

Review

La acuariofilia de especies ornamentales marinas: un mercado de retos y oportunidades

Fabiola Lango Reynoso¹, María Castañeda-Chávez¹, Jorge E. Zamora-Castro¹,
Galdy Hernández-Zárate¹, Magdiel A. Ramírez-Barragán² & E. Solís-Morán¹

¹Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos, Instituto Tecnológico de Boca del Río
P.O. Box 94290, Boca del Río, Veracruz, México

²Corallium, S.A. de C.V., Privada de Azaleas 16, Col. Jardines de Las Ánimas
P.O. Box 91190, Xalapa, México

RESUMEN. La industria de la acuariofilia es un mercado que se encuentra en expansión. Aun cuando no existe información exacta respecto a cifras y valores del comercio internacional, se calcula que esta industria genera ganancias sobre US\$ 300 millones con una tasa de crecimiento anual del 14%. De esta cifra, aproximadamente US\$ 28 a 44 millones corresponden a peces ornamentales de origen marino. No obstante, una de las controversias que ha generado el comercio de especies marinas es que casi la totalidad de los organismos son capturados del medio natural, y en muchos casos de manera ilegal. En este trabajo se realiza una revisión que incluye: historia de la acuariofilia, principales especies ornamentales de importancia comercial, comercio internacional, riesgos del comercio de especies marinas, estrategias de conservación y situación actual en México. En este último tema, se abordan aspectos que describen el desarrollo y perspectivas del mercado de la acuariofilia marina y algunas iniciativas de instituciones académicas y privadas dirigidas al desarrollo de la acuicultura sostenible de especies marinas de ornato de importancia comercial en el país.

Palabras clave: recursos marinos ornamentales, comercio internacional, acuariofilia marina, acuicultura sustentable, México.

Ornamental marine fishkeeping: a trade of challenges and opportunities

ABSTRACT. The aquariums industry is a trade that is expanding. Although there is no accurate information regarding the figures of the aquarium industry in the international scenario, it is estimated to generate revenues over US\$ 300 million with an annual growth rate of 14%. Approximately US\$ 28 to 44 million of this amount is generated by the ornamental marine fish trade. However, the trade in marine species has aroused controversy regarding the extraction of almost all traded marine organisms from wild populations and, in many cases, illegally. This paper presents a review that includes: the ornamental marine fishkeeping history, the species of commercial importance, the international trade scenario, risks of the aquarium industry, conservation strategies, and the current situation of this trade in Mexico. The last section focuses on describing the development and market prospects of the marine aquarium trade. Additionally, some initiatives from academic and private institutions aimed at developing sustainable aquaculture on ornamental marine fish species of commercial importance in Mexico are provided.

Keywords: ornamental marine resources, international trade, marine fishkeeping, sustainable aquaculture, Mexico.

Corresponding author: Galdy Hernández Zárate (galdyhz@gmail.com)

INTRODUCCIÓN

La acuariofilia marina se ha convertido en un pasatiempo popular y de gran expansión a nivel

mundial. Los avances en la crianza de organismos marinos (vertebrados e invertebrados) en cautiverio bajo condiciones controladas, así como el desarrollo de tecnologías para acuarios han facilitado la afición

por este pasatiempo, en especial de aquellas especies exóticas de gran colorido como peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y corales, provenientes primordialmente de arrecifes coralinos (Livengood & Chapman, 2007).

Se estima que alrededor del mundo existen aproximadamente 2 millones de personas que cuentan con acuarios marinos. El mercado de animales vivos que nutre este pasatiempo opera en zonas tropicales y subtropicales, generando ganancias sobre US\$ 300 millones de dólares anualmente (Wabnitz *et al.*, 2003). Consecuentemente, la industria de la acuariofilia se ha convertido en una actividad económicamente rentable y el precio de muchas especies marinas asociadas al mercado de ornato se ha visto favorecido por la gran demanda internacional (Livengood & Chapman, 2007). Por ejemplo, un kg de peces de arrecife de coral destinados para acuarios, puede alcanzar un precio en el mercado de US\$ 500 a US\$ 1.800 dólares; mientras que un kilogramo de peces marinos para el consumo humano pueden oscilar entre US\$ 6 y US\$ 16,50 dólares (Cato & Brown 2003; Wabnitz *et al.*, 2003).

No obstante, una de las controversias que ha generado el comercio de especies marinas es que a diferencia de los peces ornamentales de agua dulce donde más del 90% es producido en granjas, únicamente el 2% de los peces y el 1% de los corales son obtenidos mediante técnicas de cultivo en cautiverio (Wabnitz *et al.*, 2003). Por esto, es necesaria la implementación de estrategias de gestión que aborden no solo el comercio de la acuariofilia, sino también la normatividad y la transferencia tecnológica, enfocadas al manejo y cultivo sostenido de las poblaciones de las especies explotadas, para mantener la biodiversidad y la industria de la acuariofilia en el largo plazo. En este trabajo se presenta una revisión global de la acuariofilia de especies ornamentales marinas, incluyendo el estado de desarrollo en México. En este último apartado, se abordan temas que describen el desarrollo y perspectivas del mercado de la acuariofilia marina y algunas iniciativas de instituciones académicas y privadas dirigidas al desarrollo de la acuicultura sostenible de especies marinas de ornato de importancia comercial en el país.

