

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. Cirêno de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof^o Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^o Dr^a 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^o Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^o Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^o Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^o Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^o Dr^a 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^o Dr^a 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^o Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^o Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^o Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof^o Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^o Dr^a 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^o Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^o Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^o Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^o Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^o Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a 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

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

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

CAPÍTULO 1	1
ACOMPANHAMENTO NUTRICIONAL DE PACIENTE HOSPITALIZADO PARA CIRURGIA DE REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA	
Xênia Maia Xenofonte Martins	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227071	
CAPÍTULO 2	9
ADAPTACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE CONSORCIOS FÚNGICOS EN DEGRADADOS DE POLIETILENTEREFTALATO (PET)	
Leticia Guadalupe Navarro Moreno	
Andrea Rangel Cordero	
Círculo Nolasco Hipólito	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227072	
CAPÍTULO 3	21
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227073	
CAPÍTULO 4	33
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.6512227074	
SOBRE A ORGANIZADORA	56
ÍNDICE REMISSIVO	57

CAPÍTULO 1

ACOMPANHAMENTO NUTRICIONAL DE PACIENTE HOSPITALIZADO PARA CIRURGIA DE REVASCULARIZAÇÃO DO MIOCÁRDIO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Data de aceite: 04/07/2022

Xênia Maia Xenofonte Martins

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Fortaleza- Ceará

<http://lattes.cnpq.br/5416904684639353>

RESUMO: A cirurgia de revascularização do miocárdio é um procedimento cirúrgico que compreende realizar um “by-pass” coronariano com o objetivo de reestabelecer a perfusão miocárdica ventricular na área afetada, em geral, pela doença aterosclerótica obstrutiva. Em detrimento à revascularização endovascular, realizada por cateterismo cardíaco, a revascularização cirúrgica é de maior risco e por vezes a única indicação no tratamento da doença coronariana. A terapia nutricional é componente fundamental no acompanhamento perioperatório de pacientes submetidos a processo cirúrgico visto que contribui para restaurar as condições mínimas a fim de garantir os processos de coagulação, inflamação, combate à infecção e cicatrização do trauma. Este trabalho objetiva demonstrar a importância do acompanhamento nutricional em pacientes submetidos à revascularização do miocárdio e os conceitos fundamentais durante o perioperatório. Trata-se de relato de caso de um paciente de 59 anos, sexo masculino, internado para ser submetido à cirurgia de revascularização do miocárdio aberta, com risco nutricional e diagnóstico nutricional de desnutrição leve. Foi possível observar que o paciente não teve perda de peso, aderiu com

facilidade à terapia nutricional e às intervenções realizadas no tratamento. O acompanhamento nutricional perioperatório em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio é de extrema importância e pode oferecer repercussões positivas no desfecho clínico.

PALAVRAS-CHAVE: Cirurgia. Terapia nutricional. Revascularização do miocárdio.

NUTRITIONAL FOLLOW-UP OF PATIENT HOSPITALIZED FOR MYOCARDIAL REVASCULARIZATION SURGERY: AN EXPERIENCE REPORT

ABSTRACT: Myocardial revascularization surgery is a surgical procedure that involves performing a coronary “by-pass” with the objective of reestablishing ventricular myocardial perfusion in the area affected, in general, by obstructive atherosclerotic disease. To the detriment of endovascular revascularization, performed by cardiac catheterization, surgical revascularization is of greater risk and sometimes the only indication in the treatment of coronary disease. Nutritional therapy is a fundamental component in the perioperative follow-up of patients undergoing a surgical process, as it contributes to restoring the minimum conditions in order to guarantee the processes of coagulation, inflammation, fight against infection and trauma healing. This study aims to demonstrate the importance of nutritional monitoring in patients undergoing myocardial revascularization and the fundamental concepts during the perioperative period. This is a case report of a 59-year-old male patient, hospitalized to undergo open myocardial revascularization

surgery, with nutritional risk and a nutritional diagnosis of mild malnutrition. It was possible to observe that the patient did not lose weight, easily adhered to nutritional therapy and to the interventions performed in the treatment. Perioperative nutritional monitoring in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery is extremely important and can have positive repercussions on the clinical outcome.

KEYWORDS: Surgery. Nutritional therapy. Revascularization of the myocardium.

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCV) representam a principal causa de morbimortalidade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, perfazendo 30% das mortes globais, segundo dados da organização Mundial de Saúde (OMS). Taxa semelhante é encontrada no Brasil (31,2%), onde as DCV aparecem em primeiro lugar entre as causas de morte (SBC, 2018).

A aterosclerose é uma condição inflamatória sistêmica que, apesar de apresentar múltiplos fatores envolvidos em sua fisiopatologia, requer uma condição primordial para ser estabelecida: a disfunção endotelial. É justamente a lesão do endotélio provocada pelos fatores de riscos cardiovasculares que inicia a cascata de formação da placa aterosclerótica. Dentro deste grupo de fatores muitos ainda são desconhecidos, mas outros como a hipertensão arterial, o diabetes e a dislipidemia são sabidamente relacionados ao processo e assim podem ser controlados (SBC, 2017).

O aumento da permeabilidade endotelial resulta no acúmulo de lipoproteínas como LDL, VLDL, IDL e quilomícrons na parede arterial onde tornam-se imunogênicos após sofrerem oxidação. A continuidade do processo inflamatório estimula a migração de células musculares lisas para o subendotélio e passam a produzir componentes de matriz extracelular, resultando na formação de uma capa fibrosa com formação de trombo que obstrui o fluxo sanguíneo para os tecidos (SBC, 2017).

A cirurgia de revascularização do miocárdio é um procedimento cirúrgico que compreende realizar um “by-pass” coronariano com o objetivo de reestabelecer a perfusão miocárdica ventricular na área afetada, em geral, pela doença aterosclerótica obstrutiva. Em detrimento à revascularização endovascular, realizada por cateterismo cardíaco, a revascularização cirúrgica é de maior risco e por vezes a única indicação no tratamento da doença coronariana. Embora raramente exista a realização de sua versão por toracoscopia (endoscópica), em geral é realizada de forma aberta, com toracotomia ampla e, assim, é definida de grande porte, e, portanto, de alto risco perioperatório (SBC, 2018).

A importância do suporte nutricional nas cirurgias de alto risco é bem descrita na literatura na redução do risco perioperatório, determinando o acompanhamento nutricional desta cirurgia como essencial. A avaliação do estado nutricional em pacientes antes da cirurgia cardíaca é bastante desafiadora, pois muitas informações que podem ser de grande importância no período pré-operatório nem sempre são obtidas. Além de indicadores

bioquímicos e antropométricos relevantes que são capazes de indicar ou identificar um estado nutricional comprometido, outros dados importantes podem ser adquiridos a partir de uma anamnese adequada, incluindo perda de peso recente, força ou resistência diminuída, falta de apetite, alergias alimentares e a digestão alterada, o que pode levar a complicações nas cirurgias cardiotorácicas e nos cuidados do pós-operatório (GLORIMAR et al, 2017).

A terapia nutricional tem por objetivo fornecer as necessidades adequadas de macro e micronutrientes de um indivíduo. Quando isto não ocorre, o organismo utiliza as suas reservas, como o tecido muscular, o que aumenta o risco de desnutrição. Em contrapartida, o excesso de aporte aos nutrientes pode sobrecarregar órgãos e sistemas, o que também pode ser prejudicial ao organismo. Assim, de forma geral, em pacientes cirúrgicos, o objetivo no pré-operatório é fornecer energia na quantidade necessária para restaurar as condições mínimas a fim de garantir os processos de coagulação, inflamação, combate à infecção e cicatrização do trauma (CUPPARI et al, 2019).

No período pré-operatório, o ideal é evitar jejum prolongado. A ingestão ou infusão de uma solução de carboidrato 2 a 3 horas antes de uma cirurgia pode ser benéfica para prevenir a resistência à insulina e perda de nitrogênio. A oferta de carboidratos em pacientes submetidos a cirurgia cardíaca também pode melhorar o controle glicêmico nas primeiras 6 horas de recuperação na UTI e diminuir o tempo de internação hospitalar e permanência na UTI. A Diretriz ACERTO (2017), recomenda, para aqueles que não tem risco de aspiração, o jejum de 2 horas para líquidos claros contendo carboidratos e de 6 a 8 horas para sólidos.

As recomendações de proteínas em pacientes submetidos à cirurgia cardiotorácica criticamente doentes, são elevadas e devem ser ajustadas com base na insuficiência renal e hepática. A oferta de proteína é de aproximadamente 1,5 -2,0 g/kg/dia de peso corporal ideal se o IMC for maior que 30kg/m² e 1,5 a 2,0g/kg/dia de peso corporal usual, se o IMC for menor ou igual a 25kg/m² (ACERTO, 2017).

Vitaminas e minerais como a vitamina D, cálcio, magnésio, zinco e selênio podem ser utilizados para um suporte nutricional adequado nos pacientes com doença cardíaca grave, como o objetivo de melhorar a função cardíaca. Nutrientes imunomoduladores específicos também tem mostrado efeitos benéficos nesta população. O uso de um suplemento nutricional oral contendo ácidos graxos poli-insaturados da série w-3, arginina e nucleotídeos associados a uma dieta hospitalar durante 5 dias consecutivos antes da cirurgia cardiotorácica pode prevenir respostas inflamatórias e trombóticas na fase inicial após a cirurgia cardíaca e, assim, diminuir a incidência de complicações (ACERTO, 2017).

O início da alimentação por via oral ou enteral é recomendado logo após a cirurgia cardíaca. Quando não ocorrem intercorrências, a alimentação por via oral é indicada e iniciada no período de 6 horas após a extubação, começando com dieta líquida e evoluindo até a consistência normal. A alimentação deve ser adaptada à tolerância individual (distensão, náusea, vômitos etc.), com o objetivo de cobrir 80% do gasto energético total

dentro dos primeiros 3 dias (BRASPEN, 2018).

Quando ocorrem complicações e os pacientes necessitam de suporte ventilatório, a nutrição enteral é indicada. Esta concede benefícios bem conhecidos como prevenção de atrofia da mucosa, mantendo o equilíbrio ideal da microbiota intestinal, diminuindo as complicações infecciosas, melhorando a perfusão esplâncnica e, possivelmente, reduzindo o tempo de internação. A fórmula a ser escolhida pela equipe de suporte nutricional deve levar em consideração o funcionamento do trato gastrointestinal, as funções renal, cardíaca e hepática (BRASPEN, 2016).

Com isso, este trabalho objetiva demonstrar a importância do acompanhamento nutricional em pacientes submetidos à revascularização do miocárdio e dos conceitos fundamentais citados, durante o período perioperatório de um relato de caso.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caso de um acompanhamento nutricional realizado com um paciente internado em um hospital de Fortaleza, Ceará, no período entre 08 e 29 de janeiro de 2020.

F.A.N. 59 anos, casado, natural de Baturité, procedente de Fortaleza, evangélico, comerciante, deu entrada no hospital em 08 de janeiro de 2020 através da emergência com quadro de dor torácica em região precordial com irradiação ao ombro. Após exames bioquímicos e cateterismo, foi evidenciada lesão obstrutiva com indicação cirúrgica de revascularização do miocárdio.

Relata que em outubro de 2018 sofreu um infarto agudo do miocárdio e buscou assistência médica no qual tomou medicações e voltou a sua rotina diária. Nega ser portador de Diabete Melito e toma medicação para Hipertensão Arterial Sistêmica, a qual é controlada e estável. Na infância teve catapora e sarampo, relata ter realizado cirurgia de hérnia inguinal há aproximadamente 20 anos. Ex etilista (parou há 18 anos) e ex tabagista (cessou há 30 anos, 2 cartelas de cigarro ao dia). Mãe falecida por infarto agudo do miocárdio aos 62 anos, pai falecido após um acidente vascular cerebral (AVC) aos 75 anos. Reside em casa própria e refere bom convívio familiar com a esposa e o filho.

