



CIENCIAS BIOLÓGICAS: VIDA Y ORGANISMOS VIVOS 2

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS
(ORGANIZADORA)



CIENCIAS BIOLÓGICAS: VIDA Y ORGANISMOS VIVOS 2

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Editora chefe	
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Roberta Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	2023 by Atena Editora
Projeto gráfico	Copyright © Atena Editora
Camila Alves de Cremo	Copyright do texto © 2023 Os autores
Luiza Alves Batista	Copyright da edição © 2023 Atena
Nataly Evilin Gayde	Editora
Imagens da capa	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelos autores.
Edição de arte	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	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
Profª Drª Camila Pereira – Universidade Estadual de Londrina
Prof. Dr. Cirênia de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto

Prof^a Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^a Dr^a Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
Prof. Dr. Davi Oliveira Bizerril – Universidade de Fortaleza
Prof^a 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^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a 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^a Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^a 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^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Guillermo Alberto López – Instituto Federal da Bahia
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a 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 Delta do Parnaíba – UFDPar
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^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Kelly Lopes de Araujo Appel – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal
Prof^a Dr^a Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Luciana Martins Zuliani – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a 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^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Max da Silva Ferreira – Universidade do Grande Rio
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Taísa Ceratti Treptow – Universidade Federal de Santa Maria
Prof^a Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciencias biológicas: vida y organismos vivos 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Daniela Reis Joaquim de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C569	Ciencias biológicas: vida y organismos vivos 2 / Organizador Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.
	Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1123-9 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.239231804
1. Biología. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizador). II. Título. CDD 570	
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

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.

A vida existe em nosso planeta há pelo menos 3,5 bilhões de anos. Surgiu de forma despretensiosa e simples, na forma de organismos unicelulares. Evoluiu, e sucumbiu inúmeras vezes a desastres ecológicos, as afamadas “extinções em massa”, mas sempre deu seu jeito, resistindo, evoluindo e se adaptando através dos tempos. Hoje, a biodiversidade é enorme, e amplamente estudada na grande área das Ciências Biológicas.

Nesta obra, “Ciencias Biológicas: Vida y Organismos Vivos 2”, são apresentadas contribuições sobre diferentes temas que compõem as Ciências Biológicas. São artigos científicos originais ou de revisão que debatem temas atuais, como uma revisão sobre a história, epidemiologia, diagnóstico e tratamento de peste bubônica, uma doença causada por bactérias e principalmente pelo bacilo *Yersinia pestis*; uma pesquisa original sobre um sanitizante de frutas a base de soforolipídios – biomoléculas produzidas pela levedura *Starmerella bombicola* que possuem potente atividade antimicrobiana contra vários patógenos de importância na agricultura – contra o fungo *Botrytis cinerea* em culturas de morango e tomate cereja; um trabalho de revisão sobre a biologia populacional e período reprodutivo do camarão *Macrobrachium amazonicum* em diferentes regiões do Brasil; e um trabalho experimental de campo acerca de um levantamento dos hábitos alimentares da pescada-curuca, ou pacora, *Plagioscion magdalena* no rio San Jorge, na Colômbia.

A Atena Editora apresenta um corpo editorial gabaritado e pertencente às melhores universidades do Brasil para revisar suas obras. Assim, todas as obras apresentadas por esta editora apresentam qualidade e relevância, como esta que aqui está. Esperamos que você goste da leitura. Bom proveito.

Daniela Reis Joaquim de Freitas

CAPÍTULO 1	1
PESTE BUBÔNICA: HISTÓRIA E CONTROLE DA MAIOR PANDEMIA CONHECIDA	
Ivina Meneses dos Santos e Silva	
Júlia Rodrigues Holanda	
Rebeca dos Santos Miranda de Oliveira	
Igor Augusto de Franca Brito	
Antonio Rosa de Sousa Neto	
Marly Marques Rêgo Neta	
Laianny Luize Lima e Silva	
Adão Baptista Cassoma Chimuanji	
Jaira dos Santos Silva	
Osmar de Oliveira Cardoso	
Kelly Myriam Jiménez De Aliaga	
Daniela Reis Joaquim de Freitas	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2392318041	
CAPÍTULO 2	14
SANITIZANTE BIOLÓGICO PARA FRUTAS: UMA SOLUÇÃO PARA OS DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS	
Elba Ferreira Junior	
Christiane Aparecida Urzedo Queiroz Freitas	
Cristiani Baldo	
Briani Gisele Bigotto	
Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2392318042	
CAPÍTULO 3	26
BIOLOGIA POPULACIONAL E PERÍODO REPRODUTIVO DO CAMARÃO <i>Macrobrachium amazonicum</i> (HELLER, 1862): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ABRANGENDO DIFERENTES REGIÕES DO BRASIL	
Paula Pereira Baptista Ferreira dos Santos	
Kátia Aparecida Nunes Hiroki	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2392318043	
CAPÍTULO 4	37
HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA PACORA <i>Plagioscion magdalenaee</i> EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA	
Fredys F. Segura-Guevara	
John J. Arellano-Padilla	
Ángel L. Martínez-González	
Xiomara E. Cogollo-López	
Glenys Tordecilla-Petro	
Delio César Solano-Peña	
William A. Pérez-Doria	
Jesús Vargas-González	
Charles W. Olaya-Nieto	

SUMÁRIO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2392318044>

SOBRE A ORGANIZADORA	51
ÍNDICE REMISSIVO	52

CAPÍTULO 1

PESTE BUBÔNICA: HISTÓRIA E CONTROLE DA MAIOR PANDEMIA CONHECIDA

Data de aceite: 03/04/2023

Ivina Meneses dos Santos e Silva

Departamento de Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0001-9773-7655

Júlia Rodrigues Holanda

Departamento de Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0002-1540-5348

Rebeca dos Santos Miranda de Oliveira

Departamento de Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0009-0006-6192-1278

Igor Augusto de Franca Brito

Departamento de Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0009-0001-5778-6126

Antonio Rosa de Sousa Neto

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0002-0675-0916

Marly Marques Rêgo Neta

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0003-4049-7894

Laianny Luize Lima e Silva

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0003-2553-6656

Adão Baptista Cassoma Chimuanji

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0002-8870-5720

Jaira dos Santos Silva

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0002-1312-9052

Osmar de Oliveira Cardoso

Programa de Pós-Graduação em Saúde e
Comunidade, Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0001-6093-7629

Kelly Myriam Jiménez De Aliaga

Facultad de Ciencias de la Salud Escuela
Profesional de Enfermería, Universidad
Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú
ORCID: 0000-0002-8959-265X

Daniela Reis Joaquim de Freitas

Programa de Pós-Graduação Enfermagem,
Universidade Federal de Piauí
ORCID: 0000-0002-5632-0332

RESUMO: A peste bubônica é uma doença infectocontagiosa, provocada pela bactéria *Yersinia pestis*, transmitida para o homem através do rato-preto contaminado pela pulga. Foi a responsável pela maior

pandemia da história da humanidade, no fim da Idade Média, ficando conhecida como peste negra e dizimando 1/3 da população europeia em 1347. O presente estudo tem como objetivo descrever a relevância histórica da peste bubônica, relatando seus terríveis malefícios, manifestações clínicas, tratamento, controle e sua epidemiologia atualmente. A bactéria é transmitida por vetores como as pulgas, e a falta de cuidados com a higiene e saneamento básico contribui para atrair esses animais que ao picarem os seres humanos transmitem a bactéria.

PALAVRAS-CHAVE: Peste bubônica, Peste negra, *Yersinia pestis*, pandemia.

BUBONIC PLAGUE: HISTORY AND CONTROL OF THE LARGEST KNOWN PANDEMIC

ABSTRACT: Bubonic plague is an infectious disease caused by the bacterium *Yersinia pestis*, transmitted to humans through a black rat contaminated by a flea. It was responsible for the greatest pandemic in human history, at the end of the Middle Ages, becoming known as the Black Death and decimating 1/3 of the European population in 1347. The present study aims to describe the historical relevance of the bubonic plague, reporting its terrible harm, clinical manifestations, treatment, control, and current epidemiology. The bacteria are transmitted by vectors such as fleas, and the lack of care with hygiene and basic sanitation contributes to attracting these animals that, when biting humans, transmit the bacteria.

KEYWORDS: Bubonic plague, Black Death, *Yersinia pestis*, Pandemic.

INTRODUÇÃO

A Peste Bubônica é uma doença infecciosa aguda causada por bactéria transmitida aos seres humanos principalmente por meio da picada de pulgas contaminadas presentes em roedores (WHO, 2009). A bactéria se prolifera na linfa e no sangue, mais precisamente dentro das células fagocitárias, causando o aumento dos gânglios linfáticos nas regiões da virilha e das axilas, edemas conhecidos como “bubões” (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Em razão da difusão do patógeno para a corrente sanguínea, a qual provoca um quadro de septicemia, o paciente infectado pode apresentar gangrena nos dedos das mãos e dos pés, nos lábios e no nariz. Por isto, a enfermidade recebeu a designação de “Peste Negra” (GUILLOT; MARTÍNEZ; FALCÓN, 2021).

