

Estandarización de métodos para el muestreo de peces de agua dulce en México: Avances y oportunidades

Norman Mercado-Silva* y Scott A. Bonar**

La estandarización de materiales y procesos ha permitido el avance tecnológico, científico y social de la humanidad. En el ámbito del estudio y el manejo de los peces dulceacuícolas, hasta hace muy poco tiempo no se tenía un compendio de métodos estandarizados para el muestreo de sus poblaciones y comunidades. La experiencia de biólogos pesqueros de México, Canadá y Estados Unidos se ha sumado para instrumentar dichos métodos, cuya adopción propiciará la mejor comunicación entre diversos grupos de investigación, la elaboración de estudios de gran escala temporal y espacial, así como la mejor comprensión de los factores que afectan a las poblaciones de peces dulceacuícolas. Hay nuevas oportunidades para que grupos de trabajo mexicanos adopten estos métodos estandarizados, trabajen en su validación y generen otros métodos para ecosistemas particulares del país. Se identifican estas oportunidades y se hace un llamado a grupos de trabajo mexicanos para que se involucren en el proceso de estandarización de muestreos de peces dulceacuícolas.

Palabras clave: Muestreo estandarizado, peces dulceacuícolas, monitoreo, artes de pesca, métodos.

Standardization of methods for sampling freshwater fishes in Mexico: Progress and opportunities

Standardization of methods and processes has allowed mankind's technological, scientific and social development. Until recently, freshwater fish monitoring and management lacked a compendium of standardized methods to be used in population and community assessment. Fishery biologists from Canada, Mexico, and the United States have joined efforts to create a catalog of recommended standardized methods for sampling North American freshwater fishes. Use of these methods will result in better communication among scientists, allow for large scale and long term studies, and allow a better understanding of multiple factors affecting freshwater fish populations. Opportunities arise for Mexican fisheries biologists to adopt these standardized methods in their investigations, work in their validation, and to create new standard methodologies for unique Mexican freshwater ecosystems. We point out these opportunities and encourage greater involvement of Mexican researchers in the development of standardized sampling methods for freshwater fishes.

Key words: Standardized sampling, freshwater fishes, monitoring, fishing gear, methods.

Introducción

La estandarización de medidas, procesos industriales, idiomas y toma de datos ha sido esencial para el desarrollo humano (Nesmith 1985). En disciplinas como la medicina (Beers y Berkow 1999), la meteorología (Lockhart 2003, Schiesl 2003), la geología (Assaad *et al.* 2004) y la química del agua (Eaton *et al.* 2005), la estandarización en la toma de datos y el análisis de éstos,

son esenciales. Los procesos de estandarización han generado series de datos que pueden ser analizados y comparados de manera temporal o espacial para facilitar el avance de los estudios y nuestra comprensión de los fenómenos.

Cuando se habla de la estandarización en el muestreo de peces, significa que los datos son obtenidos siguiendo un solo mecanismo, de manera que las comparaciones entre los de diversos eventos sean posibles (Bonar *et al.* 2009a). Aunque en diversas disciplinas la toma estandarizada de datos es una práctica de rutina, no es medular en el muestreo de poblaciones de peces dulceacuícolas. Hasta fechas recientes, en Canadá y Estados Unidos (y muchas otras partes del mundo, incluido México), la toma estandarizada de datos de pesquerías se llevaba a cabo sólo por

* Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional Núm. 151. Autlán de la Grana, Jalisco, CP 48900, México. normanmercado@yahoo.com

** United States Geological Survey, Arizona Cooperative Fish & Wildlife Research Unit, Universidad de Arizona. 104 Biosciences East, Tucson, AZ 85721, EUA.

pequeños grupos de trabajo, o en el ámbito estatal o provincial en el mejor de los casos (Bonar y Hubert 2002). Esto resultaba en grandes dificultades en la comparación espacial o temporal de datos. Era complicado, cuando no imposible, confrontar los datos provenientes de distintos cuerpos de agua, donde el acopio había sido realizado con diferentes métodos y con diferente esfuerzo. Debido a la ausencia de estandarización, muchos datos pierden valor y no pueden ser incluidos en estudios de gran escala espacial o temporal.

