
LA TOTOABA DEL GOLFO DE CALIFORNIA ¿UNA ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN?

FAUSTO VALENZUELA-QUIÑONEZ,
FRANCISCO JAVIER GARCÍA-DE-LEÓN,
JUAN ANTONIO DE-ANDA-MONTAÑEZ
y EDUARDO F. BALART

RESUMEN

Una especie es considerada en peligro crítico de extinción cuando su existencia a nivel global se encuentra al borde de desaparición en el medio natural. La decisión de incorporar a una especie a la lista de especies en peligro de extinción requiere de considerable atención y del consenso de especialistas en su grupo biológico. En esta revisión se analizan algunos criterios para evaluar las categorías de amenaza y su aplicabilidad a recursos pesqueros. En particular, se describe el caso de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), la primera especie marina incluida en las listas de especies en peligro, y sobre la que existe una fuerte controversia acerca de su estado de conservación. Se analizan los fundamentos que fueron empleados para determinar si la especie está en peligro de extinción, y se re-

visan los factores que afectaron y afectan la permanencia de la totoaba en el Golfo de California. De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada se deduce que a pesar de la drástica disminución poblacional por la sobreexplotación en el siglo pasado, la totoaba ha soportado la degradación de hábitat, pesca furtiva y pesca incidental. Sin embargo, se desconoce su estado de conservación actual y los efectos del mal manejo del ecosistema y la sobrepesca en la resiliencia de la población. La falta de información dificulta establecer estrategias de conservación y manejo adecuadas a las condiciones actuales, por lo que se insiste en la necesidad de realizar estudios que permitan conocer el actual estado de conservación de la totoaba.

Las principales amenazas para las poblaciones de peces son la pesca no controlada (sobreexplotación) y la degradación de hábitat (Musick *et al.*, 2000; Dulvy *et al.*, 2003; Reynolds *et al.*, 2005). Las especies con un comportamiento de agregaciones masivas en áreas geográficas limitadas o en periodos específicos tales como el desove (Sala *et al.*, 2003) son altamente vulnerables y pueden estar sujetas a una sobreexplotación a corto plazo, provocando disminuciones

drásticas de las poblaciones e incluso extinciones locales.

En particular, las poblaciones pequeñas están sujetas a un mayor riesgo de extinción en el medio natural debido a su susceptibilidad a eventos estocásticos. Es decir, las especies con poblaciones pequeñas pueden mostrar un alto riesgo de extinción debido a fluctuaciones demográficas causadas por variaciones aleatorias de la tasa de natalidad y mortalidad, a lo cual se le conoce como estocasticidad demográfica (Levitan y

Sewell, 1998). Debido al reducido número de oportunidades para aparearse la probabilidad de endogamia aumenta, lo que puede ocasionar una pérdida de la variabilidad genética y, con esto, bajos niveles de diversidad, ocasionando que mutaciones desfavorables puedan fijarse, provocando impactos negativos en la capacidad adaptativa de las especies.

Desde el punto de vista de la permanencia a largo plazo, el potencial evolutivo de la especie o población bajo condiciones extremas puede

PALABRAS CLAVE / Diversidad Genética / Golfo de California / Riesgo de Extinción / Totoaba /

Recibido: 30/09/2010. Modificado: 25/08/2011. Aceptado: 29/08/2011.

Fausto Valenzuela-Quíñonez. Biólogo Pesquero, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. M.C. y Estudiante de doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México.

Francisco Javier-García-de-León. Doctor en Oceanología, Université Méditerranée, Aix Marseille II, Francia. Investigador, CIBNOR, México. Dirección: Laboratorio de Genética para la Conservación, CIBNOR. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur 23090, México. e-mail: fgarcia1@cibnor.mx

Juan Antonio de Anda-Montañez. Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador, CIBNOR, México.

Eduardo Francisco Balart-Páez. Doctor en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Investigador, CIBNOR, México.

encontrarse seriamente comprometido (Frankham, 2005; Blomqvist *et al.*, 2010). Además, la interacción entre los factores ambientales, demográficos y genéticos puede generar lo que se ha dado a conocer como vértice de extinción (Gilpin y Soulé, 1986; Fagan y Holmes, 2006), que sumerge a la especie en una ruta irreversible hacia la desaparición. Sin embargo, se conoce que la mayoría de los taxa no se dirigen hacia la extinción sin sufrir previamente erosiones en la diversidad genética (Spielman *et al.*, 2004), siendo éste un parámetro de suma importancia en el monitoreo de poblaciones, e ignorarlo podría conducir a la implementación de medidas inapropiadas de conservación y a la subestimación del riesgo de extinción de poblaciones naturales (Frankham, 2005).

Prevenir la extinción de las poblaciones es un objetivo razonable en biología de la conservación, y dado que los niveles de diversidad genética son indicadores de potenciales evolutivos, el mantener la diversidad genética tenderá a reducir la posibilidad de extinción (Frankham, 1995). Así la variación genética ha sido empleada como indicador para identificar poblaciones que han sufrido cuellos de botella o reducciones severas del tamaño efectivo (Spencer *et al.*, 2009). El empleo de técnicas moleculares ha permitido obtener valiosa información sobre la integridad genética de especies en peligro de extinción, revolucionando la investigación en biología de la conservación (Oliveira *et al.*, 2006). La importancia de estudiar los niveles de diversidad genética en poblaciones naturales estriba en entender los efectos de fuerzas evolutivas sobre las frecuencias alélicas: Dichas fuerzas son la deriva, la selección, la migración y las mutaciones, y su conocimiento permite valorar el potencial evolutivo de una especie y, por lo tanto, su permanencia a largo plazo (Frankham, 1995; Couvet, 2000; Allendorf y Ryman, 2002).

Para estimar la variabilidad genética existe toda una variedad de marcadores moleculares, tanto del ADN nuclear como citoplásmico (mitocondrial y/o cloroplástico), que han sido ampliamente utilizados y están disponibles para abordar problemas relacionados con la conservación (Frankham *et al.*, 2004). Aquí, por cuestiones de espacio, solo se hará referencia a los microsátélites, los cuales son marcadores moleculares neutrales que por presentar un elevado polimorfismo, herencia mendeliana, ser abundantes en el genoma y mostrar una elevada tasa de mutación, entre otras características (Jarne y Lagoda, 1996; Schlötterer, 2000; Sunnucks, 2000), resultan ideales para realizar estudios de gené-

tica de poblaciones, estimación de porcentaje de endogamia, efecto de fragmentación de ecosistemas sobre la diversidad genética, determinar los cuellos de botella, la valoración del tamaño efectivo poblacional, etc. (Cornuet y Luikart, 1996; Luikart *et al.*, 1998; Garza y Williamson, 2001; Hoarau *et al.*, 2005; Spencer *et al.*, 2009; White *et al.*, 2010).

