el cuerpo del macho se estremece, la hembra se estimula y se liberan óvulos y espermatozoides. La masa de huevos se deposita en un nido construido por la hembra o por ambos. Después del apareamiento, el macho aleja a la hembra y se hace cargo del cuidado de los huevos hasta su eclosión. (Mayhew, 1987).

Etapas de cultivo. Los huevos son retirados de los estanques de desove, y dispuestos en bateas con movimiento de agua hasta lograr la eclosión. El tiempo para la eclosión depende de la temperatura, variando entre 5 y 10 días desde la postura. Las larvas con saco son mantenidas por 12 a 16 días, período en el cual reabsorben el saco vitelino y están en condiciones de recibir alimento.

Engorda. Se inicia cuando los juveniles alcanzan un peso entre 10 y 30 g y se utilizan estanques de tierra de distintas dimensiones que van desde una superficie de 1 a 10 ha a una profundidad promedio de 1.2 m. En estas lagunas se siembran los alevines, a razón de 8.000 a 12.000 peces por hectárea, alimentándose con dieta artificial. Al término de la

etapa de engorda, que puede extenderse entre 14 y 20 meses, se cosechan peces de peso promedio entre 500 y 800 g (talla comercial). Aunque organismos silvestres de esta especie de bagre pueden llegar a alcanzar un peso cercano de 25 kg y una longitud de 1.2 m. Los piscicultores lo cosechan

cuando alcanzan un tamaño promedio de 2 a 2.5 kg que es el peso que se logra después de mantenerlos en crecimiento en cautivos de aproximadamente 18 a 24 meses.

En Tamaulipas, los estanques mas comunes pueden producir aproximadamente 3 toneladas de bagre un año.

Explotación de *Ictalurus* en Tamaulipas.

El estado de Tamaulipas cuenta con alrededor de 95 mil hectáreas de superficie en embalses de aguas limnéticas. Sus principales recursos pesqueros en estos cuerpos de agua están constituidos por 3 especies de acociles, 6 de langostinos, 6 de carpas, 1 de lobinas, 1 de ranas, 5 de tilapia y 7 de bagres. Información oficial de Estado de Tamaulipas indica que en el último par de años, la acuicultura en la entidad ha presentado un acelerado ritmo de crecimiento. Como consecuencia de su potencial natural, de sus excelentes perspectivas de desarrollo y del fuerte impulso otorgado por el Gobierno del Estado. En el 2001, la producción acuícola ascendió a 2,100.76 tons. El bagre representó el 53% de esta producción con un volumen de 1,117.2 ton correspondiente a la especie *Ictalurus punctatus*. Las perspectivas de la acuicultura en el estado, indican un potencial de 157 mil hectáreas aptas para el cultivo de especies de agua dulce (Anuario Estadístico Semarnat, 2000).

Según cifras oficiales, se han encontrado 67 granjas de acuicultura en operación, de las cuales 39 cultivan *I. punctatus*. El consorcio Promotora Acuícola de Tamaulipas, formado por las granjas: Acuicultores de la Lajilla, Prodatec de Tamaulipas, Granjas Acuícolas del Noreste, Aquamex y Acuaque, es uno de los mas importantes productores del Estado con una producción en 2003 de alrededor de 700 toneladas. Para el cultivo

pH	Temperatura	Salinidad	Turbiedad	Alcalinidad	Amonio	O2 disuelto
7-7.5	24-31 C	0-6 ‰	Secchi 15-40 (cm)	n.d.	imperceptible	2-8 ppm

Tabla 2. Rangos de valores de los parámetros fisicoquímicos encontrados en las granjas visitadas.

