

A close-up photograph of a human hand with light skin and short, clean nails gently touching a tree trunk. The tree trunk is covered in a thick, vibrant green moss. The lighting is soft and natural, highlighting the textures of the skin and the moss.

# Medio ambiente:

Preservación, salud  
y sobrevivência 3

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022



# Medio ambiente:

Preservação, saúde  
y sobrevivência 3

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas





## Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
M491	Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0609-9 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.099222610">https://doi.org/10.22533/at.ed.099222610</a>  1. Medio ambiente. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.  CDD 577
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.





## PRESENTACIÓN

El e-book titulado: “Medio Ambiente: Preservación, Salud y Survival 3” consta de cuatro capítulos que buscan investigar: *i)* el uso de la fagoterapia en la conservación de alimentos procesados industrialmente; *ii)* manejo y conservación de áreas de protección permanente en ciudades de México y; *iii)* estado del arte del análisis ecotoxicológico de efluentes.

El primer capítulo evaluó el uso de la fagoterapia en la reducción de microorganismos nocivos para la salud humana y que contribuyen al deterioro de los alimentos. Para los autores, si bien existe una diversidad de cepas de fagos comerciales, estas necesitan experimentar mejoras entre las numerosas variables que afectan las condiciones ambientales de uso.

Los capítulos 2 y 3 presentan trabajos de las ciudades de Hidalgo y Cabo Pulmo, respectivamente, ubicadas en México. El primer trabajo buscó desarrollar material didáctico (guía, folletos, juegos de memoria) con el fin de contribuir a una mejor comprensión de las numerosas especies de cactus que se encuentran en la Reserva Barranca de Metztitlán en la ciudad de Hidalgo. El capítulo 3 investigó el sistema de preservación del sistema de corales ubicado en el Parque Nacional en la ciudad de Cabo Pulmo en México, los investigadores presentaron una serie de factores que contribuyeron a convertirse en un referente internacional de conservación de corales.

El cuarto capítulo realizó una revisión sistémica en relación a los análisis ecotoxicológicos aplicados a efluentes de diversa naturaleza. Los investigadores concluyeron que, a pesar de la existencia de numerosos estudios y, en consecuencia, del aumento del conocimiento científico, es necesario intensificar aún más los estudios de toxicidad aguda y crónica para los organismos diana en los diferentes niveles tróficos de la cadena alimentaria.

En esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular y alentar a cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con garantía de calidad y excelencia en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

# SUMÁRIO

**CAPÍTULO 1..... 1**

EMPLEO DE FAGOS PARA BIOCONTROL EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS

Maridania Jabier Frias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226101>

**CAPÍTULO 2..... 12**

GUÍA DE CACTÁCEAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA BARRANCA DE METZTITLÁN, HIDALGO

Cirenio Velasco Castillo

Cesar Alejandro Hernández Pérez


Ricardo Guevara Herrera

Felipe J. Flores Hernández

Raúl Valentín Islas

Cesar Jiménez Pelcastre

Raúl Gómez Villegas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226102>

**CAPÍTULO 3..... 23**

GESTION DE UN PARQUE NACIONAL ARRECIFAL: CABO PULMO, MEXICO

Oscar Arizpe Covarrubias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226103>

**CAPÍTULO 4..... 32**

ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS APLICADAS A EFLUENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Camylla Carneiro Rodrigues

Rosana Gonçalves Barros

Viníciu Fagundes Bárbara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0992226104>

**SOBRE EL ORGANIZADOR ..... 44**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 45**

# CAPÍTULO 1

## EMPLEO DE FAGOS PARA BIOCONTROL EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS

*Data de aceite: 03/10/2022*

**Maridania Jabier Frias**

**RESUMEN:** La transmisión de enfermedades bacterianas y el deterioro de los alimentos a causa de microorganismos es uno de los grandes problemas que afectan la salud pública y la economía a nivel mundial. los diferentes métodos utilizados para la prevención y eliminación de microorganismos en los alimentos no resultan ser totalmente eficaces, demostrado por la constante aparición de brotes y las cifras de afectados por enfermedades adquiridas a través de productos alimenticios que van en aumento cada año. Esto ha llevado a retomar un método muy conocido desde la antigüedad, la fagoterapia, es decir, el empleo de fagos (virus y sus derivados que matan bacterias) para la reducción de bacterias patógenas que se presentan en los alimentos. La fagoterapia puede usarse desde la producción primaria de alimentos, partiendo de que esta es una de las etapas más importantes y las medidas aplicadas en esta repercuten de manera directa en todos las demás del proceso de producción y alimentaria, más en aquellos productos que no son sometidos a algún proceso, frutas y vegetales listos para comer. Los fagos son muy reconocidos por su alta especificidad frente a bacterias, gracias a la presencia de receptores concretos que hacen que estos solo eliminen a su hospedador bacteriano, resultando inocuo para las personas. La utilidad de los fagos es ideal para hacer frente al aumento de aparición

de bacterias resistentes asociadas al uso de los antimicrobianos, que también está muy ligada a la producción de alimentos especialmente de origen cárnico. Esta revisión proporciona una actualización del empleo de fagos para reducir las bacterias presentes en los alimentos, desde la producción primaria ya sean alimentos de origen ganadero, acuícola, agrícola o proveniente de aves de corral.

**PALABRAS CLAVE:** Fagoterapia, inocuidad, alimentaria, bacteriófago.

### USE OF PHAGES FOR BIOCONTROL IN PRIMARY FOOD PRODUCTION PROCESSES

**ABSTRACT:** The transmission of bacterial diseases and food spoilage caused by microorganisms is one of the major problems affecting public health and the economy worldwide. the different methods used for the prevention and elimination of microorganisms in food do not turn out to be totally effective, demonstrated by the constant appearance of outbreaks and the numbers of people affected by diseases acquired through food products that are increasing every year. This has led to retaking a well-known method since ancient times, phage therapy, that is, the use of phages (viruses and their derivatives that kill bacteria) to reduce pathogenic bacteria that occur in food. Phage therapy can be used from the primary production of food, assuming that this is one of the most important stages and the measures applied in this have a direct impact on all the others in the production and food process, more on those products that are not processed, ready-



to-eat fruits and vegetables. Phages are well known for their high specificity against bacteria, thanks to the presence of specific receptors that only eliminate their bacterial host, resulting in harmless people. The usefulness of phages is ideal to deal with the increase in the appearance of resistant bacteria associated with the use of antimicrobials, which is also closely linked to food production, especially of meat origin. This review provides an update on the use of phages to reduce bacteria present in foods, from primary production, whether they are foods of livestock, aquaculture, agricultural or poultry origin.

**KEYWORDS:** Phagotherapy, safety, food, bacteriophage.

## 1 | INTRODUCCIÓN: LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS Y EL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

La producción de alimentos es una de las actividades antrópicas necesarias para la subsistencia de la humanidad y requiere que los productos que resulten de esta acción no vayan asociados a peligros para los consumidores. Es la etapa dedicada a la extracción y recolección de los recursos naturales con poca o ninguna manipulación. Es la actividad de producción que incluye la cosecha, el ordeño y la crianza de animales para fines alimenticios antes de su sacrificio, además también de la caza y la pesca (González, 2019).

Los riesgos que se pueden presentar a través de un alimento son de diferentes tipos, dependiendo de su origen: físico, químico y biológico. Dentro de las alternativas para enfrentar uno de los riesgos biológicos, es el uso de bacteriófagos o terapia fágica como método de biocontrol frente a las bacterias patógenas que contaminan y las que causan deterioro en la producción primaria de alimentos.

En las últimas décadas se viene dando un incremento del consumo de alimentos frescos, de frutas, vegetales y hortalizas como respuesta a la promoción de la salud relacionada con la ingesta de alimentos lo menos procesados posible. (Gutierrez, Fernandez, Rodriguez, & Garcia, 2020). Esto, a su vez, va de la mano de un incremento de las enfermedades alimentarias asociadas a los productos no procesados y/o frescos, provocando la atención a la inocuidad en los productos agrícolas (Cortés-Higareda, Bautista-Baños, Ventura-Aguilar, Landa-Salgado, & Hernández-López, 2021). Las demandas de alimentos “*ready to eat*” exigen cada vez más normativas y requerimientos para una producción con la menor concentración de productos químicos o sin el uso de pesticidas, esto amerita de una búsqueda de alternativas naturales para eliminar peligros asociados a los alimentos. Los fagos bacterianos ofrecen un medio natural de biocontrol para que sea posible cubrir esta necesidad y su eficacia en la primera etapa de producción alimentaria está demostrado (O’Sullivan, Bolton, MacAulife & Coffey 2019).

Su estudio comenzó tras el descubrimiento de los fagos en los años 20 del siglo pasado y consiste en utilizar virus que infectan a bacterias específicas (Huff & Huff, 2014). Los bacteriófagos, así como también proteínas derivadas de los mismos, sirven para la destrucción y control de las bacterias y microorganismos patógenos que afectan la

producción alimentaria (Gutierrez, et al., 2020).

Las enfermedades transmitidas por alimentos a causa de agentes bacterianos generan importantes problemas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial y provocan significativos impedimentos de desarrollo socioeconómico en los países donde tienen más incidencia (Tataryn et al., 2015; OMS, 2015). Dentro de los microorganismos patógenos que con frecuencia se encuentran presentes en alimentos, las bacterias provocan un mayor impacto negativo en comparación con otros agentes biológicos, son las que mayor daño causan en pérdidas económicas, de salud y muerte (Fung, Wang & Menon, 2018) (Jorquera, Galacer, & Borier, 2015).

Además de los problemas sanitarios, los microorganismos causan graves pérdidas en el sector alimentario debido a su capacidad de deteriorarlos. A pesar de que les son aplicados métodos de desinfección, descontaminación, control de calidad e higiene, cerca del 25 % de la producción total de alimentos se pierde cada año a causa de daños microbiológicos (Endersen et al., 2014). Sin dejar de lado toda la inversión económica que es destinada a prevenir y eliminar la contaminación en la industria alimentaria. Por todo ello, es altamente deseable encontrar alternativas que puedan mejorar el cuidado y preservación de los alimentos desde su etapa de producción (Kahn, L.H. et al., 2019).

Otra problemática importante es la resistencia a los antimicrobianos. Su uso masivo en la producción primaria de alimentos (ganadería, acuicultura, aves de corral y sector agrícola) para el desarrollo y cuidado de la salud de animales y cultivos, conlleva que se encuentren presentes en agua y alimento una situación ocasionado un incremento de muertes y problemas de salud provocados por este fenómeno a nivel mundial (Hernández-Barrera et al., 2018; Sharma 2011; Wienhold et al., 2019 ; Meek, et al., 2015)(Figura 1).

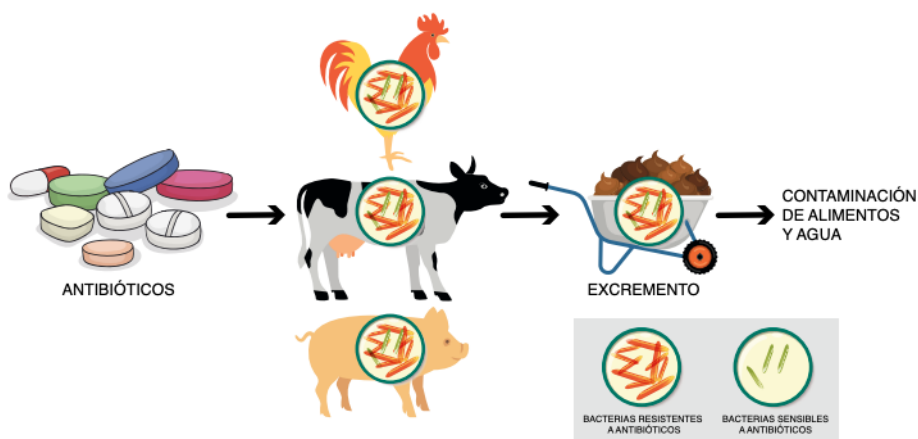


Figura 1. Bacterias resistentes en animales granjas y aves de corral pasan a interactuar con agua y alimentos. Ilustración recuperada de (Meek et al., 2015).

La resistencia a los antimicrobianos es una condición, no una enfermedad, y se puede reducir al optar por utilizar otros métodos para tratar las bacterias que afectan a los animales y cultivos. Por todos los motivos expuestos, se tienen muchas esperanzas en el uso de los bacteriófagos líticos para atacar las bacterias patógenas que con frecuencia son transmitidas por los alimentos (Moye et al., 2018).

### **1.1 Problemas de los Métodos Antimicrobianos Utilizados en la Producción de Alimentos**

La pérdida de las características organolépticas y nutricionales de los alimentos es un problema importante en el manejo y la producción de alimentos, que resulta de la búsqueda de tratar de eliminar agentes dañinos por medio a la pasteurización, las altas presiones y temperaturas, la irradiación, y el uso de compuestos químicos antimicrobianos como son los antibióticos y desinfectantes (Moreira Hungaro et al., 2013; Moye, et al., 2018). Estos últimos suelen ser peligrosos para las personas cuando quedan restos químicos en los alimentos. Largos tiempos de exposición a estos compuestos pueden afectar el sistema inmune de los individuos, su desarrollo normal o causar incluso cáncer (Fung et al., 2018).

A pesar de la aplicación de estos métodos, se dan con frecuencia brotes de infecciones alimentarias que causan pérdidas económicas y de salud muy elevadas (OMS, 2015). Motivo suficiente para la aplicación de nuevas estrategias que aseguren aún más la calidad de los alimentos como la salud del consumidor. Estos nuevos métodos podrían usarse solos o en conjunción con algunas de las técnicas mencionadas para aumentar la eficacia de desinfección (Ahmadi et al., 2016; Lopes, Pereira & Almeida, 2018).

La presencia de microorganismos indeseables está directamente relacionada con el tipo y el origen del alimento. El amplio espectro de los fagos para ser aplicados como método de biocontrol en distintas etapas de producción y distintos tipos de alimento, los hacen ser aún mejor visto como una alternativa viable frente a los métodos tradicionales. Moye et al., (2018) apoyan que el creciente uso y la aceptación de los bacteriófagos como métodos de biocontrol se debe a que constituyen un método efectivo, seguro y natural para eliminar o reducir los niveles de bacterias patógenas específicas en los distintos alimentos.

