



## PARÁSITOS

### LA BIODIVERSIDAD OLVIDADA

*Ana E. Abuir-Baraja*

Departamento de Producción Animal, Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria de la Universidad Cardenal Herrera-CEU

#### Resumen

En el presente capítulo se comenta la importancia del uso de los parásitos en diferentes áreas de investigación, destacando los trabajos relativos las especies parásitas de los peces marinos. En esta sección veremos que los parásitos no son tan malos como los pintan ya que pueden ayudarnos a conocer el origen de las capturas pesqueras y a diferenciar entre poblaciones de peces. También es importante su conocimiento en las especies acuícolas que se producen en todo el mundo y son indicadores de las alteraciones medioambientales y del cambio climático global. Además, se desarrollarán ejemplos de cómo la actuación del ser humano puede provocar algunas de las connotaciones negativas que se les atribuyen, a través de ejemplos con especies invasoras/introducidas y del problema de la anisakiosis.

#### Abstract

*In this chapter we discuss the importance of the use of parasites in different areas of research, highlighting the work on parasites of marine fish. We will see that parasites are not as bad as they are sometimes thought to be, as they can help us determine the origin of fish catches and distinguish between fish populations. A knowledge of the parasites of the species farmed in aquaculture around the world is also important, as they serve as indicators of environmental changes and global climate change. We also provide examples of how human activity can be the cause some of the harm attributed to parasites, through invasive or introduced species, and the problem of anisakiosis.*

## 1. Introducción

En un volumen de la colección *Mediterráneo Económico* quizá parezca extraño encontrar una sección que hable sobre parásitos de peces marinos. ¿Por qué vamos a hablar sobre estos organismos? ¿Cómo va a ser importante desarrollar un apartado sobre ellos? ¿Qué implicación pueden tener con el mar Mediterráneo y sus habitantes? Al profundizar en el título ‘Biodiversidad marina: riesgos, amenazas y oportunidades’ quizá el lector incluya a los parásitos dentro de esos ‘riesgos’ o ‘amenazas’ y obvie su inclusión entre las ‘oportunidades’ que estos organismos pueden ofrecernos.

Pero, para comenzar a desarrollar este capítulo y a modo de introducción, vamos a empezar por el principio: ¿qué es un parásito? Lejos de que este apartado se convierta en una clase magistral de parasitología, una sencilla definición de parasitismo sería una asociación entre, normalmente, especies diferentes, donde una de ellas (el parásito) se alimenta o vive a

expensas de otra, (a la que se le conoce como ‘hospedador’) de forma temporal o permanente (definición extraída y modificada de Poulin y Moran, 2000; Martínez-Fernández y Cordero del Campillo, 2002; Pérez-Tris, 2009). Además, el parasitismo está considerado como una de las estrategias de vida de mayor éxito (Poulin y Moran, 2000; Palm y Klimpel, 2007).

Pero, para el público en general, la opinión sobre los parásitos siempre ha sido negativa ya que, normalmente, se les asocia con enfermedades, patologías o zoonosis (Marcogliese, 2005).

No obstante, el estudio de los parásitos puede facilitarnos información muy importante sobre sus hospedadores en aspectos tan relevantes como su biología, comportamiento, ecología, biogeografía, filogenia, actuando como reguladores poblacionales o formando parte de las complejas redes tróficas (Brooks y McLennan, 1993; Tompkins y Begon, 1999; Hoberg y Klassen, 2002; Moore, 2002; Lafferty *et al.*, 2008; Johnson *et al.*, 2010; Lafferty, 2013; Thieltges *et al.*, 2013). Además, ha aumentado el interés por su estudio ya que hay trabajos que demuestran su importancia en la investigación de los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, al formar parte de ellos como agentes que ayudan a mantener su equilibrio, integridad y estabilidad (Hudson *et al.*, 2006; Lafferty, 2013; de Azevedo y Abdallah, 2016).

Se sabe que hay más especies de vida parásita que de vida libre en la Tierra (Windsor, 1998), pero no hay una cifra exacta del número de especies parásitas que existen en el mundo. Algunos autores han estimado la existencia de más de 300.000 especies, solo de helmintos, que parasitan a hospedadores vertebrados (aves, mamíferos, reptiles, etc.) (Dobson *et al.*, 2008). Lo que sí debe quedar claro es que los parásitos son parte importante de la biodiversidad, tanto marina como terrestre, y que quedan aún muchas especies por descubrir (Dobson *et al.*, 2008; Lafferty, 2013).

Para facilitar los estudios relacionados con los parásitos se les ha clasificado, generalmente, en dos grandes grupos: *microparásitos* (que incluiría virus, bacterias, protistas y mixozoos) y los *macroparásitos* (helmintos [monogéneos, trematodos, cestodos, nematodos, etc.] y artrópodos, que, en general, denominaremos *metazoos* de aquí en adelante) (Viney y Cable, 2011). Además, podemos diferenciarlos entre *ectoparásitos*, o parásitos localizados en el exterior del hospedador (localizados en la piel o las branquias) y a los *endoparásitos*, de localización interna (en diferentes órganos).

Como característica principal de estos dos grupos recalcar que los primeros, los ectoparásitos, suelen ser monóxenos, presentando ciclos de vida directos en los que suele actuar un único hospedador. En este grupo los individuos adultos se reproducirán y los estadios larvarios o/e inmaduros podrán infectar directamente a sus hospedadores. Como ejemplo de ectoparásitos tenemos a protistas, monogéneos, copépodos, isópodos e hirudíneos entre otros.

El otro grupo, los endoparásitos, suelen ser heteroxenos (con excepciones) con ciclos de vida indirectos, con diferentes hospedadores intermediarios para completarlo. Aquí, el espécimen adulto se reproducirá y las larvas o estadios juveniles parasitarán a esos hospedadores intermediarios, uno o varios, donde irán desarrollándose y madurando hasta alcanzar de nuevo la fase adulta en el hospedador definitivo. Generalmente, los trematodos, cestodos, nematodos y acantocéfalos son ejemplos de endoparásitos.

Estos últimos, los parásitos con ciclos de vida indirectos, más complejos, que necesitan a varios hospedadores, son los que mejor indican la estabilidad en la estructura de los ecosistemas, reflejando las relaciones tróficas entre todos los hospedadores implicados en su ciclo de vida, y que, por tanto, deben coexistir para que el parásito persista y complete su ciclo biológico (Lafferty, 2013; de Azevedo y Abdallah, 2016).

En los ecosistemas marinos, tema principal del presente capítulo, también hay estudios que tienen en cuenta tanto la diversidad parasitaria, como la presencia de parásitos para el análisis y comprensión de las comunidades marinas (Lafferty, 2013; Thieltges *et al.*, 2013). Pero, a pesar del aumento de estudios parasitológicos, el grado de conocimiento real que existe sobre la diversidad de especies parásitas en peces marinos es relativamente bajo (Lloret *et al.*, 2012; Lafferty, 2013). Es importante destacar, y tener en cuenta, que todas las especies marinas presentan parásitos con los que conviven en un cierto grado de equilibrio.

En cuanto a los peces marinos, la mayor parte de estudios relativos a su parasitofauna están centrados en especies pesqueras de interés comercial (por ejemplo, Arthur y Arai, 1980 –arenque–; Mackenzie y Longshaw, 1995 –merluza argentina–; Barker *et al.*, 1996 –anguila–; Bakke y Harris, 1998 –salmón del Atlántico– o Perdiguero-Alonso *et al.*, 2008 –bacalao del Atlántico norte–). Asimismo, a medida que han disminuido los recursos pesqueros, han ido apareciendo un número creciente de estudios parasitológicos de especies de producción acuícola (Sitjà-Bobadilla *et al.*, 2005; Álvarez-Pellitero *et al.*, 2006; Hutson *et al.*, 2007; Villar-Torres *et al.*, 2018). Sin embargo, entre las especies de peces sin valor comercial los estudios sobre su parasitofauna son escasos, tanto en peces de agua dulce (Bake *et al.*, 2004; Tang y Zao, 2010; Chanda *et al.*, 2011) como en peces marinos (Hernández-Orts *et al.*, 2010; Repullés-Albelda *et al.*, 2013; Ahuir-Baraja *et al.*, 2015 a y b, Isbert *et al.*, 2018). Este nivel desigual de conocimiento corrobora la limitada noción de la diversidad parasitaria marina. Además, y dado que el número de especies de interés comercial es proporcionalmente ínfimo comparado con el número de especies de peces existentes, el grado de conocimiento real que existe sobre la diversidad parásita en peces marinos es relativamente escaso (Lloret *et al.*, 2012; Lafferty, 2013).