Apesar de ser uma infecção relatada há muito tempo como causadora de pandemias, surtos esporádicos ainda afetam a população atualmente e acontecem em áreas rurais no oeste dos Estados Unidos e em países da Ásia e África (CDC, 2021). Além dos roedores, a bactéria pode estar presente em esquilos selvagens, cães de pradaria, marmotas e esquilos, representando um risco para toda a comunidade em virtude do avanço do desmatamento e consequente destruição de seus habitats (GLATTER; FINKELMAN, 2021).



Figura 1. Representação medieval de um homem e uma mulher com peste Negra, com seus bубoes característicos. Pintura medieval de 1411.

Fonte: Everett Historical/Shutterstock. Disponível em: <https://www.vox.com/2015/9/9/9279775/bubonic-plague-black-death-fleas-rats>.

Tal enfermidade teve tamanha proporção que alterou a vida da sociedade, tanto em questões políticas quanto econômicas. O conhecimento dos desafios vivenciados para mitigar a doença auxilia a comunidade científica a avaliar potenciais riscos de novas pandemias. Entretanto, até o presente momento, ainda existem obstáculos que afetam os serviços de saúde, como a carência de recursos para os próprios sistemas de saúde e o baixo financiamento em pesquisas.

Portanto, esse estudo objetivou descrever a relevância da doença peste bubônica, seu poder de contaminação por vias aéreas, principalmente pela passagem da pandemia da COVID-19, além de discutir sobre as manifestações clínicas causadas.

HISTÓRICO

A história da humanidade é marcada por grandes pandemias que afetaram não só a saúde da população, como também provocaram mudanças sociais, políticas e econômicas. A Peste Bubônica, em específico, foi identificada como causadora de três pandemias; acredita-se que a falta de higiene da população, as pulgas infectadas e o comércio de transporte marítimo, resultou nas pandemias. Os antigos acreditavam que tal doença era um castigo divino devido ao estilo de vida da época – com prostituição, violência e jogos

(PINHEIRO, 2002).

A primeira pandemia, denominada Peste de Justiniano, surgiu no porto da cidade egípcia de Pelúsio e ocorreu entre 541 d.C. e 750 d.C., disseminando-se pelas regiões da Europa e territórios da bacia do Mediterrâneo, afetando principalmente bancos e portos (BARBIERI et al, 2020).

A segunda pandemia, e mais conhecida, devastou parte da população do continente europeu durante o século XIV e recebeu, então, o nome de Peste Negra. Ainda se desconhecia a causa da enfermidade naquele período, sendo descoberto somente após cinco séculos que roedores estavam relacionados à propagação da doença e que esta ocorria principalmente em razão das más condições de vida da população (GULLOT; SERPA, 2020). Relata-se que a Peste Negra chegou primeiramente à região italiana da Sicília, através de navios genoveses com ratos infestados de pulgas, provavelmente provenientes da Ásia Central (GLATTER; FINKELMAN, 2021).

A última pandemia de peste aconteceu entre os anos de 1772 e 1945 e teve origem na China, mais precisamente na província de Yunnan, espalhando-se em seguida pelas cidades de Cantão e Hong Kong (PIRET; BOIVIN, 2021). No início do século XX a doença invadiu os territórios dos demais continentes, incluindo o Brasil, o que trouxe diversas discussões entre as autoridades de saúde da época sobre medidas a serem tomadas para conter o avanço da enfermidade no país (NASCIMENTO; SILVA, 2013).

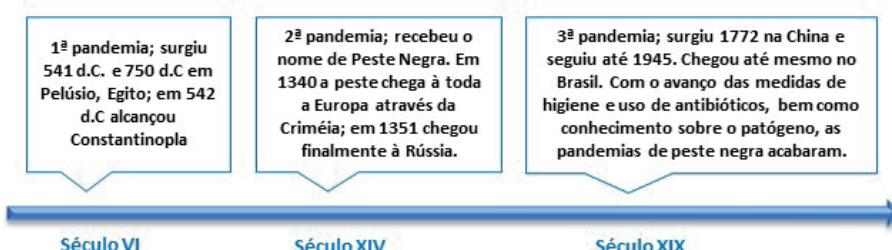


Figura 2. Linha do tempo representando as pandemias de peste bubônica.

Fonte: Os Autores, 2023.



Figura 3. Vestimenta de proteção dos médicos para lidar com a peste negra criada no século XVII. (*CDC/Library of Medicine*).

Disponível em: <https://www.vox.com/2015/9/9/9279775/bubonic-plague-black-death-fleas-rats>. As roupas consistiam de uma máscara com um longo nariz em formato de bico que deveria conter ervas aromáticas, como a mirra e a cânfora, por exemplo, para evitar que os médicos sentissem o odor fétido dos mortos e doentes, além de protegê-los, segundo a crença da época, que era de que a doença se propagava pelos ares fétidos. A roupa externa consistia em um sobretudo de couro, e debaixo do casaco, usava-se calças justas e uma blusa de manga curta, botas e luvas – todas feitas de couro de cabra. As peças eram enceradas com uma camada de gordura de animal para que tudo fosse impermeabilizado e não pudesse penetrar na pele do médico.

EPIDEMIOLOGIA

A peste causou três grandes surtos na história humana, tornando-se um agente seletivo com potencial de bioterrorismo. Dessa forma, é notório sua importância do ponto de vista clínico, pois seus focos naturais estão vastamente distribuídos em todo o mundo: 90% dos casos da peste ocorreram na África, especialmente em Madagascar e na África Ocidental e Central – foram relatados casos entre 1958 e 2008 – em torno de 17.000 casos na região, 13.000 no Congo e 9.000 na Tanzânia (YANG, 2017). A peste também esteve presente na América do Sul e do Norte, apresentando 4.091 casos no Peru, 438 casos nos Estados Unidos e 3.693 no Brasil. É notório perceber que esta doença ocorria principalmente em populações de baixa e média renda, que viviam em locais infestados de ratos (BYARD, 2020).

A peste bubônica é considerada uma doença reemergente desde a década de 1990 mesmo com os esforços da vigilância sanitária, e a epidemiologia difere de acordo com

as diferenças de clima e condições de habitação de cada local. No século 21 a peste foi relatada na África, Ásia e nas Américas (YUAN et al, 2020). No Brasil a peste bubônica chegou na terceira pandemia da doença, ano de 1899, os casos de maior relevância se deu nos Estados do Ceará e Paraíba em 1980, com 76 notificações e 3 mortes. Nas áreas serranas encontram-se as principais áreas de riscos, que são as serras do Uruburetama, do Macaco, de Baturité, de Ibiapaba, das Matas, de Pedra Grande e na Chapada do Araripe. O último caso relatado se deu em 2005 no Estado do Ceará, município de Peste Branca.

Mesmo com as investigações acerca de sua ecologia e epidemiologia, sabe-se muito pouco sobre seus ciclos naturais e estratégias usadas pela *Y. pestis* para apoiar sua sobrevivência. Em áreas endêmicas, pressupõe-se que a bactéria seja transmitida em ciclos de manutenção envolvendo hospedeiros “enzoóticos”. Eles apresentam uma resposta heterogênea a infecção, isto é, alguns hospedeiros possuem uma alta suscetibilidade a infecção, outros possuem uma certa resistência (EISEN; GAGE, 2009).

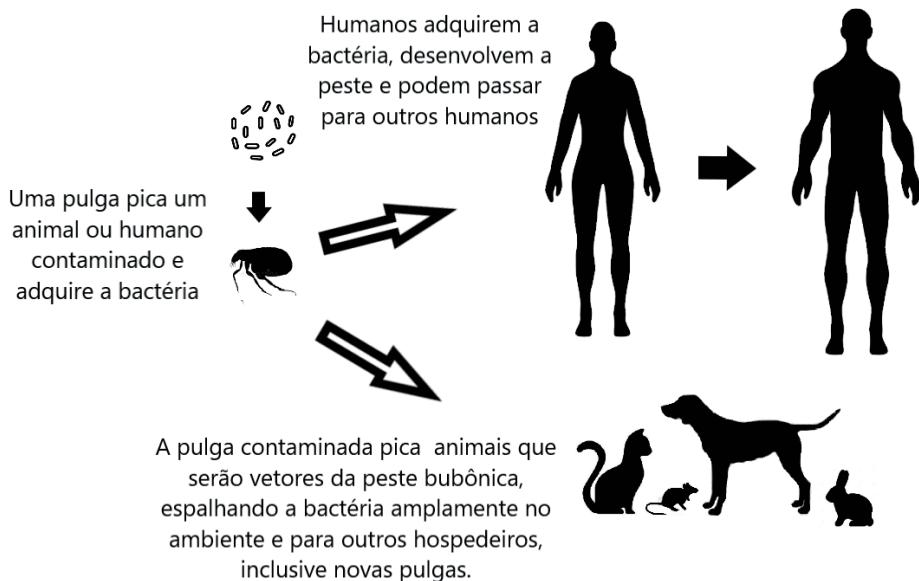


Figura 4. Ocorrência da peste bubônica nos hospedeiros.