Ao exame antropométrico foi constatado peso atual de 52 kg, estatura de 1,59 cm com IMC de 20,6kg/m², classificado como eutrófico. Altura do joelho (AJ) 48cm, circunferência da panturrilha (CP) 30 cm, peso habitual (PH) 57cm, circunferência de cintura (CC) 81cm, circunferência do braço (CB) 26 cm, CB (p50) 32,3 com % CB 80,49% classificado como desnutrição leve.

Ao exame físico, paciente com nível de consciência normal, deambulando, cooperativo, eupneico, afebril, ausência de edemas em membros inferiores ou superiores, olhos, cabelos e unhas normais e sem sinais de desidratação, leve atrofia da musculatura bitemporal e perda da bola gordurosa de Bichat.

Ao consumo alimentar, paciente estava em dieta branda hipossódica com 1.950,09 kcal/dia e relatou aceitação de 100% em todas as refeições. Em casa, referiu realizar 3 refeições ao dia (café da manhã, almoço e jantar) e tem o hábito de beliscar frutas e salgados durante a tarde. Tem preferência por carnes assadas e picanha, não come banana durante o turno da tarde devido a tabu alimentar. Gosta de suco de goiaba e usa açúcar demerara na sua rotina. Utiliza o sal rosa e 1kg deste, demora 2 meses para acabar em sua casa, assim como 1L de óleo de soja.

Aos exames bioquímicos antes da cirurgia (15/04) encontrou-se o seguinte resultado: Hemácias (4,3mil/mm³) indicando leve anemia segundo valores de referência de 4,5 a 6,5 mil/mm³, Hemoglobina (13,6g/dL) dentro dos valores de 13,5 a 18 g/dL, Hematócritos (39,7%) abaixo da referência de 40 a 54%, Proteína C Reativa (PCR) de 48mg/L enquanto a referência é menor que 6mg/L.

Dessa forma, o diagnóstico nutricional global é que o paciente se encontra em risco nutricional, de acordo com a NRS 2002, com desnutrição calórico proteica leve segundo os parâmetros da CB e da CP. Com sinais leves de desnutrição ao exame físico evidenciados pelo sinal da asa quebrada. O consumo alimentar, no período hospitalar, está adequado às suas necessidades energéticas e aos exames bioquímicos demonstrou leve anemia normocítica e normocrômica e processo inflamatório evidenciado pelo aumento da PCR.

As necessidades nutricionais do referido paciente foram realizadas através da triagem nutricional NRS 2002 em 17/01/2020 com fórmula para ganho de peso, 35kcal/kg ao dia, totalizando 1.820 kcal/dia. Durante o acompanhamento nutricional pré e pós-operatório, foram realizadas visitas diárias ao leito para registro sobre a aceitação da dieta, função intestinal, ingesta de líquidos e orientação alimentares na cardiopatia. Paciente referia que estava se alimentando de tudo que era oferecido nas 6 refeições, evacuação diária, diurese espontânea e ingestão de 2L de líquidos diariamente.

Os objetivos dietoterápicos são fornecer energia e nutrientes nas quantidades necessárias para restaurar as condições que garantam melhoria nos processos de coagulação, inflamação, combate à infecção e cicatrização. Além disso, diminuir risco de complicações pós-operatórias e tempo de internação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A respeito do acompanhamento nutricional, este ocorreu no período de 17 a 29 de janeiro de 2020. O estado clínico do paciente bem como a prescrição médica da dieta foi monitorado diariamente. O gráfico abaixo demonstra, do período pré-operatório, as necessidades individuais e o que foi de fato consumido pelo paciente.

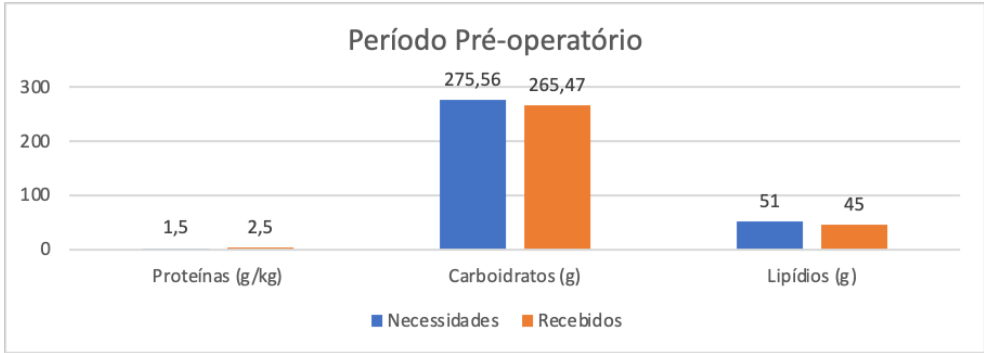


Gráfico 1- Período pré-operatório das necessidades nutricionais e ingerido

Quanto às necessidades energéticas, foi utilizado fator atividade 1,3 e fator injúria 1,2 com a equação de Harris Benedict (1919) totalizando 1.837,1 kcal. Ressalta-se que durante este período pré-operatório o paciente recebeu 2.009 kcal diariamente, estando um pouco acima de suas necessidades.

A tabela abaixo demonstra a evolução de energia do período pós-operatório (PO) no qual o paciente teve 100% de aceitação. Ressalta-se que a primeira alimentação aconteceu em menos de 24h.

	Líquida Restrita 1 PO	Líquida 2 PO	Pastosa 3 PO	Branda 4 PO
Kcal	319,66	515	1.165,54	1.876,33

Tabela 1 – Evolução do consumo energético através da alimentação durante o pós-operatório

De acordo com BRASPEN (2018) Há farta documentação na literatura sobre a segurança de se realimentar precocemente (em até 24h) pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos eletivos, estes demonstraram diminuição de complicações infecciosas e do tempo de internação. A via oral deve ser a primeira opção para a realimentação precoce, mesmo após procedimentos de grande porte. A tendência atual no pós-operatório é evitar o jejum prolongado e abandonar a evolução clássica da dieta via oral de líquida para pastosa e finalmente sólida e permitir uma dieta oral precoce de acordo com a vontade do paciente.

O gráfico abaixo demonstra a evolução de macronutrientes durante o período pós-operatório, no qual inicia com dieta líquida restrita, líquida, pastosa e branda, respectivamente. Paciente teve boa adesão e adaptou-se. Ressalta-se que o paciente retornou à dieta branda (a mesma que iniciou o tratamento hospitalar) em apenas 4 dias. Esta última encontra-se adequada às suas necessidades nutricionais.

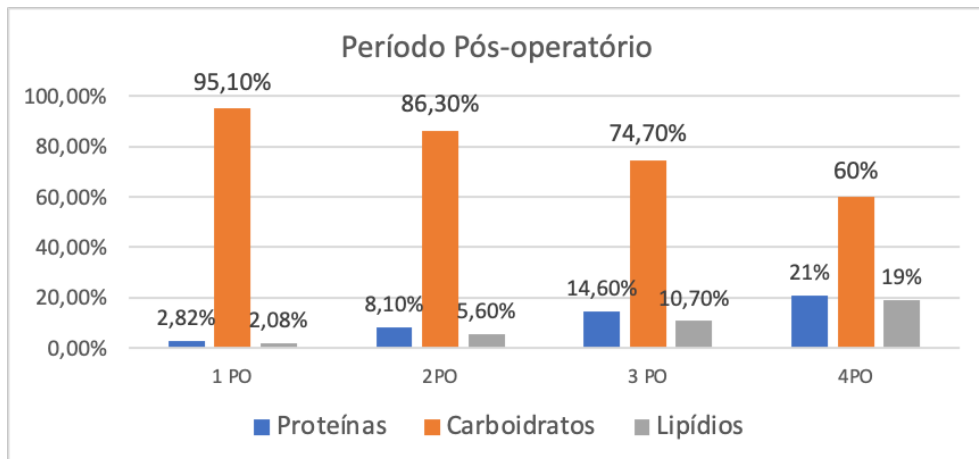


Gráfico 2- Período pós-operatório da ingestão dos macronutrientes

Houve uma baixa oferta de micronutrientes na alimentação durante, principalmente, o período pós-operatório imediato, conforme mostra a Tabela 2. Assim foi prescrito o suplemento hipercalórico, hiperproteico e rico em imunonutrientes a fim de contribuir na recuperação do estado nutricional.

MICRONUTRIENTES	Necessidades	Pré-Operatório	1 PO	2 PO	3PO	4PO
Ca	1.000 a 1.200	513,95	55,4	110,3	574,16	513,95
P	Até 3.000	1438,7	78,12	436,3	727,88	1438,7
Fe	Até 45	6,46	0,41	4,76	12,97	6,46
A	500	537,9	0	189	314,01	537,9
B1	1,1	0,83	0,24	0,78	1,31	0,83
B2	1,2	0,9	0	0,23	1,31	0,9
Niacina	Até 35	21,02	0	0,56	22,37	21,02
C	até 2.000	402,68	0	123	366,23	402,68
Fibras	20 a 30	14,55	8,69	7,3	4,35	14,55
Colesterol	Menor q 300 mg/dia	429,54	0	0	190,16	429,54
G. SAT	menor q 6% do VET	15,37	0,3	0,5	16,37	15,37
G. MONO	5 a 15% do VET	15,22	0	0	14,08	15,22
G. POLI	Completar de forma indiv.	8,17	0	0	2,99	8,17
NA	1.600	1332,18	11,26	89	100,57	1332,18
K	Até 4.700	2114,75	859,08	987	1360,91	2114,75

Tabela 2 – Monitoramento dos micronutrientes no perioperatório

Por fim, importante destacar que o paciente não teve perda de peso significativa durante todo o processo de internação hospital, o que demonstra que a terapia nutricional teve contribuição relevante no período perioperatório.

CONCLUSÃO

É de grande importância a terapia nutricional em pacientes cirúrgicos, no período perioperatório seja de médio ou grande porte. O uso de estratégias nutricionais incluindo a prescrição de suplementos orais no pós-operatório e após a alta de pacientes submetidos a operação de grande porte pode prevenir complicações e diminuir as probabilidades de complicações e de re-internações.

REFERÊNCIAS

BEAMISH, A. J. et al., **Role of preoperative carbohydrate loading: a systematic review** Received 11 February 2015.

CUPPARI, L. et. al., **Nutrição clínica no adulto**. 4ed. São Paulo: Ed. Manole, 2019. 601p.

Diretriz Brasileira de Terapia Nutricional no Paciente Grave **BRASPEN J** 2018; 33 (Supl 1):2-36.

Diretriz ACERTO de intervenções nutricionais no perioperatório em cirurgia geral eletiva. **Rev Col Bras Cir** 2017.

GLORIMAR, R. et al., **Nutrição nas doenças cardiovasculares: baseada em evidências**. 1 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2017.

MAHAN, L.K.; RAYMOND, J.L.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause Alimentos, Nutrição & Dietoterapia**. Rio de Janeiro: Elsevier: 2013, 1228p.

Sociedade Brasileira de Cardiologia. VII Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.107, n.3, supl. 3, 2016.

Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica e Aguda. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2018.

Sociedade Brasileira de Cardiologia. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e prevenção da Aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.109, n 2, supl. 1 2017.

