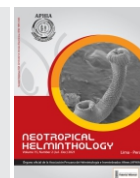




Neotropical Helminthology



COMMENTARY / COMENTARIO

EPISTEMOLOGY OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE FACE OF THE PROBABLE ENVIRONMENTAL OCCURRENCE OF ANTIBIOTICS AND DAMAGE BY HELMINTHS IN FISHES FROM LAKE TITICACA, PUNO-PERU

EPISTEMOLOGÍA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANTE LA PROBABLE OCURRENCIA AMBIENTAL DE ANTIBIÓTICOS Y DAÑOS POR HELMINTOS EN PECES DEL LAGO TITICACA, PUNO-PERÚ

George Argota-Pérez¹ & José Iannacone^{2,3}

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. george.argota@gmail.com

² Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. jose.iannacone@urp.edu.pe

³ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú.

George Argota-Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

ABSTRACT

The purpose of the study was to describe the epistemology of ecosystem services in the face of the probable environmental occurrence by antibiotics and damage by helminths in fish from Lake Titicaca, Puno, Peru. The need to understand, the practices and study approaches from the perspective of ecosystem services and how, the use of antibiotics impacts aquaculture sustainability and in particular, the farming of trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) is analyzed. Likewise, it is proposed to know, how it affects the concentrations of occurrence by antibiotics, the ecosystem service before the consumption of trout in breeding areas, if the tissues are deterministic to environmental tolerance and, the survival of the fish, presents some association between the immediate physiological, morphological and immunological effects, according to the occurrence by antibiotics, as well as, if there are biotransference values that generate a risk to human health due to the consumption of fish exposed to antibiotics and what would be the physical-chemical parameters of water quality that validate the bioconcentration and biacumulation in the tissue of *O. mykiss* in the presence of antibiotics. Similarly, if the design of production strategies and sustainable management of aquaculture is based on the knowledge of the potential risk of helminths and if antibiotics prevent diseases, but it is known if there are modified genes in helminths that cause diseases in fish. It is concluded, there is a need to validate scientific knowledge from the search for data chains in the face of interactive complexity that causes the environmental occurrence of antibiotics in the aquatic environment where the prevention of diseases in fish by parasitic helminths is allowed.

Keywords: aquaculture – antibiotic resistance – ecological sustainability – scientific validation

doi:10.24039/rmh20211521277

RESUMEN

El propósito del estudio fue describir la epistemología de los servicios ecosistémicos ante la probable ocurrencia ambiental por antibióticos y daños por helmintos en peces del lago Titicaca, Puno, Perú. Se analiza la necesidad de entender, las prácticas y enfoques de estudio desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos y cómo, el uso de los antibióticos preocupa la sostenibilidad acuícola y en lo particular, la crianza de la trucha (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972). Asimismo, se plantea conocer, cómo afecta las concentraciones de ocurrencia por los antibióticos, el servicio ecosistémico ante el consumo de la trucha en zonas de crianzas, si los tejidos son deterministas a la tolerancia ambiental y, si la supervivencia de los peces, presenta alguna asociación entre los efectos fisiológicos, morfológicos e inmunológicos inmediatos, según la ocurrencia por antibióticos, así como, si existen valores de biotransferencia que generen un riesgo a la salud humana por el consumo de peces expuestos a los antibióticos y cuáles serían los parámetros físico-químicos de calidad de agua que validan la bioconcentración y biacumulación en el tejido de *O. mykiss* ante la presencia por los antibióticos. De igual modo, si el diseño de estrategias de producción y gestión sostenible de la acuicultura se sustenta en el conocimiento del riesgo potencial de los helmintos y si, los antibióticos previenen enfermedades, pero se conoce si existen genes modificados en helmintos que provocan enfermedades en los peces. Se concluye, que existe la necesidad de validar el conocimiento científico desde la búsqueda de cadenas de datos ante complejidad interactiva que ocasiona la ocurrencia ambiental de los antibióticos en el medio acuático donde se permita la prevención de enfermedades en los peces por helmintos parásitos.

Palabras clave: acuicultura – resistencia antibiótica – sostenibilidad ecológica – validación científica

INTRODUCCIÓN

En la literatura científica sobre teoría de la información puede leerse una multiplicidad de conceptos y distintas definiciones que, aunque recurrentes resultan equivalentes, pero al intentar expresarse un concepto que sea universal y que abarque una cognición significativa como la experiencia subjetiva; además, la significación intersubjetiva de la naturaleza, tecnología y la sociedad, entonces habría que indicar, el marco epistemológico, ontológico y filosófico de la ciencia en que se basa esta integridad conceptual de la información, es decir, cómo representamos de modo interpretable las creencias conceptuales desde las probabilidades de aceptación (Grandy, 1987; Brier, 2015; Frittella *et al.*, 2020; Su *et al.*, 2021).

