

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS  
(ORGANIZADORA)

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN  
**CIENCIAS  
BIOLÓGICAS**  
3

Atena  
Editora  
Ano 2022

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS  
(ORGANIZADORA)

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS  
3

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

Daphynny Pamplona

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 Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## Producción científica en ciencias biológicas 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Producción científica en ciencias biológicas 3 / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Inclui bibliografía

ISBN 978-65-258-0465-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.651222707>

1. Ciências biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 570

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



## 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.



## APRESENTAÇÃO

A área das Ciências Biológicas é bastante rica, e serve de base para outras áreas, como saúde, indústria, biotecnologia, educação.

A obra “Producción Científica en Ciencias Biológicas 3” está focada em discutir a produção do conhecimento nesta grande área; esta obra possui quatro capítulos compostos por artigos científicos originais baseados em trabalhos de pesquisa e trabalhos de revisão bibliográfica.

Os trabalhos descritos neste livro abordam um relato de experiência de acompanhamento nutricional de paciente hospitalizado para cirurgia de revascularização do miocárdio; uma revisão sobre a adaptação e sobrevivência de consórcios fúngicos em degradados de polietileno tereftalato; uma revisão sobre o uso de extratos de espécies vegetais para desinfecção de águas como alternativa sustentável na redução de subprodutos da desinfecção; e um trabalho experimental sobre a identificação de microrganismos patogênicos presentes em Aloe vera.

Ler sempre acrescenta algo àquele que lê; e neste caso, temos certeza de que esta obra enriquecerá seu conhecimento profissional e será uma leitura muito prazerosa. Sempre prezando pela qualidade, a Atena Editora, possui uma parceria com diversos revisores de universidades renomadas do país, a fim de que possa manter sempre a excelência em suas obras, através de um trabalho de revisão por pares. Assim, esperamos que você faça bom proveito de sua leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ACOMPANHAMENTO NUTRICIONAL DE PACIENTE HOSPITALIZADO PARA CIRURGIA DE REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA	
Xênia Maia Xenofonte Martins	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227071">https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227071</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ADAPTACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE CONSORCIOS FÚNGICOS EN DEGRADADOS DE POLIETILENTEREFTALATO (PET)	
Leticia Guadalupe Navarro Moreno	
Andrea Rangel Cordero	
Círculo Nolasco Hipólito	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227072">https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227072</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
APROVECHAMIENTO DE EXTRACTOS DE ESPECIES VEGETALES PARA LA DESINFECCIÓN DE AGUAS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN LA REDUCCIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN (SPD)	
Javier Andrés Esteban-Muñoz	
Dora Luz Gómez-Aguilar	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227073">https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227073</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS PRESENTES EN EL ALOE VERA ( <i>Aloe Barbadensis Miller</i> )	
Aurora Martínez Romero	
José Luis Ortega Sánchez	
Karla Gabriela Calderón Pérez	
Patricia Guadalupe García Moreno	
Maribel Cervantes-Flores	
José de Jesús Alba-Romero	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227074">https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227074</a>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>56</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>57</b>

# CAPÍTULO 2

## ADAPTACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE CONSORCIOS FÚNGICOS EN DEGRADADOS DE POLIETILENTEREFTALATO (PET)

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 08/07/2022

### Leticia Guadalupe Navarro Moreno

Profesor Investigador  
Instituto de Química, Universidad del  
Papaloapan Campus Tuxtepec  
Oaxaca, México  
<https://orcid.org/0000-0001-9978-7605>

### Andrea Rangel Cordero

Institución: Instituto Nacional de Ciencias  
Médicas y Nutrición Salvador Zubirán  
Ciudad de México

### Cirilo Nolasco Hipólito

Profesor Investigador  
Institución: Instituto de Biotecnología,  
Universidad del Papaloapan Campus Tuxtepec  
Oaxaca, México  
<https://orcid.org/0000-0002-3376-1047>

**RESUMEN:** Los microorganismos presentan capacidades de adaptación admirables para hacer frente a los cambios adversos de su medio ambiente. Entre estos microorganismos se pueden mencionar bacterias, levaduras y hongos. En relación con los dos últimos se sabe que una de las formas que tienen para sobrevivir es la conformación de consorcios microbianos. Lo anterior se relaciona estrechamente con los fenómenos de contaminación ambiental que nuestro planeta sufre. Este se encuentra frente a un fenómeno de contaminación grave que desafortunadamente parece ser ya un proceso