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 POLIETILENTEREFTALATO (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 | 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 micelial 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

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_
- 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%C3%B3n%20por%20micropl%C3%A1sticos%20en%20peces%20de%20M%C3%A9xico,-Greenpeace%20M%C3%A9xico%20octubre&text=Anualmente%2013%20millones%20de%20toneladas,m%C3%A1s%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

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

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 (ϵ -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

APROVECHAMIENTO DE EXTRACTOS DE ESPECIES VEGETALES PARA LA DESINFECCIÓN DE AGUAS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN LA REDUCCIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN (SPD)

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 26/05/2022

Javier Andrés Esteban-Muñoz

Universidad Pedagógica Nacional, Universidad
Nacional de Colombia, Departamento de
Química/Farmacia
Bogotá D.C., Colombia
<https://orcid.org/0000-0003-1158-4091>

Dora Luz Gómez-Aguilar

Universidad Pedagógica Nacional,
Departamento de Química
Bogotá D.C., Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-5722-9063>

RESUMEN: la presente investigación (de corte cualitativo y alcance exploratorio-descriptivo) expone los resultados encontrados en una mini-revisión bibliográfica sobre artículos científicos y tesis de maestría realizada en el periodo de 2009 a 2020; lo anterior, a nivel local, nacional e internacional en bases de datos y repositorios institucionales empleando palabras claves y/o tesauros en idiomas español e inglés. Con respecto a los resultados y conclusiones, se encontraron ocho manuscritos y una tesis de maestría; donde se investigaron extractos de 21 especies vegetales obtenidos con métodos de extracción soxhlet, arrastre con vapor, maceración, decocción e hidrodestilación haciendo uso de solventes, en su gran mayoría, de naturaleza orgánica. El porcentaje de remoción/actividad microbiana de nueve

organismos patógenos evaluados mostró valores superiores al 90% en aguas sintéticas.

PALABRAS CLAVE: Agua, desinfección, extracto vegetal, revisión bibliográfica, subproductos de desinfección (SPD).

USE OF PLANT EXTRACTS FOR WATER DISINFECTION AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN THE REDUCTION OF DISINFECTION BY-PRODUCTS (DBPS)

ABSTRACT: the present research (of qualitative cut and exploratory-descriptive scope) exposes the results found in a mini bibliographic review of scientific articles and master's theses carried out in the period from 2009 to 2020; the above, at local, national and international level in databases and institutional repositories using keywords and/or thesauri in Spanish and English languages. With respect to the results and conclusions, eight manuscripts and one master's thesis were found; where extracts of 21 plant species obtained with soxhlet extraction methods, steam extraction, maceration, decoction and hydrodistillation using solvents, mostly organic in nature, were investigated. The percentage of microbial removal/activity of nine pathogenic organisms evaluated showed values higher than 90% in synthetic waters.

KEYWORDS: Bibliographic review, disinfection, disinfection by-products (DBPs), plant extract, water.

1 | INTRODUCCIÓN

La desinfección es una etapa relevante en el tratamiento de las aguas de consumo en el cual su importancia es garantizar la seguridad y calidad del suministro de éstas en la población. Por esta razón, en esta se busca reducir la carga microbiana que generan enfermedades de tipo gastrointestinal como: diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielititis, produciendo morbilidad y/o mortalidad en las personas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019). A nivel mundial existen todavía 2000 millones de personas que emplean aguas de consumo contaminada con heces provenientes de humanos y/o animales (incluidas las de aves) en el cual están presentes microorganismos (bacterias, virus, protozoos y helmintos) (OMS, 2018).

Desafortunadamente, las sustancias químicas empleadas para reducir los microorganismos ocasionan, en la mayoría de los casos, los subproductos de desinfección (SPD); los cuales a largo plazo presentan un riesgo alto para la población. Entre los agentes físicos y químicos empleados para la desinfección primaria se encuentran los productos de cloro (cloro gaseoso (Cl_2), hipocloritos (ClO^-), dióxido de cloro (ClO_2)), ozono (O_3) y radiación ultravioleta. Los SPD generados son trihalometanos (THM) como cloroformo (CHCl_3), bromoformo (CHBr_3), dibromoclorometano (Br_2CHCl), bromodichlorometano (BrCHCl_2); ácidos halo-acéticos (AHA), halo-acetonitrilos (HAN), formaldehído, cloro fenoles y cloritos (OMS, 2018).

Adicionalmente, este tipo de sustancias conforman uno de los diez compuestos clasificados como contaminantes orgánicos emergentes (COEs); los cuales se definen como micro contaminantes -compuestos de naturaleza orgánica-, que se bio-acumulan. No existe una normatividad específica para su regulación y no se eliminan fácilmente en plantas de tratamiento de aguas residuales pues necesitan de tratamientos avanzados (Barcelo, 2003).

Por otro lado, el uso de organismos vegetales están relacionados con el tratamiento y/o cura de diversas enfermedades humanas, así como la depuración de aguas (potables y/o residuales); debido a que poseen bioactivos/fitobióticos/fitoquímicos constituyentes tales como compuestos polifenólicos, antioxidantes naturales, taninos, alcaloides, flavonoles, quinonas, saponinas, etc., los cuales pueden intervenir en los procesos biológicos-metabólicos, transducción del material genético y el crecimiento de los microorganismos patógenos (Ardila *et al.*, 2009; Mohamed y Ashour, 2019; Adeeyo *et al.*, 2021).

Algunos síntomas asociados a los microorganismos patógenos se relacionan en la Tabla 1:

Según la Figura 1, las palabras (traducidas al español) más mencionadas en los trabajos investigativos así como sus diversos vínculos están relacionados con: artículo, desinfección, agua potable, agua subterránea, agua residual, subproductos de desinfección (*DBPs, por sus siglas en inglés*), contaminantes emergentes, ácidos halo-acéticos, trihalometanos, cloroformo, cloro-aminación, bacterias, *E. Coli*, *Salmonella*, plantas medicinales, hojas de planta, actividad antibacterial, semillas de planta, bactericidas.

El tamaño de los nodos circulares permite inferir la predominancia del término ilustrado en dicha Figura; por ende, se podría decir que durante el periodo indagado se han ido paulatinamente reportado artículos relacionados con la desinfección en aguas (potable y/o residual) usando algunos extractos vegetales; esto, haciendo uso de hojas o semillas de plantas para remover microorganismos como los anteriormente indicados.

Dado lo anterior, en la presente investigación se muestran los resultados de una mini-revisión documental (artículos y tesis de maestría) en el periodo de 2009 a 2020; lo anterior, en el aprovechamiento de extractos de especies vegetales como alternativas sostenibles en la desinfección de aguas para reducir los SPD.

Por tanto, las preguntas orientadoras que guiaron el trabajo estuvieron relacionadas con:

- a) La tendencia investigativa en el periodo de 2009 a 2020 en cuanto al aprovechamiento de extractos vegetales en el proceso de desinfección de las aguas; esto, a nivel local, nacional e internacional.
- b) Las especies vegetales que hasta la fecha de la revisión han sido investigadas; así como los métodos de extracción sólido-líquido, la composición química de los extractos obtenidos y su eficiencia en remoción de los contaminantes microbiológicos evaluados.
- c) Vacíos y futuras investigaciones bajo la perspectiva en lo tocante de este trabajo.

Cabe añadir que, la novedad de este trabajo consistió en seguir complementando y actualizando revisiones de literatura sistemáticas realizadas por investigadores como Adeeyo *et al.* (2021); dado que, aún permanecen vacíos en cuanto a investigaciones relacionadas con extractos o aceites esenciales vegetales destinados al uso en la etapa de desinfección de aguas para reducir, en la medida de los posible, el uso de agentes fisicoquímicos que producen los SPD. Dicho aspecto es una oportunidad para futuros interesados en desarrollar trabajos bajo esta perspectiva, puesto que este tipo de tecnología es amigable con el ambiente, de bajo costo, y en la gran mayoría de casos, fácil acceso (Adeeyo *et al.*, 2021).

2 | METODOLOGÍA

La investigación fue de corte cualitativo de alcance exploratorio-descriptivo (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014) en la cual se realizó una mini-revisión bibliográfica

(artículos, tesis de maestría). Lo anterior, a nivel local, nacional e internacional en el periodo de tiempo 2009 a 2020. Esto implicó el uso de palabras claves y/o tesauros (por ejemplo, desinfección, especie vegetal, extracto de planta/hierba medicinal, etc.), así como la construcción de ecuaciones de búsqueda empleando conectores booleanos AND, OR y NOT; todo lo anterior, en idiomas español e inglés.

Posteriormente, se consultaron fuentes de información como bases de datos (Scopus, Web of Science –WoS-, Pubmed, Redalyc, Scielo, Google Scholar, ERIC), repositorios institucionales. Acerca de la selección de los productos investigativos hallados, se tuvieron en cuenta los relacionados con el tema objeto de este trabajo, que estuvieran al alcance de los investigadores así como documentos legibles.

Por otro lado, con la información seleccionada se realizó un análisis de contenido haciendo uso del software NVivo 12 Plus; donde las categorías de análisis fueron las especificaciones de los productos investigativos, especie vegetal investigada, tipo de agua, agente microbiológico removido, método de extracción sólido-líquido, composición química del extracto obtenido y % eficiencia/actividad antimicrobiana.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la mini-revisión documental realizada en el periodo de 2009 a 2020 en las fuentes de información indicadas en el apartado metodológico se encontraron y seleccionaron ocho artículos y una tesis de maestría. Las especificaciones de estos productos investigativos se ilustraron en la Tabla 2.

De acuerdo a la Tabla 2, se consolidaron y divulgaron trabajos -en su orden de predominancia- artículos (88,9%) > tesis maestría (11,1%); productos provenientes de lugares como: Camerún, Colombia, India, Kenia, Marruecos, Nigeria, Reino Unido, Upsala, siendo los años 2009, 2015 y 2020 los de mayor divulgación (22,2% cada uno). Esto permitiría inferir que posiblemente se encuentra un vacío de trabajos en las modalidades de formación pos gradual cuyas líneas investigativas estén relacionadas con el tratamiento de aguas en general, y la desinfección usando tecnologías limpias (extractos vegetales) en particular; esto, en lugares como el caso de Colombia.

En cuanto a las especies vegetales, los microorganismos removidos, el tipo de agua; así como los métodos de extracción sólido-líquido, composición química de los extractos y % eficiencia de remoción se detallaron en la Tabla 3.

De acuerdo a los resultados detallados en la Tabla 3, los extractos investigados junto a su porcentaje de aparición en cuanto a su potencialidad para ser aplicados en la etapa de desinfección de aguas fueron obtenidos de: 3,3% para ajo, cilantro, clavo de olor, anjan, mutha, ushir, goma arábica, hoja de diamante, plumbago, mirto, timo, higuera, toronjil, granada y naranja; 6,67% para orégano, tomillo, rajkashtaka, sábila y eucalipto; árbol de acacia con 13,3%. Donde, la familia botánica *Lamiaceae* fue la más investigada (20%),

seguida de *Myrtaceae* (12%) y por último *Cucurbitáceas* (8%).