Toda información debe generar, un conocimiento que es objeto de estudio, por parte, de la Epistemología de manera que, cualquier estudio histórico y que corresponde a un segmento, aspecto o dominio humano es supuesto analítico por la Epistemología donde existen formas diferentes de analizar, un historial de interés. Por ejemplo, la

ciencia en todas sus dimensiones es un conocimiento humano, la historia de la ciencia y la historia de la historia de la ciencia que resulta una epistemología de segundo nivel de modo que, el esfuerzo para comprender un conocimiento humano de la naturaleza desde la Filosofía, obedece a un pensamiento y razonamiento epistemológico (Stroud, 1975; Fisher, 2018; Bellaera *et al.*, 2021). La Epistemología es la rama de la filosofía que se dedica al conocimiento y la palabra es de origen griego: “episteme” o conocimiento; y “Logos”, por tanto, podría reconocerse que se encarga del estudio sobre ¿qué es el conocimiento? ¿cómo sabemos algo? ¿qué hace significa “saber?”, es decir, cómo comprender la producción de un conocimiento que puede comunicarse inter e intra comunidades, permitir una mejor estructura a las experiencias y marcar, determinada relevancia a las prácticas y los enfoques de la investigación (Couper, 2020).

En el caso de las prácticas, se menciona que las acciones de las personas son cruciales para construir, paradigmas de conservación (Brown, 2017), mientras que, Costanza *et al.* (2017) y Liu *et al.* (2018), señalan en cuanto a la protección de los servicios ecosistémicos (SE), los enfoques todavía son inconsistentes para indicar, modelos,

evaluación y la valoración. Sin embargo, en los últimos años la evaluación de los impactos sobre los SE, es una novedad, pues impugna paradigmas para la conservación (Bakshi *et al.*, 2018; de Souza *et al.*, 2018; Alejandre *et al.*, 2019). El conocimiento sobre cualquier sistema (ej.: ecológicos) permite construir, modelos una vez que se plantea una pregunta específica, pero debe reconocerse que dicho conocimiento, no es completo, pues existe restricciones relacionadas al tiempo y los recursos, así como, considerar que algún tipo de estudio muy estricto pueden dañar, el sistema que se analiza ante conexiones mal interpretadas (Halden, 2015; Hakkarainen *et al.*, 2020; Jurgilevich, 2021, VanderWilde & Newell, 2021).

Entre los sistemas ecológicos se encuentran los acuáticos donde una de las actividades que se desarrolla dentro de éstos, es la acuicultura y la misma representa una práctica de producción alimentaria de rápido crecimiento y muy necesaria a nivel mundial (Cai & Leung, 2017), a pesar, que como sistema requiere de amplios espacios y la demanda de recursos donde se genera gran impacto ambiental negativo y que repercute en el bienestar humano (Froehlich *et al.*, 2018; Poore & Nemecek, 2018). Ante tal preocupación se propone como compensación sostenible abordar, un enfoque de gestión de la acuicultura (Soto *et al.*, 2008), para lo cual la gama de funciones y aceptación que el SE ofrece, no interrumpa la entrega sostenida de la producción a la sociedad (Aguilar *et al.*, 2017; Brugère *et al.*, 2018).

Uno de los factores que puede afectar el SE son los antibióticos, pues éstos amenazan gravemente el equilibrio ecológico y la salud humana donde en la actualidad, más de 700 mil personas mueren cada año por enfermedades farmacorresistentes y para el 2050, la economía mundial estará en crisis, pero en el 2030 las enfermedades resistentes a los medicamentos ocasionarán alrededor, de 24 mill de personas en la pobreza extrema (WHO, 2019). A pesar, que los antibióticos se usan para prevenir y controlar las infecciones en las granjas piscícolas y una vez que ingresan al ecosistema acuático resultan difíciles de degradar y descomponer debido a sus estructuras químicas y en consecuencia se transportan, a través de la cadena trófica donde finalizan acumulándose en el cuerpo humano (Danner *et al.*, 2019; Mondal *et al.*, 2018).

Diversos estudios sobre la ocurrencia ambiental por exposición a los antibióticos se realizan en condiciones de bioensayo y de campo (Khadra *et al.*, 2019; Perussolo *et al.*, 2019), donde las matrices de análisis son el medio acuático o los sedimentos (Liu *et al.*, 2020), en comparación con los biomarcadores en peces para conocer, los probables efectos agudos y crónicos en órganos blanco (Ramesh *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2018).