Por otro lado, los criterios para catalogar a las especies en peligro de extinción en diferentes categorías de amenaza hacen particular referencia a los aspectos de demografía y distribución geográfica. De tal forma que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) a través de La Comisión de Supervivencia de Especies (SSC por sus siglas en inglés) han creado una serie de categorías de amenaza para la protección de especies biológicas. Estas categorías son 'en peligro crítico', 'en peligro' y 'vulnerable', siendo definidas por los niveles de riesgo en el medio silvestre. A su vez, estas categorías se basan en criterios ecológicos y biogeográficos tales como (IUCN, 2001): a) reducción de la población, b) extensión del rango geográfico, c) poblaciones pequeñas y en disminución, d) poblaciones muy pequeñas en hábitat restringido, y e) análisis cuantitativo (análisis de viabilidad poblacional). Para la mayoría de los peces, tanto marinos como de agua dulce, listados en alguna categoría de amenaza solo se ha usado el primer criterio (reducción poblacional), por el cual una especie se encuentra en peligro crítico si disminuye un 80% durante 10 años o tres generaciones, amenazada si disminuye un 50% en 10 años o tres generaciones, y vulnerable si disminuye un 30% en 10 años o tres generaciones. Si bien este criterio es adecuado para salvaguardar cambios poblacionales rápidos en el corto plazo, sobreestima el riesgo de extinción para la mayoría de las especies de peces marinos, como se verá más adelante (Matsuda *et al.*, 1997; Musick, 1999).

Ante esta situación, la Sociedad Americana de Pesquerías (AFS por sus siglas en inglés) desarrolló una serie de nuevos criterios que toman en cuenta la resiliencia, al igual que sus características de historia de vida, como son la edad de primera madurez, el coeficiente de crecimiento individual (k), la fecundidad y la longevidad. Con esto clasifican a los organismos en cuatro escalas de productividad: alta, mediana, baja y muy baja, y cada nivel de productividad es asociado con un valor umbral de disminución poblacional de 99, 95, 85 y 70%, respectivamente. Si la disminución de la población iguala o excede el umbral

para la categoría de productividad determinada se debe listar como vulnerable, y un panel de expertos decidirá si asciende el nivel de amenaza al de amenazada o en peligro, o asigna una categoría menor (Musick *et al.*, 2000).

La experiencia con poblaciones explotadas de peces muestra que existe una relación entre la abundancia del stock y su productividad. Dependiendo del tipo de recurso, la máxima productividad neta se alcanza a cierto nivel de disminución de abundancia del stock, pero si el stock es reducido más allá de ese nivel óptimo, la productividad empieza a disminuir y el stock puede colapsar (Hilborn, 2007). La legislación pesquera, tanto mexicana como de muchos países, exige a la pesca maximizar la captura sustentable, lo cual significa disminuir el stock entre el 20 y 40% con respecto a su biomasa en ausencia de pesca (Hilborn y Walters, 1992). Por lo tanto, la disminución en la abundancia, conforme la pesquería se desarrolla, es una consecuencia inevitable para lograr la producción; sin embargo, esto ha sido visto como un signo de seria preocupación por aquellos interesados principalmente en la abundancia (Hilborn, 2007). Estos argumentos resaltan el hecho que una población no debería ser considerada en peligro de extinción cuando alcanza su máxima productividad neta, a pesar de haberse disminuido la abundancia a niveles que los criterios de la IUCN indican que el recurso estaría en riesgo (Musick, 1999; Reynolds *et al.*, 2005).

Por su parte, la legislación mexicana establecida en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002) cataloga a las especies en tres categorías: peligro de extinción, (peligro crítico y peligro; IUCN) amenazadas, (vulnerable; IUCN) y protección especial, (preocupación menor; IUCN). Los criterios para designar tales categorías son: a) amplitud de la distribución del taxón en México, b) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón, c) vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón, y d) impacto de la actividad humana sobre el taxón. Cada uno de estos criterios cuenta con valores del 1 al 3, y si la sumatoria del puntaje de cada criterio corresponde entre 12 y 14 puntos, la especie será catalogada como en peligro de extinción, mientras que si suma entre 10 y 11 puntos se considerará como amenazada. Si bien existe una cierta similitud en la definición de las categorías de la legislación mexicana con las de la IUCN, los criterios de evaluación son diferentes. A excepción del primer criterio, donde la métrica es el porcentaje de ocupación del territorio nacional, los otros criterios ca-

recen de valores de referencia para medir objetivamente el nivel de amenaza, ya que solo se dan estimaciones cualitativas. En cambio, los criterios establecidos tanto por la IUCN como la AFS establecen valores puntuales para cada categoría. Idealmente, las categorías de riesgo deberían indicar la probabilidad que una especie llegue a extinguirse en un tiempo determinado (Mace y Lande, 1991). Esto requiere definiciones explícitas que no incluyan elementos subjetivos. De otra forma, las evaluaciones hechas por diferentes personas pueden diferir, dejando de una forma arbitraria la interpretación del riesgo de extinción (de Grammont y Cuarón, 2006).

Por otra parte, es importante hacer la distinción entre evaluar el estado de conservación y lo que es una prioridad de conservación. En el primer caso se trata de evaluar el riesgo de extinción de una especie, lo cual debe indicar la probabilidad de que una especie llegue a extinguirse en un tiempo dado si las condiciones de amenaza prevalecen; ésta debe ser estimada mediante una evaluación científica y, por tanto, deberá ser objetiva (Mace y Lande, 1991). En cambio, las prioridades de conservación determinan cual de las especies deben ser protegidas, y en esta definición también se considera el riesgo de extinción (Lamoreux *et al.*, 2003). Establecer las prioridades de conservación es una tarea que cae dentro del ámbito de la política, más que un análisis científico, donde la opinión pública es un factor determinante en la asignación de recursos para la conservación (Czech *et al.*, 1998). Con las prioridades de conservación surgen varios problemas inherentes a la subjetividad humana, siendo las especies carismáticas las que normalmente son las prioritarias para la conservación, a pesar que otras especies que comparten el mismo hábitat y no son carismáticas también se encuentren en peligro de extinción.

Una situación digna de resaltar para el establecimiento de los niveles de riesgo es la falta de criterios genéticos para su definición. Esto resulta paradójico, ya que la permanencia de las especies a largo plazo es dependiente del potencial evolutivo y estos factores están implícitamente incluidos en la determinación de los niveles de riesgo de extinción.