Historia de la acuariofilia

El cultivo de especies acuáticas de ornato, surgió con la crianza de peces, actividad tan antigua como nuestra civilización (Vieth *et al.*, 1998). Se cree que los primeros en desarrollar esta afición fueron los egipcios, quienes criaron peces en estanques por razones místicas y ornamentales; mientras que los

chinos durante la Dinastía Sung perfeccionaron el cultivo de peces dorados y carpas (koi), siendo la primera nación en realizar exportaciones de peces de ornato a Japón en el año 1.500. En el s. XVII, la afición por peces de ornato se popularizó en Europa y un siglo después en América (Mills, 1993; Arévalo, 1994; Vieth *et al.*, 1998).

En el caso particular de especies marinas en acuarios, esta actividad tuvo su inicio a mediados del s. XIX. Sin embargo, la comercialización y exportación de peces tropicales marinos para el comercio de acuarios comenzó en Sri Lanka en la década de 1930, a muy pequeña escala (Wijesekara & Yakupitiyage, 2001). El comercio se expandió durante la década de 1950 a un número cada vez mayor de países, favoreciendo que la cantidad de permisos para la recolección de especies destinadas a acuarios marinos se incrementara en países exportadores como Hawai y Filipinas (Wood, 2001). En 1952, F. Earl Kennedy revolucionó la industria de peces marinos para acuarios, generando conocimientos sobre el mantenimiento de peces tropicales en cautiverio e incursionando en la exportación de peces a mercados competitivos como el de Estados Unidos (Albaladejo & Corpuz, 1982).

Para 1970, las pesquerías ornamentales marinas se establecieron también en varios países tropicales y subtropicales de la región Indo-Pacífica (Bruckner, 2005). Contemporáneamente, el inicio del cultivo comercial de peces ornamentales marinos en Estados Unidos, surge con la instalación de criaderos cercanos a zonas costeras como Instant Ocean Hatcheries (1974-1985), Aqualife Research (1972) y Sea World (1964) (Hoff, 1985). Posteriormente, otras instalaciones comerciales fueron puestas en operación alrededor del mundo, tales como: Tropic Marine Centre en Reino Unido, Oceans Reefs Aquarium en Florida (USA), C-Quest en Puerto Rico, y South Australian Seahorse Marine Services en Australia. Asimismo, fueron creados laboratorios experimentales en universidades y fundaciones dedicadas a la investigación de peces marinos ornamentales para su uso en la acuariofilia, dentro de las que destacan: Aquarium Complex/Marine & Aquaculture Research Facilities Unit (Australia); Guam Aquaculture Development & Training Center y la fundación Sea Grant (USA) (Fenner, 2011).

Especies ornamentales marinas de importancia comercial

La industria de los acuarios marinos depende fundamentalmente del suministro de especies ornamentales de vertebrados e invertebrados. Entre los organismos marinos de mayor importancia comercial,

destacan los peces y los crustáceos por su atractivo colorido, forma exótica y particular comportamiento. Sin embargo, el mercado internacional de especies marinas para acuarios está dominado por los peces, con un volumen de producción anual promedio de aproximadamente 20 millones de peces tropicales (Cato & Brown, 2003; Wabnitz *et al.*, 2003). Además de los peces, se extraen y comercializan cerca de 9-10 millones de invertebrados móviles, 12 millones de corales duros y 390.000 piezas de corales blandos, representados por 140 y 61 especies, respectivamente (Wabnitz *et al.*, 2003; Alencastro, 2004; Balaji *et al.*, 2009).

Peces

La mayoría de los peces marinos se destinan para su exhibición en acuarios, a excepción de los caballitos de mar, pez aguja y pez globo que se venden en el mercado como curiosidades o artículos para el hogar, o bien son empleados en la medicina tradicional (Bruckner, 2005). La preferencia en el mercado está dominada por machos juveniles debido a que presentan mayor colorido que las hembras y sobreviven más tiempo que los organismos adultos; además que su transporte resulta más fácil y económico (Green, 2003).

De las 1.471 especies de peces comercializadas en el mundo, la familia Pomacentridae, comprende las especies de mayor apreciación comercial, con aproximadamente 350 especies (Olivier, 2001; Wabnitz *et al.*, 2003). La mayoría de estas especies son originarias de la zona tropical del océano Índico y Pacífico occidental (Green, 2003). Las damiselas (Pomacentridae), pez payaso (Pomacentridae) y pez ángel (Pomacanthidae), representan aproximadamente la mitad del comercio. Otras especies con relevancia en el mercado internacional pertenecen al grupo de los peces cirujanos (Acanthuridae), los lábridos (Labridae), gobios (Gobiidae) y pez mariposa (Chaetodontidae), que en conjunto constituyen el 33% (Wabnitz *et al.*, 2003; Bruckner, 2005; Rajasekar *et al.*, 2009). Dentro de estos grupos, las diez especies de mayor demanda son: *Amphiprion ocellaris* (Pomacentridae); *Chromis viridis* (Pomacentridae); *Labroides dimidiatus* (Labridae); *Chrysiptera hemicyanea* (Pomacentridae); *Salarias fasciatus* (Blenniidae); *Chrysiptera cyanea* (Pomacentridae); *Paracanthurus hepatus* (Acanthuridae); *Synchiropus splendidus* (Callionymidae); *Pseudanthias squamipinnis* (Serranidae); *Acanthurus leucosternon* (Acanthuridae), mismos que representan el 36% de todos los peces comercializados (Wood, 2001).

Corales

Los corales duros (Scleractinia) han sido extraídos principalmente para su exhibición en acuarios públicos, hoteles, restaurantes y oficinas. Sin embargo, su popularidad en acuarios para el hogar se ha incrementado en los últimos 20 años (Delbeek, 2001; Bruckner, 2005).