Finalmente, Halden (2015), Arkema *et al.* (2017) y Geijzendorffer *et al.* (2017), destacan que la preocupación sobre los contaminantes emergentes, es compleja debido a su análisis multifactorial, interdisciplinario y holístico al vincularse cualquier toma de decisión política que garantice la gestión de los recursos en beneficio humano. Asimismo, la conceptualización sobre el concepto de SE puede valorarse desde nuevos métodos científicos (ej.: cromatografía iónica, espectrometría de masas y nanometrología), cambios en determinados paradigmas científicos (ej.: descubrimiento de proteínas infecciosas), así como el desarrollo, la comercialización y el consumo masivo de productos novedosos (ej.: productos para el aseo personal como los antimicrobianos, nanomateriales y microplásticos).

El lago Titicaca (América del Sur) representa el 13^{to} más grande entre los 21 a escala mundial por su profunda importancia del agua dulce para la humanidad y los beneficios extraordinarios que brinda a las personas (Sterner *et al.*, 2020), y se requiere, no solo entender la afectación que ocasiona la eutrofización sobre los lagos (Kakade *et al.*, 2021), sino los daños a la biota como puede ser, en la trucha (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972).

La *Otrucha mykiss*, al igual que otras especies del género se han introducido en varios lagos (incluyendo su crianza en el Lago Titicaca) y ríos de la Cordillera de los Andes (Cussac *et al.*, 2016). De conjunto, a esta introducción, igual ocurre con la invasión paralela de helmintos parásitos, donde se generan nuevas relaciones huésped-parásito que modifican la estructura de las comunidades (Salgado *et al.*, 2011; Dunn & Perkins, 2012). La magnitud de la amenaza dependerá de la virulencia y patogenicidad del parásito (Lymbery *et al.*,

2014), donde aquellos parásitos nativos pueden interactuar con las especies exóticas o invasoras y, por ende, afectar la bioecología de los peces (Poulin, 2017).

Durante un estudio que se realizó en peces de agua dulce (Patagonia, Argentina) se indicó, que *O. mykiss* puede presentar una riqueza parasitaria de 17 especies de helmintos, en la que pueden observarse especies invasoras (Rauque *et al.*, 2018). Asimismo, otra investigación concluye, que la diversidad de parásitos en peces peruanos parece estar sesgado por el hospedero muestreado de acuerdo a los intereses del investigador, sino que también está relacionado con las características

biológicas de los parásitos y de los hospederos (Luque *et al.*, 2016), donde puede ocurrir cambios en los niveles de ARNm. y, por consiguiente, sobre la expresión de la inmunidad de las mucosas en *O. mykiss* lo que pudiera potenciar su baja defensa cuando hay presencia de antibióticos y helmintos (Liu *et al.*, 2020).

Argota (2020), comunicó la necesidad de la ecotoxicología predictiva, ante la ocurrencia de los antibióticos en el lago Titicaca donde la ciprofloxacina, oxitetraciclina, sulfametoxazol, trimetoprima y la eritromicina son los más utilizados en los continentes de África, Asia-Pacífico, Europa y América (Tabla 1).

Tabla 1. Rango de concentraciones de los antibióticos / agua ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

Antibióticos	África	América	Asia-Pacífico	Europa
Ciprofloxacina	0,509 – 14,331	0,03 – 0,119	0,023 – 1,3	0,15 – 9,66
Oxitetraciclina	0,026 – 15,0	0,34 – 1,34	0,084 – 484	0,007 – 0,68
Sulfametoxazol	0,414 – 53,828	0,106 – 1,9	0,001 – 14,3	0,326 – 11,92
Trimetoprima	0,137 – 11,383	0,3 – 0,484	0,062 – 2,03	0,183 -1,1
Eritromicina	0,001 – 1,149	0,145 – 0,18	0,001 – 2,91	0,121 – 1,7

Una reciente comunicación científica de Vilca *et al.* (2021), señalan la aparición de residuos de antibióticos no solo en el agua y los sedimentos, igualmente se registró en el tejido de trucha (*O. mykiss*) para la zona sur del lago Titicaca, Perú. Entre los antibióticos que se determinaron en la especie se encuentran: la oxitetraciclina ($7,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), sulfatizol ($8,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), ciprofloxacino ($4,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y sarafloxacino ($3,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Ante el hallazgo, puede mencionarse las interrogantes epistemológicas y que podrían orientar, a estudios futuros:

1. ¿Las concentraciones de ocurrencia por los antibióticos afectan el servicio ecosistémico por consumo de *O. mykiss* en otras zonas de crianza?
2. ¿Las concentraciones de ocurrencia por los antibióticos bioacumulados en tejidos es determinista a la tolerancia ambiental y a la supervivencia de los peces?
3. ¿Las concentraciones de ocurrencia por los antibióticos bioacumulados en tejidos de los peces se asocian con efectos fisiológicos,

morfológicos e inmunológicos inmediatos?