## **2 | LOS FAGOS COMO HERRAMIENTA DE BIOCONTROL**

Los fagos son virus que se multiplican en el interior de las bacterias, son parásitos intracelulares obligados que hacen uso de algunas o todas sus maquinarias biosintéticas para replicarse, son entidades genéticas acelulares que requieren una célula hospedadora para poder replicarse (Madigan et al., 2018). Sus genomas, que pueden ser de ADN o de ARN, contienen la información necesaria para producir nuevas partículas víricas. La forma extracelular de los virus, denominada virión, está compuesta al menos por el material genético del virus rodeado de una estructura proteica denominada cápsida, cuya función es tanto proteger dicho material genético, como facilitar la entrada de éste en la



siguiente célula hospedadora. En otros casos, sobre todo en virus de animales, además de la nucleocápsida (conjunto de material genético y cápsida proteica), existe una envoltura externa formada por restos de la membrana plasmática de la célula hospedadora anterior (**Figura 2**).

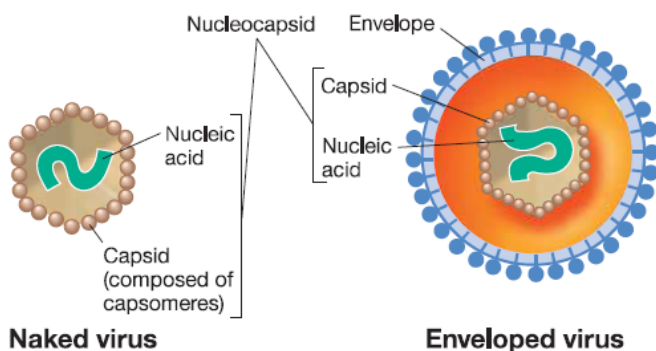


Figura 2. Estructura básica de los virus: virus desnudos (*naked virus*), compuestos por nucleocápsida, y virus con envoltura (*enveloped virus*). Figura tomada de Madigan et al. (2015).

En la superficie del virus existen proteínas que median un reconocimiento específico con componentes de la membrana de la célula hospedadora. Este reconocimiento molecular es necesario para que los viriones se adhieran a la superficie de dicha célula hospedadora y al menos el material genético del virus entre en la misma para iniciar su ciclo de replicación. Dicho reconocimiento molecular es una de las causas que hacen que la interacción virus-hospedador sea muy específica, por lo que los virus pueden clasificarse atendiendo al hospedador que parasitan.

Un tipo de fago puede infectar solo un limitado tipo de bacterias, mientras otros tiene un rango de actividad algo más amplio (Brown Jaque, 2018; Wernicki et al., 2017). Su especificidad y rango está relacionada con la presencia de receptores bacterianos que interactúan con el sistema de reconocimiento de partículas víricas (Brown Jaque, 2018).

Autores como M. Brown Jaques (2018), destacan que “Su alto nivel de especificidad, la capacidad de supervivencia a largo plazo y la capacidad de replicarse rápidamente en huéspedes apropiados contribuyen a mantener un equilibrio dinámico entre la gran variedad de especies bacterianas en cualquier ecosistema natural”.

Esto amplía el rango de actividad biocontroladora del fago ya que puede controlar distintos agentes de una misma familia, a pesar de que la eficacia del tratamiento con bacteriófagos puede depender de las propiedades individuales antibacterianas de cada uno y de los mecanismos adaptativos de la bacteria (Wernicki et al., 2017).

La fagoterapia o el uso de ciertas proteínas derivadas de ellos (como endo- y

exolisinas) para destruir bacterias patógenas especificidad da seguridad a su uso, ya que excluye la posibilidad de causar daño a los humanos. No hay problemas de seguridad alimentarias asociadas con la ingestión oral de fagos a través de los alimentos (O'Sullivan et al., 2019; Carvalho et al., 2017; Wernicki et al., 2017).

Son numerosos los estudios *in vivo* e *in vitro* que demuestran la eficacia de la terapia de fagos para combatir las bacterias que mayormente afectan la producción de alimentos en su diferentes renglones, agricultura, aves de corral, ganadería y la acuicultura (**Figura 3**) (Gonçalves, et al., 2018; Gutierrez, et al., 2020 ).

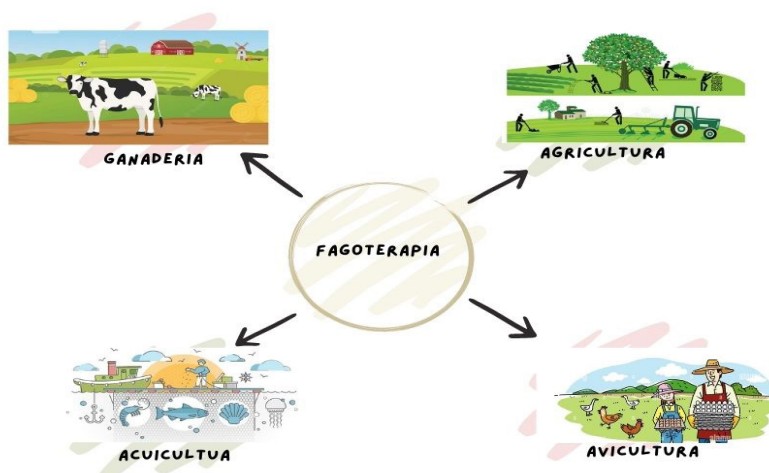


Figura 4. Diferentes sectores de la producción primaria en los cuales se ha demostrado la eficacia del uso de los bacteriofagos. Imagen de elaboración propia.

## 2.1 Uso de Fagos en Agricultura

Los cocteles de fagos pueden adaptarse para atacar a las bacterias específicas que afectan los alimentos y poseen muchas ventajas sobre otros métodos gracias a su alto nivel de selectividad, la capacidad de supervivencia a largo plazo y la habilidad de replicarse rápidamente en hospedadores concretos, por lo que contribuyen a mantener un equilibrio dinámico entre la gran variedad de especies bacterianas en cualquier ecosistema natural (Brown Jaque, 2018).

Utilizar virus que de manera natural se encuentran presentes en los alimentos para eliminar o reducir las bacterias patógenas que invaden los frutos y vegetales durante y después de la cosecha le da a este método de biocontrol el distintivo de ser viable y

seguro gracias a que no provoca efectos perjudiciales para el consumidor (Pérez et al., 2016).

Los fago también tienen amplio potencial para ayudar al desarrollo de las plantas, eliminando las bacterias que puedan interferir en el crecimiento de estas, demostrando su potencial como mecanismo alternativo en las terapias agrícolas, con el fin de inactivar las bacterias patógenas presentes en el sistema suelo-plantas (Figura 6) (Ye et al., 2019).

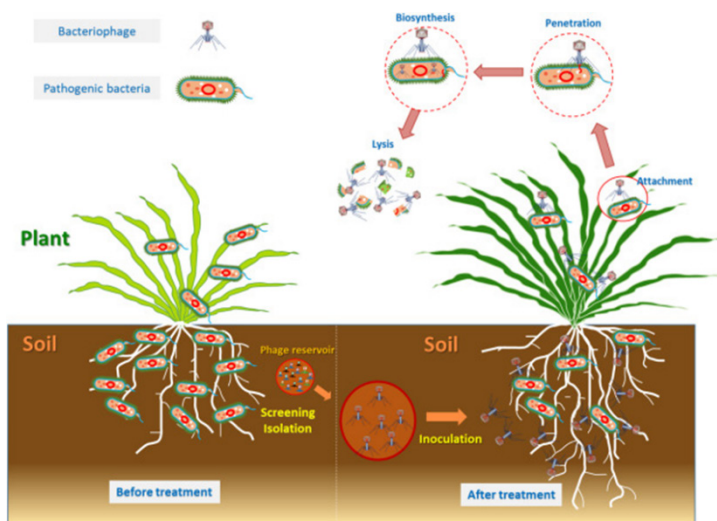


Figura 5. Disminución de bacterias patógenas que disminuyen su desarrollo en el sistema planta-suelo (Ye et al., 2019).

Estos fagos pueden sobrevivir en el ambiente de las plantas tras su aplicación, aunque pueden presentar limitaciones a la hora de infectar ciertas bacterias a diferentes temperaturas, probablemente debido a que los receptores bacterianos necesarios para la infección no se expresan a varias temperaturas. (Svircev, A., Roach, D., & Castle, A., 2018).

## 2.2 Uso de Fagos en Ganadería, Aves de Corral.

Muchos de los microorganismos que contaminan y deterioran los alimentos se encuentran en el tracto intestinal de los animales y a partir de ahí, si no son eliminados, pasan a la cadena de proceso permaneciendo la mayoría de veces en los derivados cárnicos y otras veces causando la llamada contaminación cruzada (Rawat, 2015). El beneficio potencial del uso de los bacteriófagos ha sido evaluado en diversos tipos de estudios con distintos modelos y especies de animales de granja y a través de diferentes medios de aplicación; aplicación ectópica, oral y rectal (Endersen et al., 2014; Wernicki et al., 2017).

Los bacteriófagos también se visualizan como un método adecuado para prevenir y reducir la contaminación en los productos que provienen de aves de corral. Las aves de corral son el mayor reservorio para algunos de los patógenos que con más frecuencia se



transmiten a través de los alimentos (Wernicki et al., 2017). Algunas se destacan por ser las de mayor incidencia en alimentos derivados de aves como son *Salmonella* y *Campylobacter* (Endersen et al., 2014; Wernicki et al., 2017). El uso de antibióticos en el tratamiento de estas bacterias convierte a este sector en un área que arrastra muchos problemas económicos y de salud pública, ya que se atribuyen más muertes como consecuencia de la contaminación de los productos derivados de las aves de corral que a cualquier otro producto (Carvalho et al., 2017). De hecho, existen alrededor de 80 tipos de bacterias causantes de enfermedades por el consumo de productos que provienen de las aves de corral (Carvalho et al., 2017).

Por ejemplo, determinados bacteriófagos son capaz de reducir la infección por *S. entérica* en la piel de pollo, incluso en temperaturas de refrigeración y en tiempos cortos, solos o combinados con agentes químicos (Moreira Hungaro et al., 2013). Otros estudios muestran como la fagoterapia es efectiva para la prevención del desarrollo de colibacilosis que se desarrolla en el trato respiratorio las aves, responsable de causar sepsis y provocar un considerable número de muertes en las aves de corral que se refleja a pérdidas económicas, de igual forma mediante fagos puede prevenirse la proliferación bacteriana de *Campylobacter* spp., *Clostridium* y *Listeria* (Wernicki et al., 2017).

Ahmadi y colaboradores (2016) han comprobado en un estudio reciente que la administración profiláctica de bacteriófagos es más eficaz que la administración postinfección para reducir la presencia de serovariedades de *Salmonella enterica* en las codornices, incluso en condiciones extremas de pH.

### 2.3 Uso de Fagos en Acuicultura.

La acuicultura es el sector de en la industria alimentaria que reporta el mayor crecimiento económico y es fuente importante de ingresos para los países en vía de desarrollo (Saucedo-Uriarte, Honorio-Javes, Vallenas-Sanchez, & Acuña-Leiva, 2020). La producción y comercialización de este sector se ve actualmente afectados por la incidencia de enfermedades bacterianas, microorganismos que muestran resistencia a los metodos que ha sido implementado por decadas, (Saucedo-Uriarte, et al., 2020; Mispeces, 2022). El uso excesivo e inadecuado de antibióticos en la acuicultura ha provocado la aparición de genes resistente que pasan al consumo humano.

Fagos líticos que se encuentran en el tracto intestinal de los peces y se puede aislar de los ríos, mares y lagos, han sido estudiando y su desempeño ha sido comprobado para ser suministrado por los alimentos o en el medio líquido, demostrando, este último método demostro ser más eficiente ya que, además, controla las bacterias del ambiente externo (Saucedo-Uriarte, et al., 2020).

Los fagos empleados de manera individual o en cocteles tiene alta eficiencia para ser utilizados en la eliminación de bacterias como *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Vibrios* (Saucedo-Uriarte, et. al., 2020) (Mispeces, 2022).

### 3 | CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Numerosos estudios avalan las ventajas del uso de fagos como una alternativa eficaz, segura y sostenible para la eliminación de bacterias perjudiciales, ya sean patógenas o causantes de deterioro en los alimentos. Su especificidad frente a bacterias concretas que afectan los diferentes reglones de la producción alimentaria es una gran ventaja frente a tratamientos menos específicos como el uso de antimicrobianos o de compuestos químicos que pueden afectar a otras bacterias no perjudiciales y a los seres humanos. Aunque ya existen numerosos preparados comerciales de fagos para ser usados en la industria alimentaria, hay aspectos que deben ser mejorados. Uno de ellos es favorecer la actividad de los fagos mejorando su actividad en condiciones ambientales variables, por medio a mejoras biotecnológicas para lo cual el uso de encapsulación de los fagos puede resultar una alternativa prometedora.

Otro aspecto a tener en cuenta es ayudar a la ciudadanía a comprender que el uso de virus en biocontrol de bacterias es una metodología enormemente segura para el ser humano. Los fagos no suponen ningún riesgo para la salud de seres vivos, plantas y animales o humano que no sean sus hospedadores. Sin duda, en los próximos años el uso de la fagoterapia será mucho más extensivo en el campo de la industria alimentaria, como en el caso de la sanidad. Es curioso que una metodología que comenzó en la primera mitad del siglo XX y cuyo uso se abandonó como consecuencia de disponer de otras armas más fáciles de utilizar como los antibióticos, se revele ahora como una alternativa mucho más segura, respetuosa con el medio ambiente y tanto o más eficaz que el uso de compuestos químicos antimicrobianos u otras metodologías antimicrobianas comúnmente empleadas en la industria alimentaria.