Un total de 12 millones de piezas de coral, pertenecientes a 140 especies de corales duros (la mayoría escleractinios) se comercializan anualmente en todo el mundo (Wabnitz *et al.*, 2003). Aproximadamente el 56% del comercio de los corales vivos está representado por especies que pertenecen a siete géneros: *Acropora* spp. (Acroporidae), *Catalaphyllia* spp. (Caryophylliidae), *Trachyphyllia* spp. (Trachyphyllidae), *Euphyllia* spp. (Caryophylliidae), *Goniopora* spp. (Poritidae) y *Plerogyra* spp. (Caryophylliidae) (Bruckner, 2000, 2005; Balaji *et al.*, 2009). Entre estos se destacan por su colorido y grandes pólipos, los géneros *Trachyphyllia* spp., *Heliofungia* spp. (Fungiidae) y *Plerogyra* spp. (Caryophylliidae) (Wabnitz *et al.*, 2003; Balaji *et al.*, 2009).

El mercado de corales blandos o suaves está representado por aproximadamente 71 especies, ascendiendo aproximadamente a 390.000 piezas por año; los principales géneros de interés en la industria de la acuariofilia son *Sarcophyton* spp. y *Dendronephthya* spp. (Green & Shirley, 1999; Wabnitz *et al.*, 2003).

Invertebrados

En el mercado internacional se comercializan aproximadamente entre 9 y 10 millones de invertebrados marinos, pertenecientes mayoritariamente a 55 especies, incluyendo 10 especies de moluscos (caracoles y pulpos), 15 especies de crustáceos (camarones, cangrejos y langostas) y el resto corresponde a equinodermos (estrellas de mar y erizos de mar), esponjas, anémonas, gusanos de tubo o plumeros y babosas marinas (Bruckner, 2000; Wabnitz *et al.*, 2003; Balaji *et al.*, 2007, 2009).

Los géneros *Lysmata* y *Stenopus* (camarón limpiador) y el género *Heteractis* (anémonas) representan aproximadamente el 15% de todos los invertebrados comercializados anualmente. Otros organismos de importancia en el mercado de los acuarios marinos son el caracol turbo (*Turbo* spp.), almeja gigante (*Tridacna* spp.), camarón bandeado (*Tectus* spp.) y caracol bola (*Trochus* spp.) (Wood, 2001; Wabnitz *et al.*, 2003; Balaji *et al.*, 2007, 2009). Al igual que los peces y corales, la mayoría del mercado es abastecido por países de la región Indo-Pacífico y Atlántico occidental, contribuyendo aproximadamente al 20% del valor del mercado mundial (Wood, 2001).

Panorama del comercio internacional de especies marinas de ornato

Las tendencias en el mercado internacional han sido testigo de la expansión de las exportaciones e importaciones de especies de ornato. De acuerdo a FAO (2007), de 1976 a 2004 el número de países exportadores crecieron de 28 a 146 y los importadores de 32 a 120, de los cuales 80 son los que abastecen el mercado mundial de peces ornamentales marinos (Gasparini *et al.*, 2005).

Actualmente, 85% de las especies marinas que se comercializan proceden de países tropicales y subtropicales de la región Indo-Pacífica, siendo Indonesia y Filipinas, los mayores exportadores de los principales mercados del mundo (Wood, 2001; Cato & Brown, 2003; Bruckner, 2005), aunque Las Maldivas, Vietnam, Sri Lanka y Hawai (EE.UU.) también suministran un número importante de organismos para acuarios marinos (Sadovy & Vincent 2002; Bruckner, 2005). Otro país que ha adquirido relevancia mundial en la última década es Brasil, convirtiéndose en uno de los principales exportadores de peces marinos (Fritzche & Vincent, 2002; Monteiro-Neto *et al.*, 2003; Gasparini *et al.*, 2005).

En relación a las importaciones, Estados Unidos es el mayor importador, aportando cerca del 80% de las exportaciones de corales duros y el 50% de los peces marinos, respectivamente (Wabnitz *et al.*, 2003). Otros mercados importantes se localizan en la Unión Europea (Alemania, Francia, Reino Unido y los Países Bajos) y el sureste de Asia (especialmente Japón) que en conjunto constituyen 26% del mercado de peces (Green, 2003; Wood, 2001).

En el mercado internacional, las especies marinas muestran precios muy superiores a las de agua dulce, a pesar que 90% del valor comercializado está asociado a especies de agua dulce, mientras que las especies marinas representan únicamente el 10% (Green, 2003; FAO, 2005-2011; Panné & Luchini, 2008). Aun cuando no existe información exacta con respecto al valor y al comercio internacional de peces e invertebrados de ornato, se estima que su importación genera ganancias por aproximadamente US\$ 278 millones (FAO 1996-2005), de los cuales US\$ 28 a 44 millones corresponden a peces ornamentales marinos (Bruckner, 2005). Sin embargo, estadísticas realizadas en tiendas de mascotas, señalan que la industria de los acuarios podría alcanzar valores superiores a los mil millones de dólares (Cato & Brown, 2003).