La totoaba (*Totoaba macdonaldi*, Gilbert 1891) es una especie considerada emblemática, ya que representa



Figura 1. *Totoaba macdonaldi* del Golfo de California (ictiómetro de 60cm).

el primer pez marino a nivel mundial en listado como en riesgo de extinción; sin embargo, las bases científicas en que se sustenta su estado de conservación ac-

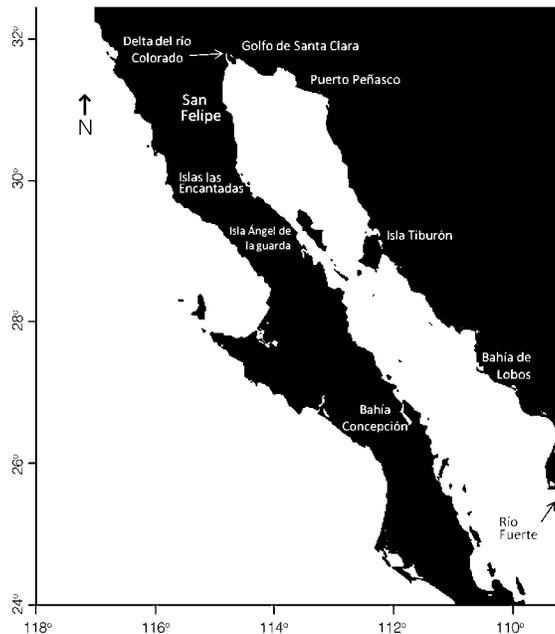


Figura 2. Golfo de California se muestran las áreas distribución de *Totoaba macdonaldi*.

tual, en nuestra opinión, permanece ambigua debido a la falta de información actualizada. Esta situación resulta paradójica, ya que los pescadores que viven en contacto directo y cotidiano con el recurso aseguran que la especie se ha recuperado, y si así fuera se necesitaría un cambio en su estado de conservación; no obstante, en el estatus legal permanece enlistada como en riesgo de extinción. De aquí surgen algunas preguntas que tienen que ver con la gestión del recurso: ¿La especie se encuentra realmente en peligro de extinción?, y por lo tanto ¿Cuál debería ser el estado de conservación actual de totoaba? Es claro que las respuestas a estas preguntas requieren de un profundo análisis crítico de la situación tanto actual como pasada, para buscar evidencias

que permitan describir la realidad, sin posiciones dogmáticas o morales, acerca de un recurso que no ha sido técnicamente estudiado desde que se enlistó como en peligro de extinción. Es necesario generar información científica para precisar su estado de conservación en el corto y largo plazo.

Historia General

La totoaba es un pez endémico del Golfo de California (Figura 1) y una de las especies más grandes de la familia Sciaenidae, llegando a medir 2m de largo y pesar más de 100kg (Flanagan y Hendrickson, 1976).

La distribución original de la totoaba (Jordan y Evermann, 1896) es considerada desde la desembocadura del río Colorado hasta Bahía Concepción en la costa oeste del Golfo, y hasta la boca del río Fuerte en el este (Figura 2). Sin embargo, actualmente se le supone restringida a la zona del Alto Golfo de California (CITES, 2010). En la literatura revisada (Flanagan y Hendrickson, 1976; Arvizu y Chávez, 1972; Cisneros-Mata *et al.*, 1995, 1997) se menciona que esta especie presenta un patrón de migración ontogénico, donde los adultos migran para la reproducción al delta del río Colorado en el Alto Golfo de California (AGC) durante invierno-primavera, por lo que dicha área es reconocida como el área de desove y crianza. Los juveniles permanecen en el AGC entre dos y tres años, y posteriormente migran al sur por la parte continental y regresan al área de desove y crianza para reproducirse. Los juveniles se alimentan de anfipodos y otros crustáceos bentónicos, además de juveniles de peces como

el chano, lisa, y gruñón, y peces adultos como góbidos, mientras que los adultos prefieren presas más grandes y pelágicas como sardinas, anchovetas y jaibas (Bergdegué, 1955; Arvizu y Chávez, 1972; Cisneros-Mata *et al.*, 1995). Sus características de historia de vida ubican a esta especie como un organismo vulnerable debido a su alta longevidad, ya que llega a vivir más de 20 años y presenta madurez sexual tardía entre 6 y 7 años (Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

La pesquería de totoaba se estableció antes de la década de 1920, como respuesta a la demanda cada vez más elevada del buche (vejiga gaseosa) por la población china de oriente y la residente en San Francisco, California (Craig, 1926; Chute, 1928). La delicada

carne de la totoaba fue un subproducto inicialmente, ya que el buche podía alcanzar un precio de US\$ 5 mientras el del resto del pez solo llegaba a US\$ 2 (Chute, 1928). Esta fue la primera y más importante pesquería en el Golfo de California a inicios del siglo pasado. Su captura aumentó hasta alcanzar un máximo histórico en 1942 con 2261ton (Figura 3), y posteriormente fue disminuyendo (280ton en 1958) hasta alcanzar un mínimo de 59ton en 1975 (Arvizu y Chávez, 1972; Rosales-Juárez y Ramírez-González, 1987).

La población de totoaba pasó por todas las etapas de desarrollo de una pesquería (Hilborn y Walters, 1992), hasta llegar al colapso. Posteriormente la especie fue catalogada como en peligro de extinción debido a la fuerte disminución en las capturas provocadas por factores tanto antropogénicos como naturales (Flanagan y Hendrickson, 1976; Cisneros-Mata *et al.*, 1995; Lercari y Chávez, 2007). La respuesta del gobierno mexicano ante esta situación fue la declaración de una veda permanente en 1975 (Flanagan y Hendrickson, 1976). En 1976 la totoaba fue listada por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES por sus siglas en inglés) en su apéndice I como en peligro de extinción (ver CITES, 2010). En 1979 el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de los EEUU la incorporó a la lista de especies amenazadas bajo el registro federal 44(99): 29478-29480 (Barrera-Guevara, 1990). Actualmente (IUCN, 2001) se encuentra catalogada como 'en peligro crítico' en la lista roja de la IUCN (ver 3.1, 2001; bajo los criterios de la versión 2.4).

Causas de la Disminución de la Población y Estado de Conservación

¿Qué argumentos científicos sostienen que la totoaba se encuentra aún en el estado de peligro de extinción? y ¿Cuál es la condición actual de la especie después de casi 35 años de protección legal? A continuación se revisarán los aspectos biológicos que fueron tomados en cuenta cuando se estableció el estatus de conservación de la especie.