de esta especie, se utilizan estanques de desove y tinas semicirculares para el desarrollo de alevines. Los estanques de crecimiento son rectangulares y frecuentemente miden 1 hectárea de superficie con 1 metro de profundidad. Algunas granjas como Aquamex se dedican al desarrollo de alevines y juveniles los cuales son trasladados para su crecimiento final a otras granjas al sur del Estado de Tamaulipas. La tabla 2, indica los rangos de los valores de los parámetros físicoquímicos en los cuerpos de agua de las granjas visitadas. Estos se encontraron dentro del promedio de valores para las granjas de Tamaulipas registradas por los acuicultores de la región. Se detectaron algunos de los principales problemas de importancia para la producción de peces, particularmente: alta consanguinidad, desconocimiento de la calidad genética de los organismos en explotación, presencia de sanguijuelas, nemátodos parásitos en globo ocular, protozoarios y aeromonas, bacterias nocivas y en algunos casos, infestaciones fungales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Ictalurus punctatus como recurso de interés biotecnológico. El enorme interés comercial que representa el recurso bagre en el continente americano ha motivado su intensa explotación mediante la acuicultura de tal forma que actualmente este recurso se cultiva en casi toda la unión americana, particularmente en los estados del centro y oriente. En la república mexicana, la mayor producción de bagres se logra en el estado de Tamaulipas con alrededor de 2100 toneladas de *I. punctatus*, lo que lo coloca en el primer lugar de la producción de estos organismos a nivel nacional, sin embargo, este valor representa tan solo el 1% de la producción que se alcanza en Estados Unidos. Aunque se sabe que en otras entidades se hacen esfuerzos por elevar la producción comercial de bagres, la especie a explotar es únicamente *I. punctatus*, a pesar de que en el país se tienen registradas cuando menos 15 especies cuyo potencial y recursos genéticos para ser explotadas comercialmente se desconoce.

Riqueza genética de las especies en explotación. Variabilidad Genética. El uso de microsatélites como marcadores genéticos en bagres de las especies *I. punctatus* (Mickett, et al., 2003) e *I. furcatus* ha permitido determinar altos valores de polimorfismo genético en estas especies y sus híbridos. El alto polimorfismo existente en los AFLP y RAPD entre

estas dos especies se considera actualmente como una herramienta útil para la elaboración del mapa genético de *I. punctatus* (Liu, 1998). Al respecto, Liu et al. (2003) publicaron un mapa de encadenamiento genético elaborado mediante el uso de AFLP en donde analizaron un total de 607 marcadores mediante la utilización de 65 combinaciones de primers en una retrocruza en estas dos especies lo que será de gran utilidad en estrategias de comercialización de los híbridos de estas entidades taxonómicas. Geoffrey et al. (2001), elaboraron un mapa de encadenamiento basado en el análisis de microsatélites. Recientemente Bosworth et al. (2004) y Li et al. (2004), han evaluado las ventajas genéticas de estos híbridos en relación con la calidad comercial del producto. En la República Mexicana existen posibilidades de hibridación interespecífica en *Ictalurus* aún desconocidas pero de interés potencial en vista de la diversidad de especies que en forma silvestre se encuentran en nuestro país; particularmente resulta interesante la posible hibridación exitosa de *I. punctatus* con especies como el bagre de Chihuahua (*Ictalurus sp.*), *I. pricei* y posiblemente con una especie registrada como *I. meridionalis* (Günther) que podría estar estrechamente emparentada con *I. furcatus* y que se encontraría en América, a todo lo largo de la república mexicana y en Chiapas, ampliamente distribuido en la cuenca del Grijalva y del Usumacinta porque ello, facilitaría enormemente la movilización de genes en forma interespecífica. Para comprobarlo, es necesario incrementar los estudios sobre relaciones de parentesco y evaluación de los recursos genéticos entre las especies mexicanas con relación a *I. punctatus* con el fin de establecer la posibilidad de hibridación interespecífica y su utilidad en la mejora genética del género y de su explotación por acuicultura.

Citogenética y citotaxonomía. Esta especialidad aporta actualmente criterios sólidos sobre las relaciones de parentesco entre especies de un mismo género y constituye uno de los procedimientos de uso actual de la biotecnología para la explotación de especies por acuicultura, mediante la manipulación cromosómica dado que mediante ésta, se pueden obtener organismos haploides, triploides, ginogenéticos, androgenéticos, así como la reversión del sexo entre otros (Rodríguez Romero y Gasca Montes de Oca, 1999). Estos procedimientos son utilizados en busca de la mejora genética o de la explotación redituable de especies cultivables. Para ello, es indispensable conocer

