

Revista Ciencias del Mar UAS

Julio - Septiembre 2024

Núm. 4 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



Revista CIMAR UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR E-ISSN (en trámite)



 Revisión Científica

Toxicología y parasitología ambiental: resiliencia entre sostenibilidad y turismo ante los efectos adversos de protectores solares en organismos acuáticos

Environmental toxicology and parasitology:
resilience between sustainability, and
tourism toward the adverse effects of
solar creams on aquatic organisms



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



1. Mayra Ixchel Grano-Maldonado



0000-0001-7519-379X

Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa.

Autor de correspondencia:
granomayra@uas.edu.mx



2. Cyntia Ayumi Yokota Harayashiki



0000-0003-0050-0147

Instituto de Parasitología Tropical e
Saúde Pública (IPTSP), Universidade
Federal de Goiás (UFG)

email: c.harayashiki@gmail.com



3. Thiago Lopes Rocha



0000-0003-0551-6842

Instituto de Parasitología Tropical e
Saúde Pública (IPTSP), Universidade
Federal de Goiás (UFG)

email: thiagorochabio20@ufg.br



**Toxicología y parasitología ambiental:
resiliencia entre sostenibilidad y turismo
ante los efectos adversos de protectores
solares en organismos acuáticos**

**Environmental toxicology and parasitology:
resilience between sustainability, and
tourism toward the adverse effects of
solar creams on aquatic organisms**

▶ RESUMEN

El objetivo de este estudio es presentar una revisión de las investigaciones multidisciplinarias entre las ciencias ambientales y químicas para comprender, de manera integral, el uso excesivo de los protectores o cremas solares y su efecto tóxico en organismos acuáticos, incluyendo a sus parásitos, como componentes de un ecosistema. Esta investigación se llevó a cabo durante actividades turísticas en reservas ecológicas en el estado de Goiás, Brasil donde se integra una visión *de salud única* incluyendo a los prestadores de servicios y los turistas. Se destaca la importancia de la ecotoxicología como una ciencia clave que identifica el impacto de los químicos contenidos en los productos de protección solar que disrumpen la fisiología, la reproducción, el comportamiento, los procesos biológicos en fases larvarias de organismos acuáticos como peces, anfibios, moluscos, incluyendo sus parásitos, y el papel que desempeñan como biomonitores ambientales. Esta investigación promueve propuestas concretas de conciencia ecológica como: promover el uso de ropa (sombreros, mangas largas y pantalones) bajo el sol para sustituir los protectores o cremas solares y no perjudicar a los todos los habitantes del ambiente acuático.

Palabras clave: Biomonitor, nanotecnología, parasitología ambiental, benzofenoles y dióxido de titanio



► ABSTRACT

The objective of this study is to present a review of multidisciplinary research between environmental and chemical sciences, to comprehensively understand the excessive use of sunscreens and their toxic effect on all aquatic organisms including their parasites as components of an ecosystem. This research was carried out during tourism activities in ecological reserves in Goiás, Brazil where one health vision is integrated, including service providers and tourists. The importance of ecotoxicology is highlighted as a key science that identifies the impact of chemicals contained in sunscreen products that disrupt the physiology, reproduction, behavior, and biological processes in larval stages of aquatic organisms such as fish, amphibians, mollusks, including their parasites and the role they play as environmental biomonitors. This research promotes concrete proposals of ecological awareness such as: promoting the use of clothing (hats, long sleeves, and pants) under the sun to replace sunscreens and not harm all the native population of the aquatic environment.

Keywords: Biomonitoring, Nanotechnology, environmental parasitology, benzophenols and titanium dioxide

► INTRODUCCIÓN

El turismo es un sector fundamental en la economía de un país. Países tropicales como México y Brasil tienen una biodiversidad única que atrae diversas actividades turísticas (Garrod, Wilson & Bruce, 2018). En Brasil se registraron, de enero a mayo de 2024, 3,264,765 turistas internacionales lo que representa un aumento del 8,6% del producto interno bruto (PIB) en 2024 (fuente: agenciagov.ebc.com.br) y en México se registró la llegada de 2,101,000 mil turistas internacionales lo que representa un incremento de 2.6% PIB en 2024 (fuente: <https://www.gob.mx/sectur>). Para garantizar que el turismo contribuya de manera sostenible a la economía regional, es esencial preservar las condiciones ambientales y garantizar su sustentabilidad a largo plazo (Steven & Castley, 2013) y las actividades en ambientes acuáticos se