Durante el proceso de evaluación de la pesquería se realizó un intento por conocer las causas de la drástica disminución de la abundancia de la totoaba. En los estudios realizados con esos fines se plantearon varias hipótesis para explicar la disminución de la población: la sobrepesca, la degradación de hábitat de desove y crianza (Flanagan y Hendrickson, 1976), así como la pesca incidental y furtiva (Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

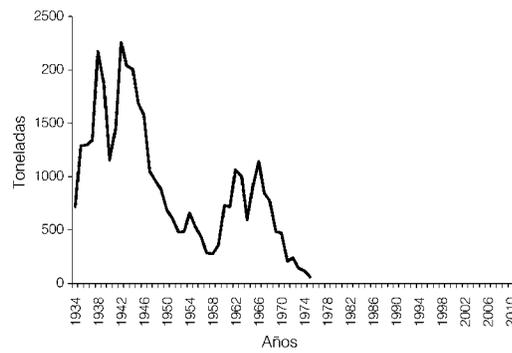


Figura 3. Serie histórica de capturas de totoaba (Arvizu y Chávez, 1979).

Sobrepesca

Según la literatura revisada, una de las principales causas de la disminución de la población de totoaba fue la sobrepesca ejercida por más de 50 años, primariamente por la flota artesanal y secundariamente por la flota deportiva. La pesca artesanal utilizaba principalmente redes agalleras de 100-200m de longitud, por 7m de ancho y una malla de 25cm, construidas de hilo nylon, las cuales se utilizaban durante la migración reproductiva de la totoaba hacia el delta del río Colorado, de enero a marzo, al norte del Golfo de California, época cuando la totoaba era altamente vulnerable por la densidad de las agregaciones (Berdegúe, 1955; Flanagan y Hendrickson, 1976; Arvizu y Chávez, 1972). Parte de la flota camaronera también participó en las capturas de totoaba, ya sea como fauna de acompañamiento, generalmente capturando juveniles llamados localmente 'machorros', o como especie objetivo utilizando redes agalleras. En el lado peninsular del Alto Golfo, la flota deportiva también incluyó a la totoaba entre las especies codiciadas, capturando grandes organismos durante la migración reproductiva e inmaduros durante el resto de la temporada (Flanagan y Hendrickson, 1976).

Con la intención de regular la actividad pesquera, al inicio existió una veda temporal de cerca de mes y medio, del 20 de marzo al primero de mayo hasta 1955, cuando cambió a ser del primero de abril hasta el 15 de mayo. Buena parte del área de desove (desde la desembocadura del río Colorado, y hacia el sur hasta una línea imaginaria que va de la Bahía de Ometepe, Baja California, a la desembocadura del río Santa Clara, Sonora) fue declarada zona de refugio con prohibición de pesca durante todo el año para la totoaba, camarón y otras especies. Estas medidas no parecieran alterar la evolución de la pesquería, ya que las capturas siguieron incremen-

tándose hasta los años 60 para luego declinar rápidamente (Flanagan y Hendrickson, 1976; Arvizu y Chávez, 1979). Es probable que la pesca ilegal en esta zona haya sido de cierta importancia, pero no existe información documentada al respecto. Ante la alarmante disminución de las capturas, el gobierno mexicano declaró la veda permanente en 1975, por lo que es de suponer que el esfuerzo de pesca se redujo considerablemente, permitiendo potencialmente algún síntoma de recuperación. No obstante, la pesca furtiva nunca ha cesado desde entonces, y

solo se cuentan con cifras aproximadas de mediados de los años 80 (Cisneros-Mata *et al.*, 1995). Desde el periodo de veda que abarca de los años 70 hasta la actualidad no se han generado datos que permitan conocer los niveles de abundancia, lo cual sería de suma importancia para evaluar el estado del recurso. Un aspecto básico que también se desconoce es si la drástica reducción de abundancia erosionó la diversidad genética hasta niveles críticos. A pesar de ello, y basado en observaciones de campo y modelos teóricos, algunos autores piensan que la totoaba muestra signos de recuperación. Por ejemplo, en febrero 1978 se capturó, a bordo de un crucero de investigación, una tonelada de juveniles de totoaba al norte de Isla de Ángel de la Guarda, lo cual fue interpretado como un signo de recuperación (Rosales-Juárez y Ramírez-González, 1987). Sin embargo, esta captura fue puntual y aislada, ya que no se mencionan otras áreas con el mismo éxito. De igual forma, Cisneros-Mata *et al.* (1995) basados en el método de curva de captura que asume que la mortalidad total (Z) refleja la tasa de disminución de la población, y usando información publicada y no publicada, estimaron un aumento en la tasa de sobrevivencia (S) anual de la especie, reportando que para mediados de 1950 el valor de S fue de 0,661/año, y de 0,831/año para 1990. Este incremento en la tasa de sobrevivencia fue considerada como un signo de recuperación reciente de la población.

Otro de los criterios usados para enlistar a una especie en peligro de extinción es la disminución de su rango de distribución geográfica. La ficha técnica de la CITES (CITES, 2010) afirma que el rango de distribución de la totoaba se habría reducido considerablemente en su límite sur hasta la altura de las grandes islas, Ángel de la Guarda y Tiburón (Figura 2). Recientemente, nuestro grupo de trabajo confirmó la presencia de la especie en el sur de Sonora durante la época de invierno, de diciembre

a febrero 2009, a poco más de 200km al sur de la referencia anterior aludida, a la altura del sistema lagunar Algodones-Lobos al sur de Guaymas y cercano al límite sur de su distribución original.

Degradación del hábitat de desove y crianza

Otra de las hipótesis consideradas para explicar la reducción de la abundancia de la totoaba es la alteración del hábitat asociada a la disminución y prácticamente cese del flujo de agua del Río Colorado, debido a la construcción de represas y proyectos de irrigación en los EEUU (represa Hoover terminada en 1935; represa Glen Canyon terminada en 1963). Dicho represamiento de las aguas del Río Colorado cambió las condiciones estuarinas en el extremo norte del Golfo de California. Algunos de esos cambios incluyen la disminución en los nutrientes y sedimentos aportados por el río (Pitcher *et al.*, 2005). De acuerdo a esta hipótesis, el cambio de salinidad se relaciona con las tasas de sobrevivencia de las crías, ya que éstas requieren de aguas salobres para desarrollarse (Berdegué, 1955; Hendrickson, 1979), por lo que la totoaba es considerada como una especie anádroma. Flanagan y Hendrickson (1976) encontraron una correlación negativa entre el flujo del río y la captura de organismos 9 años después, sugiriendo una afectación del reclutamiento que ocurre entre los 6 y 10 años de edad, pero descartaron la dependencia fisiológica al agua salobre de las larvas, como fue planteada por Berdegué, (1955) y Hendrickson, (1979). Flanagan y Hendrickson (1976) concluyeron que los efectos adversos debidos a cambios de salinidad deben operar de una manera relativa pero no absoluta. Por otro lado, existen evidencias de que los juveniles de totoaba que habitaron en aguas estuarinas antes del represamiento del Río Colorado tuvieron una tasa de crecimiento mayor que aquellas que lo hicieron después del cese del flujo de agua, aunque los mecanismos subyacentes aun son escasamente conocidos (Rowell *et al.*, 2008).