Está claro que el uso y tratamiento con fagos es una alternativa viable para contrarrestar el nivel de aparición de resistencia a los antimicrobianos. Aunque ya existen numerosos estudios que se han hecho con resultados positivos de la alta efectividad de estos agentes, no existen reglamentos concretos para su uso generalizado y que respalden su utilidad. Por todo ello, es un desafío la implementación de fagos de manera regulada para promover su uso estandarizado y global.

### REFERENCIAS

Ahmadi, M., Karimi Torshizi, M. A., Rahimi, S., & Dennehy, J. J. (2016). Prophylactic Bacteriophage Administration More Effective than Post-infection Administration in Reducing Salmonella enterica serovar Enteritidis Shedding in Quail. *Frontiers in Microbiology*, 7(1253), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01253>

Brown Jaque, M. A. (2018). *Bacterias en el cuerpo humano*. Universidad de Barcelona.

- Carvalho, C., Costa, A. R., Silva, F., & Oliveira, A. (2017). Bacteriophages and their derivatives for the treatment and control of food-producing animal infections. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(5), 583–601. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2016.1271309>
- Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Landa-Salgado, P., & Hernández-López, M. (2021). Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género salmonella. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1).
- Endersen, L., O'Mahony, J., Hill, C., Ross, R. P., McAuliffe, O., & Coffey, A. (2014). Phage Therapy in the Food Industry. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 327–349. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092415>
- Fung, F., Wang, H.-S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- Gonçalves, A., Levesque, S., & Moineau, S. (2018). Phages as friends and enemies in food processing. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.09.004>
- González, M. del V. (2019). Master en Seguridad Alimentaria. Retrieved May 10, 2019, from <https://www2.uned.es/master-seguridad-alimentaria/programa-del-curso.html>
- Gutierrez, D., Fernandez, L., Rodriguez, A., & Garcia, P. (2020). Bacteriofagos y endolisinas en la industria alimentaria. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 544.
- Hernández-Barrera, J. C., Angarita-Merchán, M., & Prada-Quiroga, C. F. (2018). Impacto del uso de antimicrobianos en medicina veterinaria. *Ciencia y Agricultura*, 14(2), 27–38. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n2.2017.7146>
- Huff, W. E., & Huff, G. R. (2014). Bacteriophage Therapy in Animal Production. In A. Borysowski, J and Miedzybrodzki, R and Gorski (Ed.), *Phague Therapy: Current Research and Aplications* (pp. 201–214).
- Jorquera, D., Galarcer, N., & Borier, C. (2015). El desafío de controlar las enfermedades transmitidas por alimentos; bacteriofagos como nueva herramienta tecnologicas. *Revista Chilena Infectol*, 32(6), 678-688.
- Kahn, L. H., Bergeron, G., Bourassa, M. W., De Vegt, B., Gill, J., Gomes, F., ... Topp, E. (2019). From farm management to bacteriophage therapy: strategies to reduce antibiotic use in animal agriculture. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1441(1), 31–39. <https://doi.org/10.1111/nyas.14034>
- Lopes, A., Pereira, C., & Almeida, A. (2018). Sequential Combined Effect of Phages and Antibiotics on the Inactivation of Escherichia coli. *Microorganisms*, 6(4), 125. <https://doi.org/10.3390/microorganisms6040125>
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., Stahl, D. A., & Brock. (2018). *Biology of microorganisms*. (Pearson, Ed.) (15th ed.).
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., Stahl, D. A., & Brock. (2015). *BIOLOGY OF MICROORGANISMS*. (Pearson, Ed.) (14th editi).
- Meek, R. W., Vyas, H., & Piddock, L. J. V. (2015). Nonmedical Uses of Antibiotics: Time to Restrict Their Use? *PLOS Biology*, 13, e1002266. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002266>

- Moreira Hungaro, H., Santos Mendonça, R. C., Gouvêa, D. M., Dantas Vanetti, M. C., & de Oliveira Pinto, C. L. (2013). Use of bacteriophages to reduce Salmonella in chicken skin in comparison with chemical agents. *Food Research International*, 52(1), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.032>
- Moye, Z. D., Woolston, J., & Sulakvelidze, A. (2018). Bacteriophage applications for food production and processing. *Viruses*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/v10040205>
- O'Sullivan, L., Bolton, D., McAuliffe, O., & Coffey, A. (2019). Bacteriophages in Food Applications: From Foe to Friend. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10(1), 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121747>
- OMS. (2015). Who estimates of the global burden of foodborne diseases. Retrieved March 16, 2018, from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165\\_eng.pdf;jsessionid=589ED658997A1481EAB2D19C7F422FD2?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf;jsessionid=589ED658997A1481EAB2D19C7F422FD2?sequence=1)
- Pérez Pulido, R., Grande Burgos, M. J., Gálvez, A., & Lucas López, R. (2016). Application of bacteriophages in post-harvest control of human pathogenic and food spoiling bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(5), 851–861. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1049935>
- Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. Retrieved May 13, 2019, from [www.pelagiaresearchlibrary.com](http://www.pelagiaresearchlibrary.com)
- Sharma, A. (2011). Antimicrobial resistance: No action today, no cure tomorrow. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 29(2), 91. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.81774>
- Saucedo-Uriarte, J. A., Honorio-Javes, C. E., Vallenás-Sánchez, Y. A., & Acuña-Leiva, A. (2020). Bacteriogafo: Aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la sociedad ecológica. (S. A. Society, Ed.) *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(2), 107–121.
- Svircev, A., Roach, D., & Castle, A. (2018). Framing the future with bacteriophages in agriculture. *Viruses*, 10(5), 1–13. <https://doi.org/10.3390/v10050218>
- Tataryn, J., Pollari, F., Nesbitt, A., Marshall, B., Murray, R., Pintar, K., ... Fazil, A. (2015). Estimates of Foodborne Illness–Related Hospitalizations and Deaths in Canada for 30 Specified Pathogens and Unspecified Agents. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12(10), 820–827. <https://doi.org/10.1089/fpd.2015.1966>
- Wernicki, A., Nowaczek, A., & Urban-Chmiel, R. (2017). Bacteriophage therapy to combat bacterial infections in poultry. *Virology Journal*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12985-017-0849-7>
- Wienhold, S.-M., Lienau, J., & Witznerath, M. (2019). Phage Therapy: What Have We Learned? *Viruses*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.3390/v11030295>
- Ye, M., Sun, M., Huang, D., Zhang, Z., Zhang, H., Zhang, S., ... Jiao, W. (2019). A review of bacteriophage therapy for pathogenic bacteria inactivation in the soil environment. *Environment International*, 129, 488–496. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.05.062>

# CAPÍTULO 2

## GUÍA DE CACTÁCEAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA RESERVA DE LA BIÓSFERA BARRANCA DE METZTITLÁN, HIDALGO

*Data de aceite: 03/10/2022*

*Data de submissão: 08/09/2022*

**Raúl Gómez Villegas**

Director de la CONANP, Reserva de la Biosfera  
Barranca de Metztitlán, Hidalgo México

**Cirenio Velasco Castillo**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México

**Cesar Alejandro Hernández Pérez**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México

**Ricardo Guevara Herrera**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México.

**Felipe J. Flores Hernández**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México

**Raúl Valentín Islas**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México

**Cesar Jiménez Pelcastre**

Universidad Tecnológica de la Sierra  
Hidalguesa, Ingeniería en Manejo sustentable  
de Recursos Naturales, Zacualtipán de  
Ángeles, Hidalgo México

**RESUMEN:** El presente proyecto se desarrolla en base a una recopilación de datos de la diversidad de cactáceas existentes del jardín botánico del Área Natural Protegida de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, el cual se enfocó en el desarrollo de una guía de cactáceas la cual permite a las personas que visiten el jardín botánico logren identificar cada una de ellas y tengan el conocimiento de cada uno de estos ejemplares. El jardín botánico fue decretado en el 2003, cuenta con una superficie de 4 hectáreas, en el cual se realizó un transecto de ancho fijo (Martella et al, 2012), con una longitud de 1155 metros, cuatro metros de ancho (dos por lado), cubriendo una superficie de 4620 m<sup>2</sup>, donde con la ayuda de la clave taxonómica Bravo-Hollis 1978, se logró la determinación taxonómica de las especies, capturando fotográficamente la imagen de cada una de ellas para la elaboración de la guía y el material didáctico. Como resultado se diseñó la guía, los folletos y juegos de memoria, con la ficha técnica de las 20 especies distribuidas en 13 géneros, de las cuales se encuentran 2 bajo protección especial y 3 amenazadas de acuerdo a la NOM- 059- SEMARNAT- 2010, 1 especie endémica para el estado de Hidalgo. 1 vulnerable y 1 en peligro de extinción según la UICN. Los materiales se encuentran de manera impresa y digital en el jardín botánico, así como en la Dirección de Recursos Naturales de la Universidad Tecnológica de la Sierra

Hidalguense, los cuales son de libre acceso.

**PALABRAS CLAVE:** Cactus. Suculentas. Reserva de la Biosfera. Guía. Determinación.

## GUIDE TO CACTACEANS OF THE BOTANIICAL GARDEN OF THE BARRANCA BIOSPHERE RESERVE OF METZTITLÁN, HIDALGO

**ABSTRACT:** This project is developed based on a collection of data on the diversity of cacti existing in the botanical garden of the Protected Natural Area of the Biosphere Reserve Barranca de Metztitlán. It focuses on the development of a cacti guide which allows people who visit the botanical garden to identify each of them and have knowledge of each of their copies. The botanical garden was decreed in 2003, It has an area of 4 hectares, in which a fixed-width transect was made (Martella et al, 2012), with a length of 1155 meters, four meters wide), covering one surface of 4620 m<sup>2</sup>, with the help of the taxonomic key Bravo-Hollis 1978, the taxonomic determination of the species has been achieved, photographically capturing the image of each one of them for the elaboration of the guide and the didactic material. As a result, the guide, brochures and memory games were designed, with the technical sheet of the 20 species distributed in 13 genera, of which 2 are under special protection and 3 are threatened in accordance with NOM-059-SEMARNAT- 2010, 1 endemic species for the state of Hidalgo. 1 vulnerable and 1 in danger of extinction according to the IUCN. The materials are printed and digitally in the botanical garden, as well as in the Directorate of Natural Resources of the Technological University of Sierra Hidalguense, which are accessible.

**KEYWORDS:** Cactus. Succulents Biosphere Reserve. Guide. Determination.

## INTRODUCCIÓN

La zona denominada Barranca de Metztitlán, en el estado de Hidalgo, fue decretada por Ernesto Zedillo Ponce de León como Área Natural Protegida con la categoría de Reserva de la Biósfera el 27 de noviembre del 2000.

Cuenta con una superficie de 96,042.94 hectáreas de las cuales 12,474.13 hectáreas se dividen en cuatro zonas núcleos y las restantes 83,568.81 hectáreas constituyen el área de amortiguamiento.

El jardín botánico fue construido en el año 2003, cuenta con una superficie de 4 hectáreas.

En el jardín existen numerosas especies endémicas de flora, entre las que se destacan los viejitos (*Cephalocereus senilis*), el órgano (*Stenocereus marginatus*), las biznagas (*Echinocactus platyacanthus*) y los nopales (*Opuntia streptacantha*).

El jardín se encuentra a 1,334 msnm, en cuanto al clima este es seco semicalido con temporada de lluvias en verano.

Se caracteriza por su gran riqueza biológica y su belleza escénica en la que sobresalen enormes cactáceas y especies que se han adaptado a sobrevivir mucho tiempo sin agua, en terrenos muy inclinados y rocosos.

Diferentes estudios han identificado 68 especies de la familia de las cactáceas en la Barranca de Metztitlán, que representan casi la mitad de las que se reportan para el estado de Hidalgo de las cuales algunas de éstas especies son de carácter endémico, por lo que son consideradas como un recurso forestal de gran atractivo como son las especies endémicas de cactáceas dignas de ser vistas por el turismo ecológico y científico (CONANP, 2003).

## METODOLOGÍA

El jardín botánico fue decretado en el 2003, el cual se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo.

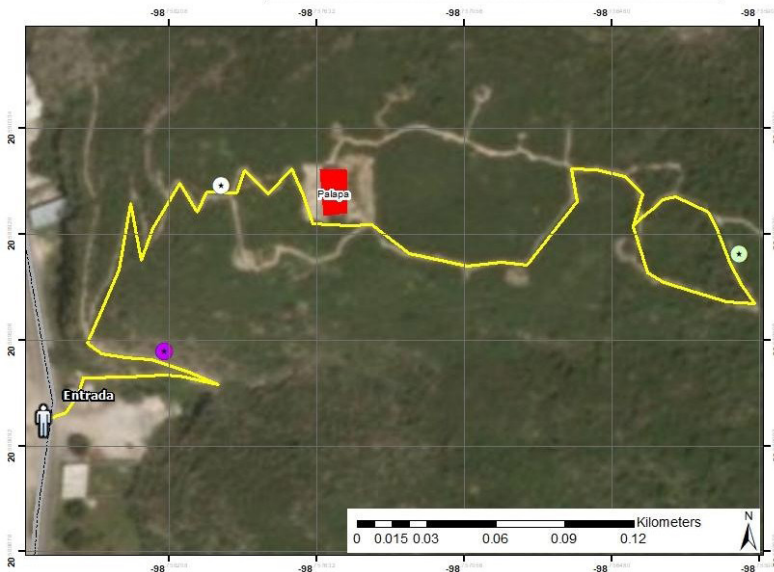
Cuenta con una superficie de 4 hectáreas, en el cual se realizó un transecto de ancho fijo (Martella et al., 2012), con una longitud de 1155 metros, cuatro metros de ancho (dos por lado), cubriendo una superficie de 4620 m<sup>2</sup>, para ello fue necesario desarrollar trabajo de gabinete con ayuda del programa de Google Earth y Sistema de Información Geográfica (QGIS 2.14.3). Se tomaron fotografías de cada uno de los ejemplares de cactáceas que se localizaron a lo largo y ancho del transecto, posteriormente se realizó la determinación taxonómica de cada ejemplar con el apoyo de la clave taxonómica Bravo-Hollis 1978, y se registraron en una bitácora de campo (figura 2), donde se anotó el nombre científico junto con las características morfológicas de cada especie.

