



LA TRANSLOCACIÓN DE ENFERMEDADES EN CRUSTÁCEOS EN AMBIENTES ANTROPIZADOS

José Luis Bortolini Rosales*

¹ Departamento de Biología Comparad. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.

* Autor para correspondencia: jlbr@ciencias.unam.mx

Resumen

El movimiento de organismos acuáticos de un sitio a otro puede ser generado por diversos intereses, desde la acuicultura que puede ser desarrollada a diferentes escalas, por motivos experimentales o bien, para ser utilizados en la acuarofilia como mascotas. Esta transferencia no sólo involucra a los organismos de interés, junto con éstos son transportados un conjunto de simbioses que pueden ser vectores patógenos y desarrollar enfermedades; su origen es muy diverso: virus, bacterias, algas, hongos y metazoarios. Estos organismos simbioses que acompañan a las poblaciones originales, encuentran un campo fértil en los nuevos organismos con los cuales se relacionan una vez que llegan a un sitio determinado, al no tener depredadores en su nuevo ecosistema o bien, al no encontrar una respuesta de minimizar su efecto, son rápidamente diseminados hacia los organismos que se encuentran ecológica y filogenéticamente relacionados. El desarrollo de nuevas enfermedades en las poblaciones locales resultan ser devastadoras, pudiendo observar mortalidades hasta del 100%. La industria camaronícola se encuentra desarrollada a nivel global y es un buen ejemplo de la translocación de organismos vivos para su posible cultivo en otras partes del orbe o los subproductos que se mercadean, están contaminados de estos patógenos y una vez que entran en contacto con las poblaciones locales, las enfermedades particularmente virales, se diseminan a gran velocidad; como ejemplos se tienen el IHNV, WSSV, TSV y YHV. Otro ejemplo de movimientos de crustáceos es el de los acociles, organismos que bien pueden ser usados para acuicultura o como mascotas. En Europa, por ejemplo, la llegada del hongo *Aphanomyces astaci* hacia el siglo XIX, consecuencia de la entrada de especies de acociles americanos, produjo una pérdida importante de las especies de ese continente. Recientemente, la introducción de acociles australianos en diferentes lugares ha provocado que se vean afectadas especies que en ocasiones son de distribución restringida como por ejemplo las especies del norte de México y sur de los Estados Unidos. En el caso del acuarismo, se observa el movimiento tanto de especies marinas como de agua dulce, que por su apariencia son altamente cotizadas; sin embargo, en esta actividad el manejo de los

organismos y el apego a la reglamentación es difícil de observar, motivo por el cual se ha registrado contaminación en cuerpos de agua con especies no sólo de crustáceos sino también de peces, reptiles y plantas.

Introducción

La acuicultura es en primera instancia una actividad eminentemente antropogénica. Posterior a que el hombre recolectó y cazó sus alimentos, desarrolló el cultivo de plantas y más adelante la domesticación de animales. El cultivo de organismos acuáticos se presentó primero a pequeña escala, estos orígenes están documentados entre el 2,000 y 1,000 a. C. como una forma de producción en China (*Cyprinus* spp.), Egipto (*Oreochromis* spp.) y Mesopotamia hace unos 3,500 años. Durante la dinastía de Han Oriental (25 a 250 d. C.), fue documentada la producción combinada de arroz y de peces. En Europa la cría de peces era practicada por los antiguos romanos de los Imperios que posteriormente se convertirían en parte del sistema de producción alimentaria de los Monasterios Cristianos en Europa Central (FAO, 2000). En cuanto al cultivo de crustáceos, los primeros registros son los de Fan-Li, un chino que enseñaba cómo cultivar cangrejos 475 años a. C., dando detalle de las dimensiones de las piscinas, aspectos nutricionales y el control de los depredadores de los cangrejos.

La acuicultura comercial moderna es practicada tanto en agua marina como agua dulce, desde los fiordos noruegos al norte del planeta hasta el sur del continente asiático. A la fecha, la acuicultura es la actividad de producción de alimento de mayor y más rápido crecimiento en el mundo con un promedio anual de 8.9% desde 1970 (Murray, 2013). Los beneficios económicos de la introducción de especies exóticas o no nativas a un ambiente para su cultivo son indiscutibles y ha ocurrido por cientos de años. Las introducciones, accidentales o deliberadas, traen consigo una cantidad importante de riesgos ecológicos para la fauna nativa que en muchas ocasiones no son considerados, como: depredación, competencia, hibridación y uso del hábitat, por mencionar algunos. La tendencia actual en el desarrollo de la acuicultura es la intensificación creciente y la comercialización de sus productos. Al igual que otros sectores de la agricultura, al cambiar los sistemas de cultivo de menor a mayor intensidad, la probabilidad de la llegada de enfermedades se incrementa debido al estrés que sufren los organismos, por lo cual debemos considerar las capacidades que tiene el sistema y así equilibrar la producción con la aparición de enfer-