La estandarización en el muestreo de peces dulceacuícolas puede tener muchas ventajas: (1) Los datos recolectados a lo largo de los años pueden ser comparados entre sí. Dado que es posible que pasen varios años para que las poblaciones de peces respondan a acciones de manejo o impactos, los datos obtenidos de manera estandarizada en un periodo de tiempo pueden ser muy valiosos para comprender los efectos de estas actividades. (2) Los datos pueden ser comparados en grandes áreas geográficas cuando los procesos de recolecta son homogeneizados. Los estudios regionales o a escala de paisaje van en aumento, y los datos estandarizados pueden ayudar a medir los efectos de procesos tales como el cambio climático sobre la estructura de las poblaciones o comunidades de peces. (3) Se puede fomentar la distribución de datos entre científicos y la colaboración entre diversos grupos de estudio, así como la comunicación con el público en general. (4) La estandarización puede también ayudar en el monitoreo de la abundancia de especies raras o en peligro para ayudar en su conservación. Asimismo, permite detectar el arribo de una especie no nativa a un ecosistema determinado. (5) La existencia de datos recolectados de manera estandarizada puede ayudar a que la información de un muestreo individual pueda ser comparada con las medias regionales o con las del intervalo de distribución completo de una especie, para evaluar una población con respecto a otras poblaciones (Bonar *et al.* 2009a).

Desarrollo de métodos estandarizados para el muestreo de peces dulceacuícolas

Desde mediados de la década de 1980 y hasta mediados de la primera de este siglo, la Sección

de Manejo Pesquero (Fisheries Management Section) de la Sociedad Americana de Pesquerías (American Fisheries Society) fomentó la estandarización de métodos de muestreo de peces en sistemas dulceacuícolas de Norteamérica. Con ayuda de más de diez agencias estatales y 280 biólogos en Estados Unidos, México y Canadá se instrumentaron esfuerzos para generar un compendio de métodos estandarizados (Bonar *et al.* 2009b). En general, los pasos que se siguieron para lograr este objetivo fueron:

1) La compilación de todos los métodos de recolección utilizados por numerosos grupos de trabajo en universidades, agencias no gubernamentales y agencias de recursos naturales estatales, provinciales y federales en Norteamérica.

2) La selección de los métodos utilizados con más regularidad en hábitats específicos (*p.ej.*, lagos y estanques pequeños, presas, grandes lagos naturales, ríos someros y grandes ríos) con faunas ícticas típicas de aguas frías (*p.ej.*, truchas) y de aguas templadas (*p.ej.*, cíclidos, bagres, etc.) (Tabla 1).

3) La evaluación de los métodos seleccionados para cada tipo de hábitat por revisores independientes en Estados Unidos, Canadá, México (Instituto Nacional de Pesca y Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM), Europa y África.

El resultado de este proceso fue la publicación, en 2009, del libro *Standard Methods for Sampling North American Freshwater Fishes* (Bonar *et al.* 2009c) que identifica los equipos y procedimientos recomendados para el muestreo de peces (Tabla 1). Además, el libro presenta los intervalos y valores medios de cuatro índices poblacionales para 15 especies de peces comunes en Norteamérica (Tabla 2): estructura de tallas, captura por unidad de esfuerzo, crecimiento y factor de condición. Los valores de estos índices se presentan para el ámbito de ecorregión (CEC 1997) y para todo el ámbito de distribución de la especie; fueron calculados a partir de datos obtenidos en muestreos realizados con metodologías estandarizadas. Esto permite que el usuario del libro pueda, tras haber utilizado un método ahí recomendado, comparar una población de su interés con los valores de otras poblaciones en otras regiones. El libro también incluye información acerca de los métodos estadísticos que se

Tabla 1
Tipos de artes de pesca recomendados para el muestreo estandarizado en diferentes tipos de cuerpos de agua dulce

Grupo de especies	Tipo de cuerpo de agua	Electropesca			Redes						Otros		
		L	M	B	A	TR	TM	C	RB	RM	E	H	N
T	Léntico pequeño	x			x	x		x					
T	Léntico grande	x			x	x							
T	Arroyo vadeable		x	x				x					
T	Río	x					x	x	x	x			
F	Léntico pequeño				x								
F	Léntico grande				x				x			x	
F	Arroyo vadeable		x										x
F	Río	x			x			x					
2 - pisos	Léntico	x			x	x			x			x	