destacan como prioritarias para los turistas (Garrod et al., 2018). Estas actividades turísticas permiten una experiencia única de conocimiento de la naturaleza y la conservación de la biodiversidad, sin perder de vista las necesidades de los visitantes (Bringas & González, 2000; Drum & Moore, 2004; Robert, Parris, & Leiserowitz, 2005). Sin embargo, la intensificación del ecoturismo subraya la necesidad de realizar investigaciones biológicas y ecológicas para evaluar los posibles efectos negativos sobre la vida silvestre y otras amenazas causadas por las actividades industriales y el daño al medio ambiente (Steven & Castley, 2013; Fennell, 2015; Magrin et al., 2024). En este contexto, esta investigación multidisciplinaria aborda el uso de las cremas (CS) o protectores solares (PS) durante actividades acuáticas en el estado de Goiás, Brasil y el posible impacto de sus componentes tóxicos en los organismos acuáticos en un futuro no muy lejano. Para ello se emplearon para la búsqueda de artículos en PubMed, Google Académico, Google Scholar, Research Gate, Scopus, con las palabras clave: “Nanotecnología”, “ecotoxicología”, “acuáticos”, “cremas solares” “parásitos”, “ambiental”. Se filtraron por el tema de interés.

▶ METODOLOGÍA

Ecotoxicología y nanotecnología en las ciencias acuáticas

Recientemente, la nanotecnología se está convirtiendo en el conocimiento clave para el desarrollo tecnológico en diversas disciplinas, tal es el caso del uso de nanopartículas- NPs. Este campo se ha destacado por ser pionero en el empleo de nuevos materiales con aplicaciones en diversos sectores y, de manera particular, en todo tipo de protectores solares (Santos et al., 2022). Algunos CS o PS han sido creados a partir de componentes como: avobenzona, oxibenzona, octisalato, octocrileno (Guan, Lim & Mohammad, 2021; Santos et al., 2022), nanopartículas de dióxido de titanio (Rajasekar, Sivakumar, & Selvam, 2024), benzofenoles (Sun et al., 2023), octinoxato (Lorigo, Quintaneiro, Breitenfeld & Cairrao, 2024) o la combinación de 2-benzofenol-3 y nanopartículas de dióxido de titanio (Sun et al., 2023; Moreira Morais et al., 2024) todas estas moléculas tienen la



particularidad de reflejar y evitan la penetración de la radiación ultravioleta proveniente del Sol.

El uso de las cremas solares es promovido por los médicos dermatólogos para impedir el envejecimiento de la piel y el cáncer causado por la penetración de los rayos UV provenientes del Sol. (Verma et al., 2024). De acuerdo con Verma et al., (2024) hay dos tipos de radiación UV. La exposición a la radiación tipo-A se asocia con el envejecimiento de la piel y puede penetrar la piel más profundamente que la radiación tipo-B que promueve la síntesis de vitamina D3. Sin embargo, gracias a los estudios ecotoxicológicos, hasta hace unos años se empezaron a conocer las consecuencias en ambientes acuáticos del uso de protector solar en la literatura, debido a las NPs utilizadas.

La ecotoxicología como ciencia se centra en los efectos interactivos de compuestos químicos en modelos biológicos. La nanotecnología, surge como un componente en la biocompatibilidad y las propiedades cruciales de los nanomateriales con propiedades multifuncionales que ha aumentado el interés en el campo de la ecotoxicología utilizando NPs (Silva Brito, Bebianno & Rocha, 2024). Estas nanotecnologías han abierto varios aspectos de diversos campos científicos. Este es el caso del laboratorio de Biotecnología ambiental y ecotoxicología (LABAE) de la Universidad Federal de Goiás en Brasil, el cual ha generado una base de estudios importantes que han documentado y que engloban a los estresores químicos y físicos como NPs (Araújo et al., 2020, 2024; Caixeta et al., 2021; Pena et al., 2022; Salla et al., 2024), micro- y nanoplásticos (Malafaia et al., 2020; Rodrigues et al., 2024; Salla et al., 2024; Santos et al., 2024), y pesticidas (Rodrigues et al., 2024) pueden afectar la supervivencia, reproducción, desarrollo embrionario y larval, tasa de eclosión, frecuencia cardíaca y comportamiento de peces zebrafish (*Danio rerio*), caracoles *Biomphalaria* spp y renacuajo *Aquarana catesbeiana*.