los rasgos cariotípicos fundamentales de los organismos, tales como el número diploide, número fundamental, morfología de los cromosomas y su clasificación y la caracterización del cariotipo meiótico. A pesar de que el Bagre de canal representa la mayor industria acuícola de los Estados Unidos, aún faltan muchos estudios sobre citogenética y citotaxonomía en la familia Ictaluridae y en el género *Ictalurus* que permitan establecer relaciones filogenéticas desde el punto de vista cromosómico con el fin de obtener experiencias de manipulación cromosómica con fines de aplicación piscícola. En los estudios hasta ahora publicados, se han determinado números diploides de 56 en *I. punctatus* e *I. fucatus*, (LeGrande *et al.*, 1984; Gregory, 2003), *I. melas* ($2n=60$) e *I. natalis* ($2n=62$) (Clark y Mathis, 1982). Aunque se ha aceptado un modelo de determinación sexual del tipo XX/XY en *I. punctatus*, aún no se ha encontrado heteromorfismo cromosómico ni evidencias sólidas a nivel molecular que avalen citogenéticamente este modelo, aún cuando se ha realizado investigación en busca de la presencia de indicadores como el minisatélite Bkm, la secuencia telomérica (TTAGGG)₇ y los genes específicos del cromosoma Y: ZFY y SRY que están asociados al sexo en amniotas (Tiersch *et al.*, 1992). La diferenciación en cromátidas hermanas, se ha encontrado en la mayoría de los cromosomas en un 83-100% en presencia de BrdU durante dos ciclos celulares. El intercambio de cromátidas hermanas se ha observado entre 1 y 4% de los cromosomas, valor que queda dentro de los valores de intercambio de cromátidas hermanas que espontáneamente e presentan en los cromosomas de los eucariontes.

Citogenética de Híbridos. *I. punctatus* e *I. fucatus* tienen 29 pares de cromosomas (Wolters *et al.* 1981; LeGrande *et al.* 1984; Zhang y Tiersch, 1997) con tamaño de genoma de $\sim 1 \times 10^9$ pb (Tiersch *et al.* 1990; Tiersch y Goudie 1993). Los trabajos de hibridación experimental realizados por LeGrande *et al.* (1984), han demostrado que los cariotipos resultantes para los híbridos de estas dos especies son estables, similares en cuanto a número diploide, número fundamental y morfología cromosómica, a las especies progenitoras, lo que permite deducir una estrecha relación de parentesco entre estas dos especies y la amplia posibilidad de aplicar el beneficio del híbrido a favor de la mayor y mejor productividad en acuicultura. Desde el punto de vista de la citotaxonomía, aún quedan

muchas incógnitas sobre el conocimiento de la estructura de los cariotipos de la mayoría de las especies de Ictaluridae, y son prácticamente desconocidas en especies de México.

Perspectivas de mejora genética en *Ictalurus punctatus*. La falta de selección genética sostenida en *I. punctatus* ha mantenido un nivel alto de variación fenotípica eficazmente en poblaciones comerciales y silvestres. Los piscicultores criadores particularmente estadounidenses, también tienen acceso a las poblaciones silvestres para aumentar la variación genética en las poblaciones en explotación en caso necesario. La numerosa descendencia junto con las estimaciones de la heredabilidad para algunos rasgos (Tave 1986), promete mayor ganancia genética y una mejor expectativa en el incremento de cualidades positivas en piscicultura de esta especie.