El impacto negativo del decremento del flujo del Río Colorado en la totoaba parece ser un argumento cuestionable. En efecto, bajo la hipótesis de la dependencia al ambiente estuarino, la falta de una área de crianza puede llevar a la extinción a una especie estuarino-dependiente, como sería el caso de la totoaba. Además, esto pudo haber ocurrido hace ya 40 años, desde el cese del flujo (Cisneros-Mata *et al.*, 1995), y sin embargo la totoaba sigue existiendo y usando

las áreas de AGC. Los juveniles de totoaba son capaces de tolerar los cambios sufridos en el ecosistema por la falta de agua del Río Colorado, ya que soportan salinidades entre 11 y 40ups, circunstancia que les permite reproducirse en cautiverio a 34ups, y tolerar condiciones tanto hiposmóticas como hiperosmóticas (Ortiz-Viveros, 1999). La presencia de juveniles de totoaba en el AGC parece estar más relacionada con el tipo de sustrato y la profundidad (Flanagan y Hendrickson, 1976) que con la temperatura o la salinidad (Valdez-Muñoz *et al.*, 2010). Esta información permite confirmar que la totoaba continúa usando el Alto Golfo de California como área de desove y crianza, y dado que no hay un conocimiento profundo sobre los mecanismos fisiológicos de la dependencia a estos ambientes, la estrategia de conservación más adecuada es preservar dicho ambiente para la permanencia de la especie. Lo que es importante resaltar es el grado de desconocimiento sobre los factores que determinan la dependencia de las totoabas a regresar a la desembocadura del Río Colorado y en qué medida la pérdida del flujo constante de agua de dicho río afecta la sobrevivencia de la especie.

Pesca incidental y furtiva

La pesca incidental de juveniles de totoaba por barcos camaroneros y la pesca furtiva por pescadores artesanales es otra de las hipótesis que han sido propuestas para explicar la disminución de la población. La mortalidad por esta causa se estimó para los años 80 alrededor de 120000 juveniles/año y 161ton de pesca furtiva (Cisneros-Mata *et al.*, 1995). La pesca incidental pudo haber aumentado debido al incremento del poder de pesca de los barcos camaroneros; sin embargo, con la declaratoria de veda total en el AGC a partir de 1975, se desplegaron fuertes operativos de control y vigilancia por parte del gobierno federal (a través de PROFEPA, Secretaría de Marina y CONANP) en el área de desove y crianza de la totoaba, la que actualmente se sitúa dentro de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado. Esta Reserva, decretada el 10 de junio de 1993, cuenta con un área de 934756ha. Estos operativos han ayudado a proteger la etapa más crítica y vulnerable del ciclo de vida de la totoaba, por lo que si la vigilancia ha sido efectiva se esperaría algún síntoma de mejoría en la población. Sin embargo, la cuantificación de su efecto sobre la población de la totoaba, es un asunto de especulación.

Durante el tiempo que duró la pesquería, la totoaba fue vulnera-

ble a la mortalidad por pesca debido a sus características de historia de vida. Entre ellas se pueden mencionar la capacidad de agregaciones para la reproducción en áreas restringidas (AGC), la captura de organismos inmaduros debido a una madurez sexual tardía entre 6 y 7 años (Flanagan y Hendrickson, 1976; Cisneros-Mata *et al.*, 1995) y una alta longevidad estimada en ~24 años (Román-Rodríguez y Hamman, 1997), lo que ocasiona que la especie posea una baja tasa de renovación poblacional. Un escenario plausible es que la drástica disminución de la población de totoaba haya sido multi-factorial, pero las variables implicadas o su importancia relativa no pueden ser deducidas con la información histórica disponible (Lercari y Chávez, 2007).

Estado de Conservación

Como se mencionó, la totoaba fue el primer pez marino listado por la CITES como en peligro de extinción por la drástica disminución en las capturas. Esta inclusión se hizo en una época donde los criterios para evaluar el riesgo de extinción aún no estaban bien establecidos, por lo que al final, los criterios usados debieron ser, en nuestra opinión, parcialmente subjetivos. Entonces la pregunta ¿La totoaba se encuentra aún en peligro de extinción? aún requiere de ser respondida, dado que no se cuenta con datos actualizados para evaluar la pertinencia de los criterios antes señalados. Esto crea la necesidad de generar información acorde a los criterios de evaluación del riesgo de extinción para contar con una visión objetiva del mismo. Paradójicamente, la totoaba se ha convertido en una especie prioritaria de conservación a nivel nacional, a pesar de no existir información científica que respalde tal decisión, y todo parece apuntar que la decisión de mantener a la especie en ese estado de conservación está fundamentada más en argumentos políticos y sociales que sobre una base científica.

En resumen, sea cual fuere la explicación de la disminución poblacional de la totoaba, la realidad es que la especie ha tolerado hasta el momento la alteración del hábitat en las áreas de desove y crianza, la pesca furtiva y la pesca incidental. Esto no había sido señalado previamente, pero el presente análisis bibliográfico obliga a cuestionar la credibilidad de las hipótesis planteadas. Lo que es cierto, es que el actual nivel de conocimiento no permite precisar si la totoaba es una población pequeña o grande, si es una o varias poblaciones, y si aparentemente se ha mantenido estable o no, y en definitiva, si la

población de totoaba se ha recuperado. Ante esta incertidumbre se pueden plantear nuevas hipótesis sobre la condición actual:

Ho: Dadas las perturbaciones antropogénicas y naturales que influenciaron la disminución de la población de totoaba, ésta se encuentra en peligro de extinción, y por lo tanto debe permanecer en el actual estado de conservación.

Ha: A pesar de las perturbaciones antropogénicas y naturales que influenciaron la disminución de la población de totoaba, la población se encuentra estable y se ha recuperado, y por lo tanto necesita un reexamen de su estado de conservación.

Cabe insistir que la única manera de validar la hipótesis nula es generando información actualizada que permita eliminar la subjetividad del estado de conservación del recurso.

¿Porqué es Necesario Reevaluar la Condición de la Totoaba?