medades. Las introducciones para cultivo de peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y algas, han sufrido reveses por la aparición y propagación de enfermedades (Murray, 2013). Entre las enfermedades más comunes están las causadas por virus, bacterias, hongos y patógenos emergentes como rickettsias y algunos metazoarios, que en muchas ocasiones no han sido diagnosticadas (Hill, 2002; Walker y Winton, 2010). Las enfermedades son ahora una de las grandes limitantes para el cultivo de muchas especies acuáticas, impidiendo el desarrollo económico y social en muchos países; después de la nutrición, el costo para enfrentar los problemas sanitarios ocupan el primer lugar. La presencia y establecimiento de los problemas sanitarios en una granja pueden ser atribuidos a una serie de factores como: la globalización del comercio de animales vivos y sus productos con poco o nulo control sanitario; la intensificación de los cultivos a través de la translocación de los reproductores, post-larvas y/o alevines, ya sea para consumo u ornamentales; falta de medidas de bioseguridad eficaces; una lenta toma de conciencia sobre la emergencia de enfermedades; cambio climático y los movimientos mediados por el hombre de los productos de la acuicultura. Esta alteración de los ecosistemas reduce en ocasiones y de manera dramática su función y posiblemente promueve la emergencia de enfermedades (Woolhouse y Gowtage-Sequeira, 2005), sin embargo, los estudios realizados acerca de la alteración de los ecosistemas y la posible emergencia de enfermedades a partir de estos cambios han sido pocos (Plowright *et al.*, 2008). Ahora es claro que la introducción de patógenos ocasionada por actividades humanas es uno de los factores más importantes en la aparición de enfermedades en poblaciones silvestres (Daszak *et al.*, 2001a).

Una enfermedad emergente es, de acuerdo con Brown (2000) y Daszak *et al.* (2000), aquella que ha incrementado su incidencia, su rango geográfico o virulencia en un sitio determinado, que se ha involucrado con un nuevo huésped o que recientemente ha sido descubierta y que bien pudo haber sido causada por una variante de un patógeno ya establecido. El movimiento de organismos vivos no sólo corresponde al desplazamiento de éste, sino que deben también ser consideradas las enfermedades potenciales que dicho organismo lleva consigo. Así, se vuelve necesario un monitoreo continuo a las poblaciones introducidas, en especial en sus primeras etapas de cultivo; una vez establecidos en el nuevo ambiente, los patógenos y las enfermedades comienzan a transmitirse, explotando nuevos entornos o huéspedes y puede ocurrir con o sin cambio evolutivo a través de mutaciones (Murray y Peeler, 2005).

Cuando un organismo exótico es incluido en una nueva población con individuos locales su carga parasitaria disminuye y su impacto sobre las poblaciones locales aumenta. Por otro lado, si los individuos recién llegados se encuentran infectados, éstos tienen la capacidad de contaminar a organismos relacionados filogenética y/o ecológicamente, con consecuencias potencialmente devastadoras (Parrish *et al.*, 2008; Sandström *et al.*, 2014). Para que esta contaminación persista, la tasa de organismos infectados debe ser igual o superior a la tasa de mortalidad de los organismos en la población (Murray, 2013). Un escenario raramente considerado es cuando los parásitos influyen en el impacto de la invasión, esto es, cuando los parásitos nativos son extirpados o desplazados de manera local y se producen efectos en cascada en las interacciones tróficas de toda la comunidad nativa, especialmente si las interacciones depredador-presa están influidas por parásitos o simbioses. En suma, la ubicuidad de los parásitos y la medida de sus exigencias en el sistema influyen de manera determinante en el éxito e impacto de especies exóticas (Torchin *et al.*, 2005). Los patógenos, en esta nueva relación, pueden resultar más virulentos debido a la falta de inmunidad en el nuevo huésped (Peeler *et al.*, 2011).

Las especies exóticas son consideradas una amenaza para la biodiversidad nativa, pues afectan la estructura de los ecosistemas (Geiger *et al.*, 2005; Rabitish y Essl, 2006), y en particular afectan a las especies endémicas siendo unas más susceptibles que otras, inclusive llevando a algunas a la extinción (Mrugala *et al.*, 2015; Karatayeb *et al.*, 2018). Arthur y Subasinghe (2002), resumieron los impactos de las enfermedades de organismos acuáticos sobre las poblaciones y biodiversidad nativa y que pueden ser medidos en términos de: 1) impacto sobre la estructura de la comunidad a través de las poblaciones de depredadores y presas; 2) cambios en la abundancia del huésped (a través de la alteración genética de las poblaciones, se observa un cambio en el comportamiento, un incremento de la mortalidad y un decremento de la fecundidad, finalmente, un incremento de la susceptibilidad de depredación); 3) reducción de la variación genética intra-específica; 4) extinción de especies sensibles; y 5) extinción de especies en general.

Camaronicultura

La acuicultura de camarones peneidos tuvo sus inicios como actividad meramente experimental, convirtiéndose posteriormente en una actividad industrial. Comenzó

durante la segunda mitad del siglo xx y está adquiriendo cada día más importancia dentro de los programas de acuicultura a nivel mundial (Provenzano, 1985). A partir de la década de los setenta, ha sido la que mayor crecimiento ha presentado, proveyendo cientos de miles de empleos y ganancias económicas de en millones de dólares (Lightner y Redman, 1998). Todos los esfuerzos realizados con el propósito de cultivar especies de camarones peneidos de manera comercial han servido para estimular como necesidad prioritaria, estudios sobre aspectos de la patología de estas especies. En términos generales, varios organismos patógenos y las enfermedades provocadas por los mismos se señalan como una de las causas del fracaso en el campo.