Año	Autor (es)	Tipo de producto investigativo	Título	Lugar	Revista/ repositorio institucional	Ref.
2009	Martha I. Ardila Q.; Andrés F. Vargas; Jorge E. Pérez C.; Luis F. Mejía G.	Artículo	ENSAYO PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE <i>Allium sativum</i> , <i>Coriandrum sativum</i> , <i>Eugenia Caryophyllata</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> Y <i>Thymus vulgaris</i> FRENTE A <i>Clostridium perfringens</i>	Colombia	Biosalud	[a]
2009	Ameer Shaheed, Michael R. Templeton, Robert L. Matthews, Sabitri K. Tripathi, Kiran Bhattarai	Artículo	Disinfection of waterborne coliform bacteria using <i>Luffa cylindrica</i> fruit and seed extracts	Reino Unido / Nepal	Environmental Technology	[b]
2012	Sunil B. Somani, Nitin Ingole	Artículo	Formulation of kinetic model to predict disinfection of water by using natural herbs	India	International Journal of Environmental Sciences	[c]
2015	J. K. Kirui, K. Kotut, P. O. Okemo	Artículo	Efficacy of aqueous plant extract in disinfecting water of different physicochemical properties	Kenia	Journal of Water and Health	[d]
2015	Nikos Spentzouris	Tesis de maestría	Comparative study on disinfection efficacy of <i>Thymus Vulgaris</i> and <i>Aloe Vera</i> extracts with commercial disinfectants, on bacteria isolated in nosocomial environment	Upsala	Swedish University of Agricultural Sciences	[e]
2017	H. Douhri, I. Raissouni, N. Amajoud, O. Belmehdi, M. Benchakhtir, S. Tazi, J. Abrini, B. Douhri	Artículo	Antibacterial effect of ethanolic extracts of Moroccan plant against <i>Escherichia coli</i>	Marruecos	Journal of Materials and Environmental Sciences	[f]
2018	Tamsa Arfao Antoine, Lontsi Djimeli Chretien, Noah Ewoti Olive Vivien, Moussa Djaouda, Yaouba Aoudou, Tchikoua Roger, Nola Moïse	Artículo	Use of the aqueous extract of <i>Eucalyptus microcorys</i> for the treatment in microcosm, of water containing <i>Enterococcus faecalis</i> : hierarchisation of cells' inhibition factors	Camerún	H ₂ Open Journal	[g]
2020	Akinbomi, J.G., Ikhide, E.C.	Artículo	Evaluation of Aloe Vera Potential as a Sodium Hypochlorite substitute for Well-Water Disinfection	Nigeria	Engineering & Technology Research Journal	[h]
2020	Antoine Tamsa Arfao, Olive Vivien Noah Ewoti, Mamert Fils Onana, Chretien Lontsi Djimeli, Simeon Tchakonté, Nathalie Kobbe Dama, Moïse Nola	Artículo	Combined Effect of Eucalyptus Microcorys Aqueous Extract and Light on Pathogenic <i>Escherichia Coli</i> Survival in Aquatic Microcosm	Camerún	Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences	[i]

Tabla 2. Especificaciones de los productos investigativos encontrados y seleccionados en el periodo 2009 a 2020.

Fuente: Autores.

Ref.	Extracto/aceite esencial obtenido	Nombre botánico	Nombre familia	Parte investigada	Tipo de agua investigada	Contaminante microbiológico removido	Método de extracción	Disolventes extractores	Composición química del extracto obtenido	% Eficiencia remoción actividad antimicrobiana	
[a]	Ajo	<i>Allium sativum</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Bulbos	Sintética	<i>Clostridium perfringens</i> (cepa ATCC: 13124)	Soxhlet	Hexano-acetona (HA); hexano-cloroformo (HC); hexano-diclorometano (HDM)	Sulfuro (-di, -tri, -tetra) de alilo.	>70 (HDM)	
	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Umbelliferae</i>	Tallos y hojas				Geraniol, coriandrol, citronelol, borneol, cineol.	>60 (HA)		
	Clavo de olor	<i>Eugenia Caryophyllata</i>	<i>Myrtaceae</i>	Botones			Arrastre con vapor	Etanol	Eugenol.	>90	
	Orégano	<i>Origanum vulgare</i>							Carvacrol.	0	
	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Lamiaceae</i>	Tallos y hojas			Soxhlet	HA; HC; HDM	Alcanfor, pineno, terpenos, limoneno, borneol, canfeno.	>90 (HA)	
	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>							Timol.	0	
[b]	Rajkash-taka	<i>Luffa cylindrica</i>	<i>Cucurbitáceas</i>	Semillas y frutos (piel)	Superficial (small pond-resident waterfowl population).	Coliformes fecales y coliformes totales	Maceración	Agua desionizada en ebullición	Saponinas, taninos.	86	
[c]	Anjan	<i>Hardwickia Binata</i>	<i>Fabaceae</i>	Hojas y frutos	Sintética	<i>Escherichia Coli</i>	Soxhlet	Etanol (50%)	No se reportó; los autores establecieron modelos cinéticos predictivos con sus ecuaciones matemáticas. N: número de microorganismos en un tiempo t. No: número de microorganismos iniciales. C: concentración del desinfectante t: tiempo.	log N/No = -0,17 C.t	
	Mutha	<i>Cyperus Rotundus</i>	<i>Cyperaceae</i>							log N/No = -0,0814 C.t	
	Ushir	<i>Andropogon Muricatus</i>	<i>Gramíneas</i>							log N/No = -0,0568 C.t	
	Rajkash-taka	<i>Luffa Cyllindrica</i>	<i>Cucurbitáceas</i>							log N/No = -0,052 C.t	
[d]	Goma arábica	<i>Acacia nilotica</i>	<i>Fabáceas</i>	Tallos y hojas	Superficial y subterránea que se contaminó con CF	Coliformes fecales (CF)	Maceración	Agua destilada a temperatura ambiente	No se reportó.	99,4 – 100	
	Árbol	<i>Acacia seyal</i>								19,25 – 49,86	
	Acacia de copa plana	<i>Acacia tortilis</i>								6,74 – 34,15	
	Árbol	<i>Acacia etbaica</i>								11,2 – 31,70	
	Árbol	<i>Albizia anthelmintica</i>								<i>Mimosaceae</i>	3,92 – 15
	Hoja de dimanante	<i>Euclea divinorum</i>								<i>Ebenaceae</i>	18,19 – 46,41
	Plumbago	<i>Plumbago zeylanica</i>								<i>Plumbaginaceae</i>	21,3 – 38,1

Ref.	Extracto/ aceite esencial obtenido	Nombre botánico	Nombre familia	Parte investigada	Tipo de agua investigada	Contaminante micro- biológico removido	Método de extracción	Disolventes extractores	Composición química del ex- tracto obtenido	% Eficiencia remoción actividad antimicro- biana						
[e]	Sábila	<i>Aloe vera</i>	<i>Liliaceae</i>	Hojas	Sintética	<i>Staphylococcus aureus</i>	Maceración	Etanol	Antraquinonas, terpenoides, fenoles.	67,59 - 98,46						
						<i>Escherichia coli</i>				67,03 - 95,97						
						<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				71,89 - 92,47						
						<i>Klebsiella pneumoniae</i>				69,83 - 93,31						
[e]	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Lamiaceae</i>	Hojas, ramas y flores	Sintética	<i>Acinetobacter baumannii</i>	Hidrodestilación	Agua destilada y etanol	Timol, carvacrol, linalol, terpenos.	68,73 - 94,27						
						<i>Staphylococcus aureus</i>				70,95 - 97,09						
						<i>Escherichia coli</i>				78,61 - 97,59						
						<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				83,20 - 92,45						
[f]	Orégano	<i>Origanum elongatum</i>	<i>Lamiaceae</i>	Hojas	Superficiales (que se contamina- ron con el microorga- nismo)	<i>Escherichia coli</i>	Agitación 150 RPM/72 h (shaker); se concentró el extracto con un rota- evaporador	Etanol 25% m/v	Polifenoles 136,83 mg AG/g ± 1,03 *AG: Ácido gálico	Diámetro de la zona de inhibición (Ø): 30,33 mm ± 2,51						
									Mirto	<i>Myrtus communis</i>	<i>Myrtaceae</i>	Polifenoles 134,92 mg AG/g ± 0,48	(Ø): 20,16 ± 0,76			
												Timo	<i>Thymbra capitata</i>	<i>Lamiaceae</i>	Polifenoles 105,11 mg AG/g ± 1,89	(Ø): 11,33 mm ± 1,15
															Higuera	<i>Ficus carica</i>
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Lamiaceae</i>	Polifenoles 23,20 mg AG/g ± 1,24	(Ø): 0,00 mm ± 0,00												
			Granada	<i>Punica granatum</i>	<i>Lamiaceae</i>	Polifenoles 100,69 mg AG/g ± 3,04	(Ø): 17,33 mm ± 4,50									
Naranja agria	<i>Citrus x aurantium</i>	<i>Rutaceae</i>				Polifenoles 24,05 mg AG/g ± 0,71	(Ø): 0,00 mm ± 0,00									
			[g]	Eucalipto	<i>Eucalyptus microcorys</i>	<i>Myrtaceae</i>	Hojas	Sintética	<i>Enterococcus faecalis</i>	Decocción	Agua fisiológica estéril	No reportaron	>80			

Ref.	Extracto/ aceite esencial obtenido	Nombre botánico	Nombre familia	Parte investigada	Tipo de agua investigada	Contaminante micro- biológico removido	Método de extracción	Disolventes extractores	Composición química del ex- tracto obtenido	% Eficiencia remoción actividad antimicro- biana
[h]	Sábila	<i>Aloe vera</i>	<i>Liliaceae</i>	Hojas	Agua de pozo	Coliformes fecales	Se extracto el gel del <i>Aloe vera</i> , se disolvió en agua destilada (5 %m/v).	Agua destilada	Antraquinonas, fenoles, terpenoides.	Zona de inhibición del crecimiento: 5 - 6
[i]	Eucalipto	<i>Eucalyptus microcorys</i>	<i>Myrtaceae</i>	Hojas	Sintética	<i>Escherichia coli</i>	Decocción	Agua destilada caliente	Esteroles y triterpenoides, polifenoles, flavonoides, taninos gálicos, antraquinonas, saponinas, alcaloides,	>50

Tabla 3. Extractos vegetales obtenidos y especificados en los productos investigativos encontrados y seleccionados en el periodo 2009 a 2020, así como los contaminantes microbiológicos removidos.

Fuente: Autores.

Por otro lado, según la Tabla 3 las partes investigadas de las especies vegetales fueron (de menor a mayor con sus porcentajes): 4,76% (bulbos, botones, flores y ramas); frutos y semillas (9,52%); 14,29% (tallos); y hojas (47,62%). Con relación a la aplicación de los extractos fue mayoritariamente en matrices sintéticas, seguida de aguas superficiales, subterráneas y de pozo.

Similarmente, los contaminantes microbiológicos removidos fueron (con sus porcentajes): *Clostridium perfringens* (cepa ATCC: 13124) y *Enterococcus faecalis* (5,26%)-; 10,53% *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*; coliformes fecales y totales (15,79%); y 26,32% para *Escherichia coli*. Asimismo, los métodos de extracción empleados por los investigadores de los trabajos fueron soxhlet > maceración > decocción > arrastre con vapor = hidrodestilación = shaker; siendo los disolventes extractores (sin/con mezclas) empleados acetona, hexano, cloroformo, diclorometano, etanol (25% - 50%), agua (-desionizada, -destilada, -en ebullición, -fisiológica).

Con respecto a la composición química según los posibles bioactivos presentes en los extractos obtenidos por los equipos investigadores poseían sulfuros de alilo (ajo); geraniol, coriandrol, citrionelol, borneol, cineol (cilantro); eugenol (clavo de olor); carvacrol, polifenoles (orégano); alcanfor, pineno, terpenos, limoneno, borneol, canfeno (romero); timol, carvacrol, linalol, terpenos (tomillo); antraquinonas, terpenoides, fenoles (sábila); esteroles, triterpenoides, polifenoles, flavonoides, taninos gálicos, antraquinonas, saponinas, alcaloides (eucalipto).

En términos generales, los extractos vegetales investigados presentaron % en eficiencia de remoción/actividad antimicrobiana en el intervalo de 3% a 100%; donde el

clavo de olor (*Eugenia Caryophyllata*), el romero (*Rosmarinus officinalis*), goma arábica (*Acacia nilotica*), sábila (*Aloe vera*), Tomillo (*Thymus vulgaris*) presentaron la mayor eficiencia para remover patógenos como *Clostridium perfringens* (cepa ATCC: 13124), coliformes fecales, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Acinetobacter baumannii*.

Se podría inferir de acuerdo a la mini-revisión realizada según la delimitación espacio-temporal mencionada, aún faltan investigaciones en cuanto a la obtención y evaluación de extractos de especies como el cannabis, aguacate, guayaba, ciruela, pitaya, perejil, diente de león, etc., que han demostrado poseer actividad antimicrobiana según Espinosa *et al.* (2007) y Bernate *et al.* (2019); lo anterior, removiendo especialmente microorganismos como los señalados en la Tabla 3 en aguas reales y/o sintéticas. Por supuesto, sin dejar de lado, el análisis con diferentes mezclas y proporciones de solventes (de naturaleza orgánica e inorgánica) y métodos de extracción que permitieran obtener una mayor cantidad de metabolitos que pudieran tener mayor efecto contra organismos patogénicos como los citados.