Fonte: Os Autores, 2023.

O governo brasileiro instituiu em 1903, sob o comando de Oswaldo Cruz, a Campanha de Combate à Peste Urbana devido à gravidade da situação que exigia medidas imediatas e eficazes, assim o Departamento Nacional de Saúde (DNS) assumiu o controle e obteve bons resultados. A criação do Serviço Nacional da Peste (SNP) foi um marco na história do controle das grandes endemias, que posteriormente as atividades de controle passaram para outros órgãos dentro do Ministério da Saúde (SAÚDE, 2008).

No restante do mundo, existem notificações frequentes de peste bubônica em alguns países, em geral envolvendo clima, regime de chuvas, déficit no controle de pragas e pobreza. O mapa a seguir mostra a distribuição da toxoplasmose no mundo entre 2000 e 2005 (figura adaptada do manual de BRASIL, 2008 – Manual de Vigilância e Controle da Peste).

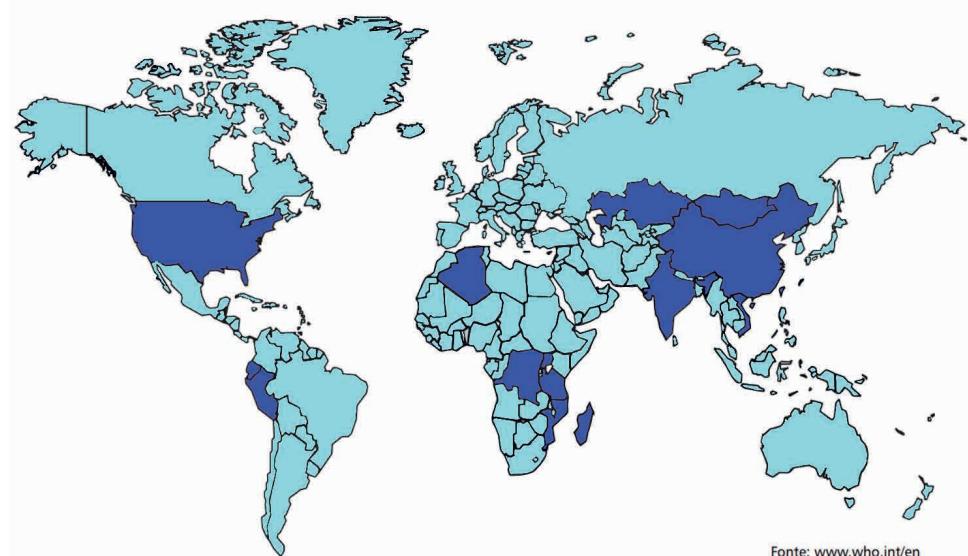


Figura 5. Distribuição recente da peste bubônica no mundo (entre 2000 e 2005).

Fonte: adaptado de Brasil, ministério da Saúde 2008; e www.who.int/en)

AGENTE ETIOLÓGICO

O agente etiológico da peste bubônica é uma bactéria do tipo bacilo gram-negativo, denominada *Yersinia pestis*. O gênero *Yersinia* engloba duas outras espécies patogênicas para o homem, a *Y. pseudotuberculosis* e a *Y. enterocolitica*; ambas são enteropatogênicas, são transmitidas pela via orofecal e causam a *Yersiniose*. Esta doença possui também três principais formas de acordo com a via da infecção, sendo elas: a peste bubônica; a peste séptica ou septicêmica; e a peste pneumônica. Ademais, possui forte coloração bipolar, além de apresentar o antígeno capsular termolábil, sendo facilmente perdido quando o organismo está crescendo *in vitro* ou no inseto vetor (COLLINS, 1996).

No Brasil os vetores envolvidos na transmissão da doença são os insetos da ordem *Siphonaptera* (as pulgas) e os roedores. As principais espécies de pulgas responsáveis pela transmissão da doença nos focos brasileiros são: *Xenopsylla cheopis* (Rothschild, 1903), *Polygenis bohlisi jordani* (Lima, 1937) e *Polygenis tripus* (Jordan, 1933) (SAÚDE, 2008).



Figura 6. *Xenopsylla cheops*, uma das principais espécies de pulga transmissora do bacilo *Yersinia pestis*.

Fonte: CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Disponível em: <https://phil.cdc.gov/default.aspx>. Fotógrafo: James Gathany.

A infecção é transmitida para os humanos por meio da picada de pulgas que previamente havia se alimentado do sangue de algum roedor infectado, arranhões ou mordidas por animais infectados (BYARD, 2020). A Transmissão caso a peste bubônica não seja tratada no tempo determinado, pode evoluir para a peste pneumônica ou peste septicêmica, espalhando a bactéria pelo sangue e elevando a taxa de mortalidade (YANG, 2017).

CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS

A peste bubônica possui três formas clínicas: bubônica, septicêmica e pulmonar; também temos a cutânea primária, a faríngea, a meníngea e a endoftalmica que são raras. A forma mais comum da peste é a Peste Bubônica ou ganglionar praticamente 100% dos casos, transmitida por picada de pulgas. Para detectar a suspeita da peste é imprescindível ter conhecimento sobre a história de contato do paciente com animais selvagens em focos naturais da doença ou também com outros pacientes infectados, além de analisar os primeiros sintomas apresentados, como a febre alta variando de 39°C a 40°C, calafrios, cefaleia e mal-estar, sintomas estes bem equivalentes aos da gripe. A peste bubônica se apresenta de forma bem característica através do inchaço dos linfonodos regionais com dor intensa e progressiva na região da picada da pulga, pele vermelha, seca e quente.

O período de incubação é geralmente entre 2 e 3 dias, podendo chegar a 6 dias (YANG, 2017).

Desde o momento da transmissão, a infecção se espalha com grande rapidez para os linfonodos de drenagem, resultando em seu inchaço, aumento de temperatura, dor e hemorragia. Esses efeitos dão origem aos bubões pretos, ou seja, nódulos enegrecidos e inchados, responsáveis pelo nome desta doença, seguidos por septicemia e pneumonia hemorrágica e morte (COLLINS, 1996). Estão mais frequentemente presentes na virilha, axila ou pescoço, caso não seja tratado, pode progredir rapidamente para agitação, confusão e convulsões (BYARD, 2020).

A peste septicêmica caracteriza-se por seu estado grave, rápida septicemia, sinais grave de toxemia, hipotensão, hemorragias cutâneas, dispneia, pulso rápido, entre outros, além da ausência de alterações clínicas locais como as demais, rapidamente leva ao coma e a morte ao fim do segundo ou terceiro dia (BRASIL, 2008).

A forma pneumônica é transmitida por contato com tecidos de animais infectados ou com doente de peste pulmonar, ou ainda na guerra bacteriológica pela liberação de aerossóis no meio ambiente; possui período de incubação de três dias, quadro infeccioso grave, evolução rápida, calafrios, arritmias, hipotensão, vômitos, entre outros, possui grande significado epidemiológico devido a quantidade de bacilos nos escarro, causando alta transitividade (BRASIL, 2008).

É importante considerar as hipóteses da zoonose nos quadros clínicos que cursam sem linfadenite. Quando houver perfis epidemiológicos sugestivos, quadros clínicos de início súbito, febre alta, com ou sem linfadenite regional dolorosa e manifestações gerais graves, sempre deve-se considerar a suspeita de peste (BRASIL, 2008).

DIAGNÓSTICO

O diagnóstico da peste bubônica é realizado por meio de métodos bacteriológicos ou sorológicos, quanto mais precocemente esse diagnóstico, maior chance de sobrevida. No diagnóstico bacteriológico é possível identificar o patógeno em amostras dos pacientes, reservatórios/hospedeiros e, também, vetores, utilizando-se técnicas como bacterioscopia, semeio em placa, teste de bacteriófago e hemocultura (BRASIL, 2008). O isolamento da bactéria é considerado o teste diagnóstico “padrão-ouro” para a certificação da infecção, realizado através da aspiração dos bubões, pois contém mais bacilos que outras amostras (CHANTEAU et al, 2000).

De acordo com as orientações da Organização Mundial da Saúde, as amostras devem ser coletadas previamente ao início da terapia antimicrobiana e, sempre que possível, devem-se colher amostras sanguíneas, os médicos devem conhecer profundamente a epidemiologia regional, o que lhes permitirá correlacionar os sintomas com a peste, fechando o diagnóstico ou descartando o caso. A partir da década de 1950, foi possível

detectar os anticorpos no sangue de pacientes infectados a partir do desenvolvimento de testes sorológicos usando a fração antigênica 1 (F1) da bactéria *Y. pestis*, permitindo, assim, que mais pacientes tivessem a confirmação da enfermidade, visto que nem sempre a realização de culturas estava disponível em alguns locais (BUTLER, 2014).