integral de nuestra vida cotidiana. El plástico, junto con otros contaminantes sólidos genera toneladas de residuos sólidos a escalas macro y microscópicas, mismos que ocasionan graves problemas en los ecosistemas acuáticos y terrestres porque no tienen una disposición correcta. Todos los días se pueden escuchar noticias relacionadas con el daño que los plásticos causan a los seres vivos, especialmente a las especies marinas. Por lo anterior se han planteado muchos esfuerzos para tratar de frenar la acumulación de residuos plásticos y sus efectos adversos como el reciclado. Dentro de los procesos de reciclado destaca la degradación en condiciones básicas, en donde como productos se obtienen cadenas más pequeñas de polímeros. Algunas especies de hongos pueden desarrollarse en medios como el anterior, lo cual constituye un medioambiente inhóspito para otras especies. Especies de los géneros *Acremonium*, *Talaromyces*, *Fusarium* y *Aspergillus* han sido aisladas e identificadas como microorganismos formadores de consorcios microbianos capaces de utilizar los degradados de polietilentereftalato como posible fuente de carbono. Algunos de estos organismos no pueden sobrevivir al ser aislados de los demás, lo cual demuestra la necesidad de formar asociaciones microbianas para poder adaptarse al medio y sobrevivir bajo dichas condiciones.

**PALABRAS CLAVE:** Plásticos, hidrolizados de pet, contaminación plástica, consorcios microbianos, reciclado de plásticos, microplásticos.

## ADAPTATION AND SURVIVAL OF FUNGAL CONSORTIA IN DEGRADED POLYETHYLENETHEREPTHALATE (PET)

**ABSTRACT:** Microorganisms display admirable adaptive capacities to cope with adverse changes in their environment. Among these microorganisms can be mentioned bacteria, yeasts and fungi. In relation to the last two, it is known that one of the ways they have to survive is the formation of microbial consortia. This is closely related to the phenomena of environmental pollution that our planet suffers. This is facing a serious contamination phenomenon that unfortunately seems to be already an integral process of our daily life. Plastic, along with other solid contaminants, generates tons of solid waste at macro and microscopic scales, which cause serious problems in aquatic and terrestrial ecosystems because they are not properly disposed of. Every day you can hear news related to the damage that plastics cause to living beings, especially marine species. Due to the above, many efforts have been made to try to stop the accumulation of plastic waste and its adverse effects such as recycling. Within the recycling processes, degradation under basic conditions stands out, where smaller polymer chains are obtained as products. Some species of fungi can develop in environments such as the previous one, which constitutes an inhospitable environment for other species. Species of the genera *Acremonium*, *Talaromyces*, *Fusarium* and *Aspergillus* have been isolated and identified as microorganisms that form microbial consortia capable of using polyethylene terephthalate degradation as a possible carbon source. Some of these organisms cannot survive when isolated from others, which demonstrates the need to form microbial associations in order to adapt to the environment and survive under these conditions.

**KEYWORDS:** Plastics, pet hydrolysates, plastic pollution, microbial consortia, plastic recycling, microplastics.

### 1 | INTRODUCCIÓN

La evolución es un proceso que se desencadena cuando una especie se enfrenta a condiciones poco favorables para la vida. Estas condiciones provocan cambios en algunos aspectos de los organismos, estos son manifestados mediante adaptaciones que pueden o no verse en los seres vivos. Este trabajo se relaciona con la adaptación a condiciones adversas de microorganismos que crecieron en un medio derivado de los problemas de contaminación por plásticos: los hongos microscópicos.

Vivimos rodeados de plástico, un material inventado hace 150 años que ejemplificó una revolución debido a sus características más sobresalientes: ser resistente, ligero y económico. Muchos compuestos poliméricos sintéticos se encuentran más presentes en nuestro día a día de lo que pensamos. Se utilizan como materiales de construcción, en los vehículos, en el embalaje de alimentos, en partes de los teléfonos, para confeccionar algunos tipos de ropa, en la composición de muchos contenedores de cosméticos e incluso en los utensilios que usamos para comer que implican desde cubiertos hasta envases (Libera, 2019; Rhodes, 2018). Como consecuencia de lo anterior, existe en la actualidad una problemática importante por la contaminación del agua, el aire y el suelo, ocasionada en gran medida, por los grandes volúmenes de residuos que se generan diariamente y que reciben

escaso o nulo tratamiento adecuado. Esta situación se va agravando más y más porque la basura, que está conformada por residuos de composición muy variada, generalmente se junta y se mezcla durante las labores de recolección lo que dificulta su manejo final. Países como Perú han informado de lo anterior y se han percatado de los problemas que puede generar este fenómeno. En este país se ha estudiado la contaminación del agua como consecuencia del mal uso de los residuos sólidos derivados de hogares, empresas, escuelas, hospitales entre otros lugares (Bendezu-Bendezu & Bendezu-Hernández, 2021) .