Asimismo, las futuras investigaciones estarían proyectadas en evaluar los extractos vegetales obtenidos por los autores de dichos trabajos en matrices acuosas reales, así como el análisis de diferentes condiciones ambientales e hidroclimáticas (como el pH, temperatura, presión, materia orgánica, etc.) que pudieran influir sobre el proceso de desinfección. Aunado a lo anterior, faltan investigaciones relacionadas con la caracterización de los extractos vegetales aquí citados empleando técnicas cromatográficas o marchas fitoquímicas con el fin de cualificar, determinar y cuantificar los metabolitos que son de interés y pudieran estar presentes en los extractos (dado que en la gran mayoría de trabajos analizados no se encontraron los resultados correspondientes y los autores refirieron a investigaciones previas relacionadas con las especies vegetales investigadas). Finalmente, y como lo han expresado la gran mayoría de investigadores frente a este tipo de trabajos, se requieren investigaciones relacionadas con la evaluación de toxicidad sobre la salud ambiental y humana de los extractos obtenidos; adicionalmente, aspectos inherentes a la tecno-economía con el fin de analizar posibles escalamientos/prototipos a nivel piloto, semi-industrial y a gran escala de este tipo de tecnología.

4 | CONCLUSIONES

De acuerdo a la mini-revisión documental realizada en el periodo de 2009 a 2020 a nivel local, nacional e internacional se podría decir que la tendencia investigativa es media, particularmente en la divulgación de artículos. Sin embargo, para trabajos en la modalidad de maestría es baja, en lugares como Colombia. Esto implicaría una oportunidad de realizar investigaciones bajo la perspectiva de la obtención de extractos vegetales para desinfectar aguas con presencia de patógenos microbiológicos como una alternativa sostenible; lo

anterior, en pro de reducir los SPD.

Añadido a lo anterior, se investigaron en el intervalo de tiempo citado extractos de 21 especies vegetales; donde los métodos de extracción empleados fueron soxhlet, arrastre con vapor, maceración, decocción, hidrodestilación. Asimismo, los solventes empleados – sin/con mezclas- etanol, acetona, cloroformo, agua, entre otros. Aunado a ello, se encuentra la evaluación en actividad antimicrobiana de nueve patógenos obteniendo % eficiencia de remoción superior al 90%, en la gran mayoría de aguas sintéticas.

Finalmente, los vacíos y futuras investigaciones en lo tocante de este escrito refieren a la cualificación, determinación y cuantificación de los posibles bioactivos presentes en los extractos vegetales investigados por los autores de los trabajos encontrados y seleccionados; así como la evaluación de los mismos con contaminantes microbiológicos aparte de los indagados en aguas reales y condiciones ambientales e hidroclimáticas que pudieran afectar el proceso de desinfección empleando dicha tecnología. Adicionalmente, trabajos con otras especies vegetales que también poseen actividad antimicrobiana evaluando diversos métodos de extracción sólido-líquido, mezclas de solventes orgánicos/inorgánicos y la caracterización fisicoquímica de los extractos obtenidos. Por supuesto, sin dejar de lado el análisis de la toxicidad de este tipo de extractos, así como aspectos tecno-económicos con el fin de implementar este tipo de tecnología en un futuro no muy lejano.

REFERENCIAS

Adeeyo, A., Edokpayi, J., Alabi, M., Msagati, T., Odiyo, J. (2021). Plant active products and emerging interventions in water potabilisation: disinfection and multi-drug resistant pathogen treatment. *Clinical Phytoscience*, 7(31), 1-16, <https://doi.org/10.1186/s40816-021-00258-4>

Akinbomi, J., Ikhide, E. (2020). EVALUATION OF ALOE VERA POTENTIAL AS A SODIUM HYPOCHLORITE SUBSTITUTE FOR WELL-WATER DISINFECTION. *Engineering and Technology Research Journal*, 5(2), 38-44.

Antoine, T. A., Chretien, L. D., Olive Vivien, N. E., Djaouda, M., Aoudou, Y., Roger, T., & Moïse, N. (2018). Use of the aqueous extract of Eucalyptus microcorys for the treatment in microcosm, of water containing Enterococcus faecalis: hierarchisation of cells' inhibition factors. *H2Open Journal*, 1(1), 47–56. doi:10.2166/h2oj.2018.002

Antoine Tamsa Arfao, Olive Vivien Noah Ewoti, Mamert Fils Onana, Chretien Lontsi Djimeli, Simeon Tchakonté, Nathalie Kobbe Dama, & Moïse Nola. (2021). COMBINED EFFECT OF EUCALYPTUS MICROCORYS AQUEOUS EXTRACT AND LIGHT ON PATHOGENIC ESCHERICHIA COLI SURVIVAL IN AQUATIC MICROCOSM. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(5), 1003–1008. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.5.1003-1008>

Ardila, M., Vargas, A., Pérez, J., Mejía, L. (2009). ENSAYO PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia Caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* Y *Thymus vulgaris* FRENTE A *Clostridium perfringens*. *Biosalud*, 8, 47-57.

- Barcelo, D. (2003) Emerging pollutants in water analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 22(10), 14-16, doi:10.1016/S0165-9936(03)01106-3
- Bernate, P., Niño, K., Pineda, E., Torres, J. (2019). *Actividad antimicrobiana del aceite esencial de Cannabis sativa sobre Fusobacterium nucleatum. Estudio in vitro* [Trabajo de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11227/1/2019_Cannabis-Co-ayudante-Fusobacteriumnucleatum.pdf
- Douhri, H., Raissouni, I., Amajoud, N., Belmehdi, O., Benchakhtir, M., Tazi, S., Abrini, J., Douhri, B. (2017). Antibacterial effect of ethanolic extracts of Moroccan plant against Escherichia coli. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(12), 4408-4414. https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol8/vol8_N12/465-JMES-3174-Douhri.pdf
- Espinosa, J., Centurión, D., Mayo, A., & Velázquez, J. (2017). *Plantas aromáticas y medicinales tropicales con potencial actividad antimicrobiana*. (1ª ed.) [Libro electrónico]. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. https://archivos.ujat.mx/2017/div_daca/publicaciones/PLANTAS-AROMATICAS-Y-MEDICINALES-TROPICALES.pdf
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Kirui, J. K., Kotut, K., & Okemo, P. O. (2015). Efficacy of aqueous plant extract in disinfecting water of different physicochemical properties. *Journal of Water and Health*, 13(3), 848–852. doi:10.2166/wh.2015.002
- Mohamed, N., Ashour, S. (2019). Influence of ethanolic extract of strawberry leaves for abrogating bromate hazards in male rats. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 80(19), 1-6, <https://doi.org/10.1186/s41936-019-0088-0>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda* (4ª ed.) [Libro electrónico]. OMS. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2019). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Shaheed, A., Templeton, M. R., Matthews, R. L., Tripathi, S. K., & Bhattarai, K. (2009). Disinfection of waterborne coliform bacteria using Luffa cylindrica fruit and seed extracts. *Environmental Technology*, 30(13), 1435–1440. doi:10.1080/09593330903193485
- Somani, S., Ingole, N. (2012). Formulation of kinetic model to predict disinfection of water by using natural herbs. *International Journal of Environmental Sciences*, 2(3), 1344-1354.
- Spentzouris, N. (2015). *Comparative study on disinfection efficacy of Thymus Vulgaris and Aloe Vera extracts with commercial disinfectants, on bacteria isolated in nosocomial environment* [Tesis de Maestría, Swedish University of Agricultural Sciences]. https://stud.epsilon.slu.se/8201/1/spentzouris_n_150701.pdf

CAPÍTULO 4

IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS PRESENTES EN EL ALOE VERA (*Aloe Barbadensis Miller*)

Data de aceite: 04/07/2022

Aurora Martínez Romero

Doctora en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Gómez Palacio
Gómez Palacio, Durango, México

José Luis Ortega Sánchez

Doctor en Educación por la Universidad Autónoma de Coahuila Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Bermejillo, Durango

Karla Gabriela Calderón Pérez

Química Farmacéutica Bióloga por la Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Gómez Palacio
Gómez Palacio, Durango, México

Patricia Guadalupe García Moreno

Química Farmacéutica Bióloga por la Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Gómez Palacio
Gómez Palacio, Durango, México

Maribel Cervantes-Flores

Doctora en Inmunología por la Universidad Nacional Autónoma de México Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Durango
Colonia Valle del Sur, Durango, México

José de Jesús Alba-Romero

Doctor en Ciencias Biomédicas por la Universidad Juárez del Estado de Durango Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Gómez Palacio Gómez Palacio, Durango, México

RESUMEN: El *Aloe Barbadensis Miller* o Aloe vera se considera como la planta más potente en la actualidad, por lo cual la industria ha creado diversos productos con esta planta debido a sus propiedades medicinales. Existen diferentes estudios sobre los componentes y propiedades de la planta, pero no se cuenta con estudios sobre la carga microbiana que pudiera estar presente en el Aloe vera y causar alguna enfermedad al humano. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la presencia o ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* en penca sucia, penca limpia, pulpa y jugo de Aloe vera sembrados en diferentes medios de cultivo para comprobar la existencia de estos microorganismos en la planta. Se obtuvo como resultado un crecimiento favorable en la penca sucia, penca limpia y pulpa, mientras que el jugo de Aloe vera no presentó crecimiento bacteriano en ninguno de los cultivos. Este estudio da la oportunidad de ampliar los conocimientos que se tienen de la planta, y abrir un nuevo campo de investigación para identificar otros microorganismos puedan estar presentes en la planta.

PALABRAS CLAVE: *Aloe Barbadensis Miller*, *Listeria monocytogenes*, carga microbiana.

IDENTIFICATION OF PATHOGENIC MICROORGANISMS PRESENT IN ALOE VERA (*Aloe Barbadensis Miller*)

ABSTRACT: The *Aloe Barbadensis Miller* or Aloe vera is considered as the most powerful plant at present, for which the industry has created various products in this plant for its medicinal properties. There are different studies on the components and properties of the plant, but it is not counted with studies on the microbial load that could be present in Aloe vera and cause some disease to humans. The objective of the present investigation was to evaluate the presence or absence of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* in dirty penca, clean penca, pulp and Aloe vera juice planted in different cultivate to verify the existence of these microorganisms in the plant. This study gives the opportunity to expand the knowledge of the plant, and open a new field of research to identify other microorganisms that are present in the plant.

KEYWORDS: *Aloe Barbadensis Miller*, *Listeria monocytogenes*, microbial load.

INTRODUCCION

En todo el mundo, las medicinas tradicionales y herbarias han estado en uso durante miles años, en donde las plantas han sido utilizadas por sus propiedades medicinales en preparaciones comerciales para usos farmacéuticos, cosméticos o alimenticios.

El Aloe vera se ha utilizado en muchos lugares en la medicina moderna por su eficacia para tratar diversas dolencias como quemaduras, reacciones alérgicas, artritis reumatoide, fiebre reumática, indigestión ácida, úlceras, diabetes, enfermedades de la piel, disentería, diarrea, además posee actividad curativa en el sistema digestivo y otros órganos internos, incluyendo el estómago, el intestino delgado, el hígado, el riñón y el páncreas debido a sus propiedades bioactivas y sigue siendo un componente importante en la medicina tradicional (Saniasiaya *et al.* 2017; Adams *et al.* 2014).

El Aloe vera es de origen africano y crece en climas tropicales, en terrenos arenosos y áridos. El cultivo de aloe vera se ha implementado en otros países por los beneficios que brinda. Se ha descrito que sólo algunas especies conocidas poseen efectos medicinales, entre éstas se encuentran *Aloe arborescens* Miller, *Aloe perryi* Baker, *Aloe ferox* Miller o *Aloe capensis* y *Aloe barbadensis* Miller, también conocida como *Aloe vera* Linné o *Aloe vulgaris* Lamark (Comisión Nacional de las Zonas Áridas, 1994).