Para isso, devem ser colhidas duas amostras de soro dos pacientes, uma na fase aguda da doença e a outra no período de convalescença, 10 a 15 dias após. A técnica mais recomendada para obter o diagnóstico sorológico da peste é a hemaglutinação com hemácias de carneiro (HA) controlada pela reação de inibição de hemaglutinação (HI), a qual determina de forma qualitativa e quantitativa os anticorpos contra a F1 do microrganismo (BRASIL, 2008).

A vigilância epidemiológica se faz presente já no diagnóstico, pois é a partir dela que são adotadas condutas cabíveis para evitar possíveis ocorrências de epidemias, as notificações de casos ou surtos devem ser imediata.

TRATAMENTO

O tratamento da Peste durante o século XIV era realizado a partir de procedimentos como a flebotomia e o emprego de medicamentos, com a presença de pedras preciosas, como a esmeralda e a safira. O uso de pedras preciosas contra a bactéria *Y. pestis* era muito comum, possuindo o objetivo de fortalecer, proteger e curar o paciente, através de propriedades mágico-médicas e simbólico-religiosas (BOMBINI, 2021).

Entretanto, atualmente, faz-se uso de antimicrobianos do grupo dos aminoglicosídeos, como a estreptomicina e a gentamicina (caso não estejam disponíveis podem ser utilizadas a tetraciclina ou a doxiciclina). Quanto a sua duração, deve ser mantida por 10 dias ininterruptos e com a descoberta precoce tem-se uma porcentagem de 90% de sucesso. Além disso, pacientes contaminados por essa bactéria devem ficar em isolamento respiratório nas primeiras 48h de tratamento antibiótico, com o intuito de evitar a contaminação de outras pessoas (COSTA, 2016).

O controle feito para a prevenção da bactéria *Yersinia pestis* envolve identificar os locais de doença ativa e informar os órgãos públicos responsáveis; é de fundamental importância, também, evitar o contato direto com pessoas infectadas e/ou feridas expostas de peste bubônica. Ademais, é crucial eliminar potenciais focos de ratos e pulgas (como pilhas de entulho, lenha e lixo), evitar deixar alimentos para animais de estimação em locais que os roedores podem ter facilidade de acessar e manter seus animais de estimação livre de pulgas (LUNA, 2021).

O isolamento do doente se faz importante, bem como orientações gerais para garantir a maior eficácia do tratamento, tais como: evitar ingerir os antimicrobianos com leite, não usar antiácidos à base de Al, Mg, Ca e Bi, prevenir e o tratar distúrbios pépticos – que deve ser feito exclusivamente com ranitidina – não prescrever antidiarréicos, jamais utilizar sais

de ferro e complexos vitamínicos. evitando-se associações incompatíveis (BRASIL, 2008).

CONTROLE

O controle da peste tem como objetivos: evitar a infecção de seres humanos, controle de focos naturais, reduzir letalidade, evitar epidemias e impedir a reintrodução da peste por portos e aeroportos. Portanto, as medidas preventivas para proteger a população de situações de riscos envolvem da educação em saúde ao saneamento básico para o controle de roedores, busca ativa e definição de casos suspeitos para diagnóstico precoce e eficaz e investigação epidemiológica (BRASIL,2008).

CONCLUSÃO

Os primeiros focos surgiram no Egito e disseminaram-se pela Europa e demais continentes, principalmente em razão das falhas nas ações para conter a enfermidade. Na época, ainda não se tinha conhecimento sobre o processo de contaminação e medidas de tratamento eficazes. Diante de toda situação, é possível constatar que uma estrutura sanitária adequada e um melhor gerenciamento das ações de promoção à saúde tornam-se aliados no combate à doença, haja visto que a maior causa da permanência de casos de peste bubônica no mundo é a falta de saneamento em diversas localidades.

Portanto, é de suma importância promover o desenvolvimento de programas que levem informações educativas sobre a infecção para a sociedade e que estimulem discussões entre as autoridades de saúde para viabilizar estratégias que proporcionem a ampliação de estruturas de saneamento básico.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, R. et al. Yersinia pestis: the Natural History of Plague. Clinical Microbiology Reviews, v. 34, n.1, p. 1-44, dez. 2020. DOI: <https://doi.org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1128/CMR.00044-19>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7920731/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BOMBINI, R. R. AS RESPOSTAS IRLANDESAS À PESTE BUBÔNICA: entre a medicina e a religião. Brathair - Revista de Estudos Celtas e Germânicos, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 301-319, 23 abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.18817/brathair.v20i2.2555>. Disponível em: <https://www.ppg.revistas.uema.br/index.php/brathair/article/view/2555>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual de vigilância e controle da peste. Brasília: MS, 2008. 92 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_peste.pdf. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual de vigilância e controle da peste / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2008. 92 p. : il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos) ISBN 978-85-334-1493-8 1. Vigilância Epidemiológica. 2. Peste. 3. Peste Bubônica. I. Título. II. Série. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_peste.pdf. Acesso em: 14 fev. 2023.

BUTLER, T. Plague history: Yersin's discovery of the causative bacterium in 1894 enabled, in the subsequent century, scientific progress in understanding the disease and the development of treatments and vaccines. *Clinical Microbiology and Infection*, v. 20, n. 3, p. 202-209, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12540>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1198743X14608582>. Acesso em: 27 jan. 2022.

BYARD, R. W. A forensic evaluation of plague – a re-emerging infectious disease with biowarfare potential. *Medicine, Science and the Law*, v. 60, n. 3, p. 200-205, jul. 2020. DOI: 10.1177/0025802420908483. Disponível em: <https://journals-sagepub-com.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1177/0025802420908483>. Acesso em: 12 ago. 2021.

Centers For Disease Control And Prevention. Plague: maps and statistics. Maps and Statistics. 2021. Disponível em: <https://www.cdc.gov/plague/maps/index.html>. Acesso em: 27 jan. 2022.

CHANTEAU, S. et al. Early diagnosis of bubonic plague using F1 antigen capture ELISA assay and rapid immunogold dipstick. *International Journal of Medical Microbiology*, v. 290, n. 3, p. 279-283, jul. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1438-4221\(00\)80126-5](https://doi.org/10.1016/S1438-4221(00)80126-5). Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1438422100801265>. Acesso em: 27 jan. 2022.

COLLINS, F. M. Pasteurella, Yersinia, and Francisella. In: BARON, S. (ed.). *Medical Microbiology*. 4. ed. Galveston: University of Texas Medical Branch at Galveston, 1996. Cap. 29. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7798/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

COSTA, É. C. V. Contribuição à Vigilância e ao Diagnóstico da Peste Bubônica. 2016. 96 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/26879>. Acesso em: 04 mar. 2022.

EISEN, R. J.; GAGE, K. L. Adaptive strategies of Yersinia pestis to persist during inter-epizootic and epizootic periods. *Veterinary Research*, v. 40, n. 2, mar-abr. 2009. DOI: 10.1051/vetres:2008039. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2695026/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

GLATTER, K. A.; FINKELMAN, P. History of the Plague: An Ancient Pandemic for the Age of COVID-19. *The American Journal of Medicine*, v. 134, n. 2, p. 176-181, fev. 2021. DOI: 10.1016/j.amjmed.2020.08.019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7513766/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

GUILLOT, C. C.; MARTÍNEZ, R. M.; FALCÓN, A. L. Grandes pandemias y sus desafíos. Dilemas comtemporáneos: educación, política y valores, Toluca de Lerdo, v. 8, n. 3, 00047, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2671>. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78902021000200047&lang=pt. Acesso em: 27 jan. 2022.

GULLOT, C. C.; SERPA, G. R. Principales pandemias en la historia de la humanidad. *Revista Cubana de Pediatría*, v. 92, supl. 1, e1183, p. 1-24, 2020. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312020000500008&lang=pt. Acesso em: 26 jan. 2022.

NASCIMENTO, D. R.; SILVA, M. A. D. “Não é meu intuito estabelecer polêmica”: a chegada da peste ao Brasil, análise de uma controvérsia, 1899. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 20, p. 1271-1285, nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702013000400010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/fZQjpmc9MqKZs6DKYbkmVGK/?lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2022.

PINHEIRO, Pedro. Peste negra – História, sintomas e tratamento. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2002.

PIRET, J.; BOIVIN, G. Pandemics Throughout History. *Frontiers in Microbiology*, v. 11, jan. 2021. DOI: 10.3389/fmicb.2020.631736. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7874133/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Doenças microbianas dos sistemas circulatório e linfático. In: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Cap. 23. p. 637-674. Tradução de: Danielle Soares de Oliveira Daian, Luis Fernando Marques Dorvillé.

LUNA, S. E. F. S. O Serviço Nacional de Peste e o Controle da Peste Bubônica no Nordeste Brasileiro (1941-1956). 2021. 282 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em História das Ciências e da Saúde, Casa de Oswaldo Cruz FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/50225>. Acesso em: 04 mar. 2022.

World Health Organization. Regional Office For South-East Asia. Operational guidelines on plague surveillance, diagnosis, prevention and control. New Delhi: India, 2009. 99 p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/operational-guidelines-on-plague-surveillance-diagnosis-prevention-and-control>. Acesso em: 26 jan. 2022.