Las fotografías tomadas en campo durante los recorridos en el área de estudio fueron utilizadas para la elaboración de la guía y el material didáctico, el cual está conformado por folletos y un juego de memoria. Los folletos contienen información general de los ejemplares, que permite al visitante visualizar a cada una de las especies existentes, y con el juego de memoria se podrá realizar actividades recreativas referentes a las especies de cactáceas dentro del lugar.

Se verificó de las 20 especies que se obtuvieron si se encontraban en algún estatus dentro de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).



## Ruta del Jardín Botánico de la RBBM



### Simbología

- Carretera
- Ruta
- Entrada
- Biznaguillas
- Biznaga
- Viejitos
- Palapa

Información geográfica:  
Datum: WGS 84  
Sistema de coordenadas  
UTM 14 Q



## CACTÁCEAS DEL JARDÍN BOTÁNICO

### Biznaga gigante

*Echinocactus platyacanthus*

Tallo: Monopódico y en ocasiones ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 3 metros de altura y 1 metro de diámetro.

Distribución: San Luis Potosí, Coahuila de Zaragoza, Durango, Guanajuato, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tierra blanca (Guanajuato), México e Hidalgo.

Usos: Comestible (acitrón) y ornamental.

Estatus: Sujeta a protección especial (Nom-059-SEMARNAT-2010).



### Biznaguita

*Turbinicarpus horripilus*

Tallo: Monopódico o ramificado.

Floración: primavera y otoño (flores magenta).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 15 centímetros de altura y 8 a 10 centímetros de diámetro.

Distribución: Endémica de Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: En peligro pero no registrada (CITES Apéndice I).



**Biznaga de chamorro**  
***Coryphanta erecta***

Tallo: Monopódico o ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 30 centímetros de altura y 20 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí.

Usos: No hay registro.

Estatus: Ninguno.



**Biznaga de chilitos**  
***Mammillaria geminispina***

Tallo: Monopódico y ramificado (forma colonias).

Floración: primavera (flores rojas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 30 centímetros de altura y 15 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Biznaga de borrachitos**  
***Ferocactus histrix***

Tallo: Monopódico.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 1.20 centímetros de altura y 50 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Puebla, Durango, Jalisco y Zacatecas.

Usos: Alimento, se utiliza para la elaboración de acitrón.

Estatus: Sujeta a protección especial (Nom-059-SEMARNAT-2010).



**Biznaga azul**  
***Ferocactus glaucescens***

Tallo: Monopódico en ocasiones ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 50 centímetros de altura y 25 a 30 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.





**Biznaga siempre viva**  
***Mammillaria sempervivi***

Tallo: Monopódico y ramificado (forma colonias).

Floración: primavera (flores rosa claro).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 5 centímetros de altura y 10 centímetros de diámetro.

Distribución: Querétaro e Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Biznaga**  
***Ferocactus echidne***

Tallo: Monopódico y ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 30 centímetros de altura y 10 a 15 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas e Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Cardón**  
***Cylindropuntia imbricata***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores rosas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 3 metros de altura y 2.5 metros de diámetro.

Distribución: México, Baja California y EEUU.

Usos: Es utilizado para realizar artesanías.

Estatus: Ninguno.



**Cardoncillo**  
***Opuntia pubescens***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 30 centímetros de altura y 2,5 centímetros de diámetro.

Distribución: Es nativa de Centroamérica y Sudamérica en México, Ecuador, Guatemala, Argentina, Bolivia, Perú, Venezuela e Islas del Caribe.

Usos: No hay un uso reportado, sin embargo se conoce que es eliminada por ganaderos y agricultores.

Estatus: Ninguno.



**Dedos largos**  
***Mammillaria longimamma***

Tallo: Monopódico o ramificado (forma colonias).

Floración: primavera y otoño (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 8 centímetros de altura y 5 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: Amenazada (Nom-059-SEMARNAT-2010).



**Garambullo**  
***Myrtillocactus geometrizans***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores blancas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 3 metros de altura y 2 metros de diámetro.

Distribución: Aguascalientes, Guanajuato, Durango, Guerrero, Morelos, Veracruz, Zacatecas e Hidalgo.

Usos: Comestible (paletas, mermeladas, licor) y ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Liendrilla**  
***Astrophytum ornatum***

Tallo: Monopódico, en ocasiones ramificado.

Floración: primavera y verano (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 1.2 metros de altura y 15 centímetros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, y San Luis Potosí.

Usos: Ornamental.

Estatus: Amenazada (Nom-059-SEMARNAT-2010).



**Mammillaria**  
***Mammillaria polythele***  
***subsp. Obconella***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores rojas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 30 centímetros de altura y 15 centímetros de diámetro.

Distribución: Endémica de México.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Nopal pintadera**  
***Opuntia cantabrigiensis***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (Flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 1.50 metros de altura y 1.40 metros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Querétaro, Jalisco, San Luis Potosí e Hidalgo.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.





**Nopal cardón o tuna  
colorada**

***Opuntia streptacantha***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 3 metros de altura y 2 metros de diámetro.

Distribución: Querétaro, Jalisco, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca, Estado de México e Hidalgo.

Usos: Sus frutos son comestibles.

Estatus: Ninguno.



**Órgano dorado**

***Neobuxbaumia polylopha***

Tallo: Monopódico rara vez ramificado.

Floración: primavera (flores rojas y nocturnas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 8 a 10 metros de altura y 20 metros de diámetro.

Distribución: Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí.

Usos: Ornamental.

Estatus: Ninguno.



**Órgano cimarrón**

***Isolatocereus dumortieri***

Tallo: Ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas y nocturnas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 8 metros de altura y 3 metros de diámetro.

Distribución: Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Veracruz e Hidalgo.

Usos: Ornamental, alimento, medicinal.

Estatus: Ninguno.



**Órgano manso**  
***Stenocereus marginatus***

Tallo: Monopódico o ramificado.

Floración: primavera (flores amarillas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 4 metros de altura y 20 centímetros de diámetro.

Distribución: San Luis Potosí, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla e Hidalgo.

Usos: Para hacer cercas vivas de casas y corrales y medicinal.

Estatus: Ninguno.



**Viejito**  
***Cephalocereus senilis***

Tallo: Monopódico y en ocasiones ramificado.

Floración: primavera (flores blancas y nocturnas).

Se considera su crecimiento ya que llega a medir: 8 a 10 metros de altura y 83 centímetros de diámetro.

Distribución: Hidalgo y Veracruz.

Usos: Ornamental.

Estatus: Amenazada (Nom-059-SEMARNAT-2010).



## RESULTADOS

Con la determinación taxonómica de las especies presentes en el jardín se elaboró la guía que contiene la ficha técnica de las 20 especies encontradas, distribuidas en 13 géneros, de las cuales se encuentran 2 bajo protección especial y 3 amenazadas de acuerdo a la NOM- 059- SEMARNAT- 2010, 1 especie endémica para el estado de Hidalgo, 1 vulnerable y 1 en peligro de extinción según la UICN.

Los folletos elaborados sirven de material de apoyo para los guías debido a que antes de iniciar el recorrido se le proporciona a los visitantes información sobre las cactáceas que les permita conocer las características de cada especie.

Los juegos de memoria que se elaboraron se utilizan como material didáctico para que los alumnos de las diferentes escuelas que visitan el jardín puedan pasar un rato agradable y aprendan mientras se divierten.

Dichos materiales se encuentran de manera impresa y digital en las oficinas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, así como en la Dirección de Recursos Naturales de la Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense, los cuales son de libre acceso.



## REFERENCIAS

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. (08 de Septiembre de 2016). Obtenido de ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS: <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>

Bravo-Hollis, H. (1978). *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. Vol.1.

CONABIO. (10 de Agosto de 2016). Cactus y biznagas. Obtenido de Cactus y biznagas:[http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran\\_familia/plantas/magnoliayM arg/cactaceas.htm](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/magnoliayM arg/cactaceas.htm).

CONANP. (2003). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. México D.F. Durán, L. (9 de Junio de 2018). *Frontera. Info*. Obtenido de Frontera. Info: [Alumnos-de-Cecyte-crean-un-santuario-para-cactus-locales.html](http://Alumnos-de-Cecyte-crean-un-santuario-para-cactus-locales.html)

El Viejo Cactus Vivero Comunitario de Cactáceas. (s.f.). El Viejo Cactus Vivero Comunitario de Cactáceas. Obtenido de El Viejo Cactus Vivero Comunitario de Cactaceas:<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/hidalgo/Documents/EL%20VIEJO%20CACTUS.pdf>

Guzmán, U., Arias S., & Dávila, P. (2003) *Catálogo de cactáceas Mexicanas (1ra. ed)*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

Hidroponia.mx. (11 de Octubre de 2014). CACTÁCEAS, SÍMBOLO DE IDENTIDAD NACIONAL. Obtenido de CACTÁCEAS, SÍMBOLO DE IDENTIDAD NACIONAL: <http://hidroponia.mx/cactaceas-simbolo-de-identidad-nacional/>

Jiménez Sierra, C. L. (1 de Enero de 2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan, 12(1), 4. Obtenido de [www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/art04.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/art04.pdf)

Paz, P. (21 de Octubre de 2018). La actual relación hombre-medio ambiente. EL DÍA.es. Obtenido de <http://eldia.es/criterios/2008-10-21/12-actual-relacion-hombre-medio-ambiente.htm>

## GESTION DE UN PARQUE NACIONAL ARRECIFAL: CABO PULMO, MEXICO

*Data de aceite: 03/10/2022*

**Oscar Arizpe Covarrubias**

Universidad Autónoma de Baja California Sur.  
B.C.S., México

**RESUMEN:** Cabo Pulmo ha estado sujeto a la pesca durante más de un siglo. Investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), México, de la estructura de la comunidad de arrecife a partir de 1987, denotaron una declinación de la cobertura coralina y de la densidad de los peces e invertebrados causada principalmente por las actividades extractivas. Al evaluar el elevado riesgo de que se afectara irreversiblemente el sistema arrecifal y con ello los habitantes del poblado de Cabo Pulmo, se inició en 1991 un proceso de comunicación e involucramiento comunitario con los pobladores, que fundamentalmente eran pescadores. El propósito principal fue el de lograr en primera instancia la protección del arrecife coralino y por lo tanto limitar las acciones con impacto negativo que en la zona se realizaban, lo que repercutiera en mejorar la salud del ambiente y la calidad de la vida de la población de Cabo Pulmo. En 1993 se diseñó un estudio técnico justificativo para la posible incorporación del arrecife al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SNANP) que después de un amplio proceso de consulta pública y concertación llevó a la declaratoria de Cabo Pulmo en 1995 como Parque Marino Nacional. Al vislumbrar que la mera declaratoria, sin una estructura administrativa, no

era suficiente para la conservación del sistema, se desarrolló conjuntamente con los habitantes de la zona una estrategia para el manejo del Área Natural Protegida. A pesar de que el programa de manejo fue decretado oficialmente hasta 15 años después, las evaluaciones de este sistema coralino, ahora un Parque Nacional, han demostrado que la calidad de la vida de los habitantes locales ha mejorado, y que hay un ecosistema más sano con la recuperación de la comunidad coralina. Esto ha llevado finalmente a que Cabo Pulmo sea actualmente considerado como un modelo internacional de que puede lograrse la tan mencionada conservación.

**PALABRAS CLAVE:** Arrecife coralino, turismo sustentable, parque nacional.

### 1 | INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal ha ejercido en el Golfo de California una fuerte presión sobre los recursos marinos debido al uso de artes y técnicas de capturas no apropiados, a la sobreexplotación de los recursos y a la ineficiencia de los mecanismos de regulación de dicha actividad. Cabo Pulmo es el único ecosistema de arrecife coralino en el Golfo de California, y es el arrecife coralino más septentrional en el Pacífico Oriental (Reyes-Bonilla y Álvarez-Filip, 2008). Representa un tipo particular de hábitat, de procesos ecológicos, de características fisiográficas y sobre todo de comunidades biológicas. Álvarez-Filip et al. (2006), a este respecto mencionan que la mayoría de los

peces de Cabo Pulmo son típicos de la Provincia Panámica, pero que algunos taxa son inmigrantes del Indopacífico o endémicos del Golfo de California y otros son circuntropicales o cosmopolitas. Esa situación le confiere no sólo una importancia regional, sino una gran relevancia en el ámbito mundial. Se trata del arrecife coralino que tiene la ubicación más septentrional en el Pacífico Oriental, y es actualmente uno de los de mayor cobertura coralina (Durham, 1947; Squires, 1959; Brusca y Thomson, 1975; Reyes-Bonilla, 1990), y una de las áreas mas ricas del Golfo de California (Alvarez-Filip y Reyes-Bonilla, 2006).

A partir de los años setenta el crecimiento del turismo en la zona costera del área de Los Cabos, B.C.S. transformó drásticamente la región (Hoffman, 1992). El obstáculo principal para un desarrollo planificado se argumenta ser la dificultad para relacionar y ponderar los impactos ambientales negativos con los beneficios económicos en el corto plazo que produce la industria turística. El uso recreacional cuando no se hace planificadamente y en función de las características y vocación del sistema, va en detrimento del valor biológico y socioeconómico del mismo. Por tal motivo, es importante regular estas actividades por medio de diversas acciones que permitan el uso sustentable de los recursos y contribuyan al desarrollo económico de la región y sobretodo a mejorar la calidad de vida manteniendo en óptimas condiciones la estructura y función del ecosistema.

La pesca deportiva por visitantes al sistema, y artesanal por los habitantes locales, durante varias décadas han sido actividades de suma importancia que gradualmente disminuyeron en volumen y que provocaron efectos negativos crecientes en el sistema arrecifal. La singularidad de las características del arrecife, las evidencias parciales de que estaba en deterioro, la importancia de las actividades económicas para los residentes, así como su capacidad real de manejo, fueron algunos de los elementos que condujeron a la UABCS a iniciar el estudio del área y promover con ello su conservación. En este contexto la principal finalidad del trabajo fue la de primeramente evaluar el estado de la comunidad coralina y en función de los resultados, elaborar la estrategia de creación de la Area Natural Protegida (ANP) y de su conservación una vez creada.