Recientemente se ha reportado que, a nivel mundial se desperdicia el 75 % de los plásticos que se producen (WWF, 2019) . Además, se estima que cada año en promedio 8 millones de toneladas de estos residuos llegan a los diversos mares del mundo trayendo consigo problemas a más de 270 especies marinas, muchas de las cuales terminan enredadas en estos desechos; además de que más de 240 especies han ingerido estos plásticos a través de su alimentación y el agua. A estos desechos se les conoce como basuras marinas. Estas se encuentran presentes a lo largo y ancho del planeta, y representan una amenaza para los ecosistemas de agua dulce y marinos, tanto costeros como de aguas abiertas. La definición de basura marina, de acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP en sus siglas en inglés) engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en la costa o en el mar. Se estima que entran en el océano cada año entre 6.4 y 8 millones de toneladas de basuras marinas y que se encuentran ampliamente distribuidas por los océanos, en aguas abiertas y en zonas costeras, siendo constituidas principalmente por plásticos. Existe una amplia variedad de compuestos que conforman dicha basura marina: vidrio, papel, cartón, metal, tela, residuos relacionados con la pesca, municiones, madera, filtros de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes, entre otros. Múltiples estudios han reportado que los plásticos representan más del 80% de este tipo de contaminantes de agua. Pero si lo anterior resulta complicado, se sabe que el cambio climático combinado con el tipo de basura mencionada anteriormente genera problemas globales que degradan los sistemas biológicos impidiendo en ellos las funciones fisiológicas necesarias para la vida como el crecimiento y la supervivencia. Debido al aumento de la basura marina y a la aceleración del cambio climático, grandes cantidades de basuras marinas están llegando a las costas, ayudadas por los cambios en el nivel del mar, el régimen de lluvia y la velocidad del viento. Los cambios en las corrientes y en los afloramientos están haciendo que estas basuras lleguen a lugares que anteriormente no habían sufrido este impacto (Rojo-Nieto Elisa & Montoto, 2017) .

La industria de los plásticos es un ejemplo del sobreconsumo, debido al uso de múltiples empaques de un solo uso. Los productores enganchan a los consumidores con la idea del reciclaje, pero no indican el procedimiento a seguir o una estrategia de recolección de los envases utilizados (Rivera-Garibay et al., 2020). Esto genera que las personas se conviertan en los responsables del destino final de los desechos. Es entonces

cuando la falta de información de la población juega un papel decisivo en el manejo de los desechos. En primer lugar se desconocen todos los tipos de materiales plásticos existentes y por ello se ignora cómo desecharlos correctamente. Los plásticos se dividen según su constitución química en varios tipos entre ellos: polietilentereftalato, conocido como PET cuyo representante más común son las botellas de plástico; poliéster (PES) empleado en infinidad de prendas de vestir; polietileno de baja densidad (LDPE o PEBD) utilizado para confeccionar bolsas de plástico; polietileno de alta densidad (HDPE o PEHD) componente de las bolsas de detergente; policloruro de vinilo (PVC) utilizado en la fabricación de tuberías; polipropileno (PP) que es el componente de las tapas de las botellas; poliamida (PA) que forma parte de la parte plástica de los cepillos de dientes y poliestireno (PS) del cual se encuentran conformados los envases de comida para llevar (Rojo-Nieto Elisa & Montoto, 2017). Ante esta diversidad se debería de instruir a todos los habitantes del mundo en el estudio de los tipos de contaminantes plásticos y las medidas que se deberían de tomar para evitar su desecho al medio ambiente. Erradicar el patrón cultural de “usar y tirar” es el principal objetivo de la campaña “Océanos Libres de Plásticos” de Greenpeace (Rivera-Garibay et al., 2020).

El 5 Gyres Institute, órgano consultivo para el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC), ha afirmado que existen zonas de acumulación de plástico en los océanos Pacífico Norte y Sur, Atlántico Norte y Sur e Índico. Estas zonas se conocen comúnmente como “islas de plástico”, entre ellas la más grande y conocida es la Gran Mancha de Basura del Pacífico. En 2013 se fundó la organización sin fines de lucro “The Ocean Cleanup” cuyo principal objetivo se relaciona con limpiar el 50% de la Gran Mancha de Basura del Pacífico cada 5 años basándose en las corrientes oceánicas. Este sistema ha conseguido capturar 2 toneladas métricas de redes de pesca desechadas, pero no se han obtenido cantidades significantes de otros materiales plásticos ya que el plástico capturado por este sistema solo se retiene pocos días (Liberia, 2019). El anterior constituye un ejemplo del desarrollo de proyectos a gran escala para tratar de resolver el problema. Sin embargo, se ha reportado que estos proyectos presentan algunos inconvenientes, por ejemplo, este sistema puede capturar algas, medusas y huevos de peces que se encuentran en la superficie del agua pudiendo afectar así a la dieta y poblaciones de ciertas especies.

Otro problema de la contaminación con desechos plásticos vertidos en el mar se relaciona con su fragmentación, para formar microplásticos como efecto secundario. Los microplásticos se definen como fragmentos de plástico de menos de 5 mm (Lim, 2021). Los nano plásticos son incluso más pequeños, con un diámetro de menos de 0.05 mm. Las fuentes de microplásticos pueden ser de tipo primario, en donde el microplástico es producido tal cual en la industria cosmética (en la formulación de exfoliantes, pasta de dientes, etc.) o como materia prima para la producción de plásticos (granza) (ECHA, 2019). Las fuentes secundarias incluyen su producción como consecuencia de la degradación física o química de plásticos o fibras de mayor tamaño, que llegan al medio ambiente por

una mala gestión de los residuos.