El cultivo de camarones peneidos en la era moderna, comienza a partir de los estudios del doctor Motosaku Fujinaga en 1933, al sur de Hiroshima en Japón, en donde logró reproducir a *Penaeus japonicus*, pero hasta 1955 este cultivo pasó de un perfil experimental a uno comercial, generando conocimientos básicos que más tarde fueron desarrollados en Asia y en América. Cuatro décadas después, en América, incluyendo Hawaii, se habían identificado ocho especies de virus o tipos virales muy estrechamente relacionados que producían enfermedades mortales hasta del 100% de la población, cuatro de ellos afectando a una o más especies de camarones cultivados: *Baculovirus penaei* (BP), el virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (“Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus”, IHNV); el Parvovirus hepatopancreático (“Hepatopancreatic virus”, HPV); el picornavirus del síndrome de Taura (“Taura syndrome virus”, TSV); el virus tipo Reo III (“Reo-like virus III”, REO-III); el virus de la vacuolización del órgano linfoide (“Lymphoid organ vacuolization virus”, LOVV); el rhabdovirus de camarones peneidos (“Rhabdovirus of penaeid shrimp”, RPS); y, finalmente, el iridovirus de camarones (“Rhabdovirus of penaeid shrimp”, IRDO) (Lightner *et al.*, 1997) tabla 1.

Posteriormente, se detectaron, por primera vez en América, el YHV, originario y observado ampliamente en stocks de camarones cultivados en el sureste asiático y el Indo-Pacífico, y el wssv. Como consecuencia se empiezan a presentar en la literatura, estudios de infecciones de especies nativas con patógenos exóticos. Las enfermedades no se manifiestan de la misma manera en los diferentes estadios de vida de un organismo de la misma especie ni entre especies taxonómicamente relacionadas dentro de un mismo género, el comportamiento de la infección y desarrollo de la enfermedad tampoco se observa de manera similar (tabla 2).

Tabla 1. Principales virus o grupos de virus reportados en la industria camarónicola. BMN, baculoviral mid-gut gland necrosis-type virus; BP, *Baculovirus penaei*-type virus; HPV, hepatopancreatic parvovirus; IHHNV, infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus; IRDO, shrimp iridovirus; LOV, lymphoid organ virus; LPV, lymphoid organ vacuolization virus; LPV, lymphoid parvo-like virus; MBV, *Penaeus monodon*-type baculovirus; PHRV, haemocyte-infecting non-occluded baculovirus; REO, reo-like virus; RPS, rhabdovirus of penaeid shrimp; SMV, spawner-isolated mortality virus; tsv, Taura syndrome virus; wssv, white spot syndrome virus; YHV, yellow head virus (Tomado y modificado de Lightner et al., 1997).

Virus o grupo de virus	Hemisferio-Oeste	Hemisferio-Este	Observado por primera vez en...	Posteriores	Primeros reportes
Baculo and baculo-like viruses	BP	Grupo BMN	<i>Penaeus monodon</i> <i>Fenneropenaeus chinensis</i> Fe. Indicus Fe. penicillatus <i>Marsupenaeus japonicus</i>	<i>P. vannamei</i> <i>P. stylirostris</i> <i>F. dourarum</i>	Lu et al., 1997 Wang et al., 1999
Parvo y parvo-like virus	IHHNV HPV	HPV LPV	<i>P. stylirostris</i> <i>P. monodon</i>	<i>P. vannamei</i> <i>P. japonicus</i> <i>P. monodon</i>	Bell y Lightner, 1984 Chomg y Loh, 1984
Picornavirus	TSV	SMV	<i>P. chinensis</i> <i>L. vannamei</i>	<i>P. japonicus</i> <i>P. monodon</i>	Lightner y Redman, 1985 Jimenez, 1992
Rod-shaped single stranded ribonucleic acid (ssRNA) viruses	-	YHV LOV	<i>P. monodon</i>	<i>P. vannamei</i> <i>L. vannamei</i>	Chien et al., 1999 Chantanachookin et al., 1993 Boonyaratpalin et al., 1993 Flegel et al., 1995 Wongteerasupaya et al., 1995
Reo-like viruses Toga-like viruses Rhabdovirus	REO-III LOVV RPS	REO-III - -	<i>P. japonicus</i> <i>P. vannamei</i> <i>Callinectes sapidus</i>	<i>P. japonicus</i> <i>L. vannamei</i>	Tsing y Bonami, 1987 Bonami et al., 1992 Jahromi, 1977 Lightner y Redman, 1993
Iridovirus	IRDO	-	<i>Protrachypene precipua</i>	<i>L. vannamei</i>	

Tabla 2. Niveles de susceptibilidad y severidad de diferentes especies o grupos virales en diferentes especies de camarones peneidos. A, adulto; J, juvenil; L, larva; Pl, Post-larva; -, ninguna infección y/o enfermedad registrada o conocida; +, se observa infección/infección, pero no desarrolla una enfermedad grave o no se observa mortandad; ++, enfermedad grave, algunas mortalidades observadas o un menor rendimiento puede acompañar a la infección; ?, desconocido (Lightner *et al.*, 1997).

Huésped	IHNV			TSV			BP			WSSV			YHV			
	L	Pl	J	A	L	Pl	J	A	L	Pl	J	A	L	Pl	J	A
<i>P. vannamei</i>	-	+	+	+	++	++	++	+	+	?	++	++	?	-	++	?
<i>P. stylirostris</i>	-	++	+	-	+	++	++	+	+	?	?	++	?	?	++	?
<i>P. schmitti</i>	-	?	+	-	-	-	-	-	-	?	?	?	?	?	?	?
<i>P. setiferus</i>	-	-	+	?	++	+	+	-	-	?	++	++	?	-	++	?
<i>P. aztecus</i>	-	-	+	?	-	+	+	+	+	?	++	+	?	-	++	?
<i>P. duorarum</i>	-	-	+	?	-	-	-	?	?	?	++	+	?	-	++	?
<i>P. californiensis</i>	-	-	+	+	-	-	-	?	+	?	?	?	?	?	?	?