YANG, R. Plague: Recognition, Treatment, and Prevention. *Journal of Clinical Microbiology*, v. 56, n. 1, e01519-17, dez. 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1128%2FJCM.01519-17>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5744195/>. Acesso em: 16 ago. 2021.

YUAN, Y. et al. The characteristics and genome analysis of the novel *Y. pestis* phage JC221. *Vírus Research*, v. 283, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.197982>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168170219307713?via%3Dihub>. Acesso em: 16 ago. 2021.

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_peste.pdf

CAPÍTULO 2

SANITIZANTE BIOLÓGICO PARA FRUTAS: UMA SOLUÇÃO PARA OS DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS

Data de aceite: 03/04/2023

Elba Ferreira Junior

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0278802855643574>

Christiane Aparecida Urzedo Queiroz Freitas

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Brasil. Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1894683260586149>

Cristiani Baldo

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7405984333346151>

Briani Gisele Bigotto

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6391064485603263>

Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

RESUMO: As infecções fúngicas em frutas são causadas principalmente pelo fungo *Botrytis cinerea* e resultam em perdas econômicas significativas para a cadeia produtiva. Estas contaminações podem ser minimizadas através do controle de temperatura e umidade durante a estocagem, bem como aplicação de fungicidas, que gera resíduos com riscos potenciais tanto para o consumidor quanto para o ambiente. Desta forma, sanitizantes naturais eficientes e biodegradáveis são de grande relevância no combate às infecções fúngicas permitindo o aumento da vida de prateleira e segurança alimentar. Soforolipídios são biomoléculas produzidas pela levedura *Starmerella bombicola* que possuem potente atividade antimicrobiana contra vários patógenos de importância na agricultura. Neste trabalho descrevemos o desenvolvimento de um sanitizante

contendo sofrolipídios, contra infecções causadas por *B. cinerea* em tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) e morango (*Fragaria × ananassa*). Os resultados obtidos mostraram que os sofrolipídios foram capazes de reduzir a contaminação por *B. cinerea*, sendo que o sanitizante com esse bioativo pode ser uma alternativa natural e sustentável para substituir os fungicidas convencionais utilizados no processo de pós-colheita.

PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobiano; sofrolipídios; biomolécula; tomate; morango.

BIOLOGICAL FRUIT SANITIZER: A SOLUTION FOR FOOD WASTE

ABSTRACT: Fungal infections in fruits are mainly caused by *Botrytis cinerea* and result in economic losses for the production chain. These contaminations can be minimized through temperature and humidity control during storage, as well as the application of fungicides, which generates residues with risks both for the consumer and for the environment. In this way, efficient and biodegradable natural sanitizers are of great relevance against fungal infections, allowing the increase of shelf life and food safety. Sophorolipids are biomolecules produced by *Starmerella bombicola* yeast that exhibits potent antimicrobial activity against several plant pathogens. In this research we describe the development of sophorolipid sanitizers against *B. cinerea* in cherry tomato (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) and strawberry (*Fragaria × ananassa*). The results showed that sophorolipids were able to reduce contamination by *B. cinerea*, and the sanitizer with this bioactive could be a natural and sustainable alternative to replace conventional fungicides used in the post-harvest treatments.

KEYWORDS: Antimicrobial; sophorolipids; biomolecule; tomato; strawberry.

1 | INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, calculado pelo CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), cresceu 8,36% em 2021. Segundo pesquisadores, os segmentos primário e de insumos se destacaram em 2021, com aumentos de 17,52% e 52,63%, respectivamente. O PIB também cresceu para os outros dois segmentos, 1,63% para a agroindústria e 2,56% para os agros serviços. Dentre os ramos, enquanto o PIB do agrícola avançou 15,88% de 2020 para 2021 (CEPEA; CNA, 2021).

Adegradação dos alimentos é um enorme problema para a indústria alimentícia e pode ser causada pela contaminação do produto, prévia ou posteriormente ao processamento, por esporos fúngicos e que em condições intrínsecas favoráveis, como atividade de água e pH, germinam e formam um micélio visível, consequentemente deteriorando o produto antes mesmo do seu prazo de validade. Além disso, em alguns casos a contaminação fúngica pode causar danos à saúde dos consumidores devido à produção de micotoxinas (PITT; HOCKING, 2009; SAMSON *et al.*, 2004; GERMANO, GERMANO, 2011; GOUGOULI *et al.*, 2011; DAGNAS; MEMBRÉ, 2013; BERNARDI *et al.*, 2018; BERNARDI *et al.*, 2019).

O aumento populacional e a tendência de consumidores cada vez mais exigentes,

influenciaram a maior demanda por produtos frescos e orgânicos que passam por operações como limpeza, lavagem com água potável, sanitização, enxágue, embalagem e armazenamento (TEIXEIRA *et al.*, 2013). As frutas e hortaliças são os principais produtos nesse mercado, contudo, são dependentes da cadeia de distribuição para sua disponibilidade nos mercados locais e a aplicação de sanitizantes naturais poderá ser uma alternativa viável reduzindo o desperdício, assim surge o glicolipídios: soforolipídios, como uma molécula sustentável e com alto poder antimicrobiano.

2 | SOFOROLIPÍDIOS

Os soforolipídios pertencem à classe dos glicolipídios extracelulares e são estruturalmente compostos por um dissacarídeo soforose ($2'-O-\beta-D\text{-glucopiranossil}-1-\beta-D\text{-glicose}$) ligado por uma ligação β -glicosídica a uma cadeia longa ácidos graxos, especialmente ácidos palmíticos (C16) ou esteárico (C18). Estes biossurfactantes são sintetizados como uma mistura de moléculas diferentes e podem ser divididos em duas formas principais: acídica e lactônica, e podem ter grupos acetil na sua unidade de soforose com variação nas propriedades físico-químicas e biológicas (ASMER *et al.*, 1988). Além disso, a estrutura da cadeia de ácidos graxos (número de carbono, insaturação e hidroxilação) presente em soforolipídios pode variar de acordo com o substrato utilizado como fonte de carbono hidrofóbico no processo de fermentação (DÍAZ DE RIENZO *et al.*, 2015).

Soforolipídios de forma ácida têm forte capacidade de formação de espuma e solubilidade em água, enquanto soforolipídios de forma lactônica têm a capacidade de diminuir a tensão superficial da água e grande potencial antimicrobiano (LI *et al.*, 2020). Essas moléculas são produzidas principalmente como uma mistura complexa de congêneres, principalmente pelas leveduras não patogênicas *Starmerella bombicola* (LI *et al.*, 2020). As propriedades antimicrobianas dos soforolipídios, tem sido descrita na literatura com resultados expressivos (DA FONTOURA *et al.*, 2020).

De acordo com Hipólito *et al.* 2020, os biossurfactantes recebem significância devido à sua ampla aplicação experimental e vantagens sobre superfícies sintéticas, os soforolipídios são biossurfactantes promissores, classificados como glicolipídios extracelulares e produzidos em meio sustentável.

2.1 Ação microbiana dos soforolipídios

Os soforolipídios tem sido estudo quanto ao seu potencial em aplicações como antimicrobiano desde o final dos anos 1980. Um dos primeiros relatos de soforolipídios como agentes antimicrobianos foi de Wullbrandt *et al.* (1998) que testaram soforolipídios de *S. bombicola* em bactérias Gram positivas: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus Epidermidis*, *Streptococcus faecium* e *Propionibacterium acne* e obteve efeitos significativos na redução

da viabilidade celular.

A ação antimicrobiana dos soforolipídios está relacionada à sua natureza anfifílica, a qual através de interações sinérgicas entre as porções da soforose e ácido graxo produz o efeito surfactante, sendo capaz de diminuir a tensão interfacial e superficial de compostos e materiais, e assim promover alterações a adesão de microrganismos (PONTES *et al.*, 2016; VALOTTEAU *et al.*, 2017).

A atividade antimicrobiana do soforolipídio é caracterizada por mudanças ou ruptura da membrana, induzindo a lise e possível vazamento do conteúdo citoplasmático das bactérias alvo, relacionado com o efeito das suas porções de açúcar e lipídios. Sendo assim, os soforolipídios, graças as suas características anfifílicas, diminuem a hidrofobicidade das membranas plasmáticas de bactérias, apresentando características bactericidas podendo induzir morte de células e biofilmes de bactérias Gram positivas e Gram-negativas (FREITAS *et al.*, 2021).

A atividade antimicrobiana tem sido objetivo de pesquisa do nosso grupo de pesquisa contra diferentes patógenos. Da Fontoura *et al.* (2020) aplicou soforolipídios de *S. bombicola* produzido com gordura de frango contra bactérias Gram-negativas (*Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*) e bactérias Gram-positivas (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus mutans*) obtendo redução da viabilidade celular microbiana em concentração de 0,5 mg/mL e 2 mg/mL contra bactérias Gram-positivas e bactérias Gram-negativas, respectivamente.