4. ¿Qué riesgo a la salud humana existe ante la biotransferencia por antibióticos desde el consumo de peces?
5. ¿Cuáles parámetros físico-químicos de calidad de agua validan la bioconcentración y bioacumulación en el tejido de *O. mykiss* ante la ocurrencia por los antibióticos?

Por otra parte, en el Perú uno de los comportamientos culinarios es consumir, el ceviche (pescado crudo o poco cocido) y puede ocurrir el riesgo de contraerse una zoonosis ante la presencia de helmintos parásitos (Chai *et al.*, 2005; Luque *et al.*, 2016; Waeschenbach *et al.*, 2017; Nguyen *et al.*, 2020). En peces que se cultivan, las enfermedades parasitarias son la más graves y causan pérdidas económicas significativas debido a la mortalidad de las poblaciones, disminución de la productividad y reducción de la comercialización (Paladini *et al.*, 2017). Entre la variedad de especies de parásitos que causan morbilidad y mortalidad en las truchas arcoiris se encuentran algunos trematodos digeneos, pertenecientes a *Austrodiplostomum mordax*

Szidat & Nani, 1951 y *Diplostomum* sp. los cuales causan pérdida de visión, necrosis, hemorragia, obstrucción del flujo sanguíneo y mortalidad (Wise *et al.*, 2013; Soler-Jiménez *et al.*, 2016; Jithila & Prasadán, 2019). Los ectoparásitos monogénicos *Gyrodactylus salmonis* (Yin and Sproston, 1948) y *Gyrodactylus* sp. comúnmente infectan las superficies externas de los peces (branquias, aletas, piel, *etc.*) y causan irritación, crecimiento reducido, dificultad respiratoria, daño en branquias / piel / tejidos y mortalidad (Reed *et al.*, 2009; Soler-Jiménez *et al.*, 2016).

Durante un estudio que se realizó en Dinamarca se halló que algunos cestodos (*Eubothrium* sp.) estuvieron en el ciego pilórico y un acantocéfalo (*Neoechinorhynchus* sp.) en el intestino de truchas lo que evidencia la presencia de helmintos durante la crianza en jaulas (Skov *et al.*, 2014). Otro estudio en el Reino Unido, indicó que la enfermedad de la piel hinchada es una afección cutánea emergente que afecta a *O. mykiss* y el patrón de transmisión de la piel hinchada sugiere una etiología infecciosa que resulta típica de una respuesta a patógenos extracelulares como pueden ser parásitos (Christie *et al.*, 2018).

Por ejemplo, para otras especies de peces se conoce que *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934) de la familia Bothriocephalidae produce daño en el tracto intestinal y causa mortalidad significativa. Los acantocéfalos de las familias Echinorhynchidae, Neoechinorhynchidae, Pomphorhynchidae, generan afectación intestinal irreversible y alteración de la absorción de nutrientes (de Matos *et al.*, 2017).

Por cuanto, ante los brotes de enfermedades que limitan la actividad acuícola donde se utilizan antibióticos para su control, otra pregunta epistemológica surge con relación a la presencia de probables parásitos en los tejidos de los peces:

1. ¿Los antibióticos previenen enfermedades, pero se desconoce, si existen genes modificados en helmintos que provocan enfermedades en los peces, pues los peces infectados con helmintos intestinales pueden representar un riesgo grave de enfermedades transmitidas por los alimentos, amenazando la salud humana y animal donde se requieren continuar con las investigaciones para

valorarse, la inmunidad innata de los peces ante los helmintos (Dezfuli *et al.*, 2016; Abd-Elmonsef *et al.*, 2020)?