Pesca ilegal y prácticas indebidas de captura

El comercio ilegal de las especies ornamentales marinas se inicia desde su captura por pescadores

riberños, quienes adoleciendo de una cultura ecológica y ambiental que les permita distinguir entre qué organismos capturar y cuáles no, colectan literalmente todo aquel ser vivo susceptible de captura, utilizando en algunas ocasiones, prácticas poco éticas para la captura (uso de explosivos o químicos como rotenona o cianuro) y manejo de organismos acuáticos (transporte en botellas plásticas). Esta práctica ha sido fomentada principalmente por los dueños de acuarios o tiendas de mascotas quienes al carecer de permiso legal y falta constante de inspección y regulación sanitaria por parte de las autoridades locales, han hecho de este comercio ilegal, una forma de vida cuyo modelo de comercialización reviste un “abaratamiento” excesivo de los organismos acuáticos, al ser vistos como artículos “de segunda” por parte de las poblaciones locales de los países exportadores, debido a que desconocen el valor real de su riqueza biológica. Esta situación genera a los propios pescadores ganancias económicas mínimas, ya que por su incultura los venden a un bajo costo, *i.e.*, para el caso de México el erizo de mar es vendido por los pescadores en US \$ 1,00 y en US \$ 8,00 el pez ángel francés del golfo de México o el ángel reyna del Caribe, cuyo costo real en el mercado internacional asciende de US\$ 7,00 para el erizo de mar, llegando a alcanzar precios de US\$ 44,50 para el ángel francés, y por arriba de US\$ 54,00 para el ángel reyna.

Especies invasoras y sanidad acuícola

Uno de los principales problemas del cultivo de especies marinas es la aparición de enfermedades de tipo infeccioso (bacterias, virus y hongos), parasitario (protozoos y helmintos) o toxicológico (microalgas y contaminantes químicos). Algunas enfermedades de origen bacteriano y viral son consideradas de mayor riesgo y patogenicidad debido a que ocasionan hasta el 100% de mortalidad de los organismos por la falta de tratamientos adecuados (Del Río-Rodríguez, 2004; Ramaiah, 2006; Harvell *et al.*, 2007). Además, la carencia en infraestructura y capacitación técnica en la cuantificación y diagnóstico de microorganismos patógenos ocasiona graves problemas de sanidad acuícola. Por tal motivo, se debe fomentar la creación de programas funcionales de certificación, inocuidad y trazabilidad de los productos acuícolas, y su industrialización para ofrecer productos con mayor valor agregado y fortalecer los programas de articulación productiva con base en las especies de mayor importancia económica y ecológica, para garantizar la rentabilidad de las empresas que manejen los esquemas productivos.

Problemáticas asociadas al control del mercado internacional

A pesar del potencial que tiene la industria de la acuariofilia a nivel mundial, muchos de los países exportadores mantienen un sistema de control poco sistemático sobre las especies capturadas y el estado de sus poblaciones. Por ejemplo, a menudo los mayoristas declaran una menor cantidad de peces de los que realmente exportan, para pagar menos impuestos y mantener envíos anuales dentro de su cuota individual permisible, teniendo como consecuencia, una subestimación del número total de peces cosechados y exportados (Monteiro-Neto, 2003; Zajicek *et al.*, 2009). Por otra parte, existe desconocimiento del recurso por parte de los funcionarios públicos encargados de controlar el mercado de especies ornamentales marinas, propiciando innumerables errores de manejo como la autorización indebida de cuotas y peces capturados o el de otorgar permisos de extracción de especies que se encuentran en peligro de extinción por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) u otros organismos locales y/o nacionales, a menudo por identificación errónea (Anguas-Vélez & Contreras-Olguín, 2010). Esto indica, la necesidad de actualizar las estructuras institucionales, normativas, y capacitación técnica de los funcionarios en la identificación de peces marinos, teniendo acceso a las actualizaciones de las guías de identificación de peces, que conduzca hacia un desarrollo ambiental y socialmente sostenible. De este modo, la información generada debe proveer elementos necesarios para el proceso de concesión de permisos y de control estadístico, para conocer el estado actual de las pesquerías.

Estrategias de conservación

El cultivo en cautiverio puede ayudar a sostener la industria marina ornamental y mitigar el impacto al ambiente, reduciendo así la necesidad de recolectar especímenes silvestres de las poblaciones naturales. A medida que se logre adecuar y estandarizar las técnicas de cultivo y propagación para cada especie o grupo de organismos, se logrará una mayor diversificación de especies que satisfaga la demanda del mercado y con ello la disminución de los volúmenes de extracción (Tlustý, 2002; Setu, 2010). Estudios relacionados con la biología de la especie de interés, nuevas técnicas de cultivo, determinación de alimentos vivos alternativos, sistemas de recirculación de agua y el estado de salud de los organismos cultivados, pueden permitir la producción de organismos de mayor calidad que los extraídos del

medio natural (Stayman, 1999; Calfo, 2001; Rajasekar *et al.*, 2009; Olivotto, 2011).

Asimismo, algunos de los objetivos de la acuicultura ornamental sostenible incluyen por una parte, la crianza de organismos difíciles de recolectar o que son de baja abundancia en la naturaleza, y por otra, la recuperación y repoblamiento de hábitats donde las especies han sido erradicadas. Técnicamente, el acondicionamiento y adaptación de las especies en cautiverio permiten que la producción pueda incrementarse sin depender de la extracción directa del ambiente, además de permitir ofrecer a los consu-midores, precios más atractivos (Stayman, 1999).

Situación en México

Una de las grandes limitaciones de la industria de la acuariofilia marina en México, es el hecho de que aun no se implementan tecnologías que permitan la viabilidad económica a largo plazo, como son la integración de cadenas productivas y redes de valor. Aun cuando existen tecnologías para la acuicultura de ornato de especies marinas, por tratarse de tecnología extranjera, los costos se encuentran fuera del alcance de la mayoría de las granjas nacionales, lo que desalienta esta actividad y propicia que se desarrolle bajo condiciones inadecuadas y con altos riesgos.