La aparición de las enfermedades tampoco está relacionada con su origen, por ejemplo, el IHNV que es un virus de origen DNA y el TSV de origen RNA, se manifiestan fuertemente en estadios juveniles y con menor incidencia en adultos en diferentes especies del género *Penaeus*, mientras que para los estadios de larvas y post-larvas prácticamente son inocuas. Otro caso es el de el desarrollo y manifestación de las enfermedades en especies del mismo género, mientras que *P. schmitti* y *P. setiferus* no se han observado organismos enfermos para BP, pero TSV, YHV y WSSV son altamente susceptibles. Se tienen ejemplos como los de Durand *et al.* (1996), que realizaron infecciones experimentales en *L. vannamei* y *L. stylirostris*, especies originarias del continente americano con material viral de *P. monodon* provenientes de Tailandia; estudios de las afecciones provocadas con agentes patológicos que en un inicio fueron detectados en especies comerciales (*P. monodon*) y que después se propagaron en especies silvestres (*Metapenaeus ensis*) (Wang *et al.*, 1997); o el de Lu *et al.* (1997), que infectaron camarones también americanos (*L. vannamei* y *L. stylirostris*) con inóculos de camarones infectados provenientes de China.

Lightner *et al.* (1997), reportaron el primer caso de wssv en América a finales de 1995 en *L. setiferus* silvestre muestreado en las costas de Texas, apuntando ellos y otros autores como Nunan *et al.* (1998), la importancia del movimiento de los camarones peneidos a nivel internacional a través del comercio. Con la presencia de diferentes especies virales originarias de América y de Asia como el IHNV, WSSV, YHV y TSV, el riesgo de contaminación en poblaciones silvestres y de cultivo es manifiesto; los mecanismos para la transferencia de estas especies virales a través de canales a otras poblaciones cultivadas o silvestres pueden ser comunes en los Estados Unidos.

wssv es considerado el agente viral más devastador en la industria camaronícola, la primera epidemia reportada para esta enfermedad fue en 1993 en granjas del sureste asiático y rápidamente se diseminó por medio de la trans-faunación de organismos vivos y subproductos de la industria como camarones congelados y comercializados en las cadenas de supermercados hacia diferentes partes del mundo, con esto, pronto se reportó en distintos sitios de Asia, Centro y Suramérica y en el medio oeste de Norteamérica, más tarde en Brasil. Moser *et al.* (2012), demostraron la presencia de wssv en fauna carcinológica silvestre como cangrejos, jaibas, langostinos y camarones obtenidos de piscinas de cultivo, canales que alimentan de agua a las granjas de cultivo y escolleras en el estado de Sonora, México. Demostraron que el virus puede estar presente sin manifestar síntomas a temperaturas promedio de 18°C; a través de téc-

nicas de diagnóstico normal, los análisis pueden resultar en falsos negativos, pero con el incremento de la temperatura a 29°C se manifiesta la sintomatología de la enfermedad. Durante este “estado latente”, el virus tiene una baja tasa de replicación, lo que hace a los organismos ser portadores asintomáticos pues no se presentan alteraciones a nivel anatómico ni conductual, perfil que se modifica al incrementarse la temperatura del ambiente. Otro ejemplo del transporte ocasionado por el mercadeo de especies de acuicultura es el YHV, el segundo virus más virulento y que causa mortalidades masivas en *P. vannamei* en Tailandia. En este caso, el acocil australiano *C. quadricarinatus* es susceptible de estar infectado a través de cohabitar con organismos infectados de *P. mondon* y *P. vannamei* o mediante el alimento. Thitamadee *et al.* (2016), mencionan que es debido al descuido en el movimiento entre poblaciones de camarones de acuicultura entre Asia y Centroamérica que se produce la transferencia del virus. Un tercer caso es el TSV que surge en Ecuador en 1992 y que para 1999, aparecía reportado en la literatura internacional como el causante de enfermedades en las grandes regiones de granjas camaronícolas de América y Asia, que fue introducido a Asia a través de *P. vannamei* contaminados. Este tipo de estudios demuestra que, de manera global, las enfermedades, en particular las virales han sido diseminadas a través del movimiento de organismos y/o subproductos de la industria mediante el comercio internacional. La existencia de organismos portadores, no sólo aquellos de interés comercial, resultan ser vectores entre los diferentes sitios en las granjas de cultivo y el medio silvestre, afectando a todos aquellos organismos que están asociados a piscinas, drenes, cárcamos de re-bombeo, lagunas costeras y la línea de costa misma.

Los acociles americanos

En otra vertiente, existen diferentes especies de acociles invasores de Norteamérica (familia *Cambaridae*) que son conocidos por su considerable capacidad de migración activa y colonización. Se ha documentado la capacidad que tienen ante la desecación del medio o de soportar tiempos prolongados sin estar sumergidos (*e.g. Procambarus clarkii*, *P. virginalis*, *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus*) (Gherardi *et al.*, 1988, 2000). Este fenómeno promueve la dispersión a grandes distancias y la posibilidad de colonizar nuevos ambientes.