## 2 | ESTUDIO DE CABO PULMO Y PROPUESTA DE ANP

El arrecife coralino de Cabo Pulmo se encuentra entre las coordenadas 23° 26' 00" y lat. N y los 109° 25' 00" long. W y esta conformado por franjas de roca y coral, que se extiende hasta los 15m de profundidad que se orientan en dirección noreste-suroeste (Saldivar y Reyes-Bonilla, 2011). Cabo Pulmo está habitado principalmente por familias de tradición pesquera, quienes habían conformado en 1980 una Asociación Productora Rural Pesquera. La pesca representaba una fuente de ingresos para los pescadores de la zona y para la economía local. Las capturas en Cabo Pulmo también estaban asociadas a la extracción ilegal de peces e invertebrados. El fondo marino tiene poca pendiente y presenta una serie de barras de basalto, sobre tres de las cuales se asienta la comunidad coralina

y un gran número de especies de flora y fauna (Figura 1). Estas barras se extienden hacia afuera de la costa a una profundidad máxima de 20 metros en su parte norte, y una mínima de 2 ó 3 metros en algunas de las zonas centro y sur, hasta la exposición durante la bajamar de la parte superior de las colonias de coral en algunas porciones de la barra más cercana a la costa. Existen muchos restos paleontológicos de la fauna arrecifal.

El estudio de Cabo Pulmo dió inicio en la década de los años cuarenta con algunos trabajos generales sobre la composición de su flora y fauna. Steinbeck y Ricketts (1941) hicieron la primera reseña del lugar, describiéndolo como un arrecife pequeño con una longitud de 1.8 kilómetros y un ancho de 3 a 10 metros. Posteriormente, Squires, en 1959, publicó una monografía sobre varias de las comunidades coralinas en el Golfo de California y en ella incluyó datos importantes sobre la estructura de la comunidad coralina y la edad del arrecife de Cabo Pulmo. A este período de estudio siguieron varios años de inactividad científica en el lugar, no fue sino hasta 1975 cuando Brusca y Thomson retomaron algunas de las conclusiones de Squires (1959) en cuanto a la edad y fisiografía del arrecife y enriquecieron la información con una descripción general del sitio y la elaboración de un listado de las especies de algas, invertebrados y peces observadas durante sus muestreos por buceo. En este marco de reducido conocimiento de esta área relevante y con la perspectiva del riesgo que corría el arrecife de Cabo Pulmo, en 1987 la UABCS inició los estudios ecológicos en la zona, los cuales se centraron principalmente en el estudio de la comunidad coralina y en la evaluación de la riqueza específica de los peces arrecifales.

Algunos elementos utilizados para el desarrollo de la propuesta fueron: la revisión general de la distribución y abundancia de las especies de corales blandos y hermatípicos de Cabo Pulmo realizada por Arizpe y Alvarez (1987), los trabajos de Reyes-Bonilla en relación con el evento de blanqueamiento ocurrido en Pulmo durante 1987 y sobre los aspectos taxonómicos y biogeográficos de los corales del Golfo de California (1990). Dentro de los resultados más relevantes de la evaluación inicial se observó que en los sitios de muestreo, la cobertura coralina que representa un indicador de la salud del arrecife, pasó de 28% en 1988 a aproximadamente un 15% en 1991. Este escenario llevó a reorientar las prioridades, y a plantear la necesidad de iniciar un proceso de involucramiento de la comunidad local de pescadores y usuarios del arrecife a partir de 1991, con el objetivo de la informar la situación de deterioro que estaba enfrentando el área y con ello concertar la estrategia de conservación del sistema. Inicialmente los habitantes básicamente pescadores, rechazaron el enfoque de las consultas por saber que tenían que minimizar las capturas de especies en el arrecife. Sin embargo, el entender el estado de deterioro del sistema arrecifal y de las especies que eran objeto de su captura, permitió que los habitantes locales se integraran a la discusión y con ello comprender que era necesario encontrar una alternativa de protección y desarrollo sustentable para Cabo Pulmo. Analizando que el turismo sustentable, particularmente buceo, además de tener un mínimo impacto ambiental, podía constituirse en factor de asegurar a largo plazo la salud del arrecife, y

buena alternativa de mejorar sus ingresos y calidad de vida.

Después de cerca de año y medio de reuniones, se acordó que un paso necesario para el control y adecuado manejo del sistema era la elaboración de la propuesta del establecimiento del ANP. La propuesta fue canalizada al Instituto Nacional de Ecología (INE) por primera vez en noviembre de 1993 (Anaya y Arizpe, 1998). El objetivo planteado fue el de preservar el único ecosistema de arrecife coralino presente en el Golfo de California, sus componentes y hábitats asociados, así como a sus comunidades bióticas mediante el mantenimiento de los procesos ecológicos y los sistemas de soporte de los que depende la integridad del arrecife coralino, la conservación del valor histórico de los restos arqueológicos del área y la promoción de los usos compatibles con su conservación.

### 3 I ESTRATEGIA GENERAL DE GESTION

Con base en lo anterior, diferentes reuniones y comunicados con las autoridades y de incluir inclusive la petición firmada por los pobladores de Cabo Pulmo, el 6 de junio de 1995 el área fue incorporada al SNANP (Anónimo, 1995) en la modalidad de Parque Marino Nacional, que posteriormente cambia a Parque Nacional (PNCP) con las reformas del 1996 a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Los límites decretados del Parque Nacional Cabo Pulmo: entre los 23° 22' 30" y los 23° 30' 00" lat. N y los 109° 28' 00" y los 109° 23' 00" long. W, en la costa del Golfo de California. La superficie cubierta es de 7,111ha. Es muy importante mencionar que en la propuesta que la UABCS canalizó a la autoridad, se marcó una amplia zona de influencia terrestre al arrecife (Fig. 1), que no fue incluida en el polígono final decretado del parque. En el decreto de 1995 se demanda la elaboración de una estrategia basada en un documento operativo rector, que identifique necesidades, establezca prioridades y organice acciones a corto, mediano y largo plazo para la conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de los recursos de esta ANP, que sin embargo fue creada sin una estructura administrativa ni de apoyo o manejo lo que ponía en riesgo la conservación planteada objetivo de Cabo Pulmo. Razón por la cual, como parte de la UABCS, continuamos con el involucramiento con la comunidad local, para desarrollar y acordar con todos los usuarios del área, la estrategia de manejo del ahora PNCP.

Utilizando la información generada de la caracterización, y con el análisis de imágenes ASTER en el Sistema de Información Geográfica (Arizpe y Cobarrubias, 2010), se definieron las microrregiones principales de la ANP y de su zona de influencia, en las denominadas unidades ambientales (Fig. 1), bases para la zonificación de las actividades a desarrollar en el sistema. En las reuniones se discutieron estas propuestas y se ajustaron y a veces modificaron, diferentes planteamientos de la estrategia de manejo, llegándose inclusive a adicionar actividades inicialmente no contempladas como las de tabla-vela (wind-surf), kayak, zonas de snorkeleo, campamento, anclaje y zonas de pesca de

consumo doméstico. Un aspecto relevante, fue la concertación con la población local del establecimiento de dos zonas donde solo los jefes de familia locales pudieran pescar no más de 10 Kg por día para su alimentación.

El enfoque de estas reuniones fue exponer los avances de la estrategia desarrollada por la UABCS, discutir los ajustes y en su caso la incorporación de las propuestas y opiniones de los habitantes y usuarios del Parque. De esta forma, la comunidad ajustó elementos empíricos propuestos desde la perspectiva de la representatividad de los diferentes sectores de la sociedad con interés en el PNCP. El eje de la mencionada estrategia fue el de incorporar las actividades que promovieran el desarrollo del ecoturismo como una alternativa económica viable a corto plazo y sostenible a futuro sobre el uso de los recursos naturales del Área, tomando en cuenta que el principal potencial económico del PNCP es de carácter recreacional, encaminado casi exclusivamente al desarrollo de las actividades acuáticas, principalmente el buceo.

Las propuestas emanadas de los citados talleres consolidaron la llamada Estrategia de Conservación y Gestión, que como se enfatizó, constituía el elemento previo emergente a un Programa de Manejo decretado por la autoridad. La estrategia de gestión del sistema arrecifal se enfocó a describir el área en el ámbito nacional, regional y local, a diagnosticar la problemática existente, a incidir en los objetivos del ANP mediante una zonificación, asignación de unidades de manejo, matriz de usos, definición de acciones y un proceso participativo con la comunidad. Finalmente se propusieron también, mientras se elaboraba el programa oficial de manejo, Reglas Administrativas básicas y los proyectos provisionales de Conservación y Manejo, Educación Ambiental del ya formalmente PNCP. Es importante mencionar que se acordó que este reglamento en primera instancia, se implementaría y sería vigilado por los mismos pobladores. En el caso del turismo sustentable terrestre, se planeó con base a la caracterización y regionalización base de la estrategia, y de la evaluación también de la zona de influencia del Parque Nacional, una propuesta de incorporación de actividades que promovieran y propiciaran al ecoturismo como una alternativa económica viable complementaria a la comunidad local (Arizpe y Cobarrubias, 2010). La figura 2, resume en un mapa las actividades que, en función de las características ambientales de las diferentes áreas, se propusieron a desarrollar en la zona terrestre, y que permitiera la consolidación de un esquema que involucrara también el control de los prestadores de servicios y de los visitantes.

#### 4 | CONSIDERACIONES FINALES

Haciendo un balance después de más de dos décadas de haberse iniciado la transformación de las actividades de los habitantes de este sistema coralino ahora PNCP, de la pesca tradicional a los servicios turísticos desarrollados por ellos mismos, se observa que su calidad de vida se ha incrementado y que las comunidades bióticas del sistema

coralino se han ido recuperando. Esto ha sido a pesar de que se dotó al PNCP de personal del Instituto Nacional de Ecología (INE) hasta 1998, que a partir de octubre de 2003 se contó con personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y que hasta el 2010 se decretó el Programa de Manejo. Al iniciar los estudios la mayoría de las casas de los pobladores eran frágiles (a los frecuentes huracanes que impactan la región) y tenían que ser restauradas a menudo. Actualmente además de ser construcciones más permanentes los pobladores mismos comentan que viven en condiciones más favorables que afortunadamente se siguen mejorando, siendo ahora común que los jefes de familia posean más de una embarcación, compresores y una gran cantidad de equipos para el desarrollo del buceo. Asimismo, las condiciones ambientales del sistema se consideran han mejorado, siendo cada vez más frecuente encontrar diversas y abundantes poblaciones de peces de grandes tallas, así como otras poblaciones de moluscos e invertebrados en general, que difícilmente se podían localizar en el arrecife al inicio de la década de los ochenta. La cobertura coralina considerada como un buen indicador de la salud del arrecife, ha ido aumentando, así como otras poblaciones de moluscos e invertebrados en general y otros organismos como tiburones, que difícilmente se podían localizar en el arrecife al inicio de la década de los noventas.

En la actualidad además del decreto del Programa de Manejo, existe ya también una infraestructura administrativa que trabaja coordinadamente con la comunidad local con buenos resultados. Adicionalmente existen esfuerzos periódicos de monitoreo de variables oceanográficas y meteorológicas (Reyes, 2014) como de las comunidades bióticas (Saldivar y Reyes-Bonilla, 2011) coordinados con la dirección del PNCP. Un problema que permanece sin resolver, es el generado por la construcción de habitaciones sobre las dunas de arena y en la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) de la costa norte del poblado de Cabo Pulmo. Esta anomalía fue manifestada reiteradamente ante diversas autoridades federales y municipales en múltiples reuniones con la población desde 1992, y no obstante que se advirtieron sus consecuencias en la zona litoral, hasta la fecha no se han aplicado las sanciones y medidas que establece la Ley de Bienes Nacionales cuando se impacta la ZOFEMAT. Finalmente, a pesar de lo anterior, diversos autores coinciden en que la creación del ANP ha tenido un efecto positivo no solo en la comunidad local que ha incrementado su calidad de vida, sino en el ecosistema arrecifal, destacando a Aburto et al. (2011) y Reyes-Bonilla y Alvarez-Filip (2008) que reconocen el impacto positivo del PNCP en la abundancia y tallas de comunidad de peces. Estos autores después de estudiar por un período amplio los peces coralinos, obtuvieron que la ictiofauna posee un excelente estado, concluyendo que los esfuerzos de conservación lograron su meta en Cabo Pulmo.





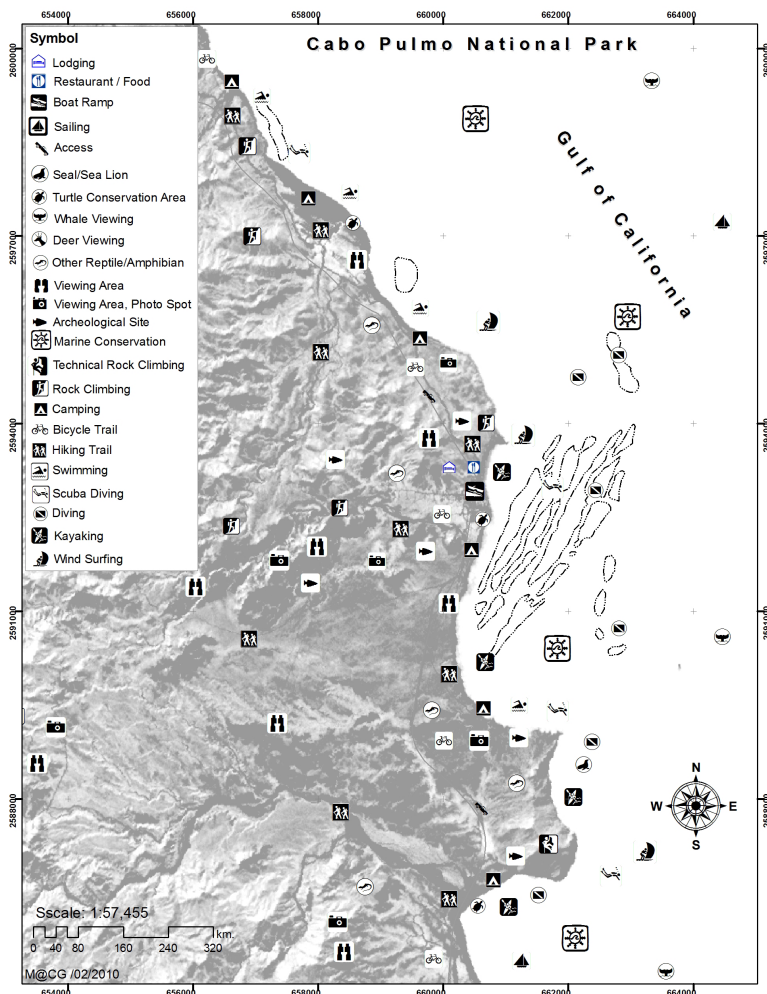


Figura 2. Actividades de turismo en la zona de influencia del PNCP (Arizpe y Cobarrubias, 2010)

## REFERENCIAS

- Aburto-Oropeza O, Erismán B, Galland GR, Mascareñas-Osorio I, Sala E, et al. (2011) Large Recovery of Fish Biomass in a No-Take Marine Reserve. PLoS ONE 6(8): e23601. doi:10.1371/journal.pone.0023601
- Alvarez-Filip L., Reyes-Bonilla H. y Calderón-Aguilera L.E., 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. Marine Ecology. 27:253-262.
- Alvarez-Filip L. y Reyes-Bonilla H. Comparison of community structure and functional diversity of fishes at Cabo Pulmo coral Reef, western Mexico between 1987 and 2003. International Coral Reef Symposium. pp 216-225.