La presencia de microplásticos en el mar puede generar dos fenómenos: rompimiento y acumulación. De esta forma podrían ser confundidos por los animales quienes, posiblemente, los utilizarán como alimento incluyéndolos, de esta forma, en la cadena alimenticia (Barboza et al., 2018). Además de las consecuencias anteriores, tienen un efecto directo evidente sobre los seres vivos, ya sea por ingestión, estrangulamiento, atrapamiento o toxicidad (Bollaín-Pastor & Agulló-Vicente, 2019). Se ha reportado que los microplásticos no están compuestos únicamente de polímeros estructurales (macromoléculas), sino que se pueden considerar como una especie de cocteles complejos de contaminantes, debido a que se ha comprobado que pueden interactuar y sorber fácilmente sustancias tóxicas en su superficie, para luego liberarlos. Entre ellas se encuentran aditivos químicos (ftalatos), monómeros residuales y sustancias como retardadores de flama, biocidas e hidrocarburos poliaromáticos (Castañeta et al., 2020; Rojo-Nieto Elisa & Montoto, 2017; WHO, 2019). Estudios recientes han detectado la presencia de microplásticos en humanos. Lo anterior se basó en un estudio de 47 muestras de tejido humano (corporal, cerebrales, pulmonar, de hígado, de tejido adiposo, de bazo y de riñones) por espectrometría de masas, dando como resultado la presencia de monómeros de diferentes polímeros sintéticos (ACS, 2020; WHO, 2019).

Se estima que solo en el océano Atlántico, en el agua suspendida y en los 200 metros superiores se encuentran entre 11.6 a 21.1 millones de toneladas de microplásticos de polietileno, poliestireno y polipropileno. La Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) planteó que, además del tamaño, algunos criterios de identificación de los microplásticos incluyen: 1) tipo (materiales poliméricos sintéticos, biopolímeros modificados químicamente), 2) estado (sólido, semisólido) y 3) morfología (Pabortsava & Lampitt, 2020).

## 2 | CONTAMINACIÓN CON POLIETILENTEREFALATO (PET) EN MÉXICO

A nivel mundial México se encuentra entre los países que más desechos de PET producen, principalmente por el alto consumo de refrescos y agua embotellada. En el año 2017 México se colocó a nivel mundial en la segunda posición en el uso de botellas de PET, y se calculó que, en promedio, se generan 200 botellas de PET por cada habitante en el país. Hoy en día se producen 300 millones de toneladas de plástico de las cuales solo se llega a reciclar el 3%. Al respecto, el Anuario Estadístico de la Industria Química (ANIQ) reportó la producción, la importación, la exportación y el consumo aparente del polietilentereftalato (PET) entre los años 2010 y 2019. Desde el año 2010, la producción se mantuvo de manera constante en 1 000 000 de toneladas, mientras que la importación tuvo un aumento de 91 000 toneladas en 2019. La exportación aumentó 135 000 toneladas y en relación con el consumo aparente hubo una disminución de 112 000 toneladas en el año

2019 con respecto al 2010. Estos datos dan fe del papel que ha adquirido este material en nuestras vidas y por ello los problemas ambientales que se han ocasionado a lo largo de su aparición en el mercado mexicano (Cristán-Frías et al., 2003; El-Trochillero, 2005; IPN, 2020; Santillán, 2018).

En México se produce más plástico del necesario y como consecuencia se generan toneladas de basura, que se convierte en un grave problema de contaminación al no poseer nuestro país, un buen sistema de manejo de residuos, tal como lo reportó la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión. En nuestro país solo se recicla el 56% de las botellas generadas, con excepción de la Ciudad de México en donde se recicla el 90%, aun siendo México un país en donde se llevan a cabo actividades como acopio y reciclaje de PET, (López-Casarín, 2019). Ello indica que el resto de PET se encuentra disperso sin tener un procesamiento posconsumo, y que a su vez al llegar a los mares podría generar la formación de microplásticos por fragmentación mecánica. En relación con lo anterior, se ha reportado la existencia de este material en el estómago de peces en las regiones del Golfo de Baja California Sur, el Golfo de México, Veracruz y en el mar Caribe (Greenpeace, 2019). Se han reportado de igual forma en Playa Azul, Playa Capolita, Zipolite en los estados de Michoacán y Oaxaca (Beltrán-Villavicencio et al., 2016; Cruz-Salas et al., 2020). B. Científicos del Instituto Politécnico Nacional han realizado estudios de investigación referentes a la contaminación con microplásticos en Huatulco (Oaxaca), la Paz (Baja California), en las playas de Cancún y Tulum y han comenzado estudios en Chetumal (Quintana Roo), Acapulco (Guerrero) y Tecoluitla (Veracruz). Lo anterior se ha realizado para obtener información sobre este problema ambiental y así determinar la afectación a la salud de las personas (INCyTU, 2019; IPN, 2020).