Nota: Los tipos de arte de pesca están divididos por el tipo de especies típicas de ambientes templados (T) (*p.ej.*, bagres, cíclidos) o ambientes fríos (F) (*p.ej.* truchas). Las artes de pesca (*seguidas por su nombre en inglés*) son: L = electropesca de lancha (*boat*), M = electropesca de mochila (*backpack*), B = electropesca de barcaza (*tow barge*), A = red agallera (*gill net*), TR = trampa (*fyke net, trap*), TM = red de trasmallo de tres capas (*trammel net*), C = chinchorro (*seine*), RB = red barredera o de arrastre (*trawl net*), RM = Red medio mundo o copo (*hoop net*), E = esnorqueleo, H = hidroacústica, N = conteo de nidos. Los sistemas de dos pisos, son aquellos que, por la estratificación de la columna de agua, presentan dos diferentes tipos de fauna en un sólo cuerpo de agua. Tabla modificada de Bonar *et al.* (2009b).

deben aplicar para conseguir la estandarización entre series de datos, así como recomendaciones para evitar el transporte de especies exóticas entre sistemas muestreados. Esta obra reconoce que la estandarización no es conveniente en todos los casos, pues algunas preguntas o situaciones de investigación pudieran requerir la aplicación de alguna técnica muy específica. Sin embargo, sostiene que el uso de las metodologías estandarizadas permite que los datos obtenidos puedan ser incorporados a estudios de mayor escala temporal o espacial.

El libro no es un documento definitivo, ya que se planea trabajar en métodos nuevos o mejorados en próximas ediciones, con nuevas especies de interés y con ambientes que no se consideran en el volumen actual. Sería importante que en una futura edición se incorporen contribuciones de un mayor número de especialistas mexicanos con experiencia en las diversas ecorregiones del país. En otro esfuerzo para fomentar la estandarización, y como complemento del libro, se ha construido una herramienta en línea (<http://fisheriesstandardsampling.org>) que permite: 1) incrementar el número de datos obtenidos con un método estandarizado para reforzar aquellos que ayudan a calcular los intervalos y valores medios de los índices mencionados líneas arriba, y 2) proveer al usuario de una interfase automatizada que le permite, al presionar un botón, com-

parar los datos de sus capturas estandarizadas con los intervalos y valores medios de los índices poblacionales para una especie, provenientes de todas las ecorregiones disponibles o de toda el área de distribución de la especie. Por último, después de la publicación del libro se están llevando a cabo esfuerzos para la validación de los métodos, entendida ésta como el proceso de definición del límite que tiene cierto método en la representación de una población real (Bonar *et al.* 2009a).

En atención a lo anterior, este documento es un llamado a los grupos de investigación y agencias estatales y federales de México para aprovechar la oportunidad de 1) influir en los nuevos diseños de mecanismos estandarizados de muestreo, 2) incluir especies mexicanas de interés singular en futuras versiones del libro, 3) incluir métodos estandarizados para su uso en ecosistemas que son comunes en México (*p.ej.*, cenotes, manantiales desérticos, oasis y ambientes de manglar) y 4) trabajar en la validación de los métodos que se recomiendan para ecosistemas dulceacuícolas en Norteamérica.

La participación de ictiólogos y biólogos pesqueros mexicanos en este esfuerzo tendría relevancia más allá del continente norteamericano, pues se están llevando a cabo esfuerzos por estandarizar los métodos de captura de datos en cuerpos de agua en la escala global. Alrededor

Tabla 2

Especies de peces comunes para las cuales Brouder *et al.* (2009) presentan valores medios e intervalos de los índices de frecuencia de tallas, factor de condición y captura por unidad de esfuerzo en ambientes dulceacuícolas

<i>Familia, Especie</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Presente en México</i>	<i>Ecorregión</i>
Ictaluridae			
<i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque 1818)	bagre de canal	x	9
Esocidae			
<i>Esox lucius</i> Linnaeus 1758	lucio		9
Salmonidae			
<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill 1814)	trucha	x	na
<i>Salmo trutta</i> Linnaeus 1758			10
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum 1792)	trucha arcoiris	x	10
<i>Oncorhynchus clarkii</i> (Richardson 1836)	trucha de Chihuahua	x	na
Moronidae			
<i>Morone saxatilis</i> (Walbaum 1792)	lobina rayada	x	na
<i>Morone chrysops</i> (Rafinesque 1820)	lobina blanca	x	9
Centrarchidae			
<i>Lepomis macrochirus</i> Rafinesque 1819	pez sol	x	9, 10
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède 1802)	lobina negra	x	9, 10, 11
<i>Micropterus dolomieu</i> Lacepède 1802	lobina de boca pequeña	x	9, 10
<i>Pomoxis annularis</i> Rafinesque 1818	robalo blanco	x	9
<i>Pomoxis nigromaculatus</i> (Lesueur 1829)	robalo negro	x	9
Percidae			
<i>Perca flavescens</i> (Mitchill 1814)	perca		9
<i>Sander vitreus</i> (Mitchill 1818)	lucio perca americana		9