La biodiversidad de Ictaluridae en la república mexicana y sus recursos genéticos potenciales para la biotecnología acuícola. Las especies encontradas en aguas interiores de México representan recursos genéticos potenciales desconocidos que deben ser estudiados para su posible uso en la mejora genética y explotación de especies cultivadas como *I. punctatus* de Tamaulipas y de poblaciones silvestres de las especies que se han registrado en nuestro país. Desde el punto de vista del conocimiento científico de estos recursos, falta mucha investigación por realizarse, que permita identificar taxonómicamente en estas especies y establecer las relaciones de parentesco a nivel de especies y géneros. Al respecto, el único antecedente lo ha aportado Perez-Ponce de León y Choudhury (2002) en un estudio sobre la evidencia empírica de los patrones biogeográficos de *Ictalurus* en México. Especial atención debe ponerse en las posibles especies identificadas como *Ictalurus australis* «bagre del Panuco», *Ictalurus balsanus* «bagre del Balsas», *Ictalurus dugesi* «bagre del Lerma», *Ictalurus mexicanus* «bagre del río Verde», *Ictalurus pricei* (Rutter)- «bagre Yaqui», *Ictalurus sp.* «bagre del Tunal», *Ictalurus sp.* «bagre de Cuatro Ciénegas», *Ictalurus cf. lupus* (Miller, 1986) *Ictalurus sp.* bagre de Chihuahua, por las posibilidades de que éstas sean especies estrechamente relacionadas con *I. punctatus*, asimismo, existen otras especies en el centro y sur del país identificadas como *I. meridionalis* e *I. dugesi* de las cuales se sabe muy poco.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional, ubicado en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, por las facilidades para la realización de las actividades académicas del autor durante su estancia sabática durante el periodo del 12 de marzo del 2002 al 11 de marzo del 2003, tiempo durante el cual se realizaron las investigaciones que aquí se describen.

LITERATURA CITADA

- Amezcu-Linares, F., y A. Yáñez-Arancibia, 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El habitat y estructura de las comunidades de peces. An. Centro de Cienc del Mar y Limnol. UNAM, 7(1): 69-118.
- Anuario Estadístico Semarnat, 2000. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- Bosworth, B., W.R. Wolters, J.L. Silva, R.S. Chamul y S. Park, 2004. Comparison of Production, Meat Yield, and Meat Quality Traits of NWAC103 Line Channel Catfish, Norris Line Channel Catfish, and Female Channel Catfish x Male Blue Catfish F sub (1) Hybrids. N. Am. J. Aquacult., 66(3): 177-183.
- Clark, B., y P. Mathis, 1982. Karyotype of middle Tennessee bullheads: *Ictalurus melas* and *Ictalurus natalis* (Cypriniformes: Ictaluridae). Copeia, 1982(2): 457-460.
- Conabio, 2004a. Confluencia de las Huastecas. Consejo Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Docto. 75.
- Conabio, 2004b. <http://www.conabio.gob.mx>.
- Conabio, 2004c. Chapala - Cajititlán - Sayula. Consejo Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Docto. 58.
- Contreras-Balderas, S., y P. Almada-Villela, 1996. *Ictalurus australis*. In: IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.redlist.org>.
- Espinosa Perez, H., M.T. Gaspar Dillanes y P. Fuentes Mata, 1993. Los peces dulceacuícolas mexicanos: Serie Listados Faunísticos de México. III. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 99p.
- Fishbase, 2004. <http://www.fishbase.org>
- García-Prieto, L., 1990. Descripción de una especie nueva del género *Choanoscolex*, La Rue, 1911 (Cestoda: Proteocephalidae), parásita de *Ictalurus meridionalis* de Temascal, Oaxaca, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool., 61(3): 337-342.
- Geoffrey, C.W., B.G. Bosworth, D.J. Nonneman y W.R. Wolters, 2001. A Microsatellite-Based Genetic Linkage Map for Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Genetics, 158: 727-734.
- Gregory, T.R., 2003. Animal Genome Size Database. <http://www.genomesize.com>
- Hendrickson, D., 1984. Distribution records of native exotic fishes in Pacific drainages of northern Mexico. Journ. Arizona-Nevada Acad. Sci. 18:33-38.
- Lamothe, A. R., 1987. Tremátodos de peces VIII. Primer registro de *Phyllodistomon lacustri* Loewen, 1929), parásito de *Ictalurus dugesi* en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, 58. Ser. Zool., (2): 487-496.
- LeGrande, W., R.A. Dunham y R.O. Smitherman, 1984. Comparative karyology of three species of North American catfishes (siluriformes: Ictaluridae: *Ictalurus*) and four of their hybrid combinations. Copeia, 1984: 873-878.
- Li, M.H., E.H., Robinson, B.B. Manning, D.R. Yant, N.G. Chatakondi, B.G. Bosworth y W.R. Wolters, 2004. Comparison of the Channel Catfish, *Ictalurus punctatus* (NWAC103 Strain) and the Channel x Blue Catfish, *I. punctatus* x *I. furcatus*, F sub (1) Hybrid for Growth, Feed Efficiency, Processing Yield, and Body Composition. J. Appl. Aquacult., 15(3-4): 63-71.