En el presente capítulo vamos a comentar casos en los que la investigación de los parásitos nos va a revelar información no solo sobre sus hospedadores, sino sobre las características del ambiente en que se incluyen, nos va a ayudar a conocer y prevenir futuros problemas parasitarios y a entender un poco más algunas de las enfermedades que pueden provocarnos.

## 2. Parásitos en estudios de trazabilidad y diferenciación de *stocks* en pesquerías

Antes de empezar con este apartado, vamos a definir brevemente los dos conceptos que vamos a manejar: trazabilidad y *stock*.

Según el *Codex Alimentarius* la trazabilidad es «la capacidad para seguir el movimiento de un alimento a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución». Y, según el Real Decreto 1380/2002, de 20 de diciembre, de «Identificación de los productos de la pesca, de la acuicultura y del marisqueo congelados y ultracongelados (BOE, 2003)», es «la información contenida en el etiquetado de estos productos con información precisa de la especie y de su origen, no solo en cuanto a zona de captura, sino también en cuanto al método de producción, la captura o el cultivo marino, así como de sus características esenciales» ([www.aecosan.msssi.gob.es](http://www.aecosan.msssi.gob.es)).

Actualmente, de acuerdo a la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (GFCM, de sus siglas en inglés *General Fisheries Commission for the Mediterranean*) la cuenca mediterránea se ha dividido en 27 subáreas geográficas según su información sobre capturas y producción con fines estadísticos (GFCM 2012, Mattiucci *et al.* 2015).

En cuanto al concepto de *stock* en pesquerías hace referencia a un grupo de peces de la misma especie con unas características genéticas y biológicas por las que pueden diferenciarse de otro(s) grupo(s) (Waldman 2005, Mattiucci *et al.* 2015). Este concepto surgió para estudiar poblaciones de peces sobreexplotadas, determinar en qué áreas y subáreas de pesca hay mayor riesgo de sobrepesca para algunas de las especies de interés comercial, y ayudar a gestionar adecuadamente los recursos pesqueros (Mattiucci *et al.* 2015, Pita *et al.* 2016).

Para obtener la información sobre el origen de las capturas (trazabilidad) e información de los *stocks* pesqueros se habían utilizado diferentes parámetros y medidas como la morfometría de los peces, el uso de sus otolitos, sus datos genéticos (microsatélites de ADN), marcadores artificiales, etc. (O'reilly y Wright 1995, Waldman 1999). Pero, el uso de los parásitos, sobre todo el estudio de las comunidades parásitas presentes en los peces, puede aportar datos sobre el origen, migraciones, alimentación e historia vital de dichas especies (Thomas *et al.* 1996). A modo de explicación básica, el uso de los parásitos como indicadores de trazabilidad se basa en que los peces se infectarán por los parásitos cuando se encuentren en un área donde la transmisión de esos parásitos sea posible, encontrándose cohabitando sus hospedadores intermediarios y definitivos (MacKenzie *et al.* 2013, Marengo *et al.* 2017).

Existen muchos trabajos en los que la parasitofauna de diferentes especies pesqueras se ha utilizado en la identificación de poblaciones y subpoblaciones de peces comerciales (MacKenzie 2004, Timi 2007, Lester y MacKenzie 2009, MacKenzie y Abaunza 2014, Mattiucci *et al.* 2015, Marengo *et al.* 2017). Pero, hay que tener en cuenta que no todos los parásitos pueden ser utilizados con esta finalidad. Mattiucci y col. (2015) matizan que el uso de los parásitos como 'marcadores biológicos' en tareas de identificación de *stocks* de peces está recomendado

cuando, tanto el ciclo de vida del parásito como su distribución geográfica, son conocidos y, además, sabemos que el tiempo de permanencia del parásito en su hospedador es tan largo como la esperanza de vida de este. Asimismo, estos autores destacan también que el parásito elegido como marcador no debería tener un efecto patogénico sobre su hospedador.

Son precisamente estos autores, Matiucci *et al.* (2015), quienes han desarrollado estudios utilizando un parásito que es muy popular para el consumidor, y del que se ilustrará con más profundidad más adelante, como es el nematodo *Anisakis* spp. como marcador biológico en el estudio de *stocks* de tres especies de peces muy consumidas: la merluza (*Merluccius merluccius*), el jurel (*Trachurus trachurus*) y el pez espada (*Xiphias gladius*) del mar Mediterráneo comparados con *stocks* del océano Atlántico.

En estos trabajos se comprobó que, la presencia y/o ausencia de diferentes especies del género *Anisakis* en unos *stocks* y en otros de merluza, jurel y pez espada, permitía separar no solo las especies procedentes del Mediterráneo y del Atlántico, sino a los diferentes *stocks* dentro de las subáreas de división del mar Mediterráneo, facilitando así el conocimiento del origen de captura de estas especies, su trazabilidad.

Estudios recientes combinan el uso de los parásitos como marcadores biológicos con otros marcadores anteriormente comentados (otolitos y microsatélites de ADN) en otras especies de interés comercial. Este es el caso de Marengo *et al.* (2017) que utilizaron dicha combinación en el estudio del *stock* pesquero del dentón (*Dentex dentex*) en cuatro áreas de la isla de Córcega (mar Mediterráneo). La combinación de esos marcadores resultó favorable en la discriminación de las cuatro zonas estudiadas y ha aportado información relevante para la gestión de la pesquería del dentón en esa zona.

Es, por tanto, importante incluir a los parásitos como notables indicadores de la trazabilidad y los *stocks* pesqueros, usados separadamente o combinados, en estudios multidisciplinares, con otros marcadores útiles para este fin.

### 3. Sinergia en los estudios ictioparasitológicos en acuicultura y acuarios

La acuicultura, definida por la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la Comisión Europea como la producción de organismos acuáticos en la que interviene el ser humano en una o varias fases de esta (siembra, alimentación, reproducción, etc.), produce actualmente el 50 % del pescado destinado a alimentación en todo el mundo (FAO). Podemos, por tanto, considerar a la acuicultura como una actividad económica basada en la producción de organismos acuáticos, incluidos los peces, que está en continua evolución y crecimiento, y que cada vez utiliza procesos productivos más factibles y tecnificados (Rueda, 2011).

Este continuo perfeccionamiento de la acuicultura tiene como objeto poder suministrar productos acuáticos de elevada calidad e introducir nuevas especies cuya producción sea posible. A pesar de que en la actualidad se cultivan casi 600 especies diferentes de organismos acuícolas en todo el mundo y del aumento en la producción de estas especies (FAO, Informe Apromar Acuicultura, 2018), la acuicultura aún no ha llegado a subsanar la disminución generalizada del volumen de capturas en las pesquerías (Informe Apromar Acuicultura, 2018).

Uno de los objetivos más importantes de la acuicultura se centra en la introducción de nuevas especies (diversificación) que puedan ser producidas para su consumo (Rueda, 2011). Por ejemplo, en España durante los últimos años, se han desarrollado diferentes investigaciones con especies con potencial en acuicultura, pero no exentas de dificultades desde el punto de vista biológico, para su producción. Podemos destacar los estudios realizados con merluza, rape (*Lophius piscatorius*), el pez de San Pedro (*Zeus faber*), la seriola (*Seriola dumerili*), el dentón, el pargo (*Pagrus pagrus*) o el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*) (Peleteiro, 2017).