El interés de esta investigación surgió a partir de la exploración de ambientes acuáticos con características particulares, regiones caracterizadas por el bioma del cerrado, con diversas actividades ecoturísticas acuáticas. La atracción del lugar son las más de 100 cascadas catalogadas de diferentes tamaños y aguas cristalinas de

diferentes colores rodeadas de frotaciones geológicas con gran contenido de calcio y cuarzo (Figura 1a). Algunos paseos acuáticos tienen pocos años abiertos al turismo local. Debido a esto, se conoce relativamente poco sobre los riesgos potenciales del uso de las CS y PS ya que se puede observar una película en la superficie del agua (Figura 1d). El objetivo de este estudio es informar a visitantes y profesionales que trabajan en actividades turísticas sobre el uso de las CS y PS, ya que varios estudios indican su potencial ecotoxicológico para organismos acuáticos, como los renacuajos, que convienen con los turistas que usan los PS (Figura 1b-c) a pesar de las recomendaciones como el uso de camisas de manga larga y pantalones (Figura 2ab).



Figura 1. Detalles del sitio de estudio



Figura 2. Detalles de la recomendación para uso recreativo del sitio



▶ RESULTADOS

¿Qué sucede en los ambientes marinos?

Los ambientes marinos son muy estudiados en lo que respecta a la contaminación y efectos de los PS en los organismos acuáticos, esto se debe a que el océano es el destino final de los contaminantes. Sustancias químicas y otros materiales, como plásticos y colillas de cigarro, pueden ser transportados por ríos y desembocar en regiones costeras (Aly, Williams & Hudson, 2012; Ribeiro, Harayashiki, Ertaş & Castro, 2021). Además, la presencia de centros urbanos, industriales y portuarios en los litorales también son responsables por la contaminación de los ambientes marinos (Harayashiki et al., 2022). Entre los contaminantes químicos más estudiados en los ambientes acuáticos marinos se pueden destacar los bifenilos policlorados, hidrocarburos, metales y organoclorados. Sin embargo, hay otros contaminantes que afectan a los medios acuáticos y son ingredientes de algunas cremas solares.

Estudios demostraron que sustancias presentes en CS y PS pueden promover el blanqueo de los arrecifes coralinos (Yuan et al., 2022). Este ecosistema abriga diversos organismos, desde los más pequeños organismos del zooplancton, hasta los más grandes, como tiburones con residuos de drogas antropogénicas (Araujo et al., 2024). Así, el blanqueo de corales por sí solo puede promover el desequilibrio de este ecosistema. Adicionalmente, otros estudios también observan los efectos negativos hormonales en organismos acuáticos expuestos a ingredientes de CS y PS (Wheate, 2022). Estos hallazgos llevaron a algunos países a prohibir algunas sustancias como benzofenona-3 (BP3 también conocida como oxibenzona) y metoxicinamato de etilhexilo (EHMC u octinoxato) (Miller, Pawlowski & Kellermann, 2021). NPs como sistema de entrega de PS existen desde hace muchos años y son capaces de proteger efectivamente los filtros orgánicos que componen los PS de la degradación química (Shi et al., 2012). Por ejemplo, PS de NPs de óxido de zinc promueve la regulación positiva de genes antioxidantes, la creación de especies reactivas de oxígeno y causan estrés oxidativo en copépodos (Wong et al., 2020). En peces, la función



metabólica del hígado y el comportamiento fueron alteradas después de la exposición a oxibenzona y NPs de dióxido de titanio (Carvalhais et al., 2021), también los embriones de los peces zebra podrían absorber BP-3 (Moreira Morais et al., 2024). Sin embargo, los efectos de estas NPs en organismos de agua dulce aún necesitan ser mejor investigados. Sin embargo, los resultados *In vitro* sólo pueden estimar en parte los efectos poblacionales. Otros estudios como los elaborados por Gholap et al., (2024) realizaron una revisión muy extensa sobre las implicaciones ambientales del octocrileno en productos con filtros y el daño que representan para los ecosistemas marinos. Estos autores destacan la sensibilidad bacteriana a estos filtros, lo que genera preocupación sobre el papel de microorganismos en la integración en la cadena alimentaria. Sin embargo, hay estudios elaborados con organismos de agua dulce, como los moluscos gasterópodos y peces, que han demostrado una amplia gama de respuestas en exposiciones de laboratorio y han sido considerados modelos clave en la investigación por que son de fácil mantención e interactúan fácilmente con las NPs.