La necesidad de reevaluar el estatus de conservación surge por la falta de investigación científica que genere información básica para ponderar los criterios propuestos por organismos tanto nacionales como internacionales. Después de más de 35 años de no estudiar a la totoaba en su medio natural se desconoce el tamaño de la poblacional, la amplitud espacial que la especie ocupa en su área de distribución geográfica natural, atributos poblacionales tales como la edad, crecimiento, talla de primera madurez, fecundidad, y mortalidad, y también se desconocen aspectos importantes para la gestión y conservación tales como si la especie esta constituida por una sola población o existen varias unidades poblacionales independientes, y si la reducción poblacional provocó un cuello de botella trayendo consigo una reducción del potencial evolutivo de la especie.

En la actualidad existe un programa para rehabilitar a la población de totoaba en el medio natural por parte de la Universidad de Baja California, mediante un programa de cultivo: No obstante, no existen datos genéticos y demográficos que permitan valorar el éxito de tales repoblamientos. Se conoce a nivel mundial que existe incertidumbre sobre las prácticas de cultivo para rehabilitar stocks, principalmente debido a que las prácticas de cultivo generalmente usan un reducido número de reproductores como fundadores, lo cual crea un cuello de botella generando una potencial erosión de la variabilidad genética (Aho *et al.*, 2006; Shikano *et al.*, 2008; Araki y Schmid, 2010). Por ello, es urgente de-

terminar los niveles de diversidad genética en la o las poblaciones de totoaba en su ambiente natural y compararla con aquella originada por las actividades de repoblación para determinar el potencial impacto de las prácticas de repoblamiento actuales.

El nivel de conocimiento actual sobre el estado de salud de la totoaba ha impedido la aplicación de los nuevos criterios de evaluación tanto de la IUCN (2001) como de la AFS (Musick, 1999). Además, existe una demanda creciente por parte de los pescadores del AGC para la reapertura de una pesca deportiva y controlada, debido a que la abundancia, según su experiencia empírica, ha incrementado de manera notable en los últimos años, por lo que la pesca deportiva no afectaría negativamente a otra especie también en peligro de extinción, un mamífero marino que cohabita con la totoaba, la vaquita (*Phocoena sinus*). Tras esta demanda del sector pesquero y turístico, el gobierno federal mexicano a través de CONABIO, y la SEMARNAT por medio de la Dirección de Vida Silvestre y de la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), desarrollaron una serie de talleres invitando a autoridades de gobierno federal, estatal y municipal, pescadores artesanales y de la flota deportiva, así como a científicos, para discutir el estado de conservación de la especie. Una de las conclusiones que se alcanzó como consenso en dichas reuniones de trabajo fue que no existe información fidedigna y actualizada que permita conocer el actual estado de conservación.

Aunado a lo anterior, consideramos importante mencionar cómo las nuevas tecnologías pueden complementar el conocimiento biológico para generar estrategias adecuadas de conservación. En particular cabe resaltar que el uso de marcadores moleculares puede auxiliar en la comprensión y aclaración de algunas de las hipótesis planteadas sobre la dinámica de poblaciones de la totoaba. Por ejemplo, el patrón de migración propuesto para esta especie reconoce implícitamente la existencia de una sola población panmítica (genéticamente homogénea) con un comportamiento filopátrico que le permite a la especie regresar a su zona de reproducción y crianza en el Alto Golfo de California. Asimismo, la drástica disminución de la población sufrida en los años 70 pudo ocasionar una reducción alarmante de la variabilidad genética que comprometa el potencial evolutivo de la especie. La única manera de dar respuesta a estos fenómenos es mediante el uso de marcadores moleculares del ADN tales como los mi-

crosatélites, que pueden ayudar a estimar la magnitud de la erosión de la variabilidad genética ocurrida durante esos años. Para ello se desarrolló una batería de 14 loci microsátélites a partir de una muestra piloto; dichos marcadores mostraron ser altamente informativos ya que mostraron una heterocigosidad de moderada a alta, lo que significa que son apropiados para examinar la estructura poblacional (García de León *et al.*, 2010). El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en conjunto con investigadores del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), Centro de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada CICESE, Centro Regional de Investigación Pesquera del Instituto Nacional de Pesca (CRIP-INAPESCA) y Conservación del Territorio Insular Mexicano, A.C., con el apoyo de las autoridades competentes de CONANP y sector pesquero artesanal y deportivo, y mediante el financiamiento de CONABIO, Vida Silvestre de la SEMARNAT y CONANP, se encuentra realizando una investigación para abordar la problemática sobre el estado de conservación de la totoaba. En este estudio se están empleando los métodos clásicos de análisis de la dinámica poblacional y otros recientes como la genética molecular e isótopos estables. La información que se genere permitirá sentar las bases para establecer la condición actual de la población. Este ejercicio es una oportunidad tanto para la comunidad científica como para la sociedad en general para comprender el estado de la población de una especie emblemática como la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, y ayudará a generalizar perspectivas metodológicas en la evaluación del estatus de conservación para otras especies que se encuentran en la norma oficial mexicana de especies en peligro de extinción (SEMARNAT, 2002).

Conclusiones

La totoaba es un organismo vulnerable a la sobrepesca por sus características de historia de vida que fue sometida a una fuerte disminución de la población; sin embargo, se desconoce su estado de conservación actual, así como los efectos del mal manejo del ecosistema y sobrepesca sobre la resiliencia de la población. A pesar de la drástica disminución poblacional, resulta evidente que la totoaba ha soportado la degradación de hábitat, pesca furtiva y pesca incidental.

La falta de información actual causa que no se cuente con argumentos sólidos y objetivos para establecer estrategias de conservación y manejo adecuadas a las condiciones actuales, y evita la aplicación de los criterios de riesgo de extinción de las legislaciones nacionales e internacionales, generando incertidumbre, y por lo tanto, discordia entre usuarios y sector gubernamental en cuanto al manejo de la especie.

Es necesario fomentar y apoyar proyectos de investigación que permitan obtener información científica basada en nuevas tecnologías que co-ayuden a entender la dinámica actual y pasada de las especies enlistadas con algún estatus de riesgo tanto por las agencias nacionales como internacionales, para contar con una visión objetiva de su estado de conservación, y por lo tanto, promover medidas de gestión sustentables que permitan responder a las demandas de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dedican este trabajo a la memoria de José Rafael Campoy Favela, ex-Director de la Reserva del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, promotor de programas de conservación y manejo sustentables de los recursos del Alto Golfo de California; agradecen a CONABIO, Vida Silvestre de la SEMARNAT y CONANP por el financiamiento del proyecto 'Estado de salud y estatus de conservación de la(s) población(es) de totoaba (*Totoaba macdonaldi*) en el Golfo de California: una especie en peligro de extinción', y al CIBNOR por el apoyo brindado a través de los proyectos internos EP2, y PC4.2. El primer autor agradece a CONACYT por la beca doctoral otorgada (235142).