Pero uno de los factores que puede complicar, incluso imposibilitar, la producción de estas especies en acuicultura son los posibles patógenos que pueden aparecer en las diferentes fases de la producción (Fernández-Álvarez *et al.*, 2016; Plumb, 2018; Kim *et al.*, 2019). Y, en cuanto a los parásitos, sobre todo los ectoparásitos con ciclos de vida directos, existen diversos trabajos en los que se constata como afectan sus infestaciones en la producción de diferentes especies de peces (Álvarez-Pellitero, 2004; Sitjá-Bobadilla *et al.*, 2006 y 2009; Noga, 2010; Repullés-Albelda *et al.*, 2011 y 2012; Ogawa, 2015).

Estos problemas causados por diferentes parásitos y patógenos en las especies de producción acuícola los encontramos también en especies pertenecientes al ámbito de la acuariología (Cardoso *et al.*, 2017 y 2019; Marudhupandi *et al.*, 2017; Vaughan, 2017; Trujillo-González *et al.*, 2018; Rukmana *et al.*, 2019).

Cabe destacar el caso particular de *Neobenedenia melleni*, monogeneo localizado en la piel de los peces (ectoparásito con ciclo de vida directo). Esta especie fue descubierta en un acuario, el *New York Aquarium*, en el año 1927 (Whittington, 2004) y, actualmente, es uno de los patógenos con mayor importancia económica en los peces marinos que se producen en todo el mundo (Shinn *et al.*, 2015). Este parásito comprende a un complejo de especies dentro del género *Neobenedenia* y ha sido citado en más de 100 especies de peces (Whittington y Chisholm, 2008) provocado mortalidades de hasta el 100 % en producción de especies del género *Seriola* en Japón y del 50 % en producción del falso halibut japonés (*Paralichthys olivaceus*) en el mismo país (Ogawa *et al.*, 1995). Estas mortalidades tan elevadas se traducen en pérdidas de miles de millones de euros/dólares en la acuicultura mundial (Shinn *et al.*, 2015).

El caso de *N. melleni* no es el único como ejemplo de patógeno descubierto en acuarios y que después ha sido detectado en especies de producción acuícola.

La micosis tuberculosa en abalón (*Halotis midae*), provocada por el ‘pseudohongo’ *Halio-ticida noduliformans*, también fue descrita primeramente en acuarios y después fue detectada afectando a la industria del abalón en Sudáfrica (Macey *et al.*, 2011), por lo que los autores

del estudio donaron toda la información obtenida en su experiencia en acuarios a las autoridades pertinentes para ayudar en la investigación sobre la patología y epidemiología de este patógeno (Vaughan 2017).

Considerando que en los acuarios públicos podemos encontrar una gran diversidad de especies, mantenidas en unas condiciones muy similares a las que encontramos en producción acuícola, los diferentes patógenos que podemos detectar afectando a los peces de acuario son los que afectan o afectarán a las especies de acuicultura. Además, las posibles especies que son el futuro objetivo de la diversificación en la producción acuícola se encuentran actualmente mantenidas en muchos de los acuarios públicos de todo el mundo (Vaughan, 2017). Es, por tanto, de vital importancia, que exista una estrecha colaboración entre los acuarios públicos, los centros o empresas destinados a la acuicultura y los centros de investigación para poder compartir la experiencia adquirida en el mantenimiento de estas especies para conocer y atajar de la manera más efectiva posible los problemas, o futuros problemas, que los patógenos acuáticos causan, o puedan causar, a las especies que van a ser destinadas a la producción acuícola.

#### 4. Parásitos como indicadores ambientales

Los estudios multidisciplinarios centrados en la contaminación y en el estrés ambiental de los ecosistemas marinos están incluyendo, cada vez con más frecuencia, el uso de los parásitos como indicadores biológicos naturales (MacKenzie, 2002; Williams y MacKenzie, 2003; Marcogliese, 2005; Pérez del-Olmo *et al.*, 2007; Vidal-Martínez *et al.*, 2010). De hecho, se ha creado una nueva disciplina dentro de la parasitología que se conoce como 'Parasitología ambiental' cuya función es estudiar la relación entre los parásitos y la contaminación ambiental (Sures y Nachev, 2015; Sures *et al.*, 2017). Esta disciplina surge debido al rol que los parásitos pueden tener como indicadores de la calidad ambiental ya que, generalmente, los endoparásitos tienden a verse disminuidos ante los cambios ambientales mientras que, los ectoparásitos, suelen verse incrementados cuando aumentan los niveles de contaminación (MacKenzie, 1999).

Además, cabe destacar la demostrada capacidad de los parásitos de acumular ciertos contaminantes, incluidos los metales pesados, y que ha generado un incremento en los estudios centrados en esta cualidad en parásitos de ambientes acuáticos (Sures, 2003; Nachev y Sures, 2016; Sures *et al.*, 2017).

Estudios relacionados con esta capacidad acumulativa han demostrado que, algunos taxones (endoparásitos como digeneos, cestodos, acantocéfalos y nematodos), pueden ser considerados como centinelas de la contaminación por metales pesados (Sures *et al.*, 2017). Son los cestodos y los acantocéfalos los que más capacidad de acumulación tienen, incluyendo la acumulación de elementos muy tóxicos, como el cadmio o el plomo (Sures *et al.*, 2017). Esta capacidad podría deberse a que estos dos taxones comentados anteriormente, y que se localizan principalmente en el sistema digestivo de sus hospedadores, carecen de tracto gastro-

intestinal y toman sus nutrientes a través de su tegumento, absorbiendo más fácilmente este tipo de elementos (Sures *et al.*, 2107).

Cabe destacar también diferentes estudios realizados, no solo en el medio acuático, que demuestran que, comparando hospedadores parasitados por cestodos y acantocéfalos con otros no parasitados, los primeros presentaban menores concentraciones de metales pesados en sus tejidos (Sures *et al.*, 2107). Por este hecho, a los parásitos se les considera ‘sumideros de contaminantes’ (del inglés *pollutant sinks*). Aunque son necesarios muchos más estudios que nos ayuden a entender el porqué de esta cualidad, es interesante subrayar la actuación beneficiosa de los parásitos sobre sus hospedadores, desde esta perspectiva, cambiando la percepción general tan negativa que se tiene sobre ellos (Sures, 2015).

Pero, no solo los endoparásitos pueden ser indicadores del estado de los ecosistemas. Como se ha comentado anteriormente, los ectoparásitos también se ven afectados por los contaminantes (MacKenzie, 1999). Al presentar ciclos de vida directos están en continuo contacto con el ambiente que les rodea y, gracias a la evolución, han desarrollado una gran resistencia y flexibilidad a los cambios ambientales. Por tanto, muchos ectoparásitos se muestran normalmente más tolerantes que sus hospedadores a dichas alteraciones (MacKenzie, 1999).

Sin embargo, aún queda mucho trabajo por hacer en el ámbito de la Parasitología ambiental ya que hace falta, por ejemplo, más estudios que analicen la sensibilidad, a diferentes contaminantes, químicos (incluidos los pesticidas) y metales pesados, de los estadios larvarios de los parásitos de ambientes acuáticos, sobre todo, marinos (Sures *et al.*, 2017).

## 5. Parásitos y calentamiento global (cambio climático)

Al igual que los parásitos de los peces pueden verse afectados por los niveles de contaminación y metales pesados presentes en el agua, estos también pueden verse afectados por el cambio climático global que está alterando tanto la temperatura y nivel del agua como a la circulación, acidificación y a la salinidad de nuestros océanos y mares (Palm, 2011; MacLeod, 2017). Además, el aumento de la temperatura altera tanto el rango estacional y biogeográfico de los hospedadores (las diferentes especies marinas) como el de los parásitos (Palm, 2011). Este calentamiento global afecta a la interacción entre el hospedador y sus patógenos de varias maneras. Por ejemplo, se sabe que las tasas de desarrollo, transmisión y número de generaciones de los patógenos se ven incrementados, aumenta la tasa de supervivencia de los patógenos en invierno (inviernos más suaves) y el sistema inmune del hospedador es más susceptible debido al estrés térmico (Harvell *et al.*, 2002). De hecho, para la mayoría de los ectoparásitos y endoparásitos, sus ciclos de vida están muy ligados a la temperatura del agua, presentando ciclos más cortos cuanto más elevada es la temperatura. Por ello, la transmisión de muchas especies de parásitos podría verse favorecida en un escenario de calentamiento global (Adlar *et al.*, 2015; Schade *et al.*, 2016).