En la actualidad, únicamente dos especies tienen interés comercial por sus aplicaciones terapéuticas, *Aloe ferox* Miller (*A. capensis*), conocido como áloe de El Cabo, que se cultiva en África, y *Aloe barbadensis* Miller, (*A. vera* L.), originario de Barbados y cultivado en distintos lugares de América (Villar y Heras 2006).

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 3 a 4 personas en el mundo dependen de remedios tradicionales (principalmente hierbas) para la salud. A partir de la declaración de Alma Ata (1978), la OMS propuso apoyar la utilización tanto de los recursos naturales como de los

propios de la medicina generada en el modelo biomédico (OPS/OMS 1978).

Ha surgido en el mercado una amplia gama de productos especialmente cosméticos, que poseen en su composición Aloe vera. Esta planta puede ser utilizada para uso externo o interno. Según sus investigaciones “el gel del Aloe vera es la más ingeniosa mezcla de antibiótico, astringente, agente coagulante, siendo a la vez inhibidor de dolor y de cicatrices y estimulante del crecimiento”. Inclusive se le ha llegado a llamar “hormona de las heridas” (Ferraro 2009).

La demanda de alimentos funcionales con una vida útil prolongada y sin conservantes químicos se ha incrementado en todo el mundo. Recientemente, el procesamiento de Aloe vera gel se ha convertido en una gran industria debido a sus aplicaciones en la industria alimentaria. La incorporación de Aloe vera se hace como un suplemento dietético e ingrediente funcional en muchos productos alimenticios, como bebidas, yogurt, leche, helados, confitería, etc. (Maan *et al.* 2018).

El Aloe vera o sábila es una planta muy popular por sus reconocidos beneficios sobre la piel, por esta razón su gel es utilizado en una gran cantidad de productos para el cuidado tanto de la piel como del cabello gracias a sus propiedades hidratantes. Pero además de dichos beneficios también puede ser de ayuda para tratar infecciones y para prevenirlas.

La planta de Aloe vera ha sido desde la antigüedad uno de los remedios más utilizados en diversas culturas de todo el mundo. Ha demostrado que su contenido de agua, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes puede mejorar la salud al prevenir y aliviar diferentes tipos de enfermedades.

Debido a que la población no cuenta con los recursos necesarios se sufre para la obtención de fármacos especializados para el tratamiento de diferentes enfermedades o infecciones. Hoy en día se ha optado por elegir la medicina tradicional la cual es más económica y de fácil obtención. Por lo cual es necesario continuar con el estudio de las diferentes plantas medicinales (en este caso de Aloe vera) e identificar que microorganismos patógenos están presentes en la planta por el cual podría provocar un efecto secundario. Existe una gran cantidad de estudios sobre el Aloe vera (*Aloe Barbadosis Miller*), donde explica las propiedades curativas que presenta esta planta, y se considera una de las principales plantas medicinales que con más frecuencia se ha utilizado actualmente.

Sin embargo, no se ha estudiado que carga microbiana pudiera estar presente en el Aloe vera y causar alguna enfermedad (principalmente infecciones gastrointestinales) si se llega a consumir la planta, así como tal sin antes haberla sometido a algún tratamiento térmico. Como se sabe los microorganismos patógenos no sobreviven a temperaturas de cocción superiores a 70°C. Por lo cual esté presente trabajo tiene como objetivo estudiar la planta de Aloe vera (*Aloe Barbadosis Miller*), e identificar qué tipo de microorganismos patógenos pudiera estar presente sin antes de haberla sometido a algún tratamiento térmico.

La importancia de esta investigación radica en la oportunidad de conocer más sobre una planta cuyas propiedades y beneficios son indiscutibles, y a través de este conocimiento permitir que se desarrollen otras investigaciones que puedan utilizar la reacción del aloe vera para beneficio humano y asegurar la calidad del producto que se encuentre libre de algún microorganismo patógeno. Por lo que, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la presencia o ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* en el Aloe vera (*Aloe Barbadensis* Miller).

MATERIAL Y METODOS

El tipo de estudio fue investigación experimental. Se realizó en el laboratorio de Microbiología de la empresa Agromayal Botánica S.A. de C.V en Gómez Palacio, Durango. La muestra fue penca de *Aloe Barbadensis* Miller fueron utilizadas como material vegetal. La penca y el jugo concentrado fueron suministrados por la empresa de Agromayal Botánica S.A. de C.V. en Gómez Palacio, Durango,

El diseño experimental consistió en tres fases:

Fase experimental I. Se realizó la preparación de los caldos de enriquecimiento, medios de cultivo y la esterilización de los frascos necesarios para las muestras. Se realizó la recolección de la penca sin limpieza y de penca ya sanitizada.

Fase experimental II. Dentro de la campana de flujo laminar, se realizaron los cortes de 25 g de la penca limpia y sucia, y también se realizó el fileteado para obtener solo la pulpa, para posterior vaciar la muestra en los frascos donde contenían el caldo de enriquecimiento.

Fase experimental III. Como parte final del estudio se realizaron las diferentes técnicas microbiológicas para comprobar si existe la presencia de diferentes microorganismos patógenos en el Aloe vera (*Aloe Barbadensis* Miller).

Identificación de *Listeria monocytogenes*

Pre-enriquecimiento de las muestras

Para el pre-enriquecimiento de la penca limpia, penca sucia y de la pulpa se pesó 25 g de cada muestra y se le agrego 225 mL de caldo de enriquecimiento (Caldo Bleb), se homogeneizo y se dejó incubar a 30°C por 24-48 h.

Aislamiento en medios selectivos y diferenciales

A partir del caldo de enriquecimiento Bleb de 24-48 h, se estrió en el agar selectivo para asilamiento OXA y en el medio selectivo diferencial CHROMagar, se incubaron las placas a 35°C durante 24-48 h. Para la lectura de las placas en agar OXA las colonias

típicas son pequeñas (aproximadamente 1 mm), rodeadas por un halo de oscurecimiento por hidrólisis de la esculina. En el medio CHROMagar las colonias son de color azul, diámetro inferior 3 mm, regular y halo blanco.

Identificación de colonias típicas

Se seleccionó 50 o más colonias típicas y se sembró por estriado en agar TSA-YE (agar soya tripticaseína con 0.6% extracto de levadura) para el aislamiento de colonias. Se incubó las placas a 30°C durante 24-48 h. Se examinó las placas TSA-YE para observar las colonias típicas.

Prueba de movilidad, prueba de catalasa y coloración de Gram

A partir de una colonia típica, se preparó una suspensión densa de solución fisiológica al 0.85%, se depositó una suspensión entre portaobjetos y cubreobjetos y se examinó al microscopio. *Listeria* spp; se presenta como bacilos cortos, delgados con movimientos característicos en tumbos (tumbling). Para la prueba de catalasa se tomó una colonia aislada y se suspendió en una gota de solución de peróxido de hidrogeno 3% en un portaobjetos; una reacción positiva se presenta con la formación inmediata de burbujas. Para la coloración de Gram, se realizó su respectiva tinción, *Listeria* spp; se presenta como bacilos Gram positivos cortos y delgados.

Prueba de hemólisis

Para realizar la prueba de hemólisis, a partir del agar TSA-YE se inoculó en el agar sangre de oveja 5%. Se delineó una cuadrícula de 20-25 espacios en la base de la placa, a partir de una colonia aislada se inoculó por picadura en un cuadro por cada cultivo. Se incubó a 35°C durante 24-48 h. Se examinó bajo la luz brillante. *Listeria monocytogenes*: produce una clara zona de β -hemólisis.

Identificación de Staphylococcus aureus

Para la preparación de la muestra se realizó una dilución 1:10 (25 g de la muestra en 225 mL de peptona buffer). Para la inoculación e incubación, se depositó 0.1 mL sobre la superficie de las placas de agar Sal y manitol, se distribuyó el inóculo sobre la superficie del agar con una varilla estéril de vidrio en ángulo recto. Se mantuvo las placas en su posición hasta que el inóculo fue absorbido por el agar, posterior a esto se invirtieron las cajas y se incubaron a 35°C por 48 h. *Staphylococcus aureus*: aparecen colonias de color amarillo y un medio circundante de color amarillo.

Identificación de Pseudomonas aeruginosa

Para la preparación de la muestra se realizó una dilución 1:10 (25 g de la muestra en

225 mL de peptona buffer). Para la inoculación e incubación se colocó 1 mL de la muestra en 9 mL de caldo soya-tripticaseína y se incubó a 35°C por 48 h. Después del tiempo, se examinó la presencia de turbidez. Posteriormente, se inoculó en placas de agar cetrimida por medio de un asa estéril. Se incubó a 35°C durante 48 horas. *Pseudomonas aeruginosa*: presentan colonias grandes blancas o verdes cremosas.

Identificación de Escherichia coli

Para la preparación de la muestra se realizó una dilución 1:10 (25 g de la muestra en 225 ml de peptona buffer). Para la inoculación e identificación, se colocó 1 mL de la muestra sobre el agar EMB usando el método de esparcimiento, se dejó a que se sequen las placas y posterior se invirtieron para incubarse a 35°C durante 48 h. *Escherichia coli*: se presentan colonias azul negro en la parte central con brillo metálico verdoso a la luz reflejada.

Identificación de Salmonella spp

Para la preparación de la muestra se realizó una dilución 1:10 (25 g de muestra en 225 de caldo lactosado), y se incubó a 35°C durante 48 h. Después se inoculó con un asa de platino en agar sulfito bismuto y en agar XLD a 35°C durante 48 h. *Salmonella spp*; en agar XLD se observa colonias rosas o rojas que pueden ser transparentes con o sin centro negro, en algunos casos las colonias pueden aparecer completamente negras. En agar Sulfito bismuto, se presentan colonias típicas de color café, grises o negras, con o sin brillo metálico. Presencia de halo café, tornándose posteriormente negro; algunas cepas producen colonias verdes sin la formación de halo oscuro.

RESULTADOS

Listeria monocytogenes

En el aislamiento en medios selectivos y medios selectivos diferenciales, solo se obtuvo crecimiento en el medio CHROMagar (medio selectivo diferencial), de las tres muestras en la penca sucia se reportó mayor crecimiento, como se observa en la **Figura 1**; sin embargo, en la pulpa se obtuvo un menor crecimiento (**Figura 3**) a comparación de la penca limpia (**Figura 2**). En cambio, cuando se sometió a un proceso término y se obtuvo un jugo concentrado de Aloe vera se puede comprobar que existe una ausencia de este microorganismo (**Figura 4**). En la **Tabla 1** se reporta los resultados de crecimiento *Listeria monocytogenes* en penca sucia, penca limpia y pulpa en el medio selectivo diferencial CHROMagar.



Figura 1. Penca sucia en medio CHROMagar.



Figura 2. Penca limpia en medio CHROMagar.



Figura 3. Pulpa en medio CHROMagar.



Figura 4. Jugo concentrado en medio CHROMagar.

Muestra	Medio CHROMagar
Penca sucia	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico
Jugo concentrado	Sin crecimiento

Tabla 1. Resultados de crecimiento *Listeria monocytogenes* en penca sucia, penca limpia y pulpa.

Después de obtener los resultados que, si existe la presencia de *Listeria monocytogenes* tanto en la penca sucia, penca limpia y pulpa, se realizó la identificación de colonias típicas en agar TSA-YE (agar soya tripticaseína con 0.6% extracto de levadura), ya que este tipo de medio de cultivo favorece el crecimiento de este microorganismo, en la **Tabla 2** se muestra los resultados obtenidos.

Muestra	Medio agar TSA-YE
Penca sucia	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico

Tabla 2. Resultados de crecimiento *Listeria monocytogenes* en agar TSA-YE.