Anaya-Reyna G. y O. Arizpe C. 1998. Cabo Pulmo (BCS, Mexico), The Northern most coral reef in the eastern Pacific Planning for a Marine National Park in Mexico. En: Munro y Willison (Eds.) Linking Protected Areas with Working Landscapes Conserving Biodiversity. pp. 231-237.

Anónimo. 1995. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter Parque Marino Nacional, la zona conocida como Cabo Pulmo, ubicada frente a las costas del municipio de los Cabos, B. C. S. D.O.F. Tomo DI. No 5.

Arizpe, C. O. y F. Álvarez. 1987. Distribución y Abundancia de los corales del arrecife coralino de Cabo Pulmo, B.C.S. VII Congreso nacional de oceanografía. Ensenada B.C. Instituto Nacional de la Pesca.

Arizpe, C. O. y M. A. Cobarrubias. 2010. Sustainable tourism planning for the only coral reef in the Gulf of California. *Wit Transactions on Ecology and Environment*. Vol 139: 263-273.

Brusca, R.C. y Thomson, D.B. 1975. Pulmo reef: the only "coral reef" in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 1: 37-53.

Durham, J.W. 1947. "Corals from the Gulf of California and the north Pacific coast of America". *Geol. Soc. Am. Mem.* 20. 46 pp.

Hoffman, P.R. 1992. "Tourism and Language in Mexico's Los Cabos". *Journal of Cultural Geography* 12:77-92.

Reyes-Bonilla H. 1990. Taxonomía, distribución y algunos aspectos biogeográficos de los corales hermatípicos del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. UABCS, La Paz. México. 127 pp.

Reyes-Bonilla H. 2003. Coral reefs of the Pacific coast of México. *Latin American Coral Reefs*. 331-349.

Reyes-Bonilla H. y Alvarez-Filip L. 2008. Long-term changes in taxonomic distinctness and trophic structure of reef Fishes at Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *International coral reef Symposium*. 790-794 pp.

Reyes, G. C. 2014. Variabilidad Costera en el Parque Nacional Cabo Pulmo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Guerrero. 58pp.

Saldívar-Lucio R y Reyes-Bonilla H. 2011. Monitoreo de la ictiofauna usando grupos taxonómicos superiores en el Parque Nacional Cabo Pulmo, México. *Biol. Trop.* Vol. 59 (2): 871-885.

Squires, D.F. 1959. Corals and coral reefs in the Gulf of California, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 371-431.

Steinbeck, J. y Ricketts, E.F. 1941. *Sea of Cortez*, Viking Press, New York, U.S.A., pp. 598.

## ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS APLICADAS A EFLUENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Data de aceite: 03/10/2022

### Camylla Carneiro Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/1671546664172404>

### Rosana Gonçalves Barros

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/3009142457782923>

### Viníciu Fagundes Bárbara

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/3052075493147161>

**RESUMO:** A disposição inadequada de efluentes no meio natural pode ocasionar a degradação ambiental, pois substâncias neles contidas desempenham função deletéria nas coleções hídricas, notadamente em parâmetros de vital importância para as comunidades aquáticas. Nesse sentido, a Ecotoxicologia estuda os efeitos das diferentes substâncias, naturais ou sintéticas, sobre organismos-teste, permitindo uma avaliação dos danos ambientais potenciais, além de prever possíveis impactos sistêmicos. Desse modo, visando contribuir com as discussões sobre o tema e a título de análise comparativa, o presente estudo objetivou realizar uma revisão sistemática buscando identificar artigos científicos que empregaram ensaios ecotoxicológicos para

fins de análise do potencial de degradação ambiental causada por efluentes. Para tanto, foi utilizada a base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, onde as palavras-chave consideradas foram: “ecotoxicologia” AND “efluente” AND “tratamento”. Foram aplicados cinco critérios de exclusão que consideravam principalmente o local e o tipo de amostra. Após a filtragem, foram identificados 11 artigos com pesquisas desenvolvidas nas regiões Sul e Sudeste, variando entre amostras de efluentes domésticos e industriais, sendo que a maioria desenvolveu bioensaios agudos com apenas uma espécie, principalmente do gênero *Daphnia*. Em geral, foi possível comprovar que o não tratamento ou o tratamento ineficaz dos efluentes podem causar impactos ambientais significativos sobre a biota aquática. De forma complementar, evidenciou-se que embora as pesquisas envolvendo ensaios ecotoxicológicos estejam crescendo no país, é necessário intensificar esses estudos, a fim de garantir maior conhecimento da Comunidade Científica sobre o tema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecotoxicologia, bioensaios, organismos-teste, degradação ambiental, águas residuárias.

### ECOTOXICOLOGICAL ANALYSIS APPLIED TO EFFLUENTS: A SYSTEMATIC REVIEW

**ABSTRACT:** The inadequate disposal of effluents in the natural environment can cause environmental degradation, because substances contained therein play a deleterious role in water collections, notably in parameters of

vital importance for aquatic communities. In this sense, Ecotoxicology studies the effects of different substances, natural or synthetic, on test organisms, allowing an evaluation of the potential environmental damage, in addition to predicting possible systemic impacts. Thus, in order to contribute to discussions on the subject and as a comparative analysis, the present study aimed to conduct a systematic review to identify scientific articles that used ecotoxicological tests to analyze the potential environmental degradation caused by effluents. For this, the database of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel was used, where the keywords considered were: “ecotoxicology” AND “effluent” AND “treatment”. Five exclusion criteria were applied that mainly considered the location and type of sample. After filtering, 11 articles were identified with research developed in the South and Southeast regions, varying between domestic and industrial effluent samples, and most of them developed acute bioassays with only one species, where the most used species among all studies was from the genus *Daphnia*. In general, it was possible to prove that the non-treatment or ineffective treatment of effluents can cause significant environmental impacts on aquatic biota. Additionally, it was evident that although research involving ecotoxicological tests is growing in the country, it is necessary to intensify these studies in order to ensure greater knowledge of the Scientific Community on the subject.

**KEYWORDS:** Ecotoxicology, bioassays, test organisms, environmental degradation, wastewater.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado à expansão industrial desencadeiam a produção generalizada de resíduos e efluentes, resultando no consumo excessivo de recursos naturais. Com isso, esgotos provenientes de diversos meios são lançados em corpos hídricos receptores, configurando um dos principais fatores de degradação da qualidade das águas fluviais (BELTRAME *et al.*, 2016).

Beltrame *et al.* (2016) destacam que a disposição ou o lançamento inadequado de efluentes no meio ambiente pode ocasionar a contaminação e a degradação principalmente do solo e dos recursos hídricos, além de causar efeitos adversos às pessoas. Portanto, esse tema gera preocupações com o equilíbrio ambiental e a saúde pública, tornando-se um desafio técnico para o poder público e os profissionais da área ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2016).

Nos últimos anos tem sido observado o aumento da contaminação dos recursos hídricos por substâncias tóxicas variadas, principalmente devido ao fato da industrialização continuar em expansão em grande parte dos países, mas sem dar a devida atenção à redução dos impactos que gera (AHMED e AHMARUZZAMAM, 2016; THIPATHEE *et al.*, 2016). Quando ocorre contaminação hídrica por efluentes contendo metais pesados, os organismos podem ser intoxicados pelo contato direto ou por intermédio da cadeia alimentar, uma vez que esses elementos apresentam a capacidade de bioacumulação, sendo transferidos para níveis tróficos superiores, onde se localizam os seres humanos, ampliando seus efeitos ambientais e toxicológicos (MARENGONI *et al.*, 2013; OLIVEIRA

*et al.*, 2006).

Efluentes domésticos e industriais apresentam diversas características físico-químicas cujo efeito ecotoxicológico potencial está diretamente associado a fatores como tipo da atividade industrial, sistema de tratamento e vazão. Com isso, as substâncias neles contidas interferem negativamente nos recursos hídricos, notadamente em termos de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), parâmetros de vital importância para os organismos aquáticos (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

A avaliação da ecotoxicidade leva em conta efeitos letais e subletais do agente poluidor, sendo os principais estresses biológicos observados a imobilidade e as mudanças morfológicas e comportamentais (CASTILHOS *et al.*, 2011; POMPÊO, SILVA e PAIVA, 2015). Tais estudos, associados aos conhecimentos relativos aos efeitos na saúde e os limites aceitáveis das substâncias químicas no meio ambiente, permitem estabelecer as prioridades e as formas de intervenção efetiva para proteger uma determinada população dos riscos toxicológicos de uma contaminação (AMORIM, 2003).

No Brasil, vem-se utilizando a Ecotoxicologia como ferramenta de apoio ao monitoramento da qualidade hídrica (CETESB, 2013; MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008; TAVARES, 2014;). Niva e Brown (2019) ressaltam que a Ecotoxicologia tem evoluído como Ciência e também se destacado como uma importante possibilidade de avaliação de riscos ambientais potenciais, estabelecendo claramente relações de causa x efeito. Por isso, ensaios ecotoxicológicos vêm sendo cada vez mais utilizados para investigar a toxicidade de misturas complexas, uma vez que testes químicos não são capazes de avaliar todas as possíveis interações dos poluentes com o meio ambiente (ISO, 2019; SANTOS, BARROS e BÁRBARA, 2020).

Diante do exposto, considerando a problemática da contaminação ambiental por águas residuárias e visando contribuir para os debates sobre o tema, o presente estudo objetivou realizar uma revisão sistemática sobre o uso da Ecotoxicologia em análises de efluentes.

## METODOLOGIA

No presente estudo realizou-se um recorte metodológico que contemplou o levantamento de artigos científicos sobre ensaios ecotoxicológicos com efluentes disponibilizados na base de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A busca foi realizada, especificamente, no campo 'Buscar Assunto' da plataforma e as palavras-chave consideradas foram: "ecotoxicologia" AND "efluente" AND "tratamento". Após a primeira pesquisa na base de dados com a *string* de busca adotada, optou-se por considerar apenas artigos de pesquisas desenvolvidas no Brasil.

A pesquisa foi realizada entre os dias 05/05/2021 e 05/10/2021, e abrangeu trabalhos

publicados entre 2003 e 2021. Os artigos identificados pelo sistema foram submetidos a uma análise prévia dos títulos, resumos e palavras-chave, a fim de averiguar quais efetivamente se encaixavam no propósito deste estudo, considerando os critérios mencionados. Assim, aqueles efetivamente selecionados foram lidos na íntegra, fichados e analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento preliminar realizado no portal de periódicos CAPES resultou em 62 ocorrências, que após analisadas quanto aos seus objetivos, metodologias predominantes e critérios de exclusão, resultaram em 11 artigos que efetivamente se encaixavam na proposta deste estudo.

O trabalho mais antigo identificado foi o de Düpont e Lobo (2012), que avaliaram a eficiência da Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da Universidade de Santa Cruz do Sul. Para tanto, os autores desenvolveram ensaios ecotoxicológicos, químicos, físicos e microbiológicos do efluente antes e após o tratamento. Nos ensaios de toxicidade aguda e crônica foram utilizados como organismo-teste, respectivamente, as espécies *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia* dúbia. A metodologia usada para toxicidade aguda seguiu a NBR 12713 (ABNT, 2004). Os resultados foram expressos como concentração efetiva média capaz de causar a 50% dos organismos-teste efeitos de imobilidade [CE (I) 50], com duração de 48 horas, e classificados por meio de uma escala de toxicidade proposta por Lobo, Rathke e Brentano (2006). O estudo também calculou a vazão ideal para recebimento do efluente tratado pelo corpo hídrico receptor, evidenciando que o córrego não tinha capacidade de suporte que permitisse a prevenção de efeitos agudos e crônicos à biota aquática, comprovando que a ETE estudada necessitava de ajustes nos processos operacionais para sanar os impactos ambientais causados.

Por sua vez, Queissada *et al.* (2013) enfocaram o tratamento de efluente da etapa de demulsificação por acidificação de uma indústria de usinagem, localizada na região do Vale do Paraíba, em São Paulo. Para tanto, utilizaram os organismos-teste autóctones *Epicoccum nigrum* e *Cladosporium* sp., e usaram o fungo *A. niger* como microrganismo comparativo de referência. O objetivo principal do estudo foi avaliar qual dos dois microrganismos seria mais eficaz no tratamento de águas residuais do fluido de corte, utilizando um sistema oxigenado (air-lift). Os autores utilizaram a alga verde *Pseudokirchneriella subcapitata* como organismo-teste para determinar a toxicidade crônica, seguindo a metodologia da norma brasileira 12648 (ABNT, 2005). Após o tratamento foi constatado que os dois microrganismos utilizados no estudo reduziram efetivamente a toxicidade crônica em comparação ao fungo de referência, enquanto o *A. niger* teve uma redução efetiva de 9%, *Epicoccum nigrum* e *Cladosporium* sp. obtiveram efetivamente uma redução de 48% e 45%, respectivamente. Os resultados evidenciaram que os dois microrganismos utilizados possuem alto potencial para reduzir os parâmetros relacionados à poluição neste tipo de



efluente se comparados com o fungo *A. niger*.