Pero, las alteraciones debidas al cambio climático no siempre implican un aumento de la carga parasitaria. Recientes estudios centrados en el efecto de la acidificación de las aguas marinas han demostrado que dicha acidificación está ligada a una disminución en la supervivencia de los estadios larvarios de trematodos que encontramos en ecosistemas marinos (MacLeod y Poulin, 2015; Guilloteau *et al.*, 2016). Esto podría parecer algo positivo: menor supervivencia de las larvas implicará una menor tasa de infección en sus hospedadores definitivos. Pero, como hemos comentado anteriormente, los parásitos actúan como reguladores de las poblaciones de sus hospedadores objetivo o bien pueden alterar su comportamiento. Como reguladores de las poblaciones, muchos parásitos alteran la tasa de fecundidad de sus hospedadores actuando como castradores (Lafferty y Kuris, 2009; Gilardoni *et al.*, 2012; Labaude *et al.*, 2015). Si estos parásitos ven disminuida su prevalencia, el hospedador incrementa su tasa reproductiva, lo que consecuentemente, puede alterar el papel que ese hospedador puede tener como presa, competidor o depredador de otras especies presentes en el ecosistema (MacLeod, 2017).

En cuanto a las posibles alteraciones del comportamiento de sus hospedadores, muchas especies parásitas pueden favorecer que su hospedador sea presa del siguiente hospedador (normalmente en un nivel superior de la cadena trófica) necesario para completar su ciclo (Thomas *et al.*, 1998). Este hecho sugiere, por tanto, que al disminuir las tasas de parasitación, habrá hospedadores a los que será más difícil preda y aumentarán su supervivencia en detrimento de los siguientes hospedadores, a quién les costará más alimentarse (Sato *et al.*, 2011; Labaude *et al.*, 2015).

Es, por tanto, muy importante, tener en cuenta la correlación existente entre los parásitos de los peces y el cambio climático. Su capacidad para indicar alteraciones en el medio ambiente puede ser una buena herramienta biológica a ser empleada como indicadora del calentamiento global (Palm, 2011).

## 6. Parásitos y especies invasoras/introducidas

La revolución de la globalización que estamos viviendo en todo el mundo influye también en la tasa en que especies no nativas están siendo introducidas en áreas no incluidas en su hábitat natural, de forma intencionada o no (Torchin *et al.*, 2002; Blakeslee *et al.*, 2013).

Estas especies introducidas, tanto en hábitats terrestres como marinos, suelen tener elevadas densidades poblacionales, mostrar un mayor crecimiento y una mayor longevidad que las especies nativas (Torchin *et al.*, 2002; Blakeslee *et al.*, 2013). Una de las causas que puede explicar este hecho, entre otras, es que las especies introducidas en un hábitat no natural para ellas tienen menos enemigos naturales: menos depredadores y menos parásitos (Lafferty y Kuris, 1996; Torchin *et al.*, 2001).

En cuanto a los parásitos, en los ambientes marinos, si llegan a establecerse en las nuevas áreas, gracias a sus hospedadores, estos pueden llegar a infectar a las especies nativas, ejerciendo un impacto negativo sobre ellas (Torchin *et al.*, 2002; Blakeslee *et al.*, 2013).

Para ilustrar este hecho, tenemos el ejemplo de la especie parásita de nematodo *Anguillicoloides crassus* (Kuwahara, Niimi y Itagaki, 1974) Moravec y Taraschewski (1988). Este parásito está localizado en vejiga natatoria de las anguilas, especie catádroma (especies que viven en agua dulce pero migran al mar para reproducirse) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). *Anguillicoloides crassus* es un parásito nativo de Asia oriental y cuyo hospedador originario es la anguila japonesa (*Anguilla japonica*) (Taraschewski *et al.*, 1987). Pero, a principios de los años 80, este parásito fue introducido accidentalmente en Europa mediante la importación de anguilas japonesas infectadas a Alemania (Køie, 1991), donde se registró por primera vez en el año 82 (Neumann, 1985), y fue expandiéndose a lo largo de toda Europa donde ya es ubicuo (ICES, 2010; Frisch *et al.*, 2016). Para su hospedador nativo, este parásito no es patogénico. Pero, para la anguila europea, y también para la anguila americana, *A. rostrata*, a quién también ha llegado a infectar, este parásito presenta una elevada patogenicidad, dañando significativamente la vejiga natatoria de las anguilas (Barse y Secor, 1999; Torchin *et al.*, 2002; Gérard *et al.*, 2013; Hein *et al.*, 2014; Frisch *et al.*, 2016). El daño producido por este nematodo invasor en las vejigas natatorias de las anguilas puede estar afectando a su capacidad de natación y, por tanto, a la capacidad de migración a sus áreas marinas de reproducción (CABI, *Invasive Species Compendium*).

Se han realizado experimentos con anguilas mantenidas en cautividad que han demostrado que las anguilas parasitadas por *A. crassus* tienen una mayor mortalidad (Didžiulis, 2006). Por tanto, el efecto que el parásito ejerce sobre sus hospedadores no nativos podría tener un grave impacto en el futuro de las poblaciones de anguila (Didžiulis, 2006). Es importante destacar que la anguila europea es una especie críticamente amenazada (Jacoby y Gollock, 2014).

Pero, a pesar de la importancia que los parásitos de especies no nativas pueden tener sobre las especies autóctonas, hoy en día existe muy poca información sobre estas especies parásitas de peces marinos invasores o introducidos (Vignon y Sasal, 2010). Estudiar y analizar estas invasiones parásitas es crucial para entenderlas y para prevenir futuros eventos de infección de especies nativas por parásitos que podrían ser patógenos para el ser humano, o provocar efectos negativos en especies de hospedadores de importancia económica (Vignon y Sasal, 2010).

## 7. Parásitos y seguridad alimentaria: anisakiosis

La anisakiosis es una enfermedad zoonótica (transmitida de animales a personas) producida, principalmente, por larvas del nematodo *Anisakis* spp. Estas larvas suelen encontrarse en las vísceras de peces marinos, crustáceos y cefalópodos, pero, una vez su hospedador intermediario (o su hospedador paraténico: aquel que no es necesario para completar el ciclo de vida del parásito pero ayuda a su transmisión y dispersión) muere migran, normalmente, a la musculatura, donde son más fácilmente ingeribles por el siguiente hospedador, normalmente el definitivo (Smith, 1984; Abollo *et al.*, 2001; Tantanasi *et al.*, 2012). Nosotros, los seres humanos, actuamos como hospedador accidental para este parásito ya que sus hospedadores

definitivos son los mamíferos marinos (Nagasawa, 1990; Klimpel y Palm, 2011). El modo de infección es a través de la ingesta de larvas de *Anisakis* spp. vivas al alimentarnos de productos de pesca crudos o preparados de forma que el parásito no quede inactivado o destruido (BOE, 2006; Colombo *et al.*, 2016; AECOSAN, 2016). Los síntomas de la enfermedad son provocados por la respuesta inflamatoria producida por las larvas del nematodo al penetrar en la pared del sistema digestivo. Además, también puede provocar alergias, normalmente, inmediatamente después de su ingesta (AESAN, 2007).

La anisakiosis es, por tanto, un problema creciente para la salud pública, sobre todo en países, como el nuestro, en los que se consumen de forma elevada productos de pesca, y en los que están cambiando los hábitos del consumo de estos productos, con el auge del consumo de productos pesqueros crudos (BOE, 2006; AECOSAN, 2016). Para evitar esta enfermedad existen una serie de medidas, recomendaciones y leyes enfocadas en reducir el riesgo de infección y que incluyen, desde las fases captura de los productos pesqueros, hasta las fases en la que dichos productos llegan al consumidor final (estas medidas pueden consultarse en BOE, 2006 (Real Decreto 1420/2006), AECOSAN (Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social), EFSA, 2010, entre otras instituciones).