Hipólito *et al.* 2020 testaram a ação antimicrobiana dos soforolipídios contra 5 espécies de fungos contaminantes de alimentos, com efetiva ação contra *Fusarium oxysporum* e cinco espécies de *Aspergillus* ssp. (0,73 mg/mL), *B. cinerea* (0,43 mg/mL) e *Rhizopus* ssp (0,23 mg/mL).

Caretta *et al.* (2021) verificaram a ação dos soforolipídios contra os fitopatógenos que causam doenças em plantas *B. cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*.

Silveira *et al.* (2019) testaram a atividade de soforolipídio de *S. bombicola* (ATCC 22214) associados ao ácido láctico contra *Clostridium perfringens* (ATCC® 3624 ™) e *Campylobacter jejuni* (ATCC® 33560 ™). Os resultados mostraram que o tratamento combinado de soforolipídio e ácido láctico foi capaz de manter a eficiência antibacteriana em baixas concentrações devido a interação aditiva do soforolipídio e ácido láctico.

Todos esses trabalhos demonstram a capacidade antimicrobiana dos soforolipídios e a ampla área de atuação, levando as buscas pela atividade antimicrobiana contra patógenos de outras áreas, como de frutas e verduras.

Costa *et al.* (2021) testaram uma alternativa para aumentar o prazo de validade dos morangos onde desenvolveram filmes de amido de mandioca com soforolipídios visando a redução da contaminação microbiana e aumento de tempo de validade do morango. A porcentagem de eficácia dos revestimentos do tratamento com amido e com amido acrescido

de soforolipídios (5 e 10%) foi de 25% e 66,6%, respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo mostraram pela primeira vez na literatura o potencial uso de soforolipídios produzidos por *S. bombicola* como agentes de revestimentos de morangos agregando importantes propriedades às formulações poliméricas.

Estudos do nosso grupo de pesquisa com soforolipídios produzidos pela levedura *S. bombicola*, como sanitizante, na água de lavagem de carcaças de frango, simulando as etapas do abate e processamento, para redução de contaminantes e prevenção de contaminação cruzada, bem como manutenção da inocuidade das carcaças contra os microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes e aeróbios mesófilos, sendo um potencial inovador de grande perspectiva para a indústria avícola, como agente descontaminante, trazendo maior segurança alimentar aos produtos e diminuição das perdas por contaminação (FREITAS *et al.* 2021).

No presente estudo foi desenvolvido uma solução sanitizante com propriedades antimicrobianas, devido à incorporação soforolipídios de *S. bombicola*, para aplicação em frutos tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) e morango (*Fragaria x ananassa*), pós-colheita, prolongando o tempo de prateleira e aumentando a segurança desses alimentos. Os frutos foram previamente contaminados pelo *B. cinerea* e os soforolipídios foram aplicados nas concentrações de 2 mg/mL e 4 mg/mL (CELLIGOI *et al.* 2022).

Caretta *et al.* 2021 investigaram a estabilidade e a atividade antifúngica do soforolipídio de *S. bombicola* para o fitopatógenos de folhas e frutos de tomate. O soforolipídio na concentração de 2 mg/mL inibiu 95% do crescimento de *P. ultimum*; 75,7% de *B. cinerea*; 64,3% de *R. solani* e 28,5% de *S. rolfsii*. Nos testes contra *B. cinerea* nas folhas de tomate o soforolipídio na concentração de 1 e 4 mg/mL teve uma melhor eficácia de 76,9% e morte do fungo respectivamente, e nos tomates as concentrações de 2 e 4 mg/mL tiveram eficácia 96,27%.

3 | *Botrytis cinerea* E O DESAFIO DA PRESERVAÇÃO DE FRUTAS E VEGETAIS PÓS-COLHEITA

B. cinerea é um fungo ascomiceto, necrotrófico que afeta muitas plantas e frutas macias, sendo classificado entre os principais patógenos fúngicos de plantas que causa doença do mofo cinzento em mais de 1000 espécies de plantas (ELAD *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2021; RIGHINI *et al.*, 2021; SAMARAS *et al.*, 2021). Esse fungo pode causar perdas em vegetais em armazenamento pós-colheita uma vez que produz fitotoxinas e enzimas capazes de deteriorar a parede celular vegetal o que induz a necrose de tecidos vegetais favorecendo o processo de infecção e podem causar perdas devastadoras em safras, como uvas, morangos, vegetais e plantas ornamentais em todo o mundo (D'AMBROSIO *et al.*, 2018; DEAN *et al.*, 2012).

B. cinerea é responsável pela infecção de uma imensa parte dos vegetais principalmente no período pós-colheita (D'AMBROSIO *et al.*, 2018). Para controlar a deterioração pós-colheita, existem algumas técnicas prevalentes, como o resfriamento e armazenamento dos vegetais em baixas temperaturas logo após a colheita (YOON *et al.*, 2020; BERNAT, 2017; MERCIER *et al.*, 2017). Outra técnica tradicionalmente utilizada é a aplicação de fungicidas, que gera resíduos com riscos potenciais tanto para o consumidor quanto para o ambiente (GOL *et al.*, 2013). O uso desses descontaminantes, em sua maioria, químicos, tem como finalidade a prevenção e/ou inibição de microrganismos prejudiciais, evitando alterações indesejadas nos vegetais, mantendo a qualidade e aumentando o tempo de prateleira (VINCENZI *et al.*, 2021).

Desta forma há uma crescente conscientização com relação ao consumo de alimentos saudáveis, gerando a necessidade de manter qualidade dos alimentos sem uso de conservantes químicos, consequentemente, alternativas naturais, com menor toxicidade, que conservam as características como sabor, odor, consistência e valor nutritivo tem sido a busca deste mercado.

4 | SANITIZANTE PARA FRUTAS CONTENDO SOFOROLIPÍDIOS COMO MOLÉCULA ATIVA MICROBIANA

O sanitizante com o bioativo soforolipídios em concentrações de 2 e 4 mg/mL foi desenvolvido por Celligoi e colaboradores (2022) e aplicado em vegetais: pepino (*Cucumis sativus*) e abobrinha menina (*Cucurbita moschata*) diminuindo a severidade da doença em todos os tratamentos com eficácia de 88,89% no pepino e 88,89% abobrinha.

Resultados satisfatórios na preservação pós colheita de vegetais devido a aplicação do sanitizante à base de soforolipídios já foram apresentados por Celligoi *et al.* (2022) em diferentes vegetais, Caretta *et al.* (2021) em folhas e frutos de tomate e em filmes de revestimento em morangos Costa *et al.* (2021) contendo soforolipídios como ativo microbiano, o grupo de pesquisa define a aplicação do sanitizante a base de soforolipídios em frutas, tomate e morango.

O sanitizante contendo a molécula de soforolipídio como bioativo microbiano, foi testado em tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*), morango (*Fragaria × ananassa*) objetivando a minimização de contaminação e posterior deterioração destes frutos após sua colheita e consequente aumento do prazo de distribuição e comercialização dos mesmos.

Os frutos (tomates e morangos) foram inoculados com $10 \mu\text{L} 1 \times 10^6$ esporos/mL de *Botrytis cinerea* e tratados com os sanitizantes com soforolipídios nas concentrações de 2 e 4 mg/mL de soforolipídios. Sendo o tratamento curativo a solução sanitizante foi aspergida nos frutos após a infecção, e o tratamento preventivo a solução sanitizante foi aspergida nos frutos não infectados. O controle foi realizado somente com aspersão de

água destilada.

Os resultados demonstraram que a solução sanitizante de soforolipídios foi capaz de diminuir a severidade da doença em todos os tratamentos com eficácia de 66,67% no tomate com 2mg.mL de soforolipídio e 80% no morango na concentração de 4 mg. mL, resultados que mostraram diferenças significativas e melhores n (Tabela 1).

	Tratamentos	Soforolipídios (mg. mL ⁻¹)		
		0	2	4
Tomate Cereja (<i>Solanum lycopersicum var. cerasiforme</i>)	Curativo	Severidade (%)	75 ^a	50 ^b
		Eficácia (%)	0 ^A	33 ^B
	Preventivo	Severidade (%)	75 ^a	25 ^c
		Eficácia (%)	0 ^A	66,67 ^C
Morango (<i>Fragaria x ananassa</i>)	Curativo	Severidade (%)	88,33 ^a	58,33 ^b
		Eficácia (%)	0 ^A	30 ^B
	Preventivo	Severidade (%)	88,33 ^a	41,67 ^c
		Eficácia (%)	0 ^A	50 ^C

As letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P \leq 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Table 1. Severidade e eficácia dos sanitizante com 2 e 4 mg/mL de soforolipídios em tomate cereja e morango contaminados com *Botrytis cinerea*

Esses resultados revelam que o sanitizante a base de soforolipídio foi eficaz quando usado preventivamente e que os soforolipídios são moléculas promissoras contra o principal fitopatógeno do tomate e morango. Os percentuais de infecção da doença nos frutos inoculados e o percentual de eficácia dos tratamentos foram determinados com base na escala de danos nos frutos do primeiro (dia 1) até 32 dias de armazenamento para o tomate e 16 dias de armazenamento para o morango.