Se concluye, que la acuicultura ofrece como beneficio humano un valor proteico, ornamental, medicinal y de investigación; sin embargo, esta actividad no excluye el impacto negativo ambiental que genera por el uso de antibióticos. Diversas agencias ambientales han recomendado el uso generalizado a nivel mundial de los antibióticos para la acuicultura con especial énfasis sobre la limitación adaptativa de los sistemas inmunitarios en algunas especies acuáticas y para lo cual, se desea prevenir, la aparición de brotes de enfermedades (Van Doan *et al.*, 2020). Sin embargo, la resistencia de bacterias a los antibióticos, así como la presencia de genes de resistencia se evidencia en la actividad acuícola (Wu *et al.*, 2019), donde elementos genéticos móviles como los plásmidos, integrones, elementos transponibles se diseminan en los sistemas ecológicos incluyendo, a las especies de bacterias no patógenas que sirven de reservorios ecológicos de bacterias patógenas (Gorecki *et al.*, 2019; Sharma *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2020).

La búsqueda de cadenas de datos para generar y validar el conocimiento científico ante la ocurrencia ambiental de los antibióticos en el medio acuático y que se asocia a probables zoonosis por helmintos, es una necesidad. Algunas apariciones de enfermedades en la acuicultura se deben a las interacciones complejas entre patógenos, huéspedes y microbiota bajo condiciones fluctuantes de crianzas (Shen *et al.*, 2019), donde continúa el desafío sobre estudios científicos que validen la ocurrencia ambiental por antibióticos y presencia de helmintos parásitos en peces del lago Titicaca.

Aspectos éticos: se considera como aspectos éticos, la exclusión de toda información indebida, pues se muestra para la veracidad de las comunicaciones científicas desde el registro en revistas indexadas.

La principal limitación del estudio fue la ausencia de muestras aleatorias de la especie *O. mykiss* para evaluar, probable presencia de helmintos en sus tejidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-Elmonsef, MG, Osman, YA & Abdel, HSS. 2020. *Hydrolytic bacteria associated with natural helminth infection in the midgut of Red Sea marbled spinefoot rabbit fish Siganus rivulatus*. Microbial Pathogenesis, vol. 147, pp. 1-9.
- Aguilar, MJ, Soto, D & Brummett, R. 2017. *Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture: A handbook*. FAO and World Bank Group, Rome. Pp. 1-4.
- Alejandre, EM, van Bodegom, PM & Guinee, JB. 2019. *Towards an optimal coverage of ecosystem services in LCA*. Journal of Cleaner Production, vol. 231, pp. 714-722.
- Argota, P.G. 2020. *Ocurrencia ambiental de los antibióticos y su predicción ecotoxicológica mediante el uso del programa computacional Gecotoxic®*. Revista de Investigaciones Altoandinas, vol. 22, pp. 78-86.
- Arkema, KK, Griffin, R, Maldonado, S, Silver, J, Suckale, J & Guerry, AD. 2017. *Linking social, ecological, and physical science to advance natural and nature-based protection for coastal communities*. Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 1399, pp. 5-26.
- Bakshi, BR, Gutowski, TG & Sekulic, DP. 2018. *Claiming sustainability: requirements and challenges*. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, vol. 6, pp. 3632-3639.
- Bellaera, L, Weinstein JY, Ilie, S & Baker, ST. 2021. *Critical thinking in practice: The priorities and practices of instructors teaching in higher education*. Thinking Skills and Creativity, vol. 41, pp. 1-16.
- Brier, S. 2015. *Finding an information concept suited for a universal theory of information*. Progress in Biophysics and Molecular Biology, vol. 119, pp. 622-633.
- Brown, P. 2017. *Narrative: An ontology, epistemology and methodology for pro-environmental psychology research*. Energy Research & Social Science, vol. 31, pp. 215-222.
- Brugère, C, Aguilar, MJ, Beveridge, MCM & Soto, D. 2018. *The ecosystem approach to aquaculture 10 years on – a critical review and consideration of its future role in blue growth*. Reviews in Aquaculture, vol. 11, pp. 493-514.
- Cai, J & Leung, PS. 2017. *Short-term projection of global fish demand and supply gaps*. FAO Fisheries and aquaculture technical paper No. 607. FAO, Rome, pp. 607.
- Chai, JY, Murrell, KD & Lymbery, AJ. 2005. *Fish-borne parasitic zoonoses: status and issues*. The International Journal for Parasitology, vol. 35, pp. 1233-1254.
- Christie, L, van Aerle, R, Paley, RK, Verner, JDW, Tidbury, H, Green, M, Feist, SW & Cano, I. 2018. *The skin immune response of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum), associated with puffy skin disease (PSD)*. Fish & Shellfish Immunology, vol. 78, pp. 355-363.
- Costanza, R, De Groot, R, Braat, L, Kubiszewski, I, Fioramonti, L, Sutton, P & Grasso, M. 2017. *Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?* Ecosystem Services, vol. 28, pp. 1-16.
- Couper, PR. 2020. *Epistemology*. International Encyclopedia of Human Geography, 2nd Edition, vol. 14th, pp. 275-284.
- Cussac, VE, Habit, E, Ciancio, J, Battini, MA, Riva, RC, Barriga, JP, Baigún, C & Crichigno, S. 2016. *Freshwater fishes of Patagonia: conservation and fisheries*. Journal of Fish Biology, vol. 89, pp. 1068-1097.
- Danner, MC, Robertson, A, Behrends, V & Reiss, J. 2019. *Antibiotic pollution in surface fresh waters: Occurrence and effects*. Science of the Total Environment, vol. 664, pp. 793-804.
- de Matos, LV, de Oliveira, MIB, Gomes, ALS & da Silva, GS. 2017. *Morphological and histochemical changes associated with massive infection by Neoechinorhynchus buttnerae (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in the farmed freshwater fish Collossoma macropomum Cuvier, 1818 from the Amazon State, Brazil*. Journal Parasitology Research, vol. 116, pp. 1029-1037.
- de Souza, DM, Lopes, GR, Hansson, J & Hansen, K. 2018. *Ecosystem services in life cycle assessment: a synthesis of knowledge and recommendations for biofuels*. Ecosystem Services, vol. 30, pp. 200-210.