Otro de los motivos por lo que la anisakiosis es un problema en auge es porque su presencia en especies de interés comercial se ha visto acentuada debido a la intervención del ser humano que actúa favoreciendo los procesos de reinfección (González *et al.*, 2018). En pesquerías explotadas o sobreexplotadas; en los grandes barcos pesqueros los peces son eviscerados y, esos restos de vísceras, son devueltos al mar (González *et al.*, 2018). Las larvas de *anisakis* que se encuentran en esas vísceras son viables y reinfectan a muchas especies que aprovechan estos restos como un alimento de fácil obtención (Bozzano y Sardá, 2002). Es por esto que esta contribución antropogénica está favoreciendo que aumente la presencia de *anisakis* spp. en las principales especies pesqueras de interés comercial (González *et al.*, 2018).

## 9. Conclusión

Como hemos visto a lo largo del presente capítulo, los parásitos no son tan malos como los pintan. Pueden ayudarnos a conocer el origen de las capturas pesqueras y a diferenciar entre poblaciones de peces. También es importante su conocimiento en las especies acuícolas que se producen en todo el mundo. Además, son indicadores de las alteraciones medioambientales y del cambio climático global que ya estamos experimentando por nosotros mismos. Y, cuando se les puede atribuir alguna connotación negativa, casi siempre está la mano del ser humano de por medio, como hemos visto en los ejemplos de las especies invasoras o con el problema de la anisakiosis.

Entonces, volviendo al principio del capítulo: ¿son realmente los parásitos una amenaza?

## Referencias bibliográficas

- ABOLLO, E.; GESTAL, C. y PASCUAL, S. (2001): «*Anisakis* infestation in marine fish and cephalopods from Galician waters: an updated perspective»; en *Parasitology Research* (87); pp. 492-499.
- ADLARD, R. D.; MILLER, T. L. y SMIT, N. J. (2015): «The butterfly effect: parasite diversity, environment, and emerging disease in aquatic wildlife»; en *Trends in Parasitology* (31); pp. 160-166.
- AECOSAN. (2016): «Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a la alergia a *Anisakis*»; en *Revista del Comité Científico* (24); pp. 23-33.
- AESAN. (2007): «Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre medidas para reducir el riesgo asociado a la presencia de *Anisakis*»; en *Revista del Comité Científico* (6); pp. 59-65.
- AHUIR-BARAJA, A. E.; FRAIJA-FERNÁNDEZ, N.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2015a): «Molecular and morphological differentiation of two similar species of Accacoeliidae (Digenea): *Accacladocoelium macrocotyle* and *A. nigroflavum* from sunfish, *Mola mola*»; en *Journal of Parasitology* (101); pp. 231-235.
- AHUIR-BARAJA, A. E.; PADRÓS, F.; PALACIOS-ABELLA, J. F.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2015b): «*Accacoelium contortum* (Trematoda: Accacoeliidae) a trematode living as a monogenean: morphological and pathological implications»; en *Parasites & Vectors* (8); pp. 540.
- ÁLVAREZ-PELLITERO, P. (2004): «Report about fish parasitic diseases»; en ÁLVAREZ-PELLITERO, P.; BASURCO, B.; BERTHE, F. y TORANZO, A. E., dirs.: *Mediterranean Aquaculture Diagnostic Laboratories. CIHEAM-IAMZ. Série B: Etudes et Re-cherches* 49. Options Méditerranéennes; pp. 103-129.
- ÁLVAREZ-PELLITERO, P.; SITJÀ-BOBADILLA, A.; FRANCO-SIERRA, A. y PALENZUELA, O. (2006): «Protozoan parasites of gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., from different culture systems in Spain»; en *Journal of Fish Disease* (18); pp. 105-115.
- ARTHUR, J.R. y ARAI, H. P. (1980): «Studies on the parasite of Pacific herring (*Clupea harengus pallasi* Valenciennes): a preliminary evaluation of parasites as indicators of geographical origin for spawning herring»; en *Canadian Journal of Zoology* (58); pp. 521-527.
- BAKKE, T. A. y HARRIS, P. D. (1998): «Diseases and parasites in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations»; en *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (55); pp. 247-266.
- BAKE, R.; ČAKIĆ, P. D.; HRISTOVSKI, M.; HRISTOVSKI, N.; KULIŠIĆ, Z. y STOJANOVSKI, S. (2004): «Fauna of monogenean trematodes-parasites of some cyprinid fishes from lake Prespa, Macedonia»; en *Acta Veterinaria* (54); pp. 73-82 [en serbio].

- BARKER, D. E.; MARCOGLIESE, D. J. y CONE, D. K. (1996): «On the distribution and abundance of eel parasites in Nova Scotia: local versus regional patterns»; en *Journal of Parasitology* (82); pp. 697-701.
- BARSE, A. M. y SECOR, D. H. (1999): «An exotic nematode parasite of the American eel»; en *Fisheries* (24); pp. 6-10.
- BLAKESLEE, A. M.; FOWLER, A. E. y KEOGH, C.L. (2013): «Marine invasions and parasite escape: updates and new perspectives»; en LESSER, M., dir.: *Advances in Marine Biology*. Burlington, Academic Press; pp. 87-169.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2003): Real Decreto 1380/2002, de 20 de diciembre, de identificación de los productos de la pesca, de la acuicultura y del marisqueo congelados y ultracongelados.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2006): Real Decreto 1420/2006, de 1 de diciembre, sobre prevención de la parasitosis por *Anisakis* en productos de la pesca suministrados por establecimientos que sirven comidas a los consumidores finales o a colectividades.
- BOZZANO, A. y SARDÁ, F. (2002): «Fishery discard consumption rate and scavenging activity in the north-western Mediterranean Sea»; en *ICES Journal of Marine Science* (59); pp. 15-28.
- BROOKS, D. R. y MCLENNAN, D. A. (1993): *Parascript. Parasites and the language of evolution*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- CARDOSO, P. H. M.; BALIAN, S. D. C.; MATUSHIMA, E. R.; PÁDUA, S. B. D. y MARTINS, M. L. (2017): «First report of scuticociliatosis caused by *Uronema* sp. in ornamental reef fish imported into Brazil»; en *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* (26); pp. 491-495.
- CARDOSO, P. H. M.; BALIAN, S. D. C.; SOARES, H. S.; TANCREDO, K. R. y MARTINS, M. L. (2019): «*Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in ornamental reef fish imported to Brazil»; en *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* (28); pp. 157-160.
- CHANDA, M.; PAUL, M.; MAITY, J.; DASH, G.; GUPTA, S. S. y PATRA, B. C. (2011): «Ornamental fish goldfish, *Carassius auratus* and related parasites in three districts of West Bengal, India»; en *Chronicles of Young Scientists* (2); pp. 51-54.
- COLOMBO, F.; CATTANEO, P.; CASTELLETTI, M. y BERNARDI, C. (2016): «Prevalence and mean intensity of Anisakidae parasite in seafood caught in the Mediterranean sea focusing on fish species at risk of being raw-consumed. A Meta analysis and systematic review»; en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (56); pp. 1405-1416.
- DE AZEVEDO, R. K. y ABDALLAH, V. D. (2016): «10. Fish Parasites and their Use as Environmental Research Indicators»; en GHELIER-COSTA, C.; LYRA-JORGE, M. C. y MARTINS VERDADE, L., dirs.: *Biodiversity in Agricultural Landscapes of South-eastern Brazil*. Brazil, Sciendo Migration; pp. 163-177.