► DISCUSIÓN

Parasitología ambiental y contaminantes

El interés por el estudio de la parasitología ambiental inició hace casi 30 años (Sures, 2007, 2008) debido al efecto de las condiciones ambientales locales y el comportamiento de los parásitos (Sures & Nachev, 2022). Esta ciencia ambiental tiene por meta investigar como los contaminantes antropogénicos influyen de alguna manera en la salud de sus hospederos (peces, anfibios, etc.) y en sus parásitos. En estas investigaciones de casi tres décadas, autores como Sures & Nachev, (2022) se han interesado en conocer los efectos dominantes de algunos estresores sobre otros. Es una realidad que en la actualidad el estudio de la parasitología ambiental en México es insuficiente y hay pocos estudios. Sobresalen los realizados en el Golfo de México por Vidal-Martínez (2007) que emplea a los parásitos como bioindicadores de la salud ambiental en un ecosistema acuático donde los hospederos-parasitos están asociados a la contaminación química por los



hidrocarburos y metales pesados del agua marina, estuarina en lagunas costeras (Pech et al., 2009) o para determinar las diferentes fuentes de estrés ambiental debido a la presencia de zonas petroleras. Así también, en invertebrados como camarones *Farfantepenaeus duorarum* en la zona de Campeche (Vidal-Martínez et al., 2006). Otro estudio realizado en lagunas costeras por Pech et al., (2009) emplearon peces tetradontidos *Spheroides testudineus* y sus helmintos como bioindicadores ambientales en la Península Yucateca. En el estado de Campeche, recientemente se creó el laboratorio de Parasitología ambiental en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología- Estación del Carmen, donde en colaboración científica los autores, Capparelli et al., (2024) emplearon como modelo de estudio parásitos presentes en crustáceos en zona de manglares restaurados para evaluar las condiciones ambientales con la presencia de metales pesados y ecotóxicos, estos autores han contribuido al estudio de la parasitología ambiental en lagunas costeras en el suroeste de México. Este otro estudio realizado por May-Tec et al., (2022) reveló la presencia de parásitos crustáceos como *Pseudochondracanthus diceraus* (Chondracanthidae) un copépodo de importancia para la acuicultura en botetes *Spherooides annulatus* en el Pacífico mexicano; y otro crustáceo branquiuro del género *Argulus* sp. en varias especies de botetes en el estado de Campeche. Estos autores evidencian la presencia de las mismas especies de crustáceos parásitos en el Golfo de México, el Océano Atlántico y el Océano Pacífico; lo cual fue comprobado recientemente por López-Ceseña et al., (2024) por primera vez con la presencia de argúlidos en puyeques *Dormitator latrifrons* en Sinaloa. Tomando en cuenta, las sugerencias elaboradas por May-Tec et al. (2022) se podría iniciar un estudio en botetes silvestres que comparten hábitats con puyeques en lagunas costeras en el Pacífico y evaluar, a través de sus parásitos, la calidad del agua en el ambiente. Hay pocos estudios que han promovido el estudio de la parasitología ambiental y en esta área poco explorada en México se requieren más actores que aborden temas relacionados con estas ciencias ambientales como lo sugieren May-Tec et al., (2022). Por ejemplo, Sures & Nachev (2022) mencionan que la mayoría de los estudios se han realizado en invertebrados, por lo que este campo de



investigación es prometedor para futuras investigaciones.

Debido a lo anterior, esta investigación propone estudios para monitorear el estado de salud de los sistemas de agua dulce, salobre y marina con invertebrados y peces como hospederos intermediarios de muchos parásitos donde se llevan a cabo actividades turísticas donde haya uso de cremas solares (Araújo et al., 2020, 2024; Caixeta et al., 2021; Pena et al., 2022; Salla et al., 2024), y pesticidas (Rodrigues et al., 2024); en actividades de gran importancia comercial para el consumo humano, como la pesca y la acuicultura. En Sinaloa, por ejemplo, en la franja costera del noroeste de México, hay actividades acuáticas diversas en el mar y zonas de manglares, acuicultura y pesca, donde este tipo de estudios es pertinente. Con ello, el laboratorio de Parasitología acuática y ambiental en la FACIMAR comenzó a elaborar estudios en consenso con especialistas en el área de la ecotoxicología y parasitología ambiental (Grano-Maldonado et al., 2020; Caixeta et al., 2020; Silva et al., 2022; Braga et al., 2023) con la finalidad de incrementar e incentivar otros grupos nacionales de investigación en el área.