Em tomate-cereja a infecção pelo *B. cinerea* foi capaz de danificar o tomate induzindo lesão que resultou em 100% da severidade nos frutos controles tratados somente com água destilada. Por outro lado, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação ao controle, sendo que sanitizante contendo 4 mg/mL de soforolipídios demonstrou mais eficiência contra as lesões necróticas conforme demonstrado na Figura 1. Os frutos de tomate inoculados com *B. cinerea* e tratados com o sanitizante apresentaram uma maior vida de prateleira.

Dias	Controle	Tratamentos			
		1	2	3	4
12 ^o					
14 ^o					
32 ^o					

Dias	Controle	Tratamento			
		1	2	3	4
1 ^o					
5 ^o					
16 ^o					

Figura 1. Atividade sanitizante de sofrolipídios em tomates e morango, infectado e não infectado, com *Botrytis cinerea* durante o armazenamento

Em morangos, o tratamento com sanitizante com a concentração de 4 mg/mL demonstrou ser eficaz inibindo significativamente o crescimento de *B. cinerea* em

comparação com o controle (Figura 1).

Os morangos não tratados apresentaram um crescimento evidente de fungos após 5 dias em suas condições naturais (Figura 1).

Os resultados demonstraram que a biomolécula de soforolipídio apresenta atividade antimicrobiana contra o fungo *B. cinerea*. A eficácia de prevenção, ao aplicar a solução sanitizante, 2mg/mL de soforolipídios, contra *B. cinerea* foi superior a 50% nos frutos testados. E o tratamento curativo utilizando o sanitizante a base de soforolipídios, possibilitou um tempo prateleira mais prolongado.

5 | PERSPECTIVAS FUTURAS

A biomolécula, soforolipídio, demonstra ser um promissor sanitizante natural pela sua alta ação antimicrobiana e sustentável quanto a sua produção. Também demonstra grande ação contra o fitopatógeno *B. cinerea*, podendo ser uma alternativa aos fungicidas convencionais utilizados no processo de pós-colheita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Brasil) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ASMER, H.; LANG, S.; WAGNER, F. *et al.* Microbial production, structure elucidation and bioconversion of sophorose lipids. **J Am Oil Chem. Soc.** **65**, 1460-1466, 1988. <https://doi.org/10.1007/BF02898308>
- BERNARDI, O. A.; STEFANELLO A.; GARCIA M. V.; PARUSSOLO G, STEFANELLO, R. F.; MORO, C. B.; COPETTI M.V Efficacy of commercial sanitizers against fungi of concern in the food industry. **LWT**, v. 97, p. 25-30, 2018.
- BERNARDI, O. A, SILVA T. S, STEFANELLO A, GARCIA M. V, PARUSSOLO G, DORNELLES P. R. C, COPETTI M.V Sensitivity of food spoilage fungi to a smoke generator sanitizer. **Int J Food Microbiol.** 2019 Jan 16;289:72-76. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.004. Epub 2018 Sep 6. PMID: 30205309.
- BERNAT, M.; SEGARRA, J.; XU, X. M.; CASALS, C.; USALL, J. Influence of temperature on decay, mycelium development and sporodochia production caused by *Monilinia fructicola* and *M. laxa* on stone fruits. **Food Microbiology**, London, v. 64, p. 112-118, 2017.
- CARETTA, T. DE O., SILVEIRA, VAI, ANDRADE, G., MACEDO, F., & CELLIGOI. Antimicrobial activity of sophorolipids produced by *Starmerella bombicola* against phytopathogens from cherry tomato. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2021.
- Celligoi, M. A. P. C.; Ferreira, E.; Baldo, C.; Andrade, G.; CARETTA, T. O.; Fonseca, G.F. Solução sanitizante para vegetais com soforolipídios. Patente BR10202200969, INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2022.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do agronegócio**. 2021.

COSTA, N J A.; BALDO, C.; CARETTA, T. O.; CELLIGOI, M. A. P. C. Aplicação de soforolipídios produzidos por *Starmerella bombicola* em filmes ativos para revestimento de morangos Application of sophorolipids produced by *Starmerella bombicola* in active films for strawberries coating. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 88834-88849, 2021.

D'AMBROSIO, J. M., GONORAZKY, G., SUELDO, D. J., MORAGA, J., DI PALMA, A. A., LAMATTINA, L., COLLADO, I. G., & LAXALT, A. M. (2018). The sesquiterpene botrydial from *Botrytis cinerea* induces phosphatidic acid production in tomato cell suspensions. **Planta**, 247(4), 1001–1009. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2843-8>

DA FONTOURA, I. C. C.; SAIKAWA, G. I. A.; SILVEIRA, V. A. I.; PAN, N. C.; AMADOR, I. R.; BALDO, C.; ROCHA, S. P. D.; CELLIGOI, M. A. P. C. Antibacterial activity of sophorolipids from *Candida bombicola* against human pathogens. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. 1–10, 2020.

DAGNAS, S.; MEMBRÉ, J. M. Predicting and preventing mold spoilage of food products. **J. Food Prot.** 76, 538-551, 2013.

DEAN, R., VAN KAN, J.A.L., PRETORIUS, Z.A., HAMMOND- KOSACK, K.E., DI PIETRO, A., SPANU, P.D., et al. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Mol Plant Pathol** 13: 414–430 (2012).

DÍAZ DE RIENZO, M. A.; BANAT, I. M.; DOLMAN, B.; WINTERBURN, J.; MARTIN, P. J. Sophorolipid biosurfactants: possible use as antibacterial and antibiofilm agent. **New Biotechnology**, v. 32, n. 6, p. 720–726, 2015.

ELAD, Y., PERTOT, I., PRADO, A.M.C., AND STEWART, A. Plant hosts of *Botrytis* spp. In *Botrytis—The Fungus, the Pathogen and Its Management in Agricultural Systems*: Cham: Springer, pp. 413–486, 2016.

FREITAS, C. A. U. Q.; SILVEIRA, V. A. I.; BORSATO, D.; BIZ, G.; PEDRÃO, M. R.; CELLIGOI, M. A. P. C. Sophorolipids by the *Starmerella bombicola* as sanitizer in carcass washing by aspersion and immersion in slaughtering and poultry processing. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e13110815210, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.15210. 2021.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiene a vigilância sanitária de alimentos. 4^a ed., **Editora Manole**, Barueri-SP, 1034p, 2011.

GOL, N.B.; PATEL, P.R.; RAO, T.V.R. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 185-195, 2013.

GOUGOULLI, M.; KALANTZI, K.; BELETSIOTIS, E.; & KOUTSOUMANIS, K.P. Development and application of predictive models for fungal growth as improve to quality control in yogurt production. **Food Microbiology**, 28, 1453-1462, 2011.

HIPÓLITO, A., ALVES DA SILVA, R.A., CARETTA, T.D., SILVEIRA, V.A., AMADOR, I.R., PANAGIO, L.A., BORSATO, D., & CELLIGOI, M.A. Evaluation of the antifungal activity of sophorolipids from *Starmerella bombicola* against food spoilage fungi. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 29, n. September, p. 101797, 2020.

WULLBRANDT, D.; LANG, S. *Candida bombicola* : production of novel alkyl glycosides based on glucose/2-dodecanol. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 27 ago. 1998. v. 50, n. 2, p. 161–166.

LI, ZHENBIAO; CAO, ZIDAN; CHEN, Yi; JIANG, SHU, SHAO, XINGFENG; WEI, YINGYING. The Jasmonic Acid Signaling Pathway is Associated with Terpinen-4- ol-Induced Disease Resistance against *Botrytis cinerea* in Strawberry Fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 69, 10678–10687. 2021.

LI Y, GAO N, ZHANG X, ZHAO G, SONG X. Sophorolipid Production Using Lignocellulosic Biomass by Co-culture of Several Recombinant Strains of *Starmerella bombicola* with Different Heterologous Cellulase Genes from *Penicillium oxalicum*. **Appl Biochem Biotechnol**. 2021 Feb;193(2):377-388. doi: 10.1007/s12010-020-03433-4. Epub 2020 Oct 2. PMID: 33006017.

MERCIER, S.; VILLENEUVE, S.; MONDOR, M.; UYSAL, I. Time–Temperature Management along the food cold chain: a review of recent developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.16, n.4, p.647–667, 2017.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. *Fungi and Food Spoilage*, third. ed. **Springer**, New York, 2009.

PONTES, C., ALVES, M., SANTOS, C., RIBEIRO, M. H., GONÇALVES, L., BETTENCOURT, A. F. & RIBEIRO, I. A. C. (2016). Can Sophorolipids prevent biofilm formation on silicone catheter tubes? *International Journal of Pharmaceutics*, 513 (1 –2), 697–708.