### 3 I DEGRADACIÓN DE POLIETILENTEREFTALATO

La degradación resulta un proceso generalmente irreversible que ocasiona un cambio (aunque sea mínimo) en la estructura de un material y que se caracteriza por la pérdida de sus propiedades físicas y químicas que se traducen en cambios característicos que se pueden observar a simple vista. Esto puede ocurrir mediante la acción de diversos fenómenos como el calor, la humedad, la radiación solar o de manera enzimática (Cardiel et al., 2022; Negi et al., 2011). Cuando los fragmentos son degradados y usados como fuente de carbono para la producción de energía por microorganismos, el proceso se denomina biodegradación y el material se considera biodegradable (Cardiel et al., 2022).

Dentro de la degradación química se encuentra: a) la hidrólisis, que puede ser ácida, neutra o básica, generando ácido tereftálico y etilenglicol, b) la glicolisis, en donde se generan oligómeros, y c) metanólisis en la que los productos son etilenglicol y dimetil tereftalato (Chamas et al., 2020).

En el trabajo que se ha desarrollado por este grupo de investigación se han llevado

a cabo degradaciones alcalinas de PET, obteniendo, como producto principal, tereftalato de potasio (Ramírez Hernández et al., 2013; Ramírez-Hernández et al., 1995, 2010). El producto de dicha degradación fue guardado en un frasco por varios meses y se observó el crecimiento de algunas formas miceliales características de algunos hongos microscópicos que poco a poco fueron adquiriendo más características relacionadas con los hongos microscópicos.

En la literatura se han encontrado reportes relacionados con la biodegradación de diferentes tipos de plásticos y se han identificado bacterias levaduras y hongos capaces de hacerlo. Un grupo de investigación en México reportó la capacidad de los hongos *Penicillium pinophilum* y *Aspergillus niger* como posibles microorganismos degradadores de polietileno de baja densidad (Volke-Sepúlveda et al., 2002) , así como *Aspergillus nomius* cepa JAPE1 y *Streptomyces sp.*, cepa AJ1 (Abraham et al., 2017). Para este tipo de plástico se han establecido diferentes procedimientos de biodegradación utilizando condiciones aerobias y anaerobias y recolectando microorganismos de diferentes sitios. Una vez establecidos los protocolos de degradación, los investigadores han aislado e identificado varios organismos con alto potencial biodegradante (Priyanka & Archana, 2011). Experimentos similares se han llevado a cabo encontrándose una gran variedad de bacterias que podrían utilizarse como potenciales agentes biodegradables de polietileno (Nowak et al., 2011).

#### 4 I HONGOS CRECIDOS EN DEGRADADOS DE POLIETILENTEREFTALATO

No existen reportes de microorganismos que degraden, como tal, los envases que están formados de polietilentereftalato, debido primero a la naturaleza química de este polímero o, en segundo lugar, a que las especies microbianas no han desarrollado la maquinaria enzimática para poder romper la matriz polimérica de dichos materiales. Nuestro grupo de investigación identificó cuatro hongos que fueron capaces de crecer en forma de conglomerado en el degradado alcalino de PET: *Acremonium sp*, *Fusarium Proliferatum/Verticillioides*, *Talaromyces Verruculosus* y *Aspergillus Niger*. El crecimiento en el degradado de PET se observó cómo micelio, el cual llamó la atención debido a las condiciones tanto de los compuestos químicos utilizados en la degradación como del pH al cual se llevó a cabo. En la actualidad se sabe que cualquier compuesto puede resultar tóxico y que muchos organismos no pueden vivir a valores de pH extremos. De la misma manera, se ha reportado la existencia de organismos extremófilos u organismos capaces de adaptarse a condiciones adversas del medio (Ramírez-Duran et al., 2006; Velásquez Emiliani et al., 2018). En este caso se logró el aislamiento y la caracterización de cuatro hongos. De la misma forma se lograron aislar dos cepas de levaduras.

A lo largo de los diferentes experimentos llevados a cabo con estos microorganismos se pudo observar que dos de ellos no pudieron crecer de forma individual en medios de cultivo ya que requerían ser sembrados junto con los otros microorganismos que

conformaban el consorcio. Lo anterior ha sugerido el establecimiento de una relación simbiótica entre las diferentes cepas de hongos. Posiblemente dicha simbiosis se estableció como requerimiento para la sobrevivencia de las especies en el medio en el que debieron adaptarse para sobrevivir, el cual contenía tereftalato de potasio y etilenglicol mismos que debieron servir como fuente de carbono principal para los hongos identificados o en su defecto para algunos de ellos, los cuales pudieron generar productos secundarios que sirvieron de fuente de carbono a los microorganismos restantes. La identificación de los hongos se realizó mediante tres técnicas diferentes. La primera fue el sembrado en cajas Petri con un medio sólido e incubadas a 30°C por 48 horas (Guerrero-Gómez & Sánchez-Carrillo, 2003). Cuando crecieron, se tomaron muestras y se analizaron bajo un microscopio y las observaciones fueron comparadas con la información contenida en la literatura especializada para la identificación de hongos de importancia médica (Larone, 2018) y el “Atlas micológico” del Laboratorio de Microbiología Clínica del Instituto Nacional De Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. La segunda se realizó por la técnica de MALDI-TOF el cual consistió en un análisis proteico generado de los hongos aislados y comparando en una base de datos (Clark et al., 2018; Croxatto et al., 2012; Guerrero-Gómez & Sánchez-Carrillo, 2003; Oviaño & Rodríguez-Sánchez, 2021). La tercera fue por el método de Sanger. Con este método enzimático se determinó la secuencia de DNA en el equipo NanoDrop (Gauthier, 2008; Sanger et al., 1977; Sikkema-Raddatz et al., 2013).