REFERENCIAS

- Aho T, Rönn J, Piironen J, Björklund M (2006) Impacts of effective population size on genetic diversity in hatchery reared Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations. *Aquaculture* 253: 244-248.
- Allendorf FW, Ryman N (2002) The role of genetics in population viability analysis. In: Beissinger SR, McCullough DR (Eds.) *Population Viability Analysis*. University of Chicago Press. Chicago, IL; EEUU. pp. 50-85.
- Araki H, Schmid C (2010) Is hatchery stocking a help or harm?: Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture* 308: S1-S11.
- Arvizu J, Chávez H (1972) *Sinopsis sobre la Biología de la Totoaba Cynoscion macdonaldi Gilbert, 1891*. Fisheries Synopsis N° 108. UN Food and Agriculture Organization, Roma, Italia. 26 pp.
- Barrera-Guevara JC (1990) The conservation of *Totoaba macdonaldi* (Gilbert), (Pisces: Sciaenidae), in the Gulf of California, México. *J. Fish Biol.* 37: 201-202.
- Berdegú AJ (1955) La pesquería de Totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) en San Felipe, Baja California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 16: 45-78.
- Blomqvist D, Pauliny A, Larsson M, Flodin LA (2010) Trapped in the extinction vortex? Strong genetic effects in a declining vertebrate population. *BMC Evol. Biol.* 10: 33.
- Chute R (1928) The totoaba fishery at the California Gulf. *Calif. Fish Game* 14: 275-281.
- Cisneros-Mata MA, Montemayor-López G, Román-Rodríguez MJ (1995) Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. *Cons. Biol.* 9: 806-814.
- Cisneros-Mata MA, Botsford LW, Quinn JF (1997) Projecting viability of *Totoaba macdonaldi*, a population with unknown age-dependent variability. *Ecol. Applic.* 7: 968-980.
- CITES (2010) Review of CITES Appendixes Based on Resolution Conf. 9.24 (Rev.) *Totoaba macdonaldi* (Mexican seabass). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. México. 10 pp.
- Cornuet JM, Luikart G (1996) Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics* 144: 2001-2014.
- Couvet D (2000) Populations réintroduites ou menacées: effets de la consanguinité. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 7: 129-131.
- Craig JA (1926) A new fishery in Mexico. *Calif. Fish Game* 12: 166-169.
- Czech B, Krausman PR, Borkhataria R (1998) Social construction, political power, and the allocation of benefits to endangered species. *Cons. Biol.* 12: 1103-1112.
- de Grammont PC, Cuarón AD (2006) An evaluation of threatened species categorization systems used on the american continent. *Cons. Biol.* 20: 14-27.
- Dulvy NK, Sadovy Y, Reynolds JD (2003) Extinction vulnerability in marine populations. *Fish Fish.* 4: 25-64.
- Fagan WF, Holmes EE (2006) Quantifying the extinction vortex. *Ecol. Lett.* 9: 51-60.
- Flanagan CA, Hendrickson R (1976) Observations on the commercial fishery and reproductive biology of the Totoaba *Cynoscion macdonaldi* in the northern Gulf of California. *Fish. Bull.* 74: 531-544.
- Frankham R (1995) Conservation genetics. *Annu. Rev. Genet.* 29: 305-327.
- Frankham R (2005) Genetics and extinction. *Biol. Cons.* 126: 131-140.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2004) *Introduction to Conservation Genetics* 4^a ed. Cambridge University Press. Nueva York, EEUU. 617 pp.
- García de León FJ, Valles-Jiménez R, Shaw K, Ward R, de-Anda-Montañez JA, Martínez-Delgado ME (2010) Characterization of fourteen microsatellite loci in the endemic and threatened totoaba (*Totoaba macdonaldi*) from the Gulf of California. *Cons. Genet. Resour.* 2: 219-221.
- Garza JC, Williamson EG (2001) Detecting reduction in population size using data from microsatellite loci. *Mol. Ecol.* 10: 305-318.
- Gilpin ME, Soulé ME (1986) Minimum viable populations: processes of extinction. En Soulé ME (Ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer. Sunderland, MA, EEUU. pp. 19-34.
- Hendrickson JR (1979) Totoaba: Sacrifice in the Gulf of California. *Ocean. Soc.* 12: 14-28.
- Hilborn R (2007) Reinterpreting the state of fisheries and their management. *Ecosystems* 10: 1362-1369.
- Hilborn R, Walters CJ (1992) *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall. Nueva York, EEUU. 570 pp.
- Hoarau G, Boon E, Jongma DN, Ferber S, Pals-son J, Van der Veer HW, Rijnsdorp AD, Stam WT, Olsen JL (2005) Low effective population size and evidence for inbreeding in an overexploited flatfish, plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Proc. Roy. Soc. B: Biol. Sci.* 272: 497-503.
- IUCN (2001) *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Ver. 3.1. International Union for Conservation of Nature*. Gland, Suiza. 32 pp.
- Jarne P, Lagoda PJJ (1996) Microsatellites, from molecules to populations and back. *Trends Ecol. Evol.* 11: 424-429.
- Jordan DS, Evermann BW (1896) *The Fishes of the North and Middle America*. US National Museum Bulletin N° 47. 1240 pp.
- Lamoreux J, Resit Akçakaya H, Bennun L, Collar NJ, Boitani L, Brackett D, Bräutigam A, Brooks TM, da Fonseca GAB, Mittermeier RA, Rylands AB, Gärdenfors U, Hilton-Taylor C, Mace G, Stein BA, Stuart S (2003) Value of the IUCN Red List. *Trends Ecol. Evol.* 18: 214-215.
- Lercari D, Chávez EA (2007) Possible causes related to historic stock depletion of the totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Perciformes: Sciaenidae), endemic to the Gulf of California. *Fish. Res.* 86: 136-142.
- Leviton DR, Sewell MA (1998) Fertilization success in free-spawning marine invertebrates: review of the evidence and fisheries implications. En Jamieson GS, Campbell A, (Eds.) *Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Science* N° 125. pp. 159-164.
- Luikart G, Allendorf FW, Cornuet JM, Sherwin WB (1998) Distortion of allele frequency distributions provides a test for recent population bottlenecks. *J. Hered.* 89: 238-247.
- Mace GM, Lande R (1991) Assessing extinction threats: toward a reevaluation of IUCN threatened species. *Cons. Biol.* 5: 148-157.
- Matsuda H, Yahara T, Ouzumi Y (1997) Is tuna critically endangered? Extinction risk of a large and overexploited population. *Ecol. Res.* 12: 345-356.
- Musick JA (1999) Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries* 24: 6-14.
- Musick JA, Harbin MM, Berkeley SA, Burgess GH, Eklund AM, Findley L, Gilmore RG, Golden JT, Ha DS, Huntsman GR, McGovern JC, Parker SJ, Poss SG, Sala E, Schmidt TW, Sedberry GR, Weeks H, Wright SG (2000) Marine, Estuarine, and Diadromous Fish Stocks at Risk of Extinction in North America (Exclusive of Pacific Salmonids). *Fisheries* 25: 6-30.
- Oliveira EJ, Pádua JG, Zucchi MI, Vencovsky R, Vieira MLC (2006) Origin, evolution and genome distribution of microsatellites. *Genet. Mol. Biol.* 29: 294-307.