De acuerdo con el crecimiento en agar TSA-YE que se obtuvieron se realizó la prueba de movilidad y prueba de catalasa, en la **Figura 5** se ilustra la prueba de movilidad a partir de una colonia típica con solución fisiológica al 0.85%, donde se logró observar bacilos cortos, en la **Tabla 5** se reporta los resultados de la prueba de movilidad. Para la prueba de catalasa se reportaron resultados positivos tanto en la penca sucia, penca limpia

y en la pulpa (**Tabla 6**) debido a que se trata de un anaerobio facultativo. Véase la **Figura 6**, donde se muestra cómo se debe de ver una reacción positiva a la prueba de catalasa.

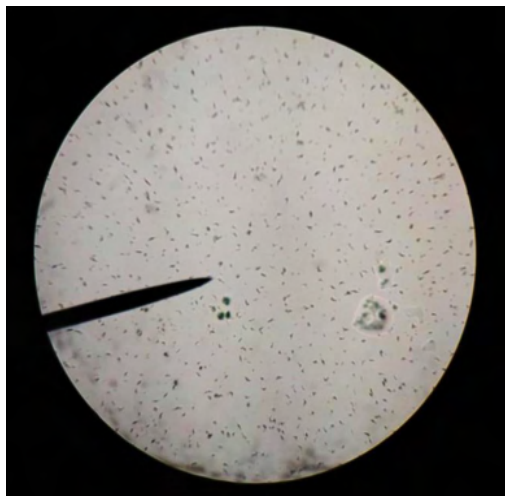


Figura 5. Prueba de movilidad a partir de una colonia típica con suspensión fisiológica al 0.85%.



Figura 6. Prueba de catalasa resultado positivo, presencia de burbujeo.

Prueba de movilidad

Penca sucia Penca limpia Pulpa	Se observaron bacilos cortos delgados, con una movilidad rotatoria característica a la <i>Listeria</i> spp como lo establece la literatura.
--------------------------------------	---

Tabla 3. Resultados de la prueba de movilidad.

Prueba de catalasa

Penca sucia Penca limpia Pulpa	Positivo Positivo Positivo
--------------------------------------	----------------------------------

Tabla 4. Resultados prueba de catalasa.

Para reforzar los resultados se realizó una coloración de Gram donde se observaron

bacilos Gram positivos cortos y delgados, como se muestran en la **Figura 7** y **Figura 8**.

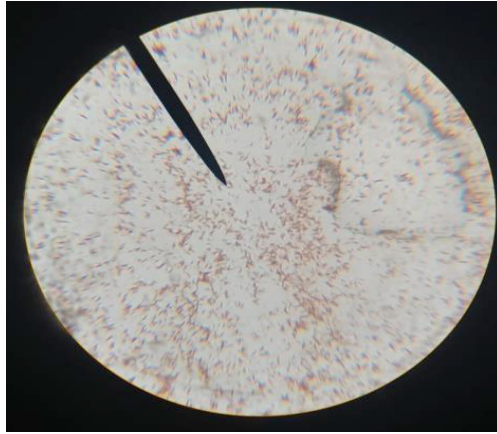


Figura 7. Tinción de Gram N°1.

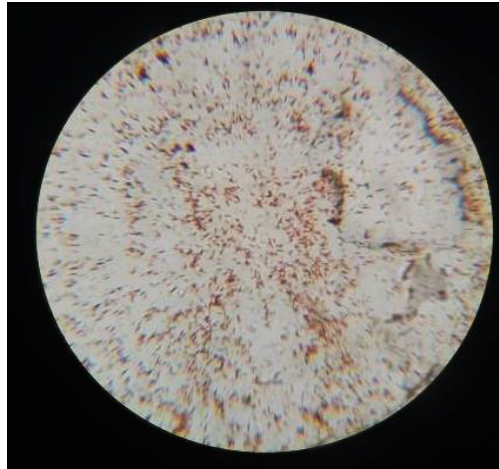


Figura 8. Tinción de Gram N°2

Por último, se realizó una prueba de hemólisis para confirmar que en el Aloe vera presenta una carga microbiana de *Listeria monocytogenes*, debido a que este tipo de especie se diferencia de otras por su capacidad de producir una clara zona de β -hemólisis en la placa de agar sangre. En la **Figura 9** se observa la producción de β -hemólisis de la pulpa, en la **Figura 10** de la penca limpia y en la **Figura 11** de la penca sucia. La clasificación de la especie *Listeria* a partir de la prueba de hemólisis se reporta en la **Tabla 5**.



Figura 9. Producción de β -hemolisis de la pulpa en medio agar sangre.



Figura 10. Producción de β -hemolisis de la penca limpia en agar sangre.

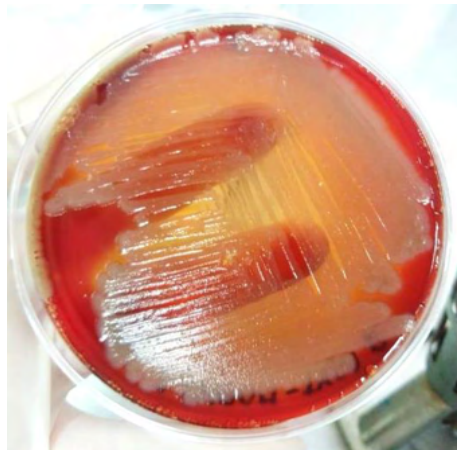


Figura 11. Producción de β -hemolisis de la penca sucia en medio agar sangre.

Clasificación de especie *Listeria* spp

Penca sucia	<i>Listeria monocytogenes</i>
Penca limpia	<i>Listeria monocytogenes</i>
Pulpa	<i>Listeria monocytogenes</i>

Tabla 5. Clasificación de la especie *Listeria* a partir de la prueba de hemólisis.

Staphylococcus aureus

Se logró obtener un crecimiento favorable en las placas de agar Sal y manitol para la identificación de *Staphylococcus aureus*, como se ilustra en la **Figura 12** en la penca sucia se obtuvo un leve crecimiento, en cambio en la penca limpia (**Figura 13**) y en la pulpa (**Figura 14**) se observa un mayor crecimiento; en cambio en el jugo concentrado del Aloe vera (**Figura 15**) se puede comprobar que existe una ausencia de *S. aureus*. En la **Tabla 6** se reporta los resultados de crecimiento *Staphylococcus aureus* en Aloe vera.

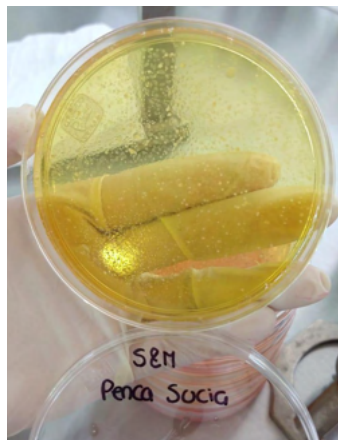


Figura 12. Penca sucia en medio Sal y Manitol.

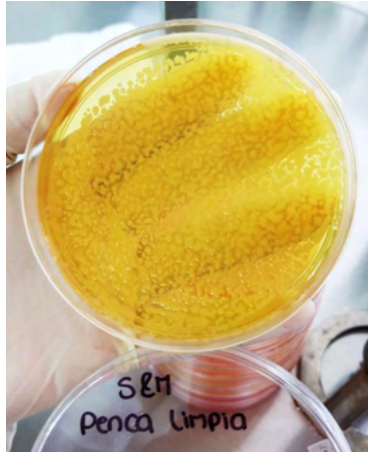


Figura 13. Penca limpia en medio Sal y Manitol.



Figura 14. Pulpa en medio Sal y Manitol.



Figura 15. Jugo concentrado en medio Sal y Manitol.

Muestra Aloe vera

Penca sucia	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico
Jugo concentrado	Sin crecimiento

Tabla 6. Resultados crecimiento *Staphylococcus aureus* en Aloe vera.

Pseudomonas aeruginosa

De acuerdo a los resultados expresados en la **Tabla 7**, hubo un crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras de Aloe vera; penca sucia (**Figura 16**), en la penca limpia (**Figura 17**) y en la pulpa (**Figura 18**). Al igual que *L. monocytogenes* y *S. aureus*, *P. aeruginosa* está ausente en el jugo concentrado de Aloe vera como se muestra en la **Figura 19**.

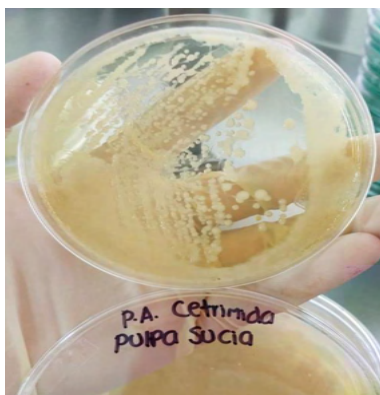


Figura 16. Penca sucia en medio Cetrimida.



Figura 17. Penca limpia en medio Cetrimida.



Figura 18. Pulpa en medio Cetrimida.



Figura 19. Jugo concentrado en medio Cetrimida.

MUESTRA ALOE VERA

Penca sucia	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico
Jugo concentrado	Sin crecimiento

Tabla 7. Resultados crecimiento *Pseudomonas aeruginosa* en Aloe vera

Escherichia coli

En la evaluación de identificación de *Escherichia coli* presente en el Aloe vera, se puede decir que se obtuvo un crecimiento favorable de colonias pequeñas azul negro que a la luz reflejada se puede apreciar el brillo metálico que caracteriza a este tipo de microorganismo en agar EMB; como se observa en la **Figura 20** el crecimiento de la penca sucia, el crecimiento de la penca limpia en la **Figura 21** y del crecimiento de la pulpa

en la **Figura 22**, en la muestra de jugo concentrado de Aloe vera no se presentó ningún crecimiento, debido a que este tipo de microorganismo no soporta altas temperaturas y muere. Los resultados obtenidos se reportan en la **Tabla 8**.

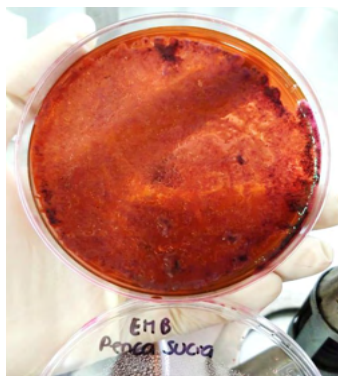


Figura 20. Penca sucia en medio EMB.

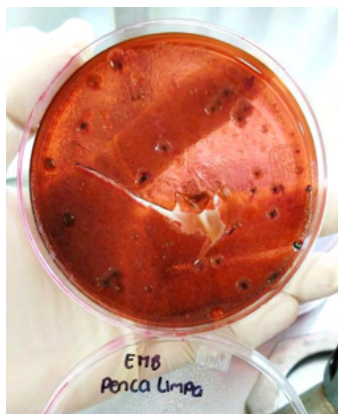


Figura 21. Penca limpia en medio EMB.

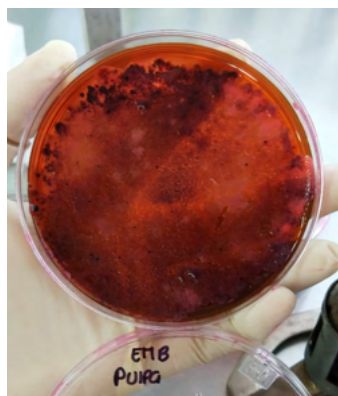


Figura 22. Pulpa en medio EMB.

MUESTRA ALOE VERA

Penca sucia	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico
Jugo concentrado	Sin crecimiento

Tabla 8. Resultados crecimiento *Escherichia coli* en Aloe vera.