*Acremonium sp* creció en el medio de cultivo desarrollando colonias color blanco tenue con micelio de consistencia algodonosa sin presencia de pigmentos. A las 48 h solo mostro unos milímetros de crecimiento manteniendo sus características. Al analizar sus características microbiológicas se observaron esporas en forma de conidios e hifas hialinas no septadas.

*Fusarium Proliferatum/Verticillioides* a las 24 horas de sembrado creció formando colonias de color blanco tenue de consistencia algodonosa y no formó pigmentos observables. A las 48 h las colonias adquirieron un tono rosa oscuro con superficie algodonosa, al reverso de la caja presentó una pigmentación rosa a rojiza. Esta característica fue la que se utilizó como información adicional para su identificación, la cual fue complementada con sus características microscópicas: hifas hialinas macro sifonadas no septadas y abundantes microconidios.

*Talaromyces Verruculosus*. Se observaron colonias color crema en la superficie con puntos de color rojo y verde, al reverso presento un pigmento de color rojo oscuro. Microscópicamente se observaron hifas hialinas ramificadas septadas, conidios y esporas en cadena. Por las características macro y microscópicas que el hongo presento se identificó en un principio como *Penicillium sp.*, según lo reportado en la bibliografía usada para la identificación y debido a que esta familia es muy parecida al hongo que se deseaba identificar. Sin embargo, tras hacer la identificación por la técnica de secuenciación de Sanger, el organismo se identificó como *Talaromyces Verruculosus*.

*Aspergillus Niger*. A las 24 horas se observó un crecimiento miceliar de color amarillo y blanco con borde negro sin forma definida, el cual, a las 48 horas, presentó crecimiento de esporas negras sobre toda la caja. Al reverso de la misma se observó un color verdoso-amarillento con presencia de anillos. Utilizando el microscopio se identificaron hifas hialinas septadas, conidióforos de cabeza radial extremos ramificados y septados, conidios y esporas en cadena. Luego de utilizar la metodología de MALDI-TOF el hongo fue identificado como *Aspergillus Niger*. El estudio de estos hongos podrá servir para establecer relaciones entre microorganismos, procesos de posible biodegradación y fenómenos de resistencia y susceptibilidad de estos frente a diferentes degradados de plásticos. Este punto es importante ya que se relaciona con los fenómenos evolutivos que permiten a los microorganismos adaptarse a ambientes extremos.

El estudio de la contaminación ambiental es un tema que abarca un sinnúmero de subtemas. Entre ellos se encuentran los microorganismos y su capacidad, extraordinaria, de adaptarse a diferentes situaciones extremas como son ambientes con pH muy alcalino o muy ácido y con sustancias que no se consideran como fuentes de nutrientes. El estudio de los hongos identificados y aislados resulta de gran interés dentro de los campos de la biología, la microbiología, la genética, la ecología, las ciencias ambientales y la biotecnología. Entender los mecanismos que ayudan a los microorganismos a adaptarse podría ser importante para establecer, en un futuro, posibles estrategias de biodegradación de varios compuestos tóxicos que se encuentran contaminando el medio ambiente.

## REFERENCIAS

ACS. (2020, October 21). *Methods for microplastics, nanoplastics and plastic monomer detection and reporting in human tissues*. American Chemical Society. <https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2020/august/micro-and-nanoplastics-detectable-in-human-tissues.html>

Barboza, L. G. A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A.-K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>

Beltrán-Villavicencio, M., Vazquez, A., Carlos, J., & Zeferino, A. (2016). *Anaerobic digestion of used disposable diapers View project*. <https://www.researchgate.net/publication/329554229Separaciónycaracterizacióndemicro-plásticosenplayasmexicanas>

Bendezu-Bendezu, M. A., & Bendezu-Hernández, C. v. (2021). Efecto de los parámetros fisicoquímicos y biológicos sobre la calidad del agua del río pisco. *South Florida Journal of Development*, 2(4), 5606–5614. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n4-049>

Bollaín-Pastor, C., & Agulló-Vicente, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Rev Esp Salud Pública*, 93, 28–29. [www.msc.es/resp](http://www.msc.es/resp)