- Liu, Z., 1998. Conservation of microsatellite loci between channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and blue catfish (*I. furcatus*). International Plant & Animal Genome VI Conference. P339. Abstract.
- Liu, Z., A. Karsi, P. Li, D. Cao, y R. Dunham, 2003. An AFLP-Based Genetic Linkage Map of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Constructed by using an interspecific hybrid resource family. *Genetics*, 165: 687-694.
- Mayhew, J., 1987. «Iowa Fish and Fishing. Iowa Department of Natural Resources» (On-line). Channel Catfish. <http://www.iowadnr.com/fish/iafish/chancat.html>.
- Mickett, K., C. Morton, J. Feng, P. Li, M. Simmons, D. Cao, R. A. Dunham and Z. Liu, 2003. Assessing genetic diversity of domestic populations of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in Alabama using AFLP markers. *Aquaculture*, 228(1-4): 91-105.
- Miller, R. R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol. Mex.* 30: 121-153.
- Moyle, P.B., 1976. Inland fishes of California. University of California Press, Berkeley. 405 pp.
- Nelson, J.S., 1994. Fishes of the world. Third ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600 p.
- Page, L.M., y B.M. Burr, 1991. A field Guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. The Paterson Field Guide Series, vol. 42 Houghton Mifflin Co. Boston Mass. 432p.
- Perez-Ponce de Leon, G., y A. Choudhury, 2002. Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in México: Empirical evidence of biogeographical patterns. *Comparative Parasitology*, 69 (1): 10-19.
- Robins, C. R., C. E. Bond, J. R. Brooker, E. A. Lachner, R. N. Lea, y W. B. Scott, 1991. Common and scientific names of fishes from the United States and Canada, fifth edition. American Fisheries Society Special Publication 20: 1-183.
- Rodríguez-Romero, F., y M. Gasca Montes De Oca, 1999. Manipulación genética en el cultivo de moluscos en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 49: 229-236.
- Tave, D., 1986. Genetics for Fish Hatchery Managers. AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT. pp.126-127.
- Tiersch, T.R., B.A. Simco, K.B. Davis, R.W. Chandler, y S.S. Wachtel y Gary J. Carmichael., 1990. Stability of genome size among stocks of the channel catfish. *Aquaculture*, 87:15-22.
- Tiersch, T.R., B.A. Simco, K.B. Davis y S.S. Wachtel, 1992. Molecular genetics of sex determination in channel catfish: studies on SRY, ZFY, Bkm, and human telomeric repeats. *Biology of Reproduction*, 47: 185-192.
- Tiersch, T.R. y C.A. Goudie, 1993. Inheritance and variation of genome size in half-sib families of hybrid ictalurid catfishes. *J. Hered.*, 84:122-125.
- Tucker, C.S., y E.H. Robinson, 1990. Channel Catfish Farming Handbook. Van Nostrand Reinhold, New York. 590p.
- Turner, J. L., 1966. Distribution and food habits of ictalurid fishes in the Sacramento-San Joaquin Delta, in Ecological studies of the Sacramento-San Joaquin Delta, Part II. pp. 130-143. California Department of Fish and Game Fish Bulletin 136
- USDA (U.S. Department Of Agriculture), 2001. Catfish processing, National Agricultural Statistics Service (NASS), Agricultural Statistics Board, U.S. Department of Agriculture.
- Williams, J. E., J. E. Johnson, D. A. Hendrickson, S. Contreras-Balderas, J. D. Williams, M. Navarro-Mendoza, D. E. McAllister, and J. E. Deacon, 1989. Fishes of North American: Endangered, threatened, or of special concern. *Fisheries* 14:2-20.
- Wolters, W.R., C.L. Chrisman y G.S. Libay, 1981. Lymphocyte culture for chromosomal analysis of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Copeia*, 1981: 503-504.
- Zhang, Q., y T.R. Tiersch, 1997. Chromosomal inheritance patterns of intergeneric hybrids of ictalurid catfishes: odd diploid numbers with equal parental contributions. *Journal of Fish Biology*, 51: 1073-1084.