- Dezfuli, BS, Bosi, G, DePasquale, JA, Manera, M & Giari, L. 2016. *Fish innate immunity against intestinal helminths*. *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 50, pp. 274-287.
- dos Santos, C.A.L. & Howgate, P. 2011. *Fishborne zoonotic parasites and aquaculture: a review*. *Aquaculture*, vol. 318, pp. 253-261.
- Dunn, AM & Perkins, S.E. 2012. *Invasions and infections*. *Functional Ecology*, vol. 26, pp. 1234-1237.
- Fisher, AA. 2018. *Inductive reasoning in the context of discovery: Analogy as an experimental stratagem in the history and philosophy of science*. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 69, pp. 23-33.
- Frittella, S, Manoorkar, K, Palmigiano, A, Tzimoulis, A & Wijnberg, N. 2020. *Toward a Dempster-Shafer theory of concepts*. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 125, pp. 14-25.
- Froehlich, HE, Runge, CA, Gentry, RR, Gaines, SD & Halpern, BS. 2018. *Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, pp. 5295-5300.
- Geijzendorffer, IR, Cohen, SE, Cord, AF, Cramer, W, Guerra, C & Martín, LB. 2017. *Ecosystem services in global sustainability policies*. *Environmental Science & Policy*, vol. 74, pp. 40-48.
- Gorecki, A, Decewicz, P, Dziurzynski, M, Janeczko, A, Drewniak, L & Dziewit, L. 2019. *Literature-based, manually-curated database of PCR primers for the detection of antibiotic resistance genes in various environments*. *Water Research*, vol. 161, pp. 211-221.
- Grandy, RE. 1987. *Information-based epistemology, ecological epistemology and epistemology naturalized*. *Synthese*, vol. 70, pp. 191-203.
- Hakkarainen, V, Anderson, CB, Eriksson, M, van Riper, CJ, Horcea, MA & Raymond, CM. 2020. *Grounding IPBES experts' views on the multiple values of nature in epistemology, knowledge and collaborative science*. *Environmental Science & Policy*, vol. 105, pp. 11-18.
- Halden, RU. 2015. *Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis*. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 282, pp. 2-9.
- Jithila, P & Prasad, P. 2019. *Histopathology and other aspects of the Clinostomum complanatum infection in the freshwater fish, Pseudosphromenus cupanus from the south western ghats*. *Pakistan Journal Parasitology*, vol. 68, pp. 33-38.
- Jurgilevich, A. 2021. *Governance modes and epistemologies of future-oriented vulnerability assessments: Example of a mixed-methods approach*. *Futures*, vol. 128, pp. 1-21.
- Kakade, A., Salama, E.S., Han, H., Zheng, Y., Kulshrestha, S., Jalalah, M., Harraz, F.A., Alsareii, S.A. & Li, X. 2021. *World eutrophic pollution of lake and river: Biotreatment potential and future perspectives*. *Environmental Technology & Innovation*, vol. 23, pp. 1-23.
- Khadra, A, Pinelli, E, Ezzariai, A, Mohamed, O, Merlina, G, Lyamlouli, K, Kouisni, L & Hafidi, M. 2019. *Assessment of the genotoxicity of antibiotics and chromium in primary sludge and compost using Vicia faba micronucleus test*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 185, pp. 1-6.
- Liu, X, Ziv, G & Bakshi, BR. 2018. *Ecosystem services in life cycle Assessment-Part 1: a computational framework*. *The Journal of Cleaner Production*, vol. 197, pp. 314-322.
- Liu, X, Yu, Y, Qin, D, Song, Z, Huang, Z, Meng, K, Cao, J, Xu, F, Cheng, G, Ji, W & Xu, Z. 2020. *Expression analysis of taste receptor genes (T1R1, T1R3, and T2R4) in response to bacterial, viral and parasitic infection in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss*. *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 101, pp. 176-185.
- Luque, JL, Cruces, C, Chero, J, Paschoal, F, Alves, PV, Da Silva, AC, Sanchez, L. & Iannacone, J. 2016. *Check list of metazoan parasites of fishes from Peru*. *Neotropical Helminthology*, vol. 10, pp. 301-375.
- Lymbery, A, Morine, M, Gholipour, KH., Beatty, S & Morgan, D. 2014. *Co-invaders: the effects of alien parasites on native hosts*. *International Journal Parasitology: Parasites & Wildlife*, vol. 3, pp. 171-177.
- Mondal, S, Xu, J, Chen, G, Huang, S, Huang, C, Yin, L & Ouyang, G. 2018. *Solid-phase*