De este modo, la alternativa que representa el cultivo y propagación de especies marinas por la acuicultura, es un ámbito pobremente explotado en México. Sin embargo, debido a la gran riqueza marina que posee, con potencial de ornato y con la infraestructura para el cultivo y transporte a EE.UU. (principal mercado mundial), resulta fácil identificar la importancia que se propicie el desarrollo y transferencia de tecnología para este sector productivo, así como apoyar el desarrollo de protocolos de cultivo sostenibles.

Normatividad y marco institucional

En México al igual que en muchos otros países, la captura de especies ornamentales marinas, por muchos años se realizó de manera poco sistemática. Consecuentemente, la falta de legislación y registros formales ha permitido la pesca ilegal, provocando la sobre-explotación de los recursos pesqueros y el deterioro ambiental. Debido a ello, la información relacionada con la producción nacional de organismos marinos de ornato es escasa (especies capturadas, estado actual de las poblaciones y áreas de recolección) y se desconoce el lugar que ocupa México a nivel mundial en este rubro (Anguas-Vélez & Contreras-Olguín, 2010).

En la actualidad, la regulación del comercio internacional de especies marinas ornamentales es realizada por diversas dependencias gubernamentales. Para el caso de las especies que están dentro de CITES, las regula la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); aquellas que son consideradas como especies de ornato no comestibles (incluida algunas especies de corales, peces e invertebrados, ya sean de agua dulce o marina), las regula SAGARPA a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). Por otra parte, la introducción al territorio nacional de corales, peces e invertebrados contempladas dentro y fuera de CITES, las regula la SEMARNAT y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), así como también las condiciones sanitarias de las especies por parte de esta última dependencia. En el caso de realizar la maricultura *in situ*, así como la extracción o recolección de especies del medio natural, ya sea con fines académicos o de cultivo/propagación, éstas son reguladas por el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). Si la extracción se efectúa en zonas consideradas como áreas naturales protegidas constituidas por arrecifes, la regulación la realiza la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Finalmente, las actividades de inspección y vigilancia son tarea de la Secretaría de Marina (SEMAR) y el órgano punitivo de castigo lo constituye la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Con referencia a la utilización del agua de mar con fines de maricultura o de comercialización, no hay regulación alguna al respecto ni la contempla la Ley de Aguas Nacionales, solo en el caso de requerir desalinizarla para uso potable.

A pesar de la importancia y el potencial de producción, importación y comercialización de especies ornamentales marinas en México, las instituciones encargadas de promover y regular estas actividades, hasta ahora se han visto escasamente involucradas, contribuyendo así a que se realicen de forma no sustentable. Asimismo, estas actividades no cuentan con un marco jurídico específico adecuado, ni programas institucionales que permitan preservar los beneficios económicos y sociales que generan. Es evidente que aun se sigue adoleciendo de una normatividad clara e integral. Por lo que es necesario actualizar y crear nuevas normativas, así como ajustar y cumplir la legislación existente mediante una estrecha cooperación y coordinación de las entidades involucradas en esta actividad para lograr el aprovechamiento y manejo sustentable de estos recursos. Esta iniciativa debe involucrar la participación activa del gobierno local y nacional,

empresas involucradas en el acuarismo, así como las comunidades pesqueras y la comunidad científica.

Principales especies ornamentales con potencial para la acuariofilia marina

México es un país que cuenta con 11.600 km de costa, incluyendo áreas de gran riqueza faunística como el golfo de México, mar Caribe y golfo de California. Estos ecosistemas marinos representan una importante fuente de recursos naturales, incluyendo muchas de las especies de peces e invertebrados marinos más apreciados en el mundo y con potencial para el cultivo. Tan solo en el golfo de California se captura aproximadamente el 5% de las especies marinas que se extraen en todo el mundo (320 especies), de éstas, 150 corresponden a peces y 170 a invertebrados (Piña-Espallarga, 2000; Martínez-Pecero *et al.*, 2009). Dentro de los peces destacan las familias Pomacanthidae (*Pomacanthus zonipectus*, *Holacanthus passer*), Pomacentridae (*Chromis atrilobata*, *Stegastes rectifraenum*, *Microspathodon dorsalis*, *Abudefduf troschelii*), Acanthuridae (*Acanthurus xanthopterus*), Labridae (*Thalassoma lucasanum*, *Bodianus diploaenia*), Tetraodontidae (*Arothron meleagris*), Hippocampinae (*Hippocampus ingens*) y dentro de los invertebrados destacan los crustáceos de las familias Hippolytidae (*Lysmata californica*), Gnathophyllidae (*Gnathophyllum panamense*), Stenopodidae (*Stenopus* sp.), Inachidae (*Stenorhynchus debilis*) y Dendrodididae (*Doriopsilla gemela*) (Arreola-Robles & Elorduy-Garay, 2002; Alvarez-Filip *et al.*, 2006; Martínez-Pecero *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2009; Anguas-Vélez & Contreras-Olguín, 2010). Dichas especies tienen una coloración muy atractiva y son relativamente fáciles de mantener como adultos en condiciones de cautiverio (Rajasekar *et al.*, 2009). Para el caso del golfo de México y mar Caribe, existe también una gran diversidad de especies con potencial para la acuariofilia de ornato, siendo en la actualidad objeto de estudio más de 27 especies de invertebrados y 29 especies de peces con potencial para la acuariofilia de ornato (Tablas 1 y 2).