- DIDŽIULIS, V. (2006): «NOBANIS-Invasive Alien Species Fact Sheet-*Anguillicola crassus*»; en *Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species*. NOBANIS, www.nobanis.org (acceso 01 de mayo de 2019).
- DOBSON, A. P.; LAFFERTY, K. D.; KURIS, A. M.; HECHINGER, R. F. y JETZ, W. (2008): «Homage to Linnaeus: how many parasites? How many hosts?»; en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. (105); pp. 11482-11489.
- EFSA. (2010): «European Food Safety Authority. Scientific Opinion on risk assessment of parasites in fishery products»; en *The EFSA Journal* (8); pp: 1543-1634.
- FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, C.; GIJÓN, D.; ÁLVAREZ, M. y SANTOS, Y. (2016): «First isolation of *Aeromonas salmonicida* subspecies *salmonicida* from diseased sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), cultured in Spain»; en *Aquaculture Reports* (4); pp. 36-41.
- FRISCH, K.; DAVIE, A.; SCHWARZ, T. y TURNBULL, J. F. (2016): «Comparative imaging of European eels (*Anguilla anguilla*) for the evaluation of swimbladder nematode (*Anguillicoloides crassus*) infestation»; en *Journal of Fish Diseases* (39); pp. 635-647.
- GÉRARD, C.; TRANCART, T.; AMILHAT, E.; FALIEUX, E.; VIRAG, L.; FEUNTEUN, E. y ACOU, A. (2013): «Influence of introduced vs. native parasites on the body condition of migrant silver eels»; en *Parasite* (20); pp. 38.
- GENERAL FISHERIES COMMISSION FOR THE MEDITERRANEAN (GFCM) (2012): Scientific Advisory Committee on Stock Assessment.
- GILARDONI, C.; ITUARTE, C. y CREMONTE, F. (2012): «Castrating effects of trematode larvae on the reproductive success of a highly parasitized population of *Crepidatella dilatata* (Caenogastropoda) in Argentina»; en *Marine Biology* (159); pp. 2259-2267.
- GONZÁLEZ, A. F.; GRACIA, J.; MINIÑO, I.; ROMÓN, J.; LARSSON, C.; MAROTO, J.; REGUEIRA, M. y PASCUAL, S. (2018): «Approach to reduce the zoonotic parasite load in fish stocks: When science meets technology»; en *Fisheries Research* (202); pp. 140-148.
- GUILLOTEAU, P.; POULIN, R. y MACLEOD, C. D. (2016): «Impacts of ocean acidification on multiplication and caste organisation of parasitic trematodes in their gastropod host»; en *Marine Biology* (163); pp. 96.
- HARVELL, C. D.; MITCHELL, C. E.; WARD, J. R.; ALTIZER, S.; DOBSON, A. P.; OSTFELD, R. S. y SAMUEL, M. D. (2002): «Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota»; en *Science* (296); pp. 2158-2162.
- HEIN, J. L.; ARNOTT, S. A.; ROUMILLAT, W. A.; ALLEN, D. M. y DE BURON, I. (2014): «Invasive swimbladder parasite *Anguillicoloides crassus*: infection status 15 years after discovery in wild populations of American eel *Anguilla rostrata*»; en *Diseases of Aquatic Organisms* (107); pp. 199-209.

- HERNÁNDEZ-ORTS, J. S.; AHUIR-BARAJA, A. E.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2010): «A new species of *Empruhotrema* (Monogenea: Monocitylidae) from *Pteromylaeus bovinus* (Myliobatidae) from the western Mediterranean»; en *Journal of Parasitology* (96): pp. 1081-1085.
- HOBERG, E. P. y KLASSEN, G.J. (2002): «Revealing the faunal tapestry: co-evolution and historical biogeography of hosts and parasites in marine systems»; en *Parasitology* (124); pp. 3-22.
- HUDSON, P. J.; DOBSON, A. P. y LAFFERTY, K. D. (2006): «Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites?»; en *Trends in Ecology & Evolution* (21); pp. 381-385.
- HUTSON, K. S.; ERNST, I. y WHITTINGTON, I. D. (2007): «Risk assessment for metazoan parasites of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae) in South Australian sea-cage aquaculture»; en *Aquaculture* (271); pp. 85-99.
- ICES. (2010): European eel. *Report of the ICES Advisory Committee*, ICES Advice 2010, Book 9, Section 9.4.9.
- ISBERT, W.; MONTERO, F. E.; PÉREZ-DEL-OLMO, A.; LÓPEZ-SANZ, À.; REÑONES, O. y OREJAS, C. (2018): «Parasite communities of the white seabream *Diplodus sargus sargus* in the marine protected area of Medes Islands, north-west Mediterranean Sea»; en *Journal of Fish Biology* (93); pp. 586-596.
- JACOBY, D. y GOLLOCK, M. (2014): *Anguilla anguilla*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2014*: e.T60344A45833138. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T60344A45833138.en>. (acceso el 07 de mayo de 2019).
- JOHNSON, P. T. J.; DOBSON, A.; LAFFERTY, K. D.; MARCOGLIESE, D. J.; MEMMOTT, J.; ORLOFSKE, S. A.; POULIN, R. y THIELTGES, D. W. (2010): «When parasites become prey: ecological and epidemiological significance of eating parasites»; en *Trends in Ecology & Evolution* (25); pp. 362-371.
- KIM, K. I.; WON, K. M.; LEE, E. S.; CHO, M.; JUNG, S. H. y KIM, M. S. (2019): «Detection of *Vibrio* and ten *Vibrio* species in cage-cultured fish by multiplex polymerase chain reaction using house-keeping genes»; en *Aquaculture* (506); pp. 417-423.
- KLIMPEL, S. y PALM, H. W. (2011): «Anisakid nematode (Ascaridoidea) life cycles and distribution: increasing zoonotic potential in the time of climate change?»; en MEHLHORN, H., dir.: *Progress in Parasitology*. Berlin, Heidelberg, Springer; pp. 201-222.
- KØIE, M. (1991): «Swimbladder nematodes (*Anguillicola* spp.) and gill monogeneans (*Pseudodactylogyrus* spp.) parasitic on the European eel (*Anguilla anguilla*)»; en *ICES Journal of Marine Science* (47); pp. 391-398.
- LABAUDE, S.; RIGAUD, T. y CÉZILLY, F. (2015): «Host manipulation in the face of environmental changes: Ecological consequences»; en *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* (4), pp. 442-451.

- LAFFERTY, K. D.; ALLESINA, S.; ARIM, M.; BRIGGS, C. J.; DELEO, G.; DOBSON, A. P.; DUNNE, J. A.; JOHNSON, P. T. J.; KURIS, A. M.; MARCOGLIESE, D. J.; MARTÍNEZ, N. D.; MEMMOTT, J.; MARQUET, P. A.; MCLAUGHLIN, J. P.; MORDECAI, E. A.; PASCUAL, M.; POULIN, R. y THIELTGES, D. W. (2008): «Parasites in food webs: the ultimate missing links»; en *Ecology Letters* (11); pp. 533-546.
- LAFFERTY, K. D. (2013): «Parasites in marine food webs»; en *Bulletin of Marine Science* (89); pp. 123-134.
- LAFFERTY, K. D. y KURIS, A. M. (1996): «Biological control of marine pests»; en *Ecology* (77); pp. 1989-2000.
- LAFFERTY, K. D. y KURIS, A. M. (2009): «Parasitic castration: the evolution and ecology of body snatchers»; en *Trends in Parasitology* (25); pp. 564-572.
- LESTER, R. J. G. y MACKENZIE, K. (2009): «The use and abuse of parasites as stock markers for fish»; en *Fisheries Research* (97); pp. 1-2.
- LLORET, J.; FALIEX, E.; SHULMAN, G. E.; RAGA, J. A.; SASAL, P.; MUÑOZ, M.; CASADEVALL, M.; AHUIR-BARAJA, A. E.; MONTERO, F. E.; REPULLÉS-ALBELDA, A.; CARDINALE, M.; RÄTZ, H. J.; VILA, S. y FERRER, D. (2012): «Fish health and fisheries, implications for stock assessment and management: the Mediterranean example»; en *Reviews in Fisheries Science* (20); pp. 165-180.
- MACEY, B. M.; CHRISTISON, K. W. y MOUTON, A. (2011): «*Haliotricida noduliformans* isolated from cultured abalone (*Haliotis midae*) in South Africa»; en *Aquaculture* (315); pp. 187-195.
- MACKENZIE, K. (1999): «Parasites as pollution indicators in marine ecosystems: a proposed early warning system»; en *Marine Pollution Bulletin* (38); pp. 955-959.
- MACKENZIE, K. (2002): «Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update»; en *Parasitology* (124); pp. 153-163.
- MACKENZIE, K. (2004): «Parasites as biological tags for marine fish populations»; en *Biologist* (51); pp. 86-90.
- MACKENZIE, K. y ABAUNZA, P. (2014): «Parasites as biological tags»; en CADRIN, S.X., KERR, L.A., y MARIANI S., dirs.: *Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science 2<sup>nd</sup> edn.* New York, Elsevier, Academic Press; pp. 185-203.
- MACKENZIE, K. y LONGSHAW, M. (1995): «Parasites of the hakes *Merluccius australis* and *M. hubbsi* in the waters around the Falkland Islands, southern Chile, and Argentina, with an assessment of their potential value as biological tags»; en *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (52); pp. 213-224.