Com o intuito de avaliar o tratamento combinado de lixiviado e efluente doméstico, Mannarino *et al.* (2013) realizaram um estudo na ETE de Icaraí, em escala piloto, com mistura do lixiviado do aterro de resíduos sólidos urbanos do Morro do Céu, localizado em Niterói (Rio de Janeiro - RJ) e efluente doméstico da mesma cidade. Foram utilizados como organismos-teste peixes do gênero tilápia, expostos no aquário ao efluente do tratamento combinado da estação-piloto. Os resultados indicaram presença de concentrações mais elevadas de HPA e maior frequência de micronúcleos e de outras anormalidades nucleares nos peixes expostos ao efluente tratado em concentrações maiores, em relação ao grupo controle, evidenciando a capacidade de tais bioindicadores em maior concentração causar danos genotóxicos. Apesar disso, de modo geral, foi percebida uma diminuição do impacto do efluente com tratamento combinado quando comparado ao lixiviado bruto, necessitando, assim, de mais pesquisas na área que comprovem a eficiência do método.

Machado *et al.* (2014) avaliaram o efluente produzido durante a hemodiálise de um centro de diálise, escolhido ao acaso em Joinville (Santa Catarina – SC) com o intuito de quantificar a toxicidade dos poluentes através de vários testes de curto e longo prazo realizados com dois bioensaios, usando o flagelo verde *Euglena gracillis* e o cladóceros *Daphnia magna* como organismos-teste. O resultado para os testes agudos com *Euglena gracillis* e *Daphnia magna*, expresso em CE 50, classificou o efluente contendo poluentes de médio risco. Em relação ao teste de toxicidade crônica, foi constatado que o efluente de hemodiálise não causou alterações fisiológicas até a concentração de 10%, e concentrações acima de 25% causaram a morte precoce de fêmeas. Os dados apresentados mostraram que o efluente advindo da hemodiálise apresenta riscos ambientais significativos quando descartados sem tratamento no meio ambiente.

Por intermédio de análises físico-químicas e ensaios ecotoxicológicos, Tavares (2014) avaliou a qualidade dos efluentes provenientes das ETEs dos municípios São João da Boa Vista (São Paulo – SP), Espírito Santo do Pinhal (SP) e Águas da Prata (SP). Para tanto, foram utilizados nos ensaios de toxicidade aguda e crônica os microcrustáceos *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* como organismos-teste, respectivamente. Os resultados para análise aguda foram expressos em CE (I) 50, com duração de 48 horas, e mostraram que os efluentes não apresentaram grande potencialidade para ocasionar efeitos tóxicos ao microrganismo estudado nas condições analisadas, indicando toxicidade baixa e, portanto, não oferecendo risco aos organismos do corpo hídrico receptor. No ensaio da toxicidade crônica restou comprovado que duas das ETEs não ofereciam riscos aos seus respectivos corpos receptores. Entretanto, a ETE do município de Águas da Prata evidenciou um resultado preocupante e, como não houve definição experimental suficiente na porcentagem de concentração devido às limitações do estudo, não foi possível aplicar a avaliação do risco ecotoxicológico que o efluente apresentava.

Maria, Lange e Amaral (2014) coletaram o efluente da etapa de branqueamento

de uma indústria de papel e celulose que utilizava processo kraft para avaliar a toxicidade em sua pré e pós-degradação biológica em dois estágios da produção. Foram realizados testes agudos com *Daphnia similis*, seguindo a NBR 12713 (ABNT, 2004), e testes crônicos com *Ceriodaphnia dubia*, conforme a NBR 13373 (ABNT, 2005), com resultados expressos em CE 50 e valor crônico, respectivamente. Na pré-degradação de toxicidade aguda e crônica os efluentes ácidos, alcalinos e mistos indicaram elevada toxicidade, já esperada devido ao fato do efluente de branqueamento ser o maior responsável pela toxicidade do efluente total de indústrias de papel e celulose. Após a degradação, tanto termofílica quanto mesofílica, foi constatado que os processos biológicos removeram eficientemente a toxicidade aguda, principalmente da amostra alcalina, sendo o processo mesofílico o melhor para o tratamento dos efluentes; todavia, mesmo assim o resultado de tratamento alcançado não foi o suficiente para o enquadramento aos padrões de lançamento.

Em 2015, outro estudo foi realizado utilizando o efluente da ETE da Universidade de Santa Cruz do Sul. Desta vez, Mohr *et al.* (2015) avaliaram a eficiência da macrófita *Hymenachne grumosa* como organismo-teste para remoção de poluentes utilizando *wetlands* construídos em duas estações experimentais, sendo que na primeira (PA 1) foi utilizado o efluente da Universidade, e na segunda (PA 2) de uma propriedade rural. Para tanto, utilizaram espécimes de *Daphnia magna*. Dentre outros aspectos, o estudo demonstrou que a utilização da macrófita *Hymenachne grumosa* aplicada em sistemas de tratamento com *wetlands* construídos foi altamente significativa, representando uma opção viável para remoção da toxicidade dos efluentes.

O estudo de Campos e Piveli (2016), assim como o de Mannarino *et al.* (2013), também envolveu tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e efluente doméstico. A proposta dos autores foi avaliar a capacidade de redução da toxicidade aguda da mistura em um processo integrado de lodo ativado com biomídia móvel, através de ensaios ecotoxicológicos envolvendo os organismos-teste *Allivibrio fischeri* e *Daphnia similis*. Os resultados observados foram a imobilidade ou letalidade dos organismos, expressos em CE 50, indicando que o lixiviado aumentou a toxicidade do afluente ao processo. No caso do teste envolvendo *Allivibrio fischeri*, foi constatado que o tratamento proposto pelos autores reduziu consideravelmente (na ordem de 70%) o nível de toxicidade do efluente, porém, levando em consideração a tabela adotada, a classificação do grau de toxicidade passou o afluente de nível muito tóxico apenas para o nível tóxico, apresentando, ainda, riscos ao meio ambiente. Já o teste agudo realizado com o organismo-teste *Daphnia magna* não demonstrou muita sensibilidade às substâncias presentes nas amostras, indicando ausência de toxicidade no efluente do processo em todas as concentrações de lixiviado empregadas. O estudo recomendou pesquisas posteriores com ensaios de toxicidade crônica a fim de avaliar o impacto ambiental ao longo do tempo nesse tipo de processo.

Peitz e Xavier (2019) avaliaram o arranjo de meios de suporte e a influência da variação da carga orgânica aplicada em lagoas aeradas modificadas com meio esponjoso

para tratamento de efluente de celulose de uma indústria localizada em Curitiba (Paraná – PR). Para avaliar a eficiência do tratamento proposto foram realizadas análises físico-químicas e ensaios de toxicidade aguda tendo como organismo-teste o microcrustáceo *Daphnia magna*. Especificamente em relação à toxicidade aguda, foi comprovado que a mesma tinha correlação com os compostos fenólicos totais, uma vez que após o tratamento biológico ambas as concentrações sofreram diminuição nos valores obtidos. Todas as amostras após o tratamento proposto tiveram a remoção da toxicidade aguda, entretanto, o desempenho geral do processo, em relação ao restante das análises, se mostrou inferior ao de uma lagoa controle, indicando que as modificações realizadas na pesquisa não são recomendadas para tratar o efluente de indústria de celulose.

Por sua vez, Barszcz *et al.* (2019) avaliaram o desempenho de alagados construídos cultivados com macrófitas emergentes na redução de toxicidade de efluente doméstico, validando-o com análises físico-químicas e com ensaios de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia similis* como organismo-teste, e de fitotoxicidade utilizando como bioindicador quatro espécies vegetais: a dicotiledônea *Lactuca sativa*, a monocotiledônea *Sorghum vulgare* e as macrófitas aquáticas *Lemna sp.* e *Azolla sp.* Os ensaios de fitotoxicidade indicaram que três das espécies estudadas (*Lactuca sativa*, *Sorghum vulgare* e *Lemna sp.*) não foram sensíveis ao efluente analisado como a *Azolla sp.*, que se mostrou sensível ao efluente, revelando que pode ser melhor aproveitada em análises investigativas dessa natureza.

Kist *et al.* (2020) avaliaram o potencial dos fungos *Pleurotus floridae* e *Pleurotus ostreatus* para a degradação de compostos nitroaromáticos em efluentes da Indústria de Materiais Explosivos (IMBEL), localizada em São Paulo (SP). Dentre os controles analíticos estudados, foi desenvolvido o ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia magna* seguindo os procedimentos da NBR 12.713 (ABNT, 2009), tendo os resultados expressos em fator de toxicidade de acordo com a menor diluição que apresentou imobilidade em não mais que 10% dos organismos. O tratamento proposto esclareceu que a atividade enzimática apresentada por *Pleurotus floridae* removeu o fator de toxicidade em níveis da ordem de 55% e 50%. Em geral, o biotratamento fúngico promoveu uma redução suficiente nos níveis dos parâmetros analisados, deixando-os dentro dos limites estabelecidos na legislação ambiental.

Em termos gerais, nos trabalhos analisados os aspectos ecotoxicológicos descritos evidenciam que a grande maioria dos artigos analisados contemplou bioensaios com apenas um organismo-teste, enquanto apenas dois estudos foram multiespécies, sendo estes para o teste de toxicidade aguda. Segundo Pompêo, Silva e Paiva (2015), o uso de mais de um organismo-teste é recomendado, pois cada espécie possui uma sensibilidade diferente às substâncias tóxicas, e, uma vez que várias espécies respondem de maneira similar a tais substâncias, isso indica uma confiabilidade maior nos resultados de toxicidade. Além disso, com exceção de Mannarino *et al.* (2013) e Queissada *et al.* (2013), todos os

artigos analisados utilizaram como organismo-teste os microcrustáceos *Daphnia magna* ou *Daphnia similis*, que são bastante empregadas em bioensaios devido ao fato de serem sensíveis aos efeitos tóxicos (CETESB, 2013), além de possuírem fácil reprodução e manuseio em ambientes laboratoriais.

Em relação à diversidade de organismos-teste empregados, Martins e Bianchini (2011) ressaltam que pesquisadores de diferentes regiões do Brasil precisam cada vez mais selecionar espécies locais como organismo-teste, sendo tal procedimento essencial para padrões de lançamento e qualidade da água mais consistentes em cada região, além de tornar seus estudos mais representativos. Por outro lado, a seleção de espécies localmente importantes, mas ainda pouco estudadas, pode resultar na rejeição de trabalhos a serem publicados em revistas internacionais reconhecidas, uma vez que não são de importância ou relevância global (SARMA e NANDINI, 2006).

A maioria dos trabalhos pesquisados realizaram bioensaios de toxicidade aguda. Não há exigências pré-estabelecidas em relação ao tipo de ensaio, no entanto, a definição do bioensaio a ser desenvolvido, seja crônico ou agudo, precisa atender ao nível mínimo de segurança exigido para as respostas pleiteadas (SANTOS, BARROS e BÁRBARA, 2020).

As pesquisas analisadas se mostraram bem distribuídas em relação aos tipos de efluentes (doméstico e industrial), além disso, dois estudos (CAMPOS e PIVELI, 2016; MANNARINO *et al.*, 2013) contemplaram uma combinação de efluente doméstico e lixiviado de aterro sanitário, cuja composição é complexa e requer processos de tratamento conjuntos e adequados antes do lançamento no corpo receptor (CASTILHOS JUNIOR, DALSSASSO e ROHERS, 2010), demonstrando a preocupação ambiental com a destinação e tratamento desses lixiviados.

Em termos de distribuição espacial, trinta e seis por cento dos estudos foram realizados na região Sul e sessenta e quatro por cento na região Sudeste do Brasil. Uma possível explicação para esse cenário é o fato dessas regiões serem as mais populosas e industrializadas do país e, por conta disso, terem desenvolvido uma maior preocupação quanto aos recursos ambientais e a sua gestão. Adicionalmente, são Estados onde há maior incentivo ao desenvolvimento de pesquisas, tais dados corroboram com o estudo de Carvalho e Schmidt (2008), onde foram identificados que a maior parte das pesquisas desenvolvidas na área da educação ambiental são na região Sudeste, salientando a necessidade de políticas de estímulo ao equilíbrio regional nas publicações científicas no Brasil. Dentre os artigos selecionados, nenhum foi realizado fora do Sul e do Sudeste, mostrando o quanto pesquisas em outras regiões do país ainda são escassas.

## CONCLUSÃO

Os artigos publicados nos últimos nove anos em que se baseou o presente estudo evidenciaram que efluentes, tanto domésticos como industriais, possuem um grande

potencial poluidor, causando impactos significativos nos organismos-teste e comprovando, assim, o elevado risco aos ecossistemas aquáticos. Em praticamente todos os estudos apresentados foi possível constatar que o efluente amostrado possuía uma toxicidade capaz de gerar impactos negativos ao meio ambiente caso descartado sem tratamento.

Paralelamente, também foi possível perceber que é de suma importância a aplicação de tratamentos e processos adequados para cada tipo de efluente, uma vez que a redução da sua toxicidade está diretamente ligada a eficiência do processo, evitando, assim, a contaminação dos corpos hídricos receptores. Além disso, identificou-se que a seleção de organismos-teste normatizados e suficientemente sensíveis também é fundamental para a confiabilidade dos ensaios.

Sabe-se ainda que, ao se tratar de impactos ambientais, tem-se uma problemática um tanto quanto complexa, devido aos seus efeitos diretos e indiretos e amplo rol de ambientes e indivíduos que podem ser afetados negativamente dentro de um ecossistema como um todo, sendo ainda mais dinâmicos e preocupantes nos casos em que as evidências de tais só se manifestam após um lapso temporal, como é o caso dos efeitos tóxicos na cadeia de bioacumulação.