Iniciativas, retos y esfuerzos

A pesar de las grandes lagunas que aún existen y prevalecen en las diversas leyes mexicanas, México está tomando cartas en el asunto a través de la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT, que actualmente es la encargada de autorizar el aprovechamiento extractivo y no extractivo de la vida silvestre en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) formalmente registradas. Las UMAs se definen como unidades de producción o exhibición en un área

Tabla 1. Listado de algunas especies de invertebrados marinos con potencial para la acuariofilia marina en la zona del golfo de México.

Table 1. List of some marine invertebrate species with potential for marine aquaphilia in the Mexico Gulf.

Grupo de organismos	Nombre común	Nombre científico
Cnidarios	Anémona tomate	<i>Actinia bermudensis</i>
	Coral cerebro	<i>Diploria labyrinthiformis</i>
	Coral cerebro	<i>Diploria strigosa</i>
	Coral de fuego	<i>Millepora complanata</i>
	Coral	<i>Montipora</i> sp.
	Coral arbusto de marfil	<i>Oculina diffusa</i>
	Pólipos café	<i>Palythoa caribaeorum</i>
	Pólipos verde café	<i>Palythoa variabilis</i>
	Gorgonia pata de pollo	<i>Plesaura flexuosa</i>
	Gorgonia	<i>Plexsaura homomalla</i>
	Coral estrellado	<i>Siderastrea siderca</i>
	Anémona sol	<i>Stoichactis helianthus</i>
	Zoántidos de botón verde	<i>Zoanthus sociatus</i>
Equinodermos	Estrella de mar	<i>Astropecten articulatus</i>
	Estrella de mar	<i>Astropecten duplicatus</i>
	Estrella de mar	<i>Echinaster spinulosus</i>
	Erizo de mar negro	<i>Echinometra viridis</i>
	Erizo de mar rojo	<i>Echinometra lucunter</i>
	Erizo mina	<i>Eucidaris tribuloides</i>
	Pepino de mar	<i>Holothuria mexicana</i>
	Pepino de mar	<i>Isostichopus badionotus</i>
	Ofiúrido	<i>Ophioderma cenereum</i>
	Ofiúrido	<i>Ophiuderma apressum</i>
	Estrella de mar	<i>Siderastrea radians</i>
Erizo cabeza de viejo	<i>Tripneustes ventricosus</i>	
Anélidos	Plumero	<i>Sabellastarte magnifica</i>
	Plumero	<i>Spirobranchus giganteus</i>

delimitada claramente bajo cualquier régimen de propiedad (privada, ejidal, comunal, federal, etc.), donde se permite el aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos de los recursos de la vida silvestre, que requieren un manejo para su operación (Enciso, 2010). La Ley General de Vida Silvestre establece que sólo a través de las UMAs se permite el aprovechamiento de ejemplares, partes y/o derivados de vida silvestre (SDUMA, 2010).

En el ámbito académico, también se han realizado esfuerzos importantes con la implementación y fortalecimiento de programas de investigación científica y desarrollo tecnológico que ayuden a coadyuvar las demandas del sector. Recientemente, algunas instituciones académicas y empresas privadas del país (Corallium® S.A. de C.V.), concentran sus esfuerzos en desarrollar una acuicultura sostenible e investigaciones relacionadas con la biología, cultivo/

propagación o maricultura de especies de peces, corales, crustáceos y otros invertebrados en diferentes estados del país como: Yucatán (Universidad Nacional Autónoma de México-UMDI-Sisal, Programa PIECEMO), Baja California (Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada), Baja California Sur (Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Universidad Autónoma de Baja California Sur), Sinaloa (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo), Quintana Roo (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, Unidad Puerto Morelos) y Veracruz (Instituto Tecnológico de Boca del Río). Algunas de las especies de interés para estos centros son *Amphiprion ocellaris*, *Lysmata* sp., *Stenopus* sp., *Ricordea florida*, *Erythropodium caribaeorum*, *Briareum asbestinum*, *Hippocampus ingens*, *Panulirus interruptus*, así como la construcción y maduración de roca viva y los cultivos

Tabla 2. Listado de algunas especies de peces marinos con potencial para la acuariofilia marina en la zona del golfo de México y el mar Caribe.

Table 2. List of some marine fish species with potential for marine aquaphilia in the Mexico Gulf and Caribbean Sea.

Nombre común	Nombre científico
Sargento mayor	<i>Abudefduf saxatilis</i>
Sargento negro o menor	<i>Abudefduf taurus</i>
Pez payaso	<i>Amphiprion ocellaris</i>
Pez cirujano	<i>Acanthurus bahianus</i>
Pez cirujano	<i>Acanthurus chirurgus</i>
Cardenal flama	<i>Apogon maculatus</i>
Blénido	<i>Blennius marmoreus</i>
Blénido	<i>Blennius chrystatus/Clinitrachus argentatus</i>
Pez mariposa	<i>Chaetodon aya/ Prognathodes aya</i>
Mariposa cuatro ojos	<i>Chaetodon capistratus</i>
Mariposa de aleta punteada	<i>Chaetodon ocellatus</i>
Chromis azul	<i>Chromis cyanea</i>
Chromis púrpura	<i>Chromis scotti</i>
Pez navaja	<i>Equetus lanceolatus</i>
Damisela cocoa	<i>Eupomacentrus variabilis</i>
Gramma loreto	<i>Gramma loreto</i>
Gobio neón	<i>Gobiosom oceanops</i>
Pez limpiador	<i>Halichoeres bivittatus</i>
Pez limpiador	<i>Halichoeres maculipinna</i>
Angel reyna	<i>Holacanthus ciliaris</i>
Angel roca	<i>Holacanthus tricolor</i>
Blenido	<i>Ophioblennius atlanticus</i>
Angelitos	<i>Pareques acuminatus</i>
Angel gris	<i>Pomacanthus arcuatus</i>
Angel francés	<i>Pomacanthus paru</i>
Gregorio enamorado	<i>Pomacentrus leucostictus</i>
Pez guitarra	<i>Rhinobatos lentiginosus</i>
Damisela pálida	<i>Stegastes fuscus</i>
Pez piedra	<i>Scorpaena plumieri</i>