- MACKENZIE, K.; BRICKLE, P., HEMMINGSEN, W. y GEORGE-NASCIMENTO, M. (2013): «Parasites of hoki, *Macruronus magellanicus*, in the Southwest Atlantic and Southeast Pacific Oceans, with an assessment of their potential value as biological tags»; en *Fisheries Research* (145); pp. 1-5.
- MACLEOD, C. D. (2017): «Parasitic infection: a missing piece of the ocean acidification puzzle»; en *ICES, Journal of Marine Science* (74); pp. 929-933.
- MACLEOD, C. D. y POULIN, R. (2015). «Differential tolerances to ocean acidification by parasites that share the same host»; en *International Journal for Parasitology* (45); pp. 485-493.
- MARCOGLIESE, D. J. (2005): «Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health?»; en *International Journal for Parasitology* (35); pp. 705-716.
- MARENCO, M.; BAUDOUIN, M.; VIRET, A.; LAPORTE, M.; BERREBI, P.; VIGNON, M.; MARCHAND, B. y DURIEUX, E. D. H. (2017): «Combining microsatellite, otolith shape and parasites community analyses as a holistic approach to assess population structure of *Dentex dentex*»; en *Journal of Sea Research* (128); pp. 1-14.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. R. y CORDERO DEL CAMPILLO, M. (2002): «El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores»; en CORDERO DEL CAMPILLO, M.; VÁZQUEZ, F. A.; FERNÁNDEZ, A. R.; ACEDO, M. C.; RODRÍGUEZ, S. H.; COZAR, I. N.; BAÑOS, P. D.; ROMERO, H. Q. y VARELA, M. C., dirs.: *Parasitología Veterinaria*. España, Editorial McGRAW-HILL. Interamericana; pp. 22-38.
- MARUDHUPANDI, T.; KUMAR, T. T. A.; PRAKASH, S.; BALAMURUGAN, J. y DHAYANITHI, N. B. (2017): «*Vibrio parahaemolyticus* a causative bacterium for tail rot disease in ornamental fish, *Amphiprion sebae*»; en *Aquaculture Reports* (8); pp. 39-44.
- MATTIUCCI, S.; CIMMARUTA, R.; CIPRIANI, P.; ABAUNZA, P.; BELLISARIO, B. y NASCETTI, G. (2015): «Integrating *Anisakis* spp. parasites data and host genetic structure in the frame of a holistic approach for stock identification of selected Mediterranean Sea fish species»; en *Parasitology* (142); pp. 90-108.
- MOORE, J. (2002): *Parasites and the behaviour of animals*. Oxford, Oxford University Press.
- NAGASAWA, K. (1990): «The life cycle of *Anisakis simplex*: a review»; en ISHIKURA, H. y KIKUCHI, K., dirs.: *Intestinal Anisakiasis in Japan. Infected Fish, Sero-Immunological Diagnosis, and Prevention*. Tokyo, Springer; pp. 31-40.
- NEUMANN, W. (1985): «The swim bladder parasite *Anguillicola* in eels. (Schwimmblassenparasit anguillicola bei aalen)»; en *Fischer und Teichwirt* (11); pp. 322.
- NOGA, E. J. (2010): *Fish Diseases: Diagnosis and Treatment*. Wiley-Blackwell, Iowa.
- OGAWA, K. (2015): «Diseases of cultured marine fishes caused by Platyhelminthes (Monogenea, Digenea, Cestoda)»; en *Parasitology* (142); pp. 178-195.

- OGAWA, K.; BONDAD-REANTASO, M. G.; FUKUDOME, M. y WAKABAYASHI, H. (1995): «*Neobenedenia girellae* (Hargis, 1955) Yamaguti, 1963 (Monogenea: Capsalidae) from cultured marine fishes of Japan»; en *Journal of Parasitology* (81); pp. 223-227.
- O'REILLY, P. y WRIGHT, J. M. (1995): «The evolving technology of DNA fingerprinting and its application to fisheries and aquaculture»; en *Journal of Fish Biology* (47); pp. 29-55.
- PALM, H. W. (2011): «Fish parasites as biological indicators in a changing world: Can we monitor environmental impact and climate change?»; en MEHLHORN, H., dir.: *Progress in Parasitology*. Berlin, Heidelberg, Springer; pp. 223-250.
- PALM, H. W. y KLIMPEL, S. (2007): «Evolution of parasitic life in the ocean»; en *Trends in Parasitology* (23); pp. 10-12.
- PELETEIRO, J. B. (2017): *Las nuevas especies en la acuicultura marina española*. Instituto Español de Oceanografía Centro Oceanográfico de Vigo, España.
- PERDIGUERO-ALONSO, D.; MONTERO, F. E.; RAGA, J. A. y KOSTADINOVA, A. (2008): «Composition and structure of the parasite faunas of cod, *Gadus morhua* L. (Teleostei: Gadidae), in the North East Atlantic»; en *Parasites & Vectors* (1); pp. 1-23.
- PÉREZ-DEL OLMO, A.; RAGA, J. A.; KOSTADINOVA, A. y FERNÁNDEZ, M. (2007): «Parasite communities in *Boops boops* (L.) (Sparidae) after the Prestige oil-spill: Detectable alterations»; en *Marine Pollution Bulletin* (54); pp. 266-276.
- PÉREZ-TRIS, J. (2009): «La parasitología ecológica en la era de la genética molecular»; en *Revista Ecosistemas* (18); pp. 52-59.
- PITA, A., LEAL, A.; SANTAFÉ-MUÑOZ, A.; PIÑEIRO, C. y PRESA, P. (2016): «Genetic inference of demographic connectivity in the Atlantic European hake metapopulation (*Merluccius merluccius*) over a spatiotemporal framework»; en *Fisheries Research* (179); pp. 291-301.
- PLUMB, J. A. (2018): *Health maintenance of cultured fishes: principal microbial diseases*. CRC Press.
- POULIN, R. y MORAND, S. (2000): «The diversity of parasites»; en *The Quarterly Review of Biology* (75); pp. 277-293.
- REPULLÉS-ALBELDA, A.; HOLZER, A. S.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2012): «Oncomiracidial development, survival and swimming behaviour of the monogenean *Sparicotyle chrysophrii* (Van Beneden and Hesse, 1863)»; en *Aquaculture* (338); pp. 47-55.
- REPULLÉS-ALBELDA, A.; KOSTADINOVA, A.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2013): «Seasonal population dynamics of *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) parasitising *Seriola dumerili* (Carangidae) in the Western Mediterranean»; en *Veterinary Parasitology* (193); pp. 163-171.