Salmonella

Para obtener resultados confiables se realizó la técnica en dos diferentes medios de cultivo (agar Sulfito bismuto y agar XLD) que son favorables para el crecimiento de *Salmonella*. De acuerdo a los resultados reportados en la **Tabla 9**, se puede decir que se obtuvo un crecimiento de este microorganismo en los dos medios de cultivo. Con respecto al crecimiento de la penca sucia se obtuvo un crecimiento similar en el agar Sulfito bismuto (**Figura 23**) y en el agar XLD (**Figura 24**), en cambio en la penca limpia en el agar XLD (**Figura 26**) se logró observar un mayor crecimiento con colonias típicas negras que caracterizan a este microorganismo en este tipo de medio de cultivo, y en el agar Sulfito bismuto (**Figura 25**) se observó un crecimiento típico. En la pulpa se obtuvo un crecimiento similar tanto en agar Sulfito bismuto (**Figura 27**) y en agar XLD (**Figura 28**); en la placa de Sulfito bismuto (**Figura 29**) y en la placa de XLD (**Figura 30**) de la muestra del jugo concentrado de Aloe vera no se presentó ningún crecimiento, reforzando así la importancia que tiene la aplicación de altas temperaturas para asegurar un producto de consumo humano libre de algún microorganismo patógeno.



Figura 23. Penca sucia en medio Sulfito bismuto.



Figura 24. Penca sucia en medio XLD.



Figura 25. Penca limpia en medio Sulfito bismuto.



Figura 26. Penca limpia en medio XLD.



Figura 27. Pulpa en medio Sulfito bismuto.



Figura 28. Pulpa en medio XLD.



Figura 29. Jugo concentrado en medio Sulfito bismuto.



Figura 30. Jugo concentrado en medio XLD.

Muestra	Medio Sulfito Bismuto	Medio XLD
ALOE VERA		
Penca sucia	Crecimiento característico	Crecimiento característico
Penca limpia	Crecimiento característico	Crecimiento característico
Pulpa	Crecimiento característico	Crecimiento característico
Jugo concentrado	Sin crecimiento	Sin crecimiento

Tabla 9. Resultados crecimiento *Salmonella* en Aloe vera.

DISCUSION

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la presencia o ausencia de diferentes microorganismos patógenos (*Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*) en la planta Aloe vera (*Aloe Barbadensis Miller*). En nuestros resultados se identificó el crecimiento de estos microorganismos patógenos en las muestras de penca sucia, penca limpia y en la pulpa, observando que en la penca sucia presento un mayor incremento esto debido a que no se sometió a ningún proceso de limpieza, en cambio en la penca limpia fue menor el crecimiento de estos microorganismos ya que presentaba una buena sanitización para poder procesarla; en la pulpa se reportó un menor crecimiento.

Aun no se conoce totalmente el mecanismo de acción que ejercen los componentes de Aloe vera sobre los microorganismos patógenos. Algunos reportes sugieren que los efectos benéficos del gel de Aloe vera son debido a los componentes de alto peso molecular como los polisacáridos (Shida *et al.*, 1985), proteínas tipo lectina (Grindlay y Reynolds, 1986). El mecanismo de acción del gel de Aloe vera en la lisis de las células bacterianas puede ser debida a la formación de poros en la pared celular y a la fuga de los constituyentes citoplasmáticos por los componentes activos presentes en el gel (Shelton,

1991).

Según Barrera-Hernández en 2015, comenta que la flora microbiana normal de las frutas y verduras está compuesta principalmente por microorganismos que se encuentran en la tierra. Estos microorganismos pueden mantenerse viables con una cantidad mínima de carbohidratos, proteínas, sales inorgánicas que se disuelven en la superficie por el agua que proviene de la exudación del propio alimento o del ambiente en el cual se encuentre (Hernández 2015). En gran medida la flora microbiana se ve reflejada el ambiente en el cual se desarrollan. El tipo y cantidad de microorganismos depende de una variedad de condiciones ambientales y la ubicación de la parte comestible de la planta (distancia respecto al suelo). Este ambiente incluye factores extrínsecos como son la temperatura, humedad relativa y atmósfera.

Respecto a los resultados que se obtuvieron del jugo concentrado del Aloe vera, arrojó una ausencia total de estos microorganismos patógenos, esto debido al proceso al que se le somete a la planta para obtener el jugo, esto incluyendo elevadas temperaturas ya que inician con temperaturas de 60°C y finales de 85°C o 90°C, donde esto asegura la eliminación completa de cualquier microorganismo. Como lo establece Martí Ibáñez en su artículo, los procesos térmicos como la pasteurización, UHT o el cocinado destruyen la bacteria, siempre y cuando se garanticen las condiciones de tiempo de contacto, temperaturas, flujos y excelentes prácticas después del tratamiento térmico porque se ha evidenciado contaminación después de éste y antes del embalaje en productos (Ibáñez-Martí, 2008).

Este estudio da la oportunidad de ampliar los conocimientos que se tienen de la planta *Aloe Barbadensis Miller* o *Aloe vera* y así más autores realicen más investigaciones sobre que otros microorganismos de importancia sanitaria puedan estar presentes en la planta.

El estudio se realizó para comprobar la presencia de bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* en la planta Aloe vera (*Aloe Barbadensis Miller*). La literatura presenta que estas bacterias son capaces de resistir a ciertas condiciones y se adaptan fácilmente en el medio en que se encuentren, por esta razón son de gran interés sanitario.

Asimismo, las enfermedades causadas por *L. monocytogenes* son producidas por el consumo de alimentos contaminados con este microorganismo. Afecta principalmente a mujeres embarazadas, RNs y hospederos inmunodeprimidos. Esta bacteria puede ser aislada de suelo, agua, vegetales y contenido fecal de una amplia gama de animales; es un contaminante común frutas, hortalizas, peces, productos de mar y, entornos de procesamiento de alimentos, aunque las carnes crudas y los productos lácteos han sido considerados los alimentos más susceptibles de contaminación con este patógeno y presentan una mayor amenaza para la salud pública. Estos alimentos pueden contaminarse, incluso, durante la manipulación realizada por el consumidor final (Abdollahzadeh et al.

2016; D'Ostuni et al. 2016).

Al respecto, *L. monocytogenes* puede eliminarse o reducirse mediante el proceso de pasteurización porque no puede sobrevivir a las temperaturas de pasteurización en el procesamiento de alimentos, la contaminación por *L. monocytogenes* posterior al procesamiento o posterior a la pasteurización puede ocurrir debido a la contaminación cruzada de los orbios (Jadhav *et al.* 2012).

Como las principales manifestaciones de la infección por *P. aeruginosa* son infecciones nosocomiales, está claro que el determinante primario del potencial patológico de los factores de virulencia *P. aeruginosa* es el estado de salud del huésped humano. *P. aeruginosa* se caracteriza por estar ampliamente distribuida en la naturaleza formando parte de la microbiota normal del hombre. La tierra, plantas, agua corriente pueden actuar como reservorio con clara predilección por los ambientes húmedos tolerando un amplio rango de temperatura de crecimiento hasta 50 °C (Montero 2012).

Se evaluaron cuatro muestras de planta Aloe vera (penca sucia, penca limpia, pulpa y jugo de Aloe vera). Obteniendo como resultado un crecimiento favorable en las muestras de penca sucia, penca limpia y pulpa. La bacteria *Listeria monocytogenes* tuvo mayor crecimiento en la muestra de penca sucia, en cambio el *Staphylococcus aureus* presentó mayor crecimiento en la penca limpia y en la pulpa de Aloe vera.

Se estableció que en el jugo de Aloe vera no hubo crecimiento bacteriano en los diferentes medios de cultivo que se utilizaron, esto es debido a que fue sometido a un proceso térmico para obtener el jugo, como se sabe las bacterias no resisten a temperaturas elevadas. Se demostró la gran importancia que tiene el realizarle un proceso de térmico a la planta de Aloe vera antes de su utilización para poder eliminar los microorganismos presentes, y así evitar un efecto secundario que esta pudiera producir en el humano.

REFERENCIAS

Abdollahzadeh, E., S. Ojagh, H. Hosseini, G. Irajian, E. Ghaemi. (2016). Prevalence and molecular characterization of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes* isolated from fish, shrimp, and cooked ready-to-eat (RTE) aquatic products in Iran. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 205–211.

Adams k., T. Eliot, A. Gerald. (2014). Extent of Use of Aloe vera Locally Extracted Products for Management of Ailments in Communities of Kitagata Sub-county in Sheema District, Western Uganda. *Int J Sci Basic Appl Res.* 15(1): 1–15.

Barrera-Hernández, M. V. (2015). Caracterización de la resistencia a germicidas en cepas de *Listeria monocytogenes* aisladas de espinaca (*Spinacea oleracea*). Universidad Autónoma de Querétaro.

Comisión Nacional de las Zonas Áridas. (1994). SABILA, Aloe vera (L.) Burm. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología México. 1ed. México. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/74/sabila.html>

D'Ostuni, V., M. Tristezza, M. Giorgi, P. Rampino, F. Grieco, C. Perrotta. (2016). Occurrence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in meat processed products from industrial plants in Southern Italy. *Food Control*, 62, 104–109.

Ferraro G. (2009). Revisión de la *Aloe vera* (*Barbadensis Miller*) en la dermatología actual. *Rev. Argent. Dermatol.* 90(4).

Grindlay, D y Reynolds, T. (1986). The *Aloe vera* phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology* 16, 117-151.

Ibáñez-Martí, C. (2008). Listeriosis por *Listeria monocytogenes*: un reto para la Salud Pública. Retrieved from.

Jadhav, S., M. Bhave, E. Palombo. (2012). Methods used for the detection and subtyping of *Listeria monocytogenes*. *J. Microbiol Methods* 88,327–341.

Maan A. A., Nazir, A., Khan, M. K. I., Ahmad, T., Zia, R., Murid, M., Abrar, M. (2018). The therapeutic properties and applications of *Aloe Vera*: A review. *Journal of Herbal Medicine*. 12.1-10.

Montero M. (2012). *Pseudomonas aeruginosa* multiresistente: aspectos epidemiológicos, clínicos y terapéuticos. Universidad Autónoma de Barcelona, departamento de medicina.

OPS/OMS (1978). Declaración de Alma-Ata. Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud, Alma-Ata, URSS, 6-12 de septiembre de 1978 <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/Alma-Ata-1978Declaracion.pdf>

Saniasiaya, J., Salim, R., Mohamad, I., Harun, A. 2017. Antifungal Effect of Malaysian *Aloe vera* Leaf Extract on Selected Fungal Species of Pathogenic *Otomycosis* Species in In Vitro Culture Medium. *Oman Medical Journal*: Vol. 32 (1): 41–46.

Shelton, M.S. (1991). *Aloe Vera*, Its Chemical and Therapeutic Properties. *International Journal of Dermatology*, 30, 679-683.

Shida, T., Yagi A., Nishimura H., Nishioka I. (1985). Effect of *Aloe extracto* n peripheral phagocytosis in adult bronchial asthma. *Planta médica*. 51: pp. 273-275.

Villar A., y B. Heras. (2008). *Aloe vera*, Indicaciones terapéuticas. Departamento de Farmacología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. 20(8).

SOBRE A ORGANIZADORA

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado em Biologia Celular e Molecular (2002), doutorado em Ciências (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o mestrado e o doutorado trabalhou diretamente com biologia celular e molecular e bioquímica, na clonagem e expressão de genes do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Também trabalhou com morte celular e estresse oxidativo no carrapato. Fez pós-doutorado na área de Ciências Médicas - Farmacologia (2007) na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Atualmente é professora Adjunta 3 e líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS) na Universidade Federal do Piauí. Também é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem (PPGEnf-UFPI). Tem experiência nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Imunologia, Parasitologia, Microbiologia e Farmacologia Experimental e tem linhas de pesquisa em Controle de Infecções em Serviços de Saúde, Infecções comunitárias e Educação em Saúde.

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

 contato@atenaeditora.com.br


 @atenaeditora


 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN
CIENCIAS
BIOLÓGICAS
3

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN
CIENCIAS
BIOLÓGICAS
3