de apoyo (alimento vivo). Asimismo, un proyecto de vinculación entre la empresa Corallium® S.A. de C.V. y el Instituto Tecnológico de Boca del Río, se enfoca actualmente en la reproducción y propagación de especies coralinas de la zona central del golfo de México, utilizando sistemas de recirculación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT) por el apoyo recibido a través del proyecto PROINNOVA “Integración de un Paquete Tecnológico para el Cultivo-Propagación de Fauna Silvestre” (CONACyT Proyecto 140439) para la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

- Albaladejo, V.D. & V.T. Corpuz. 1982. A market study of the aquarium fish industry of the Philippines: an assessment of the growth and the mechanics of the trade. In: E.D. Gómez, C.E. Birkeland, R.W. Buddemeier, R.E. Johannes, J.A. Marsh Jr. & R.T. Tsuda (eds.). The reef and man. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium. Marine Science Center. University of Philippines, Manila, Vol. 1: 75-81.
- Alencastro, L.A. 2004. Hobbyists’ preferences for marine ornamental fish: a discrete choice analysis of source, price, guarantee and ecolabeling attributes. M. Sc. Thesis, University of Florida.

- Alvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla & L.E. Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. *Mar. Ecol.*, 27: 253-262.
- Anguas-Vélez, B.H. & M. Contreras-Olguín. 2010. Acuicultura de peces de ornato: alternativa de desarrollo de zonas costeras de México. Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de México (PCTI). Foro consultivo científico y tecnológico. El Sudcaliforniano, Organización Editorial Mexicana, 55 pp.
- Arévalo, V.J.A. 1994. Los orígenes del acuarismo. Acuarismo. Órgano Informativo de la Autoridad Nacional del Ambiente. ANAM, México, 1: 1-4.
- Arreola-Robles, J.L. & J.F. Elorduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 70(1): 1-18.
- Balaji, K., G. Thirumaran, R. Arumugam, K.P. Kumaraguru Vasagam & P. Anantharaman. 2007. Marine ornamental invertebrate resources of Parangipettai coastal water (southeast coast of India). *J. Fish. Aquat. Sci.*, 2(5): 328-336.
- Balaji, K., G. Thirumaran, R. Arumugam, K.P. Kumaraguru Vasagam & P. Anantharaman. 2009. A review on marine ornamental invertebrates. *World Appl. Sci. J.*, 7(8): 1054-1059.
- Bartley, D.M. 2000. Responsible ornamental fisheries. *FAO Aquacult. News*, 24: 10-14.
- Bruckner, A.W. 2000. New threat to coral reefs: trade in coral organisms. *Issues Sci. Technol.*, 1-6.
- Bruckner, A.W. 2005. The importance of the marine ornamental reef fish trade in the wider Caribbean. *Rev. Biol. Trop.*, 53(Supl. 1): 127-137.
- Calfo, R.A. 2001. Book of coral propagation. Reef gardening for aquarists. Reading Trees Publications, Pennsylvania, Vol. 1: 450 pp.
- Cato, J. & C.L. Brown. 2003. Marine ornamental species: collection, culture and conservation. Iowa State Press, Ames, 395 pp.
- Delbeek, J.C. 2001. Coral farming: past, present and future trends. *Aquarium Sci. Conserv.*, 3: 171-181.
- Del Río-Rodríguez, R.E. 2004. Enfermedades de animales acuáticos: una amenaza para la sostenibilidad de la acuicultura costera en México. In: E. Rivera-Arriaga, G.J. Villalobos- Zapata, I. Azuz-Adeath & F. Rosado-May (eds.). *El manejo costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX), Campeche, pp. 561-571.
- Enciso, 2010. La Jornada ¿Qué son la UMA's? URL: [<http://www.jornada.unam.mx/2010/03/22/index.php?section=sociedad&article=041n2soc>]. Revisado: 27 mayo 2011.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1996-2005. The numbers represent the average unit value of imports for 1994-2003. *FAO Yearbooks 1996 to 2005, Fishery Statistics, Commodities*. Roma, 83-97.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2005-2011. Fisheries and aquaculture topics. Ornamental fish. Topics Fact Sheets. Devin Bartley. En: *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Roma. URL: [<http://www.fao.org/fishery/topic/13611/en>]. Revisado: 18 enero 2011.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2007. *The state of world fisheries and aquaculture, 2006*, Roma, 180 pp.
- Fenner, B. 2011. Captive Production of ornamental marine fishes: an overview. URL: [<http://www.wetwebmedia.com/AqSciSubWebIndex/orncultart.htm>]. Revisado: 1 mayo 2011.
- Fritzsche, R.A. & A.C.J. Vincent. 2002. Order Gasterosteiformes-Syngnathidae-Pipefishes and seahorses. In: K.E. Carpenter (ed.). *The living marine resources of western central Atlantic. bony fishes. (Acipenseridae to Grammatidae)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, pp. 1221-1225.
- Gasparini, J.L., C.E.L. Ferreira, S.R. Floeter & I. Sazima. 2005. Marine ornamental trade in Brazil. *Biodivers. Conserv.*, 14: 2883-2899.
- Green, E. 2003. International trade in marine aquarium species: using the global marine aquarium database. In: J. Cato & C. Brown (eds.). *Marine ornamental species: collection, culture and conservation*. Iowa State Press, Ames, pp. 31-48.
- Green, E. & F. Shirley. 1999. *The global trade in corals*. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 70 pp.
- Harvell, C.D., S. Merkel, E. Jordán-Dahlgren, E. Rosenberg, L. Raymundo, G. Smith, E. Weil & B. Willis. 2007. Coral disease, environmental drivers, and the balance between coral and microbial associates. *Oceanography*, 20(1): 172-195.
- Livengood, E.J. & F.A. Chapman. 2007. The ornamental fish trade: an introduction with perspectives for responsible aquarium fish ownership. The Institute of Food and Agricultural Sciences IFAS Extension, Department of Fisheries and Aquatic Science. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. [<http://edis.ifas.ufl.edu/FA124>]. Revisado 18 enero 2011.