- REPULLÉS-ALBELDA, A.; RAGA, J. A. y MONTERO, F. E. (2011): «Post-larval development of the microcotylid monogenean *Sparicotyle chrysophrii* (Van Beneden and Hesse, 1863): Comparison with species of Microcotylidae and Heteraxinidae»; en *Parasitology International* (60); pp. 512-520.
- RUEDA, F. M. (2011). «Breve historia de una gran desconocida: La acuicultura»; en *Eubacteria* (26); pp. 3.
- RUKMANA, N. R.; MAHASRI, G.; HIDAYAH, S. N.; ULKHAQ, M. F. y KENCONOJATI, H. (2019): «Bacterial Identification from Marine Ornamental Fish in Fish Quarantine, Quality Control and Fishery Products Safety Class I Denpasar, Bali»; en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing; pp. 012107.
- SATO, T.; WATANABE, K.; KANAIWA, M.; NIIZUMA, Y.; HARADA, Y. y LAFFERTY, K. D. (2011): «Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem»; en *Ecology* (92); pp. 201-207.
- SCHADE, F. M.; RAUPACH, M. J. y WEGNER, K. M. (2016): «Seasonal variation in parasite infection patterns of marine fish species from the Northern Wadden Sea in relation to interannual temperature fluctuations»; en *Journal of Sea Research* (113); pp. 73-84.
- SHINN, A. P.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J. E.; PALADINI, G.; BROOKER, E. E. y BROOKER, A. J. (2015): «Economic costs of protistan and metazoan parasites to global mariculture»; en *Parasitology* (142); pp. 196-270.
- SITJÀ-BOBADILLA, A. y ALVÁREZ-PELLITERO, P. (2009): «Experimental transmission of *Sparicotyle chrysophrii* (Monogenea: Polyopisthocotylea) to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): a haematological and histopathological approach»; en *Folia Parasitologica* (56); pp. 143-151.
- SITJÀ-BOBADILLA, A.; CONDE DE FELIPE, M. y ÁLVAREZ-PELLITERO, P. (2006): «*In vivo* and *in vitro* treatments against *Sparicotyle chrysophrii* (Monogenea: Microcotylidae) parasitizing the gills of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.)»; en *Aquaculture* (261); pp. 856-864.
- SITJÀ-BOBADILLA, A.; PADRÓS, F.; AGUILERA, C. y ÁLVAREZ-PELLITERO, P. (2005): «Epidemiology of *Cryptosporidium molnari* in Spanish gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) cultures: from hatchery to market size»; en *Applied and Environmental Microbiology* (71); pp. 131-139.
- SMITH, J. W. (1984): «The abundance of *Anisakis simplex* L3 in the body-cavity and flesh of marine teleosts»; en *International Journal for Parasitology* (14); pp. 491-495.
- SURES, B. (2003): «Accumulation of heavy metals by intestinal helminths in fish: an overview and perspective»; en *Parasitology* (126); pp. 53-60.
- SURES, B. (2015): «Environmental Parasitology: understanding parasite ecology from an environmental perspective»; en *Book of abstracts, 9<sup>th</sup> International Symposium on Fish Parasites*, Valencia 31 agosto-4 septiembre. pp. 7.

- SURES, B. y NACHEV, M. (2015): «Environmental Parasitology»; en *Encyclopedia of Parasitology* pp. 1-4.
- SURES, B.; NACHEV, M.; SELBACH, C. y MARCOGLIESE, D. J. (2017): «Parasite responses to pollution: what we know and where we go in 'Environmental Parasitology'»; en *Parasites & Vectors* (10); pp. 65.
- TANG, F. H. y ZAO, Y. J. (2010): «Taxonomic study on trichodinids parasitic on gills of freshwater fish, *Carassius auratus* from Chongqing, China, with the description of *Trichodina brevicirra* sp. nov.»; en *Acta Hydrobiologica Sinica* (34); pp. 1004-1009.
- TANTANASI, J.; DIAKOU, A.; TAMVAKIS, A. y BATJAKAS, I. E. (2012): «*Anisakis* spp. burden in *Trachurus trachurus*»; en *Helminthologia* (49); pp. 16-20.
- TARASCHEWSKI, H.; MORAVEC, F.; LAMAH, T. y ANDERS, K. (1987): «Distribution and morphology of two helminths recently introduced into European eel populations: *Anguillicola crassus* (Nematoda, Dracunculoidea) and *Paratenuisentis ambiguus* (Acanthocephala, Tenuisentidae)»; en *Diseases of Aquatic Organisms* (3); pp. 167-176.
- THIELTGES, D. W.; ENGELSMA, M. Y.; WENDLING, C. C. y WEGNER, K. M. (2013): «Parasites in the Wadden Sea Food Web»; en *Journal of Sea Research* (82); pp. 122-133.
- THOMAS, F.; VERNEAU, O.; DE MEEÛS, T. y RENAUD, F. (1996): «Parasites as to host evolutionary prints: Insights into host evolution from parasitological data»; en *International Journal for Parasitology* (26); pp. 677-686.
- THOMAS, F.; RENAUD, F.; DE MEEÛS, T. y POULIN, R. (1998): «Manipulation of host behaviour by parasites: ecosystem engineering in the intertidal zone?»; en *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* (265); pp. 1091-1096.
- TIMI, J. T. (2007): «Parasites as biological tags for stock discrimination in marine fish from South American Atlantic waters»; en *Journal of Helminthology* (81); pp. 107-111.
- TOMPKINS, D. M. y BEGON, M. (1999): «Parasites can regulate wildlife populations»; en *Parasitology Today* (15); pp. 311-313.
- TORCHIN, M. E.; LAFFERTY, K. D. y KURIS, A. M. (2001): «Release from parasites as natural enemies: increased performance of a globally introduced marine crab»; en *Biological Invasions* (3); pp. 333-345.
- TORCHIN, M. E.; LAFFERTY, K. D. y KURIS, A. M. (2002): «Parasites and marine invasions»; en *Parasitology* (124); pp. 137-151.
- TRUJILLO-GONZÁLEZ, A.; BECKER, J. A.; VAUGHAN, D. B. y HUTSON, K. S. (2018): «Monogenean parasites infect ornamental fish imported to Australia»; en *Parasitology Research* (117); pp. 995-1011.

- VAUGHAN, D. (2017): «Can public aquaria support aquaculture?»; Publicado el 21 de septiembre de 2017. <https://www.linkedin.com/pulse/can-public-aquaria-support-aquaculture-david-vaughan/>
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M.; PECH, D.; SURES, B.; PURUCKER, S. T. y POULIN, R. (2010): «Can parasites really reveal environmental impact?»; en *Trends in Parasitology* (26); pp. 44-51.
- VIGNON, M. y SASAL, P. (2010): «Fish introduction and parasites in marine ecosystems: a need for information»; en *Environmental Biology of Fishes* (87); pp. 1-8.
- VILLAR-TORRES, M.; MONTERO, F. E.; RAGA, J. A. y REPULLÉS-ALBELDA, A. (2018): «Come rain or come shine: environmental effects on the infective stages of *Sparicotyle chrysophrii*, a key pathogen in Mediterranean aquaculture»; en *Parasites & Vectors* (11); pp. 558.
- VINEY, M. y CABLE, J. (2011): «Macroparasite life histories»; en *Current Biology* (21); pp. R767-R774.
- WALDMAN, J. R. (1999): «The importance of comparative studies in stock analysis»; en *Fisheries Research* (43); pp. 237-246.
- WALDMAN, J. R. (2005): «Definition of stocks: an evolving concept»; en CADRIN, S. X.; KERR, L. A. y MARIANI, S., dirs.: *Stock Identification Methods*. Academic Press; pp. 7-16.
- WINDSOR, D. A. (1998): «Most of the species on earth are parasites»; en *International Journal for Parasitology* (28); pp. 1939-1942.
- WHITTINGTON, I. D. (2004): «The Capsalidae (Monogenea: Monopisthocotylea): a review of diversity, classification and phylogeny with a note about species complexes»; en *Folia Parasitologica* (51); pp. 109-122.
- WHITTINGTON, I. D. y CHISHOLM, L. A. (2008): «Diseases caused by Monogenea»; en SEGNER, J. C.; WAHLII, H. y KAPOOR B. G., dirs.: *Fish Diseases*. New Hampshire, Eiras Science; pp. 683-816.
- WILLIAMS, H. H. y MACKENZIE, K. (2003): «Marine parasites as pollution indicators: an update»; en *Parasitology* (126); pp. S27-S41.

## Referencias electrónicas

- [http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/seguridad\\_alimentaria/guia\\_trazabilidad.pdf](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/seguridad_alimentaria/guia_trazabilidad.pdf) (acceso el 10 de marzo de 2019).
- [http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/anisakis.htm](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/anisakis.htm) (acceso el 12 de marzo de 2019).
- <http://www.apomar.es/content/informes-anales-La-acuicultura-en-Espana-2018> (acceso 13 de enero de 2019).

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/93709> Invasive Species Compendium (acceso 05 de febrero de 2019).

<http://www.fao.org/fishery/en> Departamento de Pesca y Acuicultura (acceso 12 de enero de 2019).

<https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/planes-de-gestion-y-recuperacion-de-especies/planes-gestion-anguila-europea/> Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (acceso el 06 de mayo de 2019)