Cardiel, M. Á. M., Roque, S. V., Paleo, J. M., Luna, U. Z., & Hernández, J. D. (2022). Diseño y simulación de un molino compacto para polietileno tereftalato. *South Florida Journal of Development*, 3(1), 232–244. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-018>

Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, , Carlos A. (2020). Microplastics: a contaminant that grows in all environmental areas, its characteristics and possible risks to public health from exposure microplásticos. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160–175. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>

Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., Scott, S. L., & Suh, S. (2020). Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494–3511. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06635>

Clark, C. M., Costa, M. S., Sanchez, L. M., & Murphy, B. T. (2018). Coupling MALDI-TOF mass spectrometry protein and specialized metabolite analyses to rapidly discriminate bacterial function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(19), 4981–4986. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801247115>

Cristán-Frías, A., Ize, I., & Gavilán, A. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta Ecológica*, 69, 67–82.

Croxatto, A., Prod'hom, G., & Greub, G. (2012). Applications of MALDI-TOF mass spectrometry in clinical diagnostic microbiology. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(2), 380–407. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00298.x>

Cruz-Salas, A. A., Alvarez-Zeferino, J. C., Martínez-Salvador, C., Enríquez-Rosado, M. del R., Gutiérrez-Ortiz, M. del R., Vázquez-Morillas, A., & Ojeda-Benitez, S. (2020). Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 24(71), 3–21. [http://cienciaymar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/73/ART71\\_1\\_](http://cienciaymar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/73/ART71_1_)

ECHA. (2019). *Annex XV Restriction Report. Proposal for a Restriction*. <https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720>

El-Trochillero. (2005). El día Mundial del Medio Ambiente, #SinContaminaciónPorPlástico. <https://ElTrochillero.Com/Plastico-Recicla-Mexico/>.

Gauthier, M. G. (2008). *Simulation of polymer translocation through small channels: A molecular dynamics study and a new Monte Carlo approach* [Ph. D., University of Ottawa (Canada)]. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008PhDT.....189G/abstract>

Greenpeace. (2019, October 4). *Estudio sobre el impacto de la contaminación por microplásticos en peces de México*. Greenpeace de México. <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/3377/estudio-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-por-microplasticos-en-peces-de-mexico/#:~:text=Estudio%20sobre%20el%20impacto%20de%20la%20contaminaci%20por%20microplásticos%20en%20peces%20de%20México,-Greenpeace%20México%20octubre&text=Anualmente%2013%20millones%20de%20toneladas,más%20de%20700%20especies%20marinas.>

Guerrero-Gómez, C., & Sánchez-Carrillo, C. (2003). *Procedimientos en Microbiología Clínica Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* (E. Cercenado & R. Cantón, Eds.; 1st ed.). SEIMC.

INCyTU. (2019, November). Plásticos en los océanos Ilustración: Eduardo Balderas. *NOTA-INCyTU*, 34. [https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCyTU\\_19-034.pdf](https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCyTU_19-034.pdf)

IPN. (2020, March 15). *Realiza IPN estudios sobre contaminación por microplásticos en playas mexicanas*. Instituto Politécnico Nacional. <https://www.ipn.mx/imageninstitucional/comunicados/ver-comunicado.html?y=2020&n=41>

Larone, D. H. (2018). *Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification* (T. Walsh, T. Randall, & D. Larone, Eds.; 6th ed., Vol. 1). Wiley.

Libera. (2019). *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza*. [https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CAMQw7AJahcKEwjwk-DysOj4AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=https%3A%2F%2Fproyectolibera.org%2Fwp-content%2Fupload%2F2019%2F03%2FImpacto-de-los-pl%25C3%25A1sticos-abandonados\\_LIBERA-def-1.pdf&psig=AOvVaw0KSev2yhFxRR2UDsyAys&ust=1657338418657428](https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CAMQw7AJahcKEwjwk-DysOj4AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=https%3A%2F%2Fproyectolibera.org%2Fwp-content%2Fupload%2F2019%2F03%2FImpacto-de-los-pl%25C3%25A1sticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf&psig=AOvVaw0KSev2yhFxRR2UDsyAys&ust=1657338418657428)

Lim, X. (2021). Microplastics are everywhere — but are they harmful? *Nature*, *593*(7857), 22–25. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01143-3>

López-Casarin, J. (2019, October 30). Reciclaje en México. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/opinion/Reciclaje-en-Mexico-20191030-0001.html>

Negi, H., Gupta, S., Zaidi, M. G. H., & Goel, R. (2011). Studies on biodegradation of LDPE film in the presence of potential bacterial consortia enriched soil. *Biologija*, *57*(4). <https://doi.org/10.6001/biologija.v57i4.1925>

Nowak, B., Pająk, J., Drozd-Bratkowicz, M., & Rymarz, G. (2011). Microorganisms participating in the biodegradation of modified polyethylene films in different soils under laboratory conditions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, *65*(6), 757–767. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.04.007>