Los acociles exhiben una gran plasticidad ante diferentes condiciones ambientales; son el grupo de invertebrados de agua dulce más comúnmente introducidos y pueden

ocasionar impactos importantes sobre la biota nativa y los ecosistemas (Mrugala *et al.*, 2015). Son de hábitos omnívoros o cambian de herbívoros a omnívoros y tienen la capacidad de competir con un gran número de especies (Chucholl, 2913). Un importante número de trabajos ha tratado de poner de manifiesto los impactos que se observan en otros organismos del medio, particularmente invertebrados. El hongo *Aphanomyces astaci* es un buen ejemplo de la introducción de organismos no nativos a un sistema, este pudo haber sido transportado durante periodos prolongados a partir de 1860 de manera constante y en diferentes especies de acociles americanos como *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* y *Procambarus clarkii*. En 1907, aparece en Suecia, el cual produjo una merma en las poblaciones de *Astacus astacus*. En España en la región del río Duero se reportó en 1958; en 1971 se detectaron los primeros casos en Noruega; en 1981 en Gran Bretaña, en 1984 en Turquía y en Irlanda en 1987 (Edsman, 2004). Sin embargo, no se sabe cómo fue introducido, al parecer el vector original fue *P. leniusculus* transportándolo en su exoesqueleto. Para el caso de la cuenca del Mediterráneo, los acociles han sido introducidos en muchos cuerpos de agua a lo largo del tiempo, ocupando posiciones clave en los sistemas naturales y es de esperarse que el impacto a los ecosistemas sea alto. El hombre juega un papel clave en la translocación de las especies, una vez establecidas son rápidamente diseminadas. En el caso de *P. clarkii*, éste tiene un rápido desarrollo, alta fecundidad, hábitos heterótrofos, resistencia a condiciones ambientales extremas y resistente a las enfermedades, y contribuye a la dispersión de parásitos helmintos de vertebrados así como de plagas de hongos (Barbaresi y Gherardi, 2000).

Los acociles australianos

Para el caso de los acociles australianos (familia *Parastacidae*), se reconocen más de 140 especies, muchas de éstas de importancia comercial y recreacional. Aquí se encuentra *Cherax quadricarinatus* o acocil de quelas rojas y *C. destructor*, organismos endémicos del norte de Australia y Nueva Guinea. *C. quadricarinatus* tiene un alto potencial para la acuicultura y desafortunadamente muchos autores han promovido a este organismo como libre de enfermedades. Ha trasladado de manera amplia al resto de Australia y el mundo con fines de acuicultura. Llegó a Ecuador a mediados de la década de los ochenta; ahora se tienen reportes de su presencia en el Caribe, Puerto Rico, Argentina y México; en el resto del mundo se ha establecido en algunos países

de África, y en Italia, Israel, Nueva Caledonia, Taiwán, Japón, Singapur y Malasia. Kane (1965) reportó algunos comensales y parásitos ciliados sobre la cutícula de *C. quadricarinatus* pero es hasta finales de la década de los ochenta y principios de los noventa que se reportan por primera vez una amplia gama de patógenos de diferentes grupos taxonómicos como: *Psorospermium* sp. y *Thelohania* sp., este último transferido a partir de introducciones ilegales en *Cherax destructor*; rickettsias; *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium* spp. y *Vibrio* spp.; dos especies de virus, *Cherax baculovirus* y *Cherax giardiavirus*, los cuales no son altamente virulentos, pero causan mortalidades moderadas en las poblaciones locales; un ciliado endo-parasítico del complejo *Tetrahymena pyriformis*, *Epistilis* sp., *Lagenidium* sp. y varias infecciones bacterianas (Edgerton y Owens, 1999) y helmintos como *Temnocephala* spp. y *Craspedella* spp. Bortolini *et al.* (2007), hacen el primer reporte de poblaciones silvestres en el centro y norte del país. De acuerdo con Masser y Rouse (1992), su introducción puede imponer considerable estrés ambiental y una irreparable alteración a la biodiversidad, considerando de manera particular a los organismos del género *Cambarellus* y *Procambarus* en México (Magnuson *et al.*, 1975). El impacto ecológico que causa este tipo de organismos ha sido estimado a diferentes niveles en los países en donde ha llegado, en algunos otros, recién comienza a reportarse en los ambientes silvestres.

Los langostinos

Los langostinos del género *Macrobrachium* son importantes desde el punto de vista pesquero y de cultivo, son explotados en casi todas las comunidades costeras en América Latina, sin embargo, no han sido adecuadamente estudiados y su conservación está en peligro. La mayoría de los trabajos publicados en Latinoamérica tienen como objetivo el estudio de los langostinos con relación a su abundancia, diversidad y distribución y los esfuerzos se centran en una sola región, temporada, población o tóxico. Las características económicas, sociales y culturales en la mayoría de los países de la región han promovido la degradación del hábitat y la sobrepesca, por lo tanto, las poblaciones de este género se encuentran en peligro de extinción (García-Guerrero *et al.*, 2013). Una excepción es el *M. amazonicum*, el cual resulta ser una de las especies más estudiadas y con mayor potencial para realizar acuicultura (Kutty *et al.*, 2000; New, 2005). El caso más importante de introducción es el de *M. rosenbergii* que tiene su área de distribución natural de Pakistán hasta Borneo y Java, pero ha sido

ampliamente cultivado dentro de su gama natural y más allá, en África y América. Existen muchos reportes en donde a partir de organismos fugitivos se han establecido poblaciones silvestres, por ejemplo en Pará y São Paulo, Brasil y Martinica. Hasta el 2001, estaba diseminado por todo el continente americano a excepción de Nicaragua, Belice, Chile, Paraguay y Bolivia (Rodríguez y Suárez, 2001). Este organismo lleva consigo y dispersa al *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus (MrNV). A México, este langostino, fue introducido en 1973 pero hasta ahora no ha presentado los resultados esperados en cuanto a su cultivo se refiere.