- Martínez-Pecero, R.E., B. Anguas-Vélez, J. Arvisu-Martínez, M. Contreras-Olguín, L. Flores-Montijo, P.G. González-Ramírez, D. Gutiérrez-Mendoza, D.E. Hernández-Ceballos, E. Matus-Nivón & R. Ramírez-Sevilla. 2009. Inducing spawning by temperature and photoperiod to ornamental fish and crustaceans from the Gulf of California, Mexico. URL:[<https://www.was.org/WASMeetings/meetings/SessionAbstracts.aspx?Code=WA2009&Session=105&Type=Poster>]. Revisado: 13 mayo 2011.
- Mills, D. 1993. Aquarium fish. Dorling Kindersley, Nueva York, 304 pp.
- Monteiro-Neto, C., F.E. De Andrade-Cunha, M. Carvalho-Nottingham, M.E. Araújo, I. Lucena-Rosa & G.M. Leite-Barros. 2003. Analysis of the marine ornamental fish trade at Ceará State, northeast Brazil. *Biodivers. Conserv.*, 12: 1287-1295.
- Moreno, X.G., L.A. Abitia, A. Favila, F.J. Gutiérrez & D.S. Palacios. 2009. Ecología trófica del pez *Arothron meleagris* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) en el arrecife de Los Frailes, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 57(1-2): 113-123.
- Olivier, K. 2001. The ornamental fish trade. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 91 pp.
- Olivotto, I., M. Planas, N. Simões, G. Joan-Holt, M. Alessandro-Avella & R. Calado. 2011. Advances in breeding and rearing marine ornamentals. *J. World Aquacult. Soc.*, 42(2): 135-166.
- Panné, H. & S.L. Luchini. 2008. Panorama actual del comercio internacional de peces ornamentales. Instituto del Bien Común. S1: s.n., 24 pp.
- Pina-Espallargas, R. 2000. Especies marinas de ornato del golfo de California y su uso. In: O. Aburto-Oropeza & C. Sánchez-Ortiz (eds.). Recursos arrecifales del golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, pp. 61-71.
- Rajasekar, J., S. Kant-Setu, T.T., Ajithkumar & T. Balasubramanian. 2009. Development of hatchery technology for marine ornamental damsel fishes with special reference to in captivity. *World J. Agricult., Sci.*, 5(4): 466-469.
- Ramaiah, N. 2006. A review on fungal diseases of algae, marine fishes, shrimps and corals. *Indian J. Mar. Sci.*, 35: 380-387.
- Sadovy, Y.J. & A.C.J. Vincent. 2002. Ecological issues and the trade of live reef fishes. In: P.F. Sale (ed.). *Coral reef fishes. Dynamics and diversity in a complex ecosystem*. Academic Press, San Diego, pp. 391-420.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SDUMA). 2010. Unidad de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre. URL: [<http://www.seduma.yucatan.gob.mx/fauna-umas/index.php>]. Revisado: 14 abril 2010.
- Setu, S.K., T.T. Ajith Kumar, T. Balasubramanian, A.R. Dabbagh & M. Keshavarz. 2010. Breeding and rearing of regal damselfish *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856): the role of green water in larval survival. *World J. Fish Mar. Sci.*, 2(6): 551-557.
- Stayman, A.P. 1999. A policy maker's viewpoint: the marine species in your tank-where do they come from? *Trop. Fish Hobbyist*, 47: 30-32.
- Tlustý, M. 2002. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. *Aquaculture*, 205: 203-219.
- Vieth, G.R., L.J. Cox & L.W. Rowland. 1998. Market situation for Hawaii-farmed ornamental fish. Economic Fact Sheet EFS-26. University of Hawaii, Honolulu, 2 pp.
- Wabnitz, C., M. Taylor, E. Green & T. Razak. 2003. From ocean to aquarium. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 64 pp.
- Wijesekara, R. & A. Yakupitiyage. 2001. Ornamental fish industry in Sri Lanka: present status and future trends. *Aquarium Sci. Conserv.*, 3: 241-252.
- Wood, E. 2001. Collection of coral reef fish for aquaria: Global trade, conservation issues and management strategies. Marine Conservation Society, Herefordshire, 80 pp.
- Zajicek, P., S. Hardin & C. Watson. 2009. A Florida marine ornamental pathway analysis. *Rev. Fish. Sci. Tech.*, 17(2): 156-169.

Received: 10 February 2011; Accepted: 8 January 2012