- Ortiz-Viveros D (1999) *Regulación Iónica y Osmótica de los Juveniles de Totoaba macdonaldi ante Cambios de Salinidad*. Universidad Autónoma de Baja California. 66 pp.
- Pitcher TJ, Ainsworth CH, Bucharly EA, Cheung WI, Forrest R, Haggan N, Lozano H, Morato T, Morissette L (2005) Strategic management of marine ecosystems using whole-ecosystem simulation modelling: The 'back to the future' policy approach. En Levner E, Linkov I, Proth JM (Eds.) *Strategic Management of Marine Ecosystems*. Springer Holanda. pp. 199-258.
- Reynolds JD, Dulvy NK, Goodwin NB, Hutchings JA (2005) Biology of extinction risk in marine fishes. *Proc. Roy. Soc. B-Biol. Sci.* 272: 2337-2344.
- Román-Rodríguez M, Hammann GM (1997) Age and growth of totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Sciaenidae) in the upper Gulf of California. *Fish. Bull.* 95: 620-628.
- Rosales-Juárez F, Ramírez-González E (1987) *Estado Actual sobre el Conocimiento de la Totoaba* (*Cynoscion macdonaldi*, Gilbert 1890). 1ª ed. Secretaría de Pesca. México. 42 pp.
- Rowell K, Flessa KW, Dettman DL, Román MJ, Gerber LR, Findley LT (2008) Diverting the Colorado River leads to a dramatic life history shift in an endangered marine fish. *Biol. Cons.* 141: 1138-1148.
- Sala E, Aburto-Oropeza O, Paredes G, Thompson G (2003) Spawning aggregations and reproductive behavior of reef fishes in the Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.* 72: 103-121.
- Schlötterer C (2000) Evolutionary dynamics of microsatellite ADN. *Chromosoma* 109: 365-371.
- SEMARNAT (2002) *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección Ambiental -Especies Nativas de México Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Peligro*. Diario Oficial de la Federación. México. 153 pp.
- Shikano T, Shimada Y, Suzuki H (2008) Comparison of genetic diversity at microsatellite loci and quantitative traits in hatchery populations of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish Biol.* 72: 386-399.
- Spencer CC, Neigel JE, Leberg PL (2009) Experimental evaluation of the usefulness of microsatellite DNA for detecting demographic bottlenecks. *Mol. Ecol.* 9: 1517-1528.
- Spielman D, Brook BW, Frankham R (2004) Most species are not driven to extinction before genetic factors impact them. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 101:15261-15264.
- Sunnucks P (2000) Efficient genetic markers for population biology. *Trends Ecol. Evol.* 15: 199-203.
- Valdez-Muñoz C, Aragón-Noriega EA, Ortega-Rubio A, Salinas-Zavala CA, Arreola-Lizárraga JA, Hernández-Vázquez S, Beltrán Morales LF (2010) Distribución y abundancia de juveniles de *Totoaba macdonaldi* y la salinidad del hábitat de crianza. *Interciencia* 35:136-139.
- White TA, Stamford J, Hoelzel AR (2010) Local selection and population structure in a deep-sea fish, the roundnose grenadier (*Coryphaenoides rupestris*). *Mol. Ecol.* 19: 216-226.

THE 'TOTOABA' FROM THE GULF OF CALIFORNIA: A SPECIES IN DANGER OF EXTINTION?

Fausto Valenzuela-Quiñonez, Francisco Javier García-de-León, Juan Antonio de-Anda-Montañez and Eduardo F. Balart

SUMMARY

A species is considered as critically endangered when its global existence is close to wildlife extinction. The decision to list a species as an endangered one requires attention and overall consensus among specialist in its biological group. This review analyzes some criteria to assess endangered categories and their applicability to fishery resources. As a specific case, the current status of the 'totoaba' (*Totoaba macdonaldi*) is described. It was the first fish listed as endangered and there is a strong controversy about its current conservation status. The scientific bases to list this species as endangered are discussed, and the factors that affected and still affect its permanence in

the Gulf of California are revised. The study of the available literature shows that, in spite of the past strong totoaba population depletion, it has been able to support overexploitation, habitat change, poaching and catch fishery. However, the current conservation status, as well as ecosystem and overfishing effects on population resilience, are unknown. The establishment of conservation and management strategies is not possible at present, given the lack of knowledge that prevails. Thus, specific research is required in order to know the current conservation status of totoaba.

A TOTOABA DO GOLFO DE CALIFÓRNIA. UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO?

Fausto Valenzuela-Quiñonez, Francisco Javier García-de-León, Juan Antonio de-Anda-Montañez, e Eduardo F. Balart

RESUMO

Uma espécie é considerada em perigo crítico de extinção quando sua existência a nível global se encontra ao borde de desaparecimento no meio natural. A decisão de incorporar uma espécie na lista de espécies em perigo de extinção requer de considerável atenção e do consenso de especialistas no seu grupo biológico. Nesta revisão são analisados alguns critérios para avaliar as categorias de ameaça e sua aplicabilidade a recursos pesqueiros. Em particular, se descreve o caso da totoaba (*Totoaba macdonaldi*), a primeira espécie marinha incluída nas listas de espécies em perigo, e sobre a que existe uma forte controvérsia sobre seu estado de conservação. São analisados os fundamentos empregados para determinar se a espécie está em perigo

de extinção, e são revisados os fatores que afetaram e afetam a permanência da totoaba no Golfo de Califórnia. De acordo à revisão bibliográfica realizada se deduz que apesar da drástica diminuição populacional pela sobre-exploração no século passado, a totoaba tem suportado a degradação de hábitat, pesca furtiva e pesca incidental. No entanto, se desconhece seu estado de conservação atual e os efeitos pelo manejo indevido do ecossistema e a pesca em excesso durante a resiliência da população. A falta de informação dificulta estabelecer estratégias de conservação e manejo adequadas para as condições atuais, pelo que se insiste na necessidade de realizar estudos que permitam conhecer o atual estado de conservação da totoaba.