Nota: Estos datos se generaron a partir de métodos estandarizados para sistemas lóticos y lénticos en las diferentes ecorregiones de Norteamérica y en el total del área de distribución de las especies. Se identifica a aquellas que tienen intervalo de distribución en México (como especies nativas o introducidas, según Espinosa-Pérez *et al.* 1993). Los nombres comunes de las especies siguen a Nelson *et al.* (2004). Los datos de índices de poblaciones se presentan en Bonar *et al.* (2009c) para diversas ecorregiones en Norteamérica; en la columna Ecorregión se presenta el número de la ecorregión para la que se tienen datos, si la misma se presenta en México (si la ecorregión no se encuentra en México, entonces se presenta *na*). La definición de las ecorregiones corresponde a CEC (1997). Ecorregión 9 = grandes planicies, ecorregión 10 = desiertos de Norteamérica, ecorregión 11 = California mediterránea.

del mundo existen grupos de investigadores que colaboran en el diseño de métodos estandarizados de captura de peces dulceacuícolas (Appelberg 2000, Dave 2009, Kubečka *et al.* 2009). La experiencia mexicana podría servir como punta de lanza para realizar estandarizaciones en el resto de Latinoamérica.

Monitoreo de poblaciones de peces dulceacuícolas en México

De las tres naciones de Norteamérica, México es la única que no cuenta con una estrategia federal o estatal de monitoreo de poblaciones de peces dulceacuícolas. En Canadá y Estados Unidos numerosas autoridades federales, provinciales y estatales, año con año llevan a cabo monitoreo

directo de poblaciones de peces con métodos similares en muchos de los cuerpos de agua dentro de sus respectivas jurisdicciones (aunque, claro, muchas regiones, estados o provincias carecen de este sistema de monitoreo o utilizan metodologías muy distintas). Este monitoreo cumple funciones múltiples, que van desde la revisión del estatus de especies en peligro, hasta el análisis poblacional de algunas especies para la decisión de las actividades de manejo. Con base en este monitoreo, que puede basarse en capturas directas realizadas por personal de las agencias, o en datos obtenidos de pescadores comerciales, deportivos y de subsistencia, se establecen las políticas de siembra de crías, vedas u otros mecanismos de manejo.

El Instituto Nacional de Pesca, de manera independiente y gracias a la colaboración con

numerosas instituciones, ha tenido logros importantes en el estudio de pesquerías en México (Rojas-Carrillo 2006) y de los artes de pesca que se utilizan en el país (Grande-Vidal 2006). Sin embargo, el estudio de las pesquerías en ambientes dulceacuícolas está muy rezagado en términos de conocimiento y, por ende, de su administración (Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez 2006). Asimismo, aunque se reconoce que la productividad de muchas pesquerías ha decaído, se desconocen las causas puntuales de ello, si bien pudieran citarse causas múltiples, como la contaminación de las aguas, la sobreexplotación del recurso, la inefectiva planeación para la protección de poblaciones de peces ya establecidas (Gaspar-Dillanes *et al.* 2002, Orbe-Mendoza *et al.* 2002, Aguilar-Ibarra *et al.* 2006) y, por supuesto, la introducción de especies no nativas de carácter invasivo. Allende las causas que derivan en la falta de conocimiento de las pesquerías de agua dulce y su deficiente administración (Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez 2006), el manejo de las poblaciones de peces (nativos y exóticos) que habitan en aguas interiores mexicanas depende, en gran medida, de la existencia de datos básicos acerca de ellas. El seguimiento que se hace de los peces en este tipo de aguas, concierne casi de forma exclusiva a especies de interés comercial. Muchas de las especies nativas de México, que no son objetivo de las pesquerías apoyadas con fondos federales o estatales son consideradas, simplemente, como “otras especies” en los informes de captura que se consultan para la toma de decisiones relacionadas con la actividad pesquera (Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez 2006). Aunado a esto, los datos que se logran obtener para las poblaciones de peces, comerciales o no, provienen en su mayoría de los reportes de captura de los pescadores o cooperativas de pesca que aprovechan el recurso. Sólo en casos aislados se hace el seguimiento directo de una comunidad o población de peces dulceacuícolas a lo largo del tiempo y con métodos consistentes instrumentados por un grupo de investigación particular (*p.ej.*, Edwards y Contreras-Balderas 1991, Rodríguez-Castro *et al.* 2012).