Oviaño, M., & Rodríguez-Sánchez, B. (2021). MALDI-TOF mass spectrometry in the 21st century clinical microbiology laboratory. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (English Ed.)*, *39*(4), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.eimce.2020.02.016>

Pabortsava, K., & Lampitt, R. S. (2020). High concentrations of plastic hidden beneath the surface of the Atlantic Ocean. *Nature Communications*, *11*(1), 4073. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17932-9>

Priyanka, N., & Archana, T. (2011). Biodegradability of Polythene and Plastic By The Help of Microorganism: A Way for Brighter Future. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, *01*(02). <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000111>

Ramírez Hernández, A., Contreras, O. C., Acevedo, J. C., Guadalupe, L., & Navarro-Moreno, L. G. (2013). Poly ( $\epsilon$ -caprolactone) Degradation under Acidic and Alkaline Conditions. *American Journal of Polymer Science*, *2013*(4), 70–75. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20130304.02>

Ramírez-Duran, N., Serrano, R. J. A., & Sandoval-Trujillo, H. (2006). Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, *37*(3), 56–71. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937307>

Ramírez-Hernández, A., Navarro-Moreno, L. G., & Conde-Acevedo, J. (2010). El polietileno. Síntesis y degradación. *Revista Colombiana de Química*, *39*, 321–331. <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309026685002.pdf>

Ramírez-Hernández, A., Navarro-Moreno, L. G., & Degradación, Y. (1995). El polietileno. Síntesis y degradación. *ALEPH-ZERO*, *57*. <http://www.comprendamos.org/alephzero/57/polietileno.html>

Rhodes, C. J. (2018). Plastic Pollution and Potential Solutions. *Science Progress*, 101(3), 207–260. <https://doi.org/10.3184/003685018X15294876706211>

Rivera-Garibay, O. O., Álvarez-Filip Lorenzo, Rivas Miguel, G.-R. O., Pérez-Cervantes Esmeralda, & Estrada-Saldívar Nu. (2020). *Impacto-de-la-contaminacion-por-plastico*. <https://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>

Rojo-Nieto Elisa, & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global* (Ecologistas en Acción, Ed.; 1st ed., Vol. 1).

Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74(12), 5463–5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>

Santillán, M. L. (2018). Una vida de plástico. *Ciencia UNAM*. <https://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>

Sikkema-Raddatz, B., Johansson, L. F., de Boer, E. N., Almomani, R., Boven, L. G., van den Berg, M. P., van Spaendonck-Zwarts, K. Y., van Tintelen, J. P., Sijmons, R. H., Jongbloed, J. D. H., & Sinke, R. J. (2013). Targeted Next-Generation Sequencing can Replace Sanger Sequencing in Clinical Diagnostics. *Human Mutation*, 34(7), 1035–1042. <https://doi.org/10.1002/humu.22332>

Velásquez Emiliani, A. V., Quintero De La Hoz, M., Jiménez Vergara, E. Y., Blandón García, L. M., & Gómez León, J. (2018). Microorganismos marinos extremófilos con potencial en bioprospección. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 7(2), 9–43. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n2.67360>

Volke-Sepúlveda, T., Saucedo-Castañeda, G., Gutiérrez-Rojas, M., Manzur, A., & Favela-Torres, E. (2002). Thermally treated low density polyethylene biodegradation by *Penicillium pinophilum* and *Aspergillus niger*. *Journal of Applied Polymer Science*, 83(2), 305–314. <https://doi.org/10.1002/app.2245>

WHO. (2019, August 22). *WHO calls for more research into microplastics and a crackdown on plastic pollution*. World Health Organization. [https://www.who.int/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution#:~:text=The%20World%20Health%20Organization%20\(WHO,to%20microplastics%20in%20drinking-water](https://www.who.int/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution#:~:text=The%20World%20Health%20Organization%20(WHO,to%20microplastics%20in%20drinking-water)

WWF. (2019). *Solving Plastic Pollution through accountability*. [www.panda.org](http://www.panda.org)

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Aloe Barbadosis* Miller 33, 34, 35, 36, 52, 53

### C

Carga microbiana 22, 33, 35, 42

Cirugía 2, 1, 2, 3, 4, 5, 8

Consortios microbianos 9

Contaminación plástica 9

### D

Desinfección de aguas 21, 24, 25

### E

Extracto vegetal 21

### H

Hidrolizados de pet 9

### L

*Listeria monocytogenes* 33, 34, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 52, 53, 54, 55

### M

Microplásticos 9, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20

### P

Perioperatório 1, 2, 4, 7, 8

Plásticos 9, 10, 11, 12, 15, 17, 18, 20

### R

Reciclado de plásticos 9

Revascularização do miocárdio 2, 1, 2, 4

Revisión bibliográfica 21, 24

### S

Subproductos de desinfección 21, 22, 24

### T

Terapia nutricional 1, 3, 8

 [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)

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN  
**CIENCIAS  
BIOLÓGICAS**  
3

  
Ano 2022

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

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

 @atenaeditora

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

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS  
3