La resiliencia de los ambientes acuáticos

De acuerdo con Pelletier et al. (2020) la resiliencia de los ambientes acuáticos existe cuando los ambientes tienen la capacidad de recuperarse durante o después de una alteración ambiental. Estos autores mencionan que el sistema podría adaptarse cuando se controlan los estresores que impactan dichos ambientes. Los cambios climáticos pueden provocar una serie de cambios en cascada que pueden disminuir la resiliencia del sistema (Scavia et al., 2002) por ejemplo, aspectos hidrológicos que determinan la cantidad de precipitación y viento de un lugar, incrementado inundaciones ha afectado zonas de anidación con arrastre de huevos afectando la viabilidad de las poblaciones (Shanley and Albert, 2014) o alterar sedimentos y modificar la concentración de nutrientes presentes (Scavia et al., 2002). Debemos tomar en cuenta que las tasas de recuperación de elementos como los componentes de cremas solares y las prácticas de gestión en el lugar para implementarlas. Cuando existe deterioro ambiental debido a factores



estresantes, es probable la recuperación si se eliminan los factores estresantes causantes de forma inmediata (Duarte et al., 2015) ya que los ecosistemas no suelen recuperar su condición anterior (Verdonschot et al., 2013) incluso cuando se reducen o eliminan los principales factores estresantes como en este caso, se pueden considerar la cantidad constante de visitantes que usa cremas solares y los componentes de ellas, hasta ahora no conocemos la resiliencia de los parásitos y sus hospederos en estos ambientes.

► CONCLUSIONES

El uso inadecuado de protectores solares y su liberación al ecosistema acuático se observa con frecuencia en regiones con actividad turística acuática, incluidas áreas de gran biodiversidad de organismos acuáticos silvestres incluyendo los parásitos que habitan en ellos. Por lo tanto, el presente estudio alerta a la comunidad sobre el potencial impacto ecotoxicológico de los protectores solares y resalta la urgente necesidad de desarrollar actividades de educación ambiental para concientizar a la población. Este trabajo pretende contribuir con el estudio de la ecotoxicología y parasitología ambiental en la costa del noroeste mexicano tomando en cuenta que los parásitos de organismos acuáticos dependen de sus hospederos como invertebrados (moluscos y peces), todos ellos están presentes en muchas actividades acuáticas turísticas, pesca y acuicultura en la costa sinaloense. Con ello, todos los parásitos podrían ser un modelo de biomonitoreo ambiental en ecosistemas acuáticos poco estudiado por científicos mexicanos.

► AGRADECIMIENTOS

Programa Pesquisador Visitante Estrangeiro (05/2023) otorgado a MIGM através do processo nº 202310267001159-FAPEG.

BIBLIOGRAFÍA

Aly, W., Williams, I.D. & Hudson, M.D. (2013). Metal contamination in water, sediment and biota from a semi-enclosed coastal area. *Environ Monit Assess*, 185, 3879–3895 <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2837-0>

Araujo, G.F., de Oliveira, L., Barcellos, R., Wosnick, N., Vianna, M., Verruck, S., Hauser-Davis, R.A, Saggiaro. E. (2024). “Cocaine Shark”: First report on cocaine and benzoylecgonine detection in sharks. *Science of The Total Environment*, 948, 174798 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174798>

Araújo, P.S., Caixeta, M.B., Brito, R.D.S, Gonçalves, B.B., da Silva, S.M., Lima, E.C.O., Silva, L.D., Bezerra, J.C.B., Rocha, T.L. (2020). Molluscicidal activity of polyvinylpyrrolidone (PVP)-functionalized silver nanoparticles to *Biomphalaria glabrata*: Implications for control of intermediate host snail of *Schistosoma mansoni*. *Acta Tropica*, 211, 105644. doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105644.

Araújo, P.S., Caixeta, M.B., Nunes, E.D.S, Gonçalves, B.B., Rocha, T.L. (2024). Green synthesis of silver nanoparticles using *Croton urucurana* and their toxicity in freshwater snail species *Biomphalaria glabrata*. *Acta Tropica*, 255:107224. doi: 10.1016/j.actatropica.2024.107224.

Braga, R., Leão, R., Campos, T., Borges, K., Grano-Maldonado, M.I., Lino C., Takemoto, R., Rocha, T., Silva, L. (2023). Abundance of *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* (Nematoda: Camallanidae) in Characiformes fish and associated factors in Midwest Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 95(2): e20220978 DOI 10.1590/0001-3765202320220978

Bringas-Rábago, N.L. & González, I.I.J.(2004). El turismo alternativo: una opción para el desarrollo local en dos comunidades indígenas de baja california. *Economía, Sociedad y Territorio*, 4: 551-590.