El manejo sustentable de los recursos naturales ha sido eje principal de los gobiernos municipales, estatales y federales en los últimos 10

a 15 años (*p.ej.*, PND 2007¹). Este manejo incluye a los peces dulceacuícolas como recurso natural. Independientemente de si se está trabajando en el logro de un manejo sustentable o la frase se utiliza en discursos sin fondo, la idea de la sustentabilidad supone que se conoce el estado vigente de un recurso y que puede ser medido con el paso del tiempo. La medición de las comunidades o poblaciones de peces puede realizarse mediante la toma directa de datos. Lo deseable, entonces, es que estas mediciones procedan de un monitoreo realizado conforme un protocolo estandarizado, con equipos estandarizados y analizado con métodos que permitan la comparación directa entre eventos de muestreo. La existencia de un documento (Bonar *et al.* 2009c) que detalle los métodos recomendados podría favorecer que en un futuro se inicie un esfuerzo de monitoreo estandarizado en aguas mexicanas con el consecuente ahorro de tiempo y de recursos en su diseño y su instrumentación.

Adopción y adaptación de los métodos en sistemas dulceacuícolas mexicanos

Muchos de los artes de pesca que se recomiendan en Bonar *et al.* (2009c) tienen un uso limitado o incluso nulo en México. Por ejemplo, los equipos de electropesca de mochila o en lancha, o la hidroacústica, han sido hasta muy recientemente poco utilizados. Aunque sería conveniente utilizar estos artes de pesca en algunos sistemas en México, y Bonar *et al.* (2009c) contiene las recomendaciones técnicas para su utilización, su costo y su dificultad de transporte pueden ser obstáculos para su adopción. Sin embargo, diversos artes de pesca se analizan en el libro y son ampliamente utilizados por grupos de trabajo en diferentes instituciones en el país. Por ello, es posible decir que la diferencia en el uso de diferentes tecnologías en diferentes países no es excusa para no estandarizar. El uso de artes de pesca, como las redes tipo chinchorro, trampas o redes agalleras, se explica a detalle en el libro

1. PND. 2007-2012. Plan Nacional de Desarrollo. Presidencia de la República. Consultado en <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/>, abril 6 de 2011

y éstas forman parte del menú de opciones para realizar capturas estandarizadas en diversos ecosistemas.

El libro, dado su origen, propone métodos estandarizados que, en un alto porcentaje, reflejan las técnicas más usadas en ambientes dulceacuícolas en Canadá y Estados Unidos. Sólo se incorporaron algunos métodos utilizados en arroyos someros (vadeables) en México. Dado que el volumen tendrá nuevas ediciones y que en un futuro inmediato se estarán incorporando datos de índices poblacionales a una herramienta en línea, se espera que se presenten oportunidades para que grupos de trabajo mexicanos que llevan a cabo esfuerzos de captura en ecosistemas en México, puedan incorporar sus experiencias y recomendaciones. De igual manera, se presentarán oportunidades para establecer comparaciones de poblaciones de peces que se pueden encontrar en México, con aquellas de otras ecorregiones de Norteamérica (utilizando por ejemplo <http://fisheriesstandardsampling.org>).