Nesse sentido, mesmo sendo confirmado que o Brasil está disseminando pesquisas científicas voltadas para a temática abordada, ainda se faz necessário o desenvolvimento de mais estudos nessa área do conhecimento, expandindo, no caso do enfoque do presente trabalho, o nível de experiência e aprendizado acerca dos tratamentos e dos impactos de efluentes sobre os diferentes compartimentos ambientais, em especial às coleções hídricas superficiais.

Adicionalmente, também é imprescindível que os sistemas de tratamento de efluentes sejam implementados de maneira eficaz, assim como acompanhados, objetivando-se diminuir a degradação ambiental por efluentes. Bem como deve-se considerar sempre se manter um vínculo entre as pesquisas científicas e órgãos reguladores e licenciadores, a fim de modernizar o sistema de gestão e controle por parte do Estado.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera)**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera)**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12648: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13373: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera)**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- AHMED, J.K.; AHMARUZZAMAN, M. A review on potential usage of industrial waste materials for binding heavy metal ions from aqueous solutions. **Journal of Water Process Engineering**, Índia, v. 10, p. 39-47, Abr. 2016.
- AMORIM, L.C.A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Belo Horizonte-MG, v. 6, n. 2, p. 158-170, 2003.
- ARAÚJO, K.S. de; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A.C.; MALPASS, G.R.P. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais (MG). **Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 11, n. 2, p. 388-401, Abr-Jun. 2016.
- BARSZCZ, L.B.; BELLATO, F.C.; BENASSI, R.F.; MATHEUS, D.R. Avaliação ecotoxicológica de efluentes tratados por alagados construídos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 1147-1156, Nov-Dez. 2019.
- BELTRAME, T. F.; BELTRAME, A. F.; LHAMBY, A. R.; PIRES, V. K. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema (RS). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria-RS, v. 20, n. 1, p. 283-294, Jan-Abr. 2016.
- BIANCHINI, A.; WOOD, C.M. Physiological effects of chronic silver exposure in *Daphnia magna*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 133, p. 137-145, Set. 2002.
- BULICH, A.A. A practical and reliable method for monitoring the toxicity of aquatic samples. **Process Biochemistry**, v. 17, n. 2, p. 45-47, 1982.
- CAMPOS, F.; PIVELI, R.P. Redução da toxicidade aguda de lixiviado de aterro sanitário em co-tratamento com esgoto doméstico pelo processo integrado de lodo ativado com biofilme em leito móvel. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 11, n. 2, Abr-Jun. 2016.
- CARVALHO, I.C.D.; SCHMIDT, L.C. A pesquisa em Educação Ambiental: uma análise dos trabalhos apresentados na ANPED, ANPPAS e EPEA de 2001 a 2006. **Pesquisa em Educação Ambiental**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 147-174, 2008.
- CASTILHOS JUNIOR, A.B.; DALSASSO, R.L.; ROHERS, F. Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Santa Catarina, v. 15, n. 4, p. 385-392, Out-Dez. 2010.

CASTILHOS, Z.C.; EGLER, S.G.; COUTO, H.J.B; FRANÇA, S.C.A.; RUBIO, J.; PEREIRA, C.M.R. dos.; ARAUJO, P.C. Avaliação ecotoxicológica de efluentes da indústria carbonífera. **Série Tecnologia Ambiental**, sta-61. Rio de Janeiro: Ed. CETEM/MTC, 2011. 73p.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Controle Ecotoxicológico de Efluentes Líquidos no Estado de São Paulo. **CETESB**. 2 Ed. São Paulo, 2013.

COLEMAN, R.N.; QUERESHI, A.A. Microtox and Spirillum volutans tests for assessing toxicity of environmental samples. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 35, n. 1, p. 443-451, 1985.

DÜPONT, A.; LOBO, E.A. Evaluation of the efficiency of the sewage treatment plant from the University of Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 119-126, 2012.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 10706**: Water Quality – Determination of Long Term Toxicity of Substances to *Daphnia magna* Straus (Cladocea, Crustacea). Suíça, ISO: 2000.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 15799**: Soil Quality – Guidance on the Ecotoxicological Characterization of Soils and Soil Materials. Suíça, ISO: 2019.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2011, 969 p.

KIST, C.P.; SCHERER, C.E.; SOARES, M.; RODRIGUES, M.B. Biodegradation of nitroaromatic compounds in Red Water by white rot fungi *Pleurotus ostreatus* and *floridiae*. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté-SP, v. 15, n. 6, 2020.

KNOPS, M.; ALTENBURGER, R.; SEGNER, H. Alterations of physiological energetics, growth and reproduction of *Daphnia magna* under toxicant stress. **Aquatic Toxicology**, v. 53, n. 2, p. 79-90, 2001.

LOBO, E. A.; RATHKE, F. S.; BRENTANO, D. M. Ecotoxicologia aplicada: o caso dos produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Pardinho, RS, Brasil. In: ETGES, V.E.; FERREIRA, M.A.F. **A produção do tabaco**: impacto no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul, RS. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, p. 41-68, 2006.

MACHADO, C.K.; PINTO, L.H.; CIAMPO, L.F.D.; LORENZI, L.; CORREIA, C.H.G.; HÄDER, D.P.; ERZINGER, G.S. Potential environmental toxicity from hemodialysis effluent. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 102, p. 42-47, 2014.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FILHO, A.S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MANNARINO, C.F.; MOREIRA, J.C.; FERREIRA, J.A.; ARIAS, A.R.L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 11, p. 3235, 2013.

MARENGONI, N.G.; KLOSOWSKI, E.S.; OLIVEIRA, K.P.; CHAMBO, A.P.S.; GONÇALVES JUNIOR, A.C. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu Binacional (PR). **Química Nova**, Paraná, v. 36, n. 3, p. 359-363, Jan. 2013.



MARIA, M.A.; LANGE, L.C.; AMARAL, M. Avaliação da toxicidade de efluentes de branqueamento de pasta celulósica pré e pós-degradação biológica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte-MG, v. 19, n. 4, p. 417-422, Dez. 2014.

MARTINS, S.E.; BIANCHINI, A. Toxicity tests aiming to protect Brazilian aquatic systems: current status and implications for management. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 7, p. 1866-1875, 2011.

MOHR, G.; DUPONT, A.; MACHADO, E.L.; LOBO, E.A. Avaliação da eficiência da macrófita *himenachne grumosa* como organismo-teste, em dois sistemas de tratamento de efluentes, através de ensaios ecotoxicológicos. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 5, n. 2, p. 02-12, 2015.

NIVA, C.C.; BROWN, G.G. **Ecotoxicologia Terrestre: Métodos e Aplicações dos Ensaíos com Oligoquetas**. Brasília: Ed. Embrapa, 2019. 258 p.

OLIVEIRA, D.M.; CARA, D.V.C.; XAVIER, P.G.; PAULA, M.S.; SOBRAL, L.G.S.; LIMA, R.B.; LOUREIRO, A. **Fitorremediação: o estado da arte**. Rio de Janeiro: Ed. CETEM/MCT (Série Tecnologia Ambiental, 39), 2006, 48p.

PEITZ, C.; XAVIER, C.R. Evaluation of aerated lagoon modified with spongy support medium treating Kraft pulp mill effluent. **Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia**, n. 92, p. 70-79, Jul-Set. 2019.

POMPÊO, M.; SILVA, D.C.V.R.; PAIVA, T.C.B. A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil. **Ecologia de reservatórios e interfaces**, São Paulo, v. 22, p. 340-353, 2015.

QUEISSADA, D.D.; SILVA, F.T.; PENIDO, J.S.; SIQUEIRA, C.D.; PAIVA, T.C.B. *Epicoccum nigrum* and *Cladosporium* sp. for the treatment of oily effluent in an air-lift reactor. **Brazilian journal of microbiology**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 607-612, 2013.

SANTOS, K.P.; BARROS, R.G.; BÁRBARA, V.F. Análises ecotoxicológicas em cavas de mineração a céu aberto: uma revisão sistemática. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.3, p.317-331, 2020.

SARMA, S.S.S.; NANDINI, S. Review of Recent Ecotoxicological Studies on Cladocerans. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 41, n. 8, p. 1417-1430, 2006.

TAVARES, R.D. Avaliação físico-química e ecotoxicológica de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 5, n. 1, p. 303-318, 2014.

## SOBRE EL ORGANIZADOR

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico en Química por el Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Licenciado en Química por la Universidad Federal de Uberlândia (2010), Licenciado en Química por la Universidad de Uberaba (2011), en Ciencias Biológicas (2021) y en Física (2022) por la Facultad Única. Especialista en Metodología de la Enseñanza de Química y en Enseñanza de la Enseñanza Superior en la Faculdade JK Serrana de Brasília (2012), especialista en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas en el Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista en Ciencias Naturales y del Mercado de Trabajo (2021) de la Universidad Federal de Piauí (UFPI). Maestría en Química por la Universidad Federal de Uberlândia (2015), con énfasis en el desarrollo de un bioadsorbente para la remoción de iones As(V), Sb (III) y Se (IV) en diferentes matrices acuáticas. Doctorado en Química por la Universidade Federal de Uberlândia (2018), con énfasis en Procesos Oxidativos Avanzados [fotocatálisis heterogénea ( $\text{TiO}_2$  /UV-A y  $\text{TiO}_2$  / Solar,  $\text{H}_2\text{O}_2$  / UV-C) para la remoción de contaminantes de interés emergente (CIE) en diferentes matrices acuáticas. Realizó la primera pasantía de Post-Doctorado (de mayo de 2019 a junio de 2021) en la Universidad Federal de Uberlândia con énfasis en la aplicación de nuevos agentes oxidantes usando radiación solar para remover Contaminantes de Preocupación Emergente (CPE) en efluentes de una planta de tratamiento de alcantarillado. Actualmente se encuentra realizando su segunda Práctica Posdoctoral (julio 2021 - actual) en la UFU en la misma línea de investigación. Tiene 11 años de experiencia como técnico en química en el Instituto Federal de Goiás, habiendo sido responsable del análisis de parámetros físico-químicos y biológicos de agua y efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales. Actualmente, viene trabajando en las siguientes líneas de investigación: (i) Desarrollo de nuevas metodologías para el tratamiento y recuperación de residuos químicos generados en laboratorios de instituciones de enseñanza e investigación; (ii) estudios de seguimiento de la CPE; (iii) Desarrollo de nuevas tecnologías avanzadas para la remoción de CPE en diferentes matrices acuáticas; (iv) Aplicación de procesos oxidativos avanzados ( $\text{H}_2\text{O}_2$ /UV C,  $\text{TiO}_2$ /UV-A y foto-Fenton y otros) para eliminar CPE en efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización; (v) Estudio y desarrollo de nuevos bioadsorbentes para la remediación ambiental de CPE en diferentes matrices acuáticas; (vi) Educación Ambiental y; (vii) la alfabetización científica y los procesos de alfabetización en el área de Ciencias Naturales, especialmente biología y química.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Actividades acuáticas 27  
Actividades antrópicas 2  
Actividades recreativas 14  
Acuicultura 3, 6, 8, 11  
Agentes biológicos 3  
Águas residuárias 32, 34  
*Allivibrio fischeri* 37  
Antimicrobianos 1, 3, 4, 9, 10  
Area Natural Protegida (ANP) 24  
Aterro sanitário 37, 39, 41

### B

Bacterias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10  
Bacteriófagos 2, 4, 5, 7, 8  
Barranca de Metztitlán 12, 13, 14, 21, 22  
Bioacumulação 33, 40, 42  
Biocontrol 1, 2, 4, 6, 9  
Bioensaios 32, 36, 38, 39  
Bioindicadores 36  
Biosfera 12, 13, 14, 21, 22  
Bravo-Hollis 12, 13, 14, 22

### C

Cabo Pulmo 23, 24, 25, 26, 28, 30, 31  
Cactus 13, 22  
Corpos hídricos 33, 40

### D

*Daphnia magna* 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42  
*Daphnia similis* 36, 37, 38, 39  
Degradação ambiental 32, 40  
Descontaminación 3  
Desinfección 3, 4

## E

Ecosistema 5, 6, 23, 24, 26, 28

Ecotoxicologia 32, 34, 40, 41, 42, 43

Efluente doméstico 36, 37, 38, 39

Estação de Tratamento de Efluente (ETE) 35

Estado de Hidalgo 12, 13, 14, 21

Extinción 12, 21

## F

Fagoterapia 1, 5, 8, 9

Fauna 14, 25

Fitotoxicidade 38

Flora 13, 14, 25

## G

Genotóxicos 36

## I

Industria alimentaria 3, 8, 9, 10

## L

Lixiviado 36, 37, 39, 41, 42

## M

Meio ambiente 33, 34, 36, 37, 40

Metais pesados 33, 42

Microorganismos 1, 2, 3, 4, 7, 8

## N

Níveis tróficos 33

## O

Organismo-teste 35, 37, 38, 39, 43

## R

Recurso forestal 14

Recursos naturales 2, 12, 21, 27

Riesgos biológicos 2

## S

Salud pública 1, 8

Substâncias tóxicas 33, 38

Suculentas 13

Sustentable 12, 23, 24, 25, 26, 27

## T

Taxonómica 12, 14, 21

Toxicidade aguda 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

Toxicidade crônica 35, 36, 37, 41

Turismo sustentable 23, 25, 27


## U


Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) 23

A black and white photograph of a hand gently touching a mound of dark, rich soil. The hand is on the left side of the frame, with fingers slightly spread. The soil is on the right, showing its texture. The background is a continuation of the soil.


# Medio ambiente:

Preservação, saúde  
y sobrevivência 3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 




A close-up photograph of a human hand with light skin and short, clean nails gently touching a tree trunk. The tree trunk is covered in a thick, vibrant green moss. The lighting is soft and natural, highlighting the texture of the moss and the skin.

# Medio ambiente:

Preservação, saúde  
y sobrevivência 3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 