- Caixeta, B., Araújo, P., Gonçalves, B., Silva, L., Grano-Maldonado, M.I., Rocha, T. (2020).** Toxicity of engineered nanomaterials to aquatic and land snails: a scientometric and systematic review. *C h e m o s p h e r e* , 260 : 127654 doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127654
- Caixeta, M.B., Araújo, P.S., Rodrigues, C.C., Gonçalves, B.B., Araújo, O.A., Bevilaqua, G.B., Malafaia, G., Silva, L.D., Rocha, T.L. (2021).** Risk assessment of iron oxide nanoparticles in an aquatic ecosystem: A case study on *Biomphalaria glabrata*. *J H a z a r d M a t e r* , 5 , 123398 . d o i : 10.1016/j.jhazmat.2020.123398.
- Capparelli, M.V., Pérez-Ceballos, R., Moulatlet, G.M., Rodríguez-Santiago, M.A., Dzul-Caamal, R., Mora, A., Suárez-Mozo, N.Y., Abessa, D.M., Zaldívar-Jiménez, A. (2024).** Application of ecotoxicological tools to evaluate the quality status of mangroves under restoration in the Yucatán Peninsula, Mexico. *M a r P o l l u t B u l l* , 203 : 116386 . d o i : 10.1016/j.marpolbul.2024.116386.
- Carvalhais, A., Pereira, B., Sabato, M., Seixas, R., Dolbeth, M., Marques, A., Guilherme S., Pereira, P., Pacheco, M., & Miei, C. (2021).** Mild Effects of Sunscreen Agents on a Marine Flatfish: Oxidative Stress, Energetic Profiles, Neurotoxicity and Behaviour in Response to Titanium Dioxide Nanoparticles and Oxybenzone. *I n t e r n a t i o n a l J o u r n a l o f M o l e c u l a r S c i e n c e s* . ; 22 (4) : 1567 . <https://doi.org/10.3390/ijms22041567>
- Drum, A. & Moore, A. (2004).** Ecotourism Development – A Manual for Conservation Planners and Managers (Volume I). An Introduction to Ecotourism Planning. The Nature Conservancy.
- Duarte, C.M., Borja, A., Cartensen, J., Elliott, M., Krause-Jensen, D., Marbà, N. (2015)** Paradigms in the recovery of estuarine and coastal ecosystems. *E s t u a r i e s C o a s t s* 38:1202–1212
- Fennell, D. (2008).** Ecotourism: An introduction. Tercera Ed. Taylor & Francis e-Library. 282 pp.



- Garrod, B., Wilson, J. & Bruce D. (2018).** Planificación del Ecoturismo Marino en el Área Atlántica de la UE:Guía de Buenas Prácticas. Disponibles online en la página web www.tourism-research.org
- Gholap, A., Pardeshi, S., Hatvate, N., Dhorkule, N., Sayyad, S., Khalid, M. (2024).** Environmental implications and nanotechnological advances in octocrylene-enriched sunscreen formulations: A comprehensive review, *Chemosphere*, 358, 142235, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142235>.
- Grano-Maldonado, M.I., Madureira, I., Trigueiro, S., Gonçalves, N., Rocha, T.L. (2022).** First experimental infection of guppies *Poecilia reticulata* (Peter, 1859) by lasidium larvae of freshwater mussel *Anodontites trapesia* (Lamarck, 1819) *Helminthologia*, 59, 1: 104–110, 2022 Doi 10.2478/helm-2022-0009
- Guan, L., Lim, H.W., & Mohammad, T.F. (2021).** Sunscreens and photoaging: a review of current literature. *Am. J. Clin. Dermatol*, 22, 819-828, doi. 10.1007/s40257-021-00632-5
- Harayashiki, C.A.Y., Sadauskas-Henrique, H., de Souza-Bastos, L.R. et al. (2022).** Contamination gradient affects differently carbonic anhydrase activity of mollusks depending on their feeding habits. *Ecotoxicology*, 31, 124–133 <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02496-1>
- López-Ceseña, G., Rodríguez-Montes de Oca, G., Benítez, A., Nieves-Soto, M., Grano-Maldonado M.I. (2024).** Control treatment with Dermogard® Aqua for *Argulus* sp. (Crustacea) in the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Eleotridae) in Mexico. *Mvz Cordoba*, accepted Agosto 2024
- Lorigo, M., C. Quintaneiro, L., Breitenfeld & Cairrao, E. (2024).** “Effects Associated with Exposure to the Emerging Contaminant Octyl-Methoxycinnamate (A UV-B Filter) in the Aquatic Environment: A Review.” *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 27 (2), 55–72. <https://doi.org/10.1080/10937404.2023.2296897>.