Bonar *et al.* (2009c) también presentan los resúmenes de índices de poblaciones de especies típicas en ambientes dulceacuícolas de Canadá y Estados Unidos. Sin embargo, 73% de las que se discuten en el libro es de especies que se pueden encontrar en México, ya sea que hayan sido introducidas o que realmente sean de ahí (Tabla 2). A este respecto se ofrecen dos opciones importantes a biólogos pesqueros mexicanos: 1) para ediciones futuras del libro se deberán incluir especies que sean de importancia en México (aunque no tengan distribución continental) y 2) se podrán comparar las poblaciones de especies que han sido introducidas en México con las de las mismas especies en ambientes de otras regiones del continente, donde pueden ser nativas. Muchas especies de peces de origen neártico han sido introducidas a México en un ámbito diferente al nativo (*p.ej.*, lobina negra *Micropterus salmoides* Lacepède 1802, trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792, bagre de canal *Ictalurus punctatus* Rafinesque 1818, etc.) (Contreras-Balderas *et al.* 2008). A las poblaciones de muchas de estas especies debe dárseles seguimiento, ya sea para monitorear su adaptación a nuevos ecosistemas, o para manejarlas de manera adecuada.

Por último, es preciso apuntar que la adopción de los métodos estandarizados es una mera recomendación. No se trata de una imposición ni se pretende que éstas se conviertan en un requisito para poder realizar investigaciones sobre las poblaciones o comunidades de peces dulceacuícolas. Se han enumerado ya las ventajas que la realización de muestreos estandarizados puede tener para el avance en el entendimiento y el manejo de peces dulceacuícolas. Se espera que el uso de estos métodos represente una alternativa importante para el diagnóstico y la solución a los múltiples problemas que existen en la ictiofauna de las aguas interiores de México.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los científicos que estuvieron involucrados en la preparación de los métodos estandarizados, así como a las fuentes de financiamiento que participaron en el esfuerzo. Nuestra gratitud también para E Díaz-Pardo† y JJ Schmitter-Soto por la revisión del manuscrito para su publicación y a los revisores elegidos por esta revista durante el proceso de arbitraje del manuscrito.

Literatura citada

- AGUILAR-IBARRA A, P Guzmán-Amaya, S Villanueva-Fragoso y A Vázquez-Botello. 2006. La contaminación del agua como una externalidad para la producción pesquera y acuícola. En: P Guzmán-Amaya y DF Fuentes-Castellanos (eds.). *Pesca, acuicultura e investigación en México*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados, Ciudad de México, pp: 107-119.
- APPELBERG M. 2000. Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multimesh gillnets. *Fiskeriverket Information* 1: 3-32.
- ASSAAD F, PE LaMoreaux y TH Hughes. 2004. *Field methods for geologists and hydrologists*. Springer-Verlag, Nueva York. 420p.
- BEERS MH y R Berkow (eds.). 1999. *The Merck manual*. 17th ed. Merck Research Laboratories, Whitehouse Station, Nueva Jersey. 3000p.
- BONAR SA y WA Hubert. 2002. Standard sampling of inland fish: Benefits, challenges, and a call for action. *Fisheries* 27: 10-16.