Acuarismo

Otra variante del comercio creciente en animales es el que se refiere a especies ornamentales y que ha sido identificado también como una vía importante de introducción de especies acuáticas no nativas a los diferentes sistemas del orbe. Quizá esta introducción no sea tan masiva y tan evidente como la que representa la acuicultura comercial, pero las nuevas tendencias del acuarismo crean nuevas oportunidades para la importación y liberación de organismos con sus correspondientes simbioses y enfermedades. Desafortunadamente, el mercado que abastece a los acuaristas de agua marina maneja organismos recolectados en su mayoría en arrecifes de coral o zonas aledañas, en donde para coleccionarlos se utilizan técnicas baratas pero destructivas como los venenos y explosivos (Martínez-Guerrero y Cid-Rodríguez, 2010). Se debe considerar que no existe un control adecuado de ningún tipo, en particular con la presencia de patógenos y/o enfermedades y que son depositados en los acuarios con organismos de diferentes sitios. Las especies de crustáceos ornamentales son atractivos principalmente por su colorido y es relativamente sencillo su manejo en acuarios en estadios adultos. Entre las especies marinas que más son apreciadas se encuentran los camarones de los géneros *Lysmata*, *Hyppolysmata*, *Stenopus*, *Periclimenes*, *Thor* y algunas más que habitan los arrecifes de coral. Existen 120 especies de diferentes grupos taxonómicos, muchas de las cuales están en peligro de extinción o bien son potencialmente invasoras (Chucholl, 2015). Varias especies comercializadas son introducidas de manera al medio silvestre convirtiéndose eventualmente de forma eventual en especies invasoras. *Procambarus fallax* f. *virginalis*, en Europa central es un excelente ejemplo de lo que es la introducción de una especie con fines ornamentales, ahora es reconocida como especie invasora en Europa y Madagascar, debido a su particular reproducción a partir de un proceso de partenogénesis, en donde de manera teórica,

no se necesitaría más que de un solo organismo para que una población completa se establezca.

Consideraciones finales

Las enfermedades infecciosas emergentes en las especies nativas se originan por actividades del hombre, siendo los mercados internacional y nacional de organismos acuáticos vivos y sus productos, los principales factores que afectan la distribución geográfica de las enfermedades. Existen enfermedades que se han detectado a partir de organismos, pero también de sus subproductos, en particular las enfermedades virales, aunque existen otros patógenos tales como bacterias, las cuales suelen ser resultado de procesos deficientes de inspección sanitaria, y que afectan a las especies nativas. La degradación del hábitat puede a su vez favorecer la susceptibilidad de las poblaciones a enfermedades. El manejo de los cultivos a altas densidades y, por lo tanto, una alta frecuencia de contacto, a menudo comprometen la salud de los organismos y permite una acelerada propagación y selección de cepas de patógenos más virulentos. El movimiento de animales vivos es la principal vía de propagación de las enfermedades. En el caso del acuarismo, la dispersión de organismos de un lugar a otro debe observar fuertes medidas de control durante la manipulación, transporte y entrada a acuarios nuevos. Para ambos tipos de transferencia, comercial o recreacional, es necesario un comercio regulado y la estandarización de técnicas de manejo. Para el caso del acuarismo en México, existe la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA,), esta última habla de este comercio regulado. Por último, conforme la industria de la acuicultura y el acuarismo se desarrollen, va a ser muy probable ver en el futuro enfermedades nuevas de animales acuáticos, lo que sugiere el desarrollo de nuevos enfoques para evitar el impacto negativo sobre nuestro medio ambiente.

Literatura citada

- Arthur, J. R., y Subasinghe, R. P. (2002). Potential adverse socio-economic and biological impacts of aquatic animal pathogens due to hatchery-based enhancement of inland open-water systems, and possibilities for their minimisation. *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER*, 113-126.
- Barbaresi, S., y Gherardi, F. (2000). The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. *Biological Invasions*, 2(3), 259-264.
- Bell, T. A., y Lightner, D. V. (1984). IHNV virus: infectivity and pathogenicity studies in *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 38(3), 185-194.
- Bonami, J. R., Lightner, D. V., Redman, R. M., y Poulos, B. T. (1992). Partial characterization of a togavirus (LOVV) associated with histopathological changes of the lymphoid organ of penaeid shrimps. *Diseases of Aquatic Organisms*, 14, 145-152.
- Boonyaratpalin, S., Supamattaya, K., Kasornchandra, J., Direkbusaracom, S., Aekpanithanpong, U., y Chantanachooklin, C. (1993). Non-occluded baculo-like virus, the causative agent of yellow head disease in the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Fish Pathology*, 28(3), 103-109.
- Bortolini, J. L., Alvarez, F., y Rodríguez-Almaraz, G. (2007). On the presence of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Mexico. *Biological Invasions*, 9(5), 615-620.
- Brown, C. (2000). Emerging infectious diseases of animals: An overview. In *Emerging diseases of animals (pp. 1-12)*. American Society of Microbiology.
- Chantanachookin, C., Boonyaratpalin, S., Kasornchandra, J., Direkbusarakom, S., Ekpanithanpong, U., Supamataya, K. y Flegel, T. W. (1993). Histology and ultrastructure reveal a new granulosis-like virus in *Penaeus monodon* affected by yellow-head disease. *Diseases of Aquatic Organisms*, 17, 145-145.
- Chien, T., Hsu-Hien, H., Sheng-Hsieng, C., Jung-Ping, H., Shu-Ting, K., Nan-Jung, L., Tien-Lai, H., Ming-Chang, L. y Shih-Yuh L., (1999). Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan. *Diseases of Aquatic Organisms*, 38, 159-161.