- Magrin, C., Saldaña-Serrano, Bainy, C., Vitali, L., & Micke, G. (2024).** Analysis of the UV filter Benzophenone-3 assimilation in *Crassostrea gigas* oysters post-exposure in a controlled environment by LC-MS/MS. *Chemosphere*, 363,142725. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142725>.
- Malafaia, G., de Souza, A.M., Pereira, A.C., Gonçalves, S., da Costa, Araújo, A.P., Ribeiro, R.X., & Rocha, T.L. (2020).** Developmental toxicity in zebrafish exposed to polyethylene microplastics under static and semi-static aquatic systems. *Science of the Total Environment*, 15, 700:134867. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134867.
- May-Tec, A.L., Baños-Ojeda, C., Mendoza-Franco, E.F. (2022).** Parasitic crustaceans (Branchiura and Copepoda) parasitizing the gills of puffer fish species (Tetraodontidae) from the coast of Campeche, Gulf of Mexico. *Zookeys.*, 16;1089:73-92. doi: 10.3897/zookeys.1089.79999
- Miller, I.B., Pawlowski, S., Kellermann, M.Y. (2021).** Toxic effects of UV filters from sunscreens on coral reefs revisited: regulatory aspects for “reef safe” products. *Environmental Sciences Europe*, 33, 74 <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00515-w>
- Moreira Morais, J., da Silva Brito, R., Saiki, P., Cirqueira Dias, F., de Oliveira Neto, J. R., da Cunha, Lopes, T.R., Bailão, E. F. L. C. (2024).** Ecotoxicological assessment of UV filters benzophenone-3 and TiO₂ nanoparticles, isolated and in a mixture, in developing zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 87(17), 687–700. <https://doi.org/10.1080/15287394.2024.2362809>
- Pech, D., Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Gold-Bouchot, G., Herrera-Silveira, J., Zapata-Pérez, O., Marcogliese, D.J. (2009).** The checkered puffer (*Spheroides testudineus*) and its helminths as bioindicators of chemical pollution in Yucatan coastal lagoons. *Science of the Total Environment*, 15; 407(7): 2315-24. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.11.054



- Pelletier, M.C., Ebersole, J., Mulvaney, K., Rashleigh, B., Gutierrez, M.N., Chintala, M., Kuhn, A., Molina, M., Bagley, M., Lane, C., (2020). Resilience of aquatic systems: Review and management implications. *Aquat Sci. Mar* 28,82(2):1-44. doi: 10.1007/s00027-020-00717-z.
- Pena, R.V., Machado, R.C., Caixeta, M.B., Araújo, P.S., de Oliveira, E.C., da Silva, S.M., Rocha, T.L. (2022). Lauric acid bilayer-functionalized iron oxide nanoparticles disrupt early development of freshwater snail *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). *Acta Tropica*, 229:106362. doi: 10.1016/j.actatropica.2022.106362
- Rajasekar, M., J. Sivakumar, M. and Selvam, M. (2024). “Recent Developments in Sunscreens Based on Chromophore Compounds and Nanoparticles.” *RSC Advances*, 14 (4): 2529–2563. <https://doi.org/10.1039/D3RA08178H>.
- Ribeiro, V., Harayashiki, C., Ertaş, A., & Castro, I., (2021). Anthropogenic litter composition and distribution along a chemical contamination gradient at Santos Estuarine System—Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 46, 101902. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101902>.
- Robert K.W., Parris T.M., & Leiserowitz A.A. (2005). What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 7:8–21. doi: 10.1080/00139157.2005.10524444.
- Rodrigues, C.C., Harayashiki, C.A.Y., Pereira, E., Rodrigues, G.L.S, Neves, B.J., Rocha, T.L. (2024). How do microplastics alter molluscicidal activity? Effects of weathered microplastics and niclosamide in developing freshwater snails. *Science of the Total Environment*, 20;922:171165. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171165.
- Salla, R., Oliveira, F., Jacintho, J., Cirqueira, F., Tsukada, E., Vieira, L., Rocha, T. (2024). Microplastics and TiO₂ nanoparticles mixture as an emerging threat to amphibians: A case study on bullfrog embryos. *Environmental Pollution*, 346, 123624, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.123624>.