- microextraction of antibiotics from fish muscle by using MIL-101(Cr) NH₂-polyacrylonitrile fiber and their identification by liquid chromatography-tandem mass spectrometry.* *Analytica Chimica Acta*, vol. 1047, pp. 62-70.
- Nguyen, TT, Dermauw, V, Dahma, H, Bui, DT, Le, TT, Phi, NT, Lempereur, L, Losson, B, Vandenberg, O, Do, DT & Dorny, P. 2020. *Prevalence and risk factors associated with Clonorchis sinensis infections in rural communities in northern Vietnam.* *PLOS Neglected Tropical Diseases*, vol. 14, pp. 1-17.
- Paladini, G, Longshaw, M, Gustinelli, A & Shinn, AP. 2017. *Parasitic diseases in aquaculture: their biology, diagnosis and control.* In: Austin, B., Newaj-Fyzul, A. (Eds.), *Diagnosis and Control of Diseases of Fish and Shellfish.* John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, United Kingdom, pp. 37-107.
- Perussolo, MC, Guiloski, IC, Lirola, JR, Fockink, DH, Corso, CR, Bozza, DC, Prodocimo, V, Mela, M, Ramos, LP, Cestari, MM, Acco, A & Silva de Assis, HC. 2019. *Integrated biomarker response index to assess toxic effects of environmentally relevant concentrations of paracetamol in a neotropical catfish (Rhamdia quelen).* *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 182, pp. 1-10.
- Poore, J & Nemecek, T. 2018. *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers.* *Science*, vol. 360, pp. 987-992.
- Poulin, R. 2017. *Invasion ecology meets parasitology: advances and challenges* *International Journal Parasitology: Parasites & Wildlife*, vol. 6, pp. 361-363.
- Ramesh, M, Thilagavathi, T, Rathika, R & Poopal, RK. 2018. *Antioxidant status, biochemical and hematological responses in a cultivable fish Cirrhinus mrigala exposed to an aquaculture antibiotic Sulfamethazine.* *Aquacultura*, vol. 491, pp. 10-19.
- Rauque, C, Viozzi, G, Flores, V, Vega, R, Waicheim, A & Salgado, G. 2018. *Helminth parasites of alien freshwater fishes in Patagonia (Argentina).* *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, vol. 7, pp. 369-379.
- Reed, P, Francis, FR, Klinger, R & Petty, D. 2009. *Monogenean Parasites of Fish.* Fisheries and Aquatic Sciences, FA28. University of Florida UF, IFAS Extension, USA. pp. 1-4.
- Rodrigues, S, Antunes, SC, Correia, AT, Golovko, O, Žlábek, V & Nunes, B. 2018. *Assessment of toxic effects of the antibiotic erythromycin on the marine fish gilthead seabream (Sparus aurata L.) by a multi-biomarker approach.* *Chemosphere*, vol. 216, pp. 234-247.
- Salgado, MG, Caspeta, MJ, Moravec, F, Soto, GE, Rodiles, HR, Cabañas, CG & Montoya, MJ. 2011. *Helminth parasites of freshwater fish in Chiapas, Mexico.* *Parasitology Research*, vol. 108, pp. 31-59.
- Sharma, VK, Yu, X, McDonald, TJ, Jinadatha, C, Dionysiou, DD & Feng, M. 2019. *Elimination of antibiotic resistance genes and control of horizontal transfer risk by UV-based treatment of drinking water: a mini review.* *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, vol. 13, pp. 37.
- Shen, Y, Lu, Z, Yang, L, Liu, D, Ou, Y, Xu, C, Liu, W, Yuan, D, Hao, Y, He, J, Li, X, Zhou, Y, Walsh, TR, Shen, J, Xia, J, Ke, Y & Wang, Y. 2019. *Integrated aquaculture contributes to the transfer of mcr1 between animals and humans via the aquaculture supply chain.* *Environment International*, vol. 130, pp. 1-10.
- Shi, Y, Shi, Y, Tian, Z, Tian, Z, Gillings, MR, Zhang, Y, Zhang, Y, Zhang, H, Huyan, J, Huyan, J, Yang, M & Yang, M. 2020. *Novel transposon Tn 6433 variants accelerate the dissemination of tet(E) in Aeromonas in an aerobic biofilm reactor under oxytetracycline stresses.* *Environmental Science and Technology*, vol. 54, pp. 6781-6791.
- Skov, J, Mehrdana, F, Marana, MH, Bahlool, QZM, Jaafar, RM, Sindberg, D, Jensen, HM, Kania P & Buchmann, K. 2014. *Parasite infections of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) from Danish mariculture.* *Aquaculture*, vol. 434, pp. 486-492.
- Soler-Jiménez, LC, Paredes-Trujillo, AI & Vidal-Martínez, VM. 2016. *Helminth parasites of finfish commercial aquaculture in Latin America.* *Journal of Helminthology*, vol. 91, pp. 110-136.