- Chong, Y. C. y Loh, H. (1984). Hepatopancreas chlamydial and parvoviral infections of farmed marine prawns in Singapore. *Singapore Veterinary Journal*, 9, 51-56.
- Chucholl, C. (2013). Invaders for sale: trade and determinants of introduction of ornamental freshwater crayfish. *Biological Invasions*, 15(1), 125-141.
- Chucholl, C., y Wendler, F. (2017). Positive selection of beautiful invaders: long-term persistence and bio-invasion risk of freshwater crayfish in the pet trade. *Biological invasions*, 19(1), 197-208.
- Daszak, P., Cunningham, A. A., y Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife--threats to biodiversity and human health. *Science*, 287(5452), 443-449.
- Daszak, P., Cunningham, A. A., y Hyatt, A. D. (2001). Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta tropica*, 78(2), 103-116.
- Durand, S., Lightner, D. V., Nunan, L. M., Redman, R. M., Mari, J. y Bonami, J. R. (1996). Application of gene probes as diagnostic tools for white spot baculovirus (WSBV) of penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 27(1), 59-66.
- Edgerton, B. F., y Owens, L. (1999). Histopathological surveys of the redclaw freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Australia. *Aquaculture*, 180(1-2), 23-40.
- Edsman, L. (2004). The Swedish story about import of live crayfish. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, (372-373), 281-288.
- European Commission (2016). Commission implementing regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of union concern pursuant to regulation (EU) No. 1143/2014 of the European parliament and of the council. Off J EU 59:4-8.
- Flegel, T. W., Sriurairatana, S., Wongterrasupaya, C., Boonsaeng, V., Panyim S. y With- yachumnarnkul, B. (1995). Progress in characterization and control of yellow-head virus of *Penaeus monodon*. En Browdy, C. L., Hopkins, J. S. (Eds.), *Swimming Through Troubled Water, Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, L A, pp. 76-83.
- Food and Agricultural Administration of the United Nation (FAO) (2000). Los pequeños estanques. Grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. Roma, Italia. 30 pp.
- Geiger, W., Alcorlo, P., Baltanas, A., y Montes, C. (2005). Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions*, 7(1), 49-73.

- Gherardi, F., Tarducci, F. y Vannini, M. (1988). Locomotor activity in the freshwater crab *Potamon fluviatile*: the analysis of temporal patterns by radio-telemetry. *Ethology*, 77(4), 300-316.
- Gherardi, F., Barbaresi, S., y Salvi, G. (2000). Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. *Aquatic Sciences*, 62(2), 179-193.
- Harvell, C. D., Kim, J. M., Burkholder, R. R., Colwell, P. R., Epstein, D. J., Grimes, E. E., Hofman, E. K., Lipp, A. D., M. E. Osterhaus, R. M., Overstreet, J. W., Porter, G. W. Smith, y Vasta, G. R. (1999). Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285(5433), 1505-1510.
- Hill, B. (2002). National and international impacts of white spot disease of shrimp. *Bulletin-European Association of Fish Pathologists*, 22(2), 58-65.
- Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E., y Padilla, D. K. (2018). Can introduced species replace lost biodiversity? A test with freshwater molluscs. *Hydrobiologia*, 810(1), 45-56.
- Kibenge, F. S. B. (2016). *Determinants of Emergence of Viral Diseases in Aquaculture. In Aquaculture Virology (pp. 95-116). Academic Press.*
- Kutty, M. N., Herman, F., y Le Menn, H. (2000). *Culture of other prawn species. Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*, 393-410.
- Lightner, D. V., Redman, R. M., Poulos, B. T., Nunan, L. M., Mari, J. L., y Hasson, K. W. (1997). Risk of spread of penaeid shrimp viruses in the Americas by the international movement of live and frozen shrimp. *Revue scientifique et technique-Office international des épizooties*, 16, 146-160.
- Lightner, D. V., y Redman, R. M. (1985). A parvo-like virus disease of penaeid shrimp. *Journal of Invertebrate Pathology*, 45(1), 47-53.
- Lightner, D. V., y Redman, R. M. (1993). A putative iridovirus from the penaeid shrimp *Protrachypene precipua* Burkenroad (Crustacea: Decapoda). *Journal of Invertebrate Pathology*, 62(1), 107-109.
- Lightner, D. V., & Redman, R. M. (1998). Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture*, 164(1-4), 201-220.
- Lu, Y., Tapay, L. M., Loh, P. C., Gose, R. B., y Brock, J. A. (1997). The pathogenicity of a baculo-like virus isolated from diseased penaeid shrimp obtained from China for cultured penaeid species in Hawaii. *Aquaculture International (United Kingdom)*.