- Santos, A.L., Rodrigues, L.C., Rodrigues, C.C., Cirqueira, F., Malafaia, G., Rocha, T.L. (2024).** Polystyrene nanoplastics induce developmental impairments and vasotoxicity in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Hazard Materials*, 15;464:132880. doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.132880.
- Santos, J., Marto, A.C., Chá-Chá, R., Martins, A.M., Pereira-Silva, M., & Ribeiro, H.M., Veiga, F. (2022).** Nanotechnology-based sunscreens—a review. *Materials Today Chemistry*, 23, 100709. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2021.100709>
- Scavia, D., Field, J.C., Boesch, D.F., Buddemeier, R.W., Burkett, V., Cayan, D.R., Fogerty, M., Harwell, M.A., Howarth, R.W., Mason, C., Reed, D.J., Royer, T.C., Sallenger, A.H., Titus, J.G. (2002).** Climate change impacts on U.S. coastal and marine ecosystems. *Estuaries*, 25:149–164
- Shi, L., Shan, J., Ju, Y., Aikens, P., Prud'homme, R. (2012).** Nanoparticles as delivery vehicles for sunscreen agents, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 396, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.053>.
- Silva Brito, R., João Bebianno, M., & Rocha, T. L. (2024).** Plant-based silver nanoparticles ecotoxicity: Perspectives about green technologies in the One Health context. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 54(16), 1218–1235. <https://doi.org/10.1080/10643389.2024.2303298>
- Silva, Y., Lourenço, A., Ramalho, W., Caixeta, M., Rocha, T., De Souza, J., Grano-Maldonado, M.I., Silva, L. (2022).** The influence of environmental factors on *Clinostomum* sp. (Digenea) infection in the fish *Cichlasoma paranaense* (Kullander, 1983) in Central Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 94(2): e20200872 DOI 10.1590/0001-3765202220200872
- Steven, R. & Castley, J.G. (2013).** Tourism as a threat to critically endangered and endangered birds: Global patterns and trends in conservation hotspots. *Biodiversity and Conservation*, 22: 1063–1082.



- Sun, X., Yang, Q., Jing, M., Jia, X., Tian, L. & Tao, J. (2023).** Environmentally Relevant Concentrations of Organic (Benzophenone-3) and Inorganic (Titanium Dioxide Nanoparticles) UV Filters Co-Exposure Induced Neurodevelopmental Toxicity in Zebrafish.” *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 249: 114343. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114343>.
- Sures, B. (2007).** Host-parasite interactions from an ecotoxicological perspective. *Parassitologia*, 49(3):173-6.
- Sures, B. (2008).** Environmental parasitology. Interactions between parasites and pollutants in the aquatic environment. *Parasite*, 15(3):434-8. doi: 10.1051/parasite/2008153434.
- Sures, B. (2022).** Nachev M. Effects of multiple stressors in fish: how parasites and contaminants interact. *Parasitology*, 149(14):1822-1828. doi: 10.1017/S0031182022001172
- Sures, B., Nachev, M. (2022).** Effects of multiple stressors in fish: how parasites and contaminants interact. *Parasitology*, 149(14):1822-1828. doi: 10.1017/S0031182022001172
- Verdonschot, P.M., Spears, B.M., Feld, C.K., Brucet, S., Keizer-Vlek, B.A., Elliott, M., Kernan, M., Johnson, R.K. (2013).** A comparative review of recovery processes in rivers, lakes, estuarine and coastal waters. *Hydrobiologia*, 704:453–474
- Verma, A. Zanoletti, K.Y. Kareem, B. Adelodun, P. Kumar, F.O. Ajibade, L.F.O. Silva, A.J. Phillips, T. Kartheeswaran, E. & Bontempi, A. (2024).** Skin protection from solar ultraviolet radiation using natural compounds: a review *Environmental Chemical Letters*, 22, 273-295, doi 10.1007/s10311-023-01649-4
- Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Del Rio-Rodríguez, R., Gold-Bouchot, G., Rendón-von Osten, J., Miranda-Rosas, G.A. (2006).** The pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*, its symbionts and helminths as bioindicators of chemical pollution in Campeche Sound, Mexico. *Journal of Helminthology*, 80(2):159-74. doi: 10.1079/joh2006358



Vidal Martínez VM. Helminths and protozoans of aquatic organisms as bioindicators of chemical pollution. *Parassitologia*. 2007 Sep;49(3):177-84.

Wheate, N.J. (2022). A review of environmental contamination and potential health impacts on aquatic life from the active chemicals in sunscreen formulations *Australian Journal of Chemistry*, 75(4) 241-248 <https://doi.org/10.1071/CH21236>

Wong, W.Y.S., Zhou, G., Leung, P., Han, J., Lee, J., Kwok, K., Leung, K. (2020). Sunscreens containing zinc oxide nanoparticles can trigger oxidative stress and toxicity to the marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111078. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111078>.

Yuan, S., Huang, J., Jiang, X., Huang, Y., Zhu, X., & Cai, Z. (2022). Environmental Fate and Toxicity of Sunscreen-Derived Inorganic Ultraviolet Filters in Aquatic Environments: A Review. *Nanomaterials*. 12(4): 699. <https://doi.org/10.3390/nano12040699>