- Sterner, RW, Keeler, B, Polasky, S, Poudel, R, Rhude, K & Rogers, M. 2020. *Ecosystem services of Earth's largest freshwater lakes*. Ecosystem Services, vol. 41, pp. 1-11.
- Stroud, B. 1975. *Epistemology, the history of epistemology, historical epistemology*. Erkenntnis, vol. 75, pp. 495-503.
- Su, Y, Cheng, Z, Luo, P, Wu, J, Zhang, L, Liu, Q & Wang, S. 2021. *Time-and-concept enhanced deep multidimensional item response theory for interpretable knowledge tracing*. Knowledge-Based Systems, vol. 218, pp. 1-12.
- Van Doan, H, Hoseinifar, HS, Ringø, E, Esteban, MaE, Dadar, M, Dawood, MAO & Faggio, C. 2020. *Host-associated probiotics: a key factor in sustainable aquaculture*. Reviews in Fisheries Science and Aquaculture, vol. 28, pp. 16-42.
- VanderWilde, CP & Newell, JP. 2021. *Ecosystem services and life cycle assessment: A bibliometric review*. Resources, Conservation and Recycling, vol. 169, pp. 1-15.
- Vilca, FZ, Galarza, NC, Tejado, JR, Cuba, WAZ, Quiróz, CNC & Tornisielo, VL. 2021. *Occurrence of residues of veterinary antibiotics in water, sediment and trout tissue (Oncorhynchus mykiss) in the southern area of Lake Titicaca, Peru*. Journal of Great Lakes Research, vol. 47, pp. 1219-1227.
- Waeschenbach, A, Brabec, J, Scholz, T, Littlewood, DTJ & Kuchta, R. 2017. *The catholic taste of broad tapeworms—multiple routes to human infection*. The International Journal for Parasitology, vol. 47, pp. 831-843.
- Wise, DJ, Li, MH, Griffin, MJ, Robinson, EH, Khoo, LH, Greenway, TE, Byars, TS, Walker, JR & Mischke, CC. 2013. *Impacts of Bolbophorus damnificus (Digenea: Bolbophoridae) on production characteristics of Channel catfish, Ictalurus punctatus, raised in experimental ponds*. The Journal of the World Aquaculture Society, vol. 44, pp. 557-564.
- World Health Organization (WHO). 2019. *New report calls for urgent action to avert antimicrobial resistance crisis*. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/29-04-2019-new-reportcalls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis>
- Wu, J, Su, Y, Deng, Y, Guo, Z, Mao, C, Liu, G & Feng, J. 2019. *Prevalence and distribution of antibiotic resistance in marine fish farming areas in Hainan, China*. Science of the Total Environment, vol. 653, pp. 605-611.

Received October 14, 2021.
Accepted December 8, 2021.