- Magnuson, J. J., Capelli, G. M., Lorman, J. G., y Stein, R. A. (1975). Consideration of crayfish for macrophyte control. In *Proceedings of a Symposium on Water Quality Management through Biological control*.
- Martínez-Guerrero, B., y María del Rosario, P. (2010). El comercio de los camarones de ornato: el marco legal y sus complicaciones. *Ciencia y Mar*, 14(40), 69-74.
- Masser, M., & Rouse, D. (1990). *Australian crayfish. Natural resources series (USA)*.
- Moser, J. R., Galván, D. A., Mendoza, F., Encinas, T., Coronado, D. E., Portillo, G., Marques, M. R. F., Magallón, F. J. y Hernández, J. (2012). Water temperature influences viral load and detection of White Spot Syndrome Virus (mssv) in *Litopenaeus vannamei* and wild crustaceans. *Aquaculture*, 326, 9-14.
- Mrugała, A., Kozubíková-Balcarová, E., Chucholl, C., Resino, S. C., Viljamaa-Dirks, S., Vukić, J., y Petrusek, A. (2015). Trade of ornamental crayfish in Europe as a possible introduction pathway for important crustacean diseases: crayfish plague and white spot syndrome. *Biological Invasions*, 17(5), 1313-1326.
- Murray, A. G. (2013). Epidemiology of the spread of viral diseases under aquaculture. *Current opinion in Virology*, 3(1), 74-78.
- Murray, A. G., y Peeler, E. J. (2005). A framework for understanding the potential for emerging diseases in aquaculture. *Preventive veterinary medicine*, 67(2-3), 223-235.
- New, M. B. (2005). *Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. Aquaculture research*, 36(3), 210-230.
- Nunan, L. M., Poulos, B. T., y Lightner, D. V. (1998). The detection of white spot syndrome virus (WSSV) and yellow head virus (YHV) in imported commodity shrimp. *Aquaculture*, 160(1-2), 19-30.
- Papavlasopoulou, I., Perdikaris, C., Vardakas, L., y Paschos, I. (2014). Enemy at the gates: introduction potential of non-indigenous freshwater crayfish in Greece via the aquarium trade. *Central European Journal of Biology*, 9(1), 11-18.
- Parrish, C. R., Holmes, E. C., Morens, D. M., Park, E. C., Burke, D. S., Calisher, C. H., Laughlin, C. A., Saif, L. J. y Daszak, P. (2008). Cross-species virus transmission and the emergence of new epidemic diseases. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 72(3), 457-470.
- Patoka, J., Kalous, L., y Kopecký, O. (2014). Risk assessment of the crayfish pet trade based on data from the Czech Republic. *Biological Invasions*, 16(12), 2489-2494.

- Patoka, J., Petrtyl, M. y Kalous, L. (2014). Garden ponds as potential introduction pathway of ornamental crayfish. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (414), 13.
- Peay, S., Holdich, D. M., y Brickland, J. (2010). Risk assessments of non-indigenous crayfish in Great Britain. *Freshwater Crayfish*, 17(1), 109-122.
- Peeler, E. J., Oidtmann, B. C., Midtlyng, P. J., Miossec, L., y Gozlan, R. E. (2011). Non-native aquatic animals introductions have driven disease emergence in Europe. *Biological Invasions*, 13(6), 1291-1303.
- Plowright, R. K., Sokolow, S. H., Gorman, M. E., Daszak, P., y Foley, J. E. (2008). Causal inference in disease ecology: investigating ecological drivers of disease emergence. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(8), 420-429.
- Provenzano, A. J. Jr. (1985). Commercial culture of decapod crustaceans. En Provenzano A. J. Jr. (Ed.), *Economic Aspects: Fisheries and Culture*. In: Bliss D. E. (Ed.), *The Biology of Crustacea* (269-314), Vol. 10. Academic Press.
- Rabitsch, W. y Essl, F. (2006). Biological invasions in Austria: patterns and case studies. *Biological invasions*, 8(2), 295-308.
- Rodríguez, G. y Suárez, H. (2001). Anthropogenic dispersal of decapod crustaceans in aquatic environments. *Interciencia*, 26(7), 282-288.
- Sandström, A., Andersson, M., Asp, A., Bohman, P., Edsman, L., Engdahl, F., Nyström, P., Stenberg, M., Hertonsson, P. Vralstad, T. y Granèli, W. (2014). Population collapses in introduced non-indigenous crayfish. *Biological invasions*, 16(9), 1961-1977.
- Thitamadee, S., Prachumwat, A., Srisala, J., Jaroenlak, P., Salachan, P. V., Sritunyaluksana, K., Flegel, T. W. y Itsathitphaisarn, O. (2016). Review of current disease threats for cultivated penaeid shrimp in Asia. *Aquaculture*, 452, 69-87.
- Torchin, M. E., Byers, J. E., y Huspeni, T. C. (2005). Differential parasitism of native and introduced snails: replacement of a parasite fauna. *Biological Invasions*, 7(6), 885-894.
- Walker, P. J., y Winton, J. R. (2010). Emerging viral diseases of fish and shrimp. *Veterinary research*, 41(6), 51.
- Wang, Q., White, B. L., Redman, R. M., y Lightner, D. V. (1999). Per os challenge of *Litopenaeus vannamei* postlarvae and *Farfantepenaeus duorarum* juveniles with six geographic isolates of white spot syndrome virus. *Aquaculture*, 170(3-4), 179-194.

- Wang, C. H., Tsai, T. J., Kou, G. H. y Chen, S. N. (1997). Detection of white spot disease virus in wild-caught greasy back shrimp, *Metapenaeus ensis* (de Haan) in Taiwan. *Fish Pathology*, 32, 35-41.
- Wongteerasupaya, C., Sriurairatana, S., Vickers, J. E., Anutara, A., Boonsaeng, V., Panyim, S., Tassanakajon, A., Withyachumnarnkul, B. y Flegel, T. W. (1995). Yellow-head virus of *Penaeus monodon* is an RNA virus. *Diseases of Aquatic Organisms*, 22(1), 45-50.
- Woolhouse, M. E., & Gowtage-Sequeria, S. (2005). Host range and emerging and re-emerging pathogens. *Emerging infectious diseases*, 11(12), 1842.