- BONAR SA, WA Hubert y DW Willis. 2009a. The North American freshwater fish standard sampling project: Improving fisheries communication. *Fisheries* 34: 340-344.
- BONAR SA, S Contreras-Balderas y AC Iles. 2009b. An introduction to standardized sampling. *En*: SA Bonar, WA Hubert y DW Willis (eds.). *Standard methods for sampling North American freshwater fishes*. American Fisheries Society, Bethesda, pp: 1-12.
- BONAR SA, WA Hubert y DW Willis (eds.). 2009c. *Standard methods for sampling North American freshwater fishes*. American Fisheries Society, Bethesda. 335p.
- BROUDER MJ, AC Iles y SA Bonar. 2009. Length frequency, condition, growth, and catch per effort indices for common North American fishes. *En*: SA Bonar, WA Hubert y DW Willis (eds.). *Standard methods for sampling North American freshwater fishes*. American Fisheries Society, Bethesda, pp: 231-282.
- CEC. 1997. *Ecological regions of North America - toward a common perspective: Montreal, Commission for Environmental Cooperation*. Commission for Environmental Cooperation Working Group. 71p.
- CONTRERAS-BALDERAS S, G Ruiz Campos, JJ Schmitter-Soto, E Díaz-Pardo, T Contreras-Macbeath, M Medina-Soto, L Zambrano-González, A Varela Romero, R Mendoza-Alfaro, C Ramírez-Martínez, MA Leija-Tristán, P Almada-Villela, DA Hendrickson y J Lyons. 2008. Freshwater fishes and water status in Mexico: A country-wide appraisal. *Aquat. Ecosyst. Health*. 11: 246-256.
- DAVE G. 2009. *Development of standard methods using fish for hazard and risk assessments*. SETAC Europe 19th Annual Meeting, Göteborg, Sweden.
- EATON AA, LS Clescerl, EW Rice y AE Greenberg. 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Jointly published by the American Public Health Association (APHA), Washington, D.C; American Water Works Association (AWWA), Denver, Colorado; and Water Environment Federation (WEF), Alexandria, Virginia. 1325p.
- EDWARDS RJ y S Contreras-Balderas. 1991. Historical changes in the ichthyofauna of the lower Rio Grande (Río Bravo del Norte), Texas and Mexico. *Southwest. Nat.* 36: 201-212.
- ESPINOSA-PÉREZ H, MT Gaspar-Dillanes y P Fuentes-Mata. 1993. *Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México. 98p.
- GASPAR-DILLANES MT, PM Rojas-Carrillo, JI Fernández-Méndez y MP Toledo. 2002. Lago de Pátzcuaro. *En*: MA Cisneros-Mata, LF Beléndez-Moreno, E Zárate-Becerra, MT Gaspar-Dillanes, LC López-González, C Saucedo-Ruiz y J Tovar-Ávila (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México*. Instituto Nacional de la Pesca - SAGARPA, Ciudad de México, D.F., pp: 796-820.
- GRANDE-VIDAL JM. 2006. La investigación y desarrollo tecnológico de los procesos de captura. *En*: P Guzmán-Amaya y DF Fuentes-Castellanos (eds.). *Pesca, acuacultura e investigación en México*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, y Cámara de Diputados, México D.F., pp: 333-340.
- KUBEČKA J, E Hohauserová, J Matěna, P Jiří, US Amarasinghe, SA Bonar, J Hateley, H Phil, P Suuronen, V Tereschenko, R Welcomme y IJ Winfield. 2009. The true picture of a lake or reservoir fish stock: A review of needs and progress. *Fish. Res.* 96: 1-5.
- LOCKHART TJ. 2003. Atmospheric measurements. *En*: TD Potter y BR Colman (eds.). *Handbook of weather, climate, and water: dynamics, climate, physical meteorology, weather systems, and measurements*. Wiley, Hoboken, Nueva Jersey, pp: 691-720.
- NELSON JS, EJ Crossman, H Espinosa-Pérez, LT Findley, CR Gilbert, RN Lea y JD Williams. 2004. *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. American Fisheries Society, Special Publication 29, Bethesda. 386p.
- NESMITH A. 1985. A long arduous march toward standardization. *Smithsonian* 15: 176-194.
- ORBE-MENDOZA A, D Hernández-Montaña y J Acevedo-García. 2002. Lago de Chapala. *En*: MA Cisneros-Mata, LF Beléndez-Moreno, E Zárate-Becerra, MT Gaspar-Dillanes, LC López-González, C Saucedo-Ruiz y J Tovar-Ávila (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México*. Instituto Nacional de la Pesca - SAGARPA, México D.F., pp: 821-836.
- RODRÍGUEZ-CASTRO JH, A Valdez-González y A González-Cruz. 2012. Rendimiento máximo sostenido y esfuerzo óptimo de pesca de la tilapia *Oreochromis aureus* en la presa Vicente Guerrero, Tamaulipas, México. *Ciencia Pesquera* 20: 43-54.
- ROJAS-CARRILLO PM. 2006. Participación del Instituto Nacional de la Pesca en la pesca continental de México. *En*: P Guzmán-Amaya y DF Fuentes-Castellanos (eds.). *Pesca, acuacultura e investigación en México*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, y Cámara de Diputados, México D.F., pp: 311-315.
- ROJAS-CARRILLO PM y JI Fernández-Méndez. 2006. La pesca en aguas continentales. *En*: P Guzmán-Amaya y DF Fuentes-Castellanos (eds.). *Pesca, acuacultura e investigación en México*. Comisión de Pesca (Cámara de Diputados) y Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, México D.F., pp: 49-67.
- SCHIESL JW. 2003. Instrument development. *En*: TD Potter y BR Colman (eds.). *Handbook of weather, climate, and water: dynamics, climate, physical meteorology, weather systems, and measurements*. Wiley, Hoboken, Nueva Jersey, pp: 691-720.

Recibido: 2 de julio de 2013.

Aceptado: 23 de octubre de 2013.