RIGHINI, H.; DI FOGGIA, M.; FRANCIOSO, O.; QUINTANA, A. M.; ROBERTI, R. Assessing the Potential of the Terrestrial Cyanobacterium *Anabaena minutissima* for Controlling *Botrytis cinerea* on Tomato Fruits. *Horticulturae* 2021, 7, 210. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080210>

SAMARAS, A., HADJIPETROU, C., & KARAOGLANIDIS, G. (2020). *Bacillus amyloliquefaciens* strain QST713 may contribute to the management of SDHIs resistance in *Botrytis cinerea*. **Pest Management Science**. doi: 10.1002/ps.6145. Volume 77, Edição 3. Março de 2021, Páginas 1316-1327

SAMSON, R. A.; FRISVAD, J. C.; HOEKSTRA, E. S. *Introduction to Food and Airbone Fungi*. **Centraalbureau voor Schimmelcultures**, Utrecht, 2004.

SILVEIRA, V. A. I; NISHIO, E. K, URZEDO, C. A. Q. F.; AMADOR, I.R, KOBAYASHI, R. K. T.; CARETTA, T. O.; CELLIGOI, M. A. P. C. Production and antimicrobial activity of sophorolipid against *Clostridium perfringens* and *Campylobacter jejuni* and their additive interaction with lactic acid. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 2019.

TEIXEIRA, I.; GARCIA, L. A. F. Fatores determinantes da demanda de produtos orgânicos no município de Cascavel–PR. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 12, n. 23, 2013.

VALOTTEAU, C., BANAT, I. M., MITCHELL, C. A., LYNDON, H., MARCHANT, R., BABONNEAU, F., PRADIER, C. M., BACCILE, N. & HUMBLOT, V. (2017). **Antibacterial properties of sophorolipid - modified gold surfaces against Gram positive and Gram-negative pathogens**. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 157, 325 – 334.

VINCENZI, D.; DE JESUS MENDES, L.; MOTA, V. M. Aditivos como conservantes químicos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 9, p. 821-849, 2021.

YOON, Y.S.; Ameer, K.; Song, B.S.; Kim, J. K.; Park, H. Y. Lee, K.C. Eun, J.B. Park, J. H. Effects of X-ray irradiation on the postharvest quality characteristics of 'Maehyang' strawberry (*Fragaria x ananassa*). **Food Chemistry**, v. 325, p.126817, 2020.

CAPÍTULO 3

BIOLOGIA POPULACIONAL E PERÍODO REPRODUTIVO DO CAMARÃO *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862): UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ABRANGENDO DIFERENTES REGIÕES DO BRASIL

Data de submissão: 15/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Paula Pereira Baptista Ferreira dos Santos

Departamento de Ciências Biológicas,
Instituto de Ciências Exatas, Naturais
e Educação, Universidade Federal do
Triângulo Mineiro
Uberaba - MG

<http://lattes.cnpq.br/3536711772602545>

Kátia Aparecida Nunes Hiroki

Departamento de Hidrobiologia, Centro
de Ciências Biológicas e da Saúde,
Universidade Federal de São Carlos
São Carlos - SP

<http://lattes.cnpq.br/8008575700860004>

RESUMO: Devido ao aumento da comercialização de camarões de água doce, principalmente o camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), a necessidade de se estudar a espécie aumenta. Com isso, o presente estudo tem como objetivo analisar a biologia reprodutiva e populacional da espécie a partir de revisão bibliográfica de quatro estudos de diferentes regiões do Brasil. Analisando a proporção de fêmeas ovígeras e de juvenis no período amostral, ficou claro que a espécie apresenta uma reprodução continua, apontando um bom estado nutricional das fêmeas. O período

reprodutivo e de recrutamento mostrou ter relação ao período de cheia e vazão dos rios. O tamanho dos indivíduos também é influenciado pelo meio externo. Ambientes com maior aporte de nutrientes apresentou indivíduos maiores.

PALAVRAS-CHAVE: Fêmeas ovígeras; reprodução; população; pesca artesanal; camarão de água doce.

ABSTRACT: Due to the expansion of commercialization of fresh water prawn, mainly *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), the necessity of studying this species increases. Thereby, this study has, as a goal, to analyze the reproductive and population biology of this species from the literature review of four different studies from different regions of Brazil. Analyzing the proportion of ovigerous females and juveniles in the sample period, it became clear that the species presented a continuous reproduction, pointing out a good nutritional status of the females. The reproductive and recruitment period showed to be related to the period of flood and flow of rivers. The size of individuals is also influenced by the external environment. Environments with a greater supply of nutrients presented bigger individuals.

KEYWORDS: Ovigerous females; reproduction; population; artisanal fishing; freshwater shrimp.

INTRODUÇÃO

Não há, entre todos os grupos de animais ou plantas, maior diversidade morfológica como no grupo dos crustáceos atuais (Martin & Davis, 2001). Apresentando cerca de 67.000 espécies descritas (Brusca & Brusca, 2007), a maior diversidade de Crustacea está na Ordem Decapoda (Ng *et al.*, 2008). Os Decapoda são popularmente muito conhecidos, seus representantes incluem camarões, caranguejos, lagostas e ermitões. Havendo espécies comumente muito exploradas comercialmente, além do importante papel ecológico que desempenham no ecossistema.

O comércio de camarões de água doce vem crescendo consideravelmente ao longo de décadas (Lima & Santos, 2014). Na Família Palaeomonidae (Rafinesque, 1815) estão as espécies comerciais de camarão de água doce, a maioria pertence ao gênero *Macrobrachium* (Bate, 1868) com mais de 120 representantes, de ocorrência em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Valenti, 1987).

O camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), popularmente conhecido como camarão-canela, camarão-sossego ou camarão amazônico vem despertando um crescente interesse comercial, devido seu crescimento rápido e fácil (Guest, 1979; Barreto; Soares, 1982; Valenti, 1985 apud Silva *et al.*, 2007), além de possuir custos e impactos ambientais baixos aliados a sua textura, sabor e larga distribuição. A espécie também é muito utilizada para pescas com isca viva (Maciel & Valenti, 2009). Mais estudos sobre *M. amazonicum* foram realizados devido ao grande interesse pelo cultivo comercial da espécie (Silva *et al.*, 2007). Acredita-se que futuramente a espécie será comercializada em larga escala devido sua ampla distribuição (Silva *et al.*, 2019)

Macrobrachium amazonicum é a espécie de água doce mais encontrada no Brasil (Lima & Odinetz-Collart, 1997). Este camarão é endêmico da América do Sul e sua ocorrência vai desde a Venezuela até o Paraguai.

Macrobrachium amazonicum também é a espécie de água doce mais capturada de forma artesanal na região amazônica e nordeste (Moraes-Valenti & Valenti, 2010 apud Silva *et al.*, 2019) sendo a única espécie comercializada de forma artesanal no estado do Pará e Amapá (Odinetz-Collart, 1987 apud Silva *et al.*, 2007).

Além do grande valor comercial, a espécie desempenha outros papéis ecológicos. Portanto, é de suma importância conhecer a biologia reprodutiva e populacional de *M. amazonicum* para entender melhor seu ciclo de vida e assim obter novas informações a fim de otimizar as coletas e proteger a espécie.

O objetivo deste trabalho foi analisar a biologia reprodutiva e populacional do camarão *Macrobrachium amazonicum* em diferentes regiões do Brasil, com enfoque no

período reprodutivo em diferentes regiões e no recrutamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consiste em pesquisa de caráter exploratório e descritivo. Foi realizada uma revisão bibliográfica, selecionando-se quatro trabalhos sobre a biologia do camarão *M. amazonicum* e seu período reprodutivo.

Devido à ampla distribuição da espécie, foram selecionados os estudos realizados em diferentes regiões do Brasil: cidades do estado do Ceará, Pará, Amapá e Minas Gerais, todos com amostragem entre o período de 2004 a 2013.

Os resultados são apresentados de forma quantitativa e qualitativa, a partir da coleta de informações disponíveis na literatura, incluindo revisão bibliográfica de livros, periódicos, relatórios, artigos científicos, vídeos e plataformas virtuais de pesquisas acadêmicas, como o Scielo, CAPES, CNPq, Google Acadêmico, site do WWF, LABCMA.

RESULTADOS

Ao todo, foram analisados 20.907 espécimes nos quatro trabalhos, representados por fêmeas, fêmeas ovígeras (FO), machos e juvenis (J) ou sexualmente indiferenciados. A diferenciação do sexo se deu pela observação do apêndice no segundo par de pleópodes, ausente nas fêmeas e o período reprodutivo foi estimado pelo número de FO em relação ao número de fêmeas total e pela presença de J.

Analizando a abundância dos grupos demográficos, observou-se que em todos os estudos analisados a frequência de fêmeas era maior do que de machos. No estudo de Silva *et al.*, 2019 dos 2.584 indivíduos coletados 1.668 eram fêmeas e 755 machos, a proporção sexual foi de 2,21:1 em razão das fêmeas. No estudo de Lima *et al.*, 2014 foram coletados 5.179 camarões, sendo 2.975 fêmeas e 2.195 machos, seguindo a proporção de 1,35:1. Em Costa *et al.*, 2016 a proporção foi de 1,6:1 com 1.924 indivíduos sendo 451 machos e 906 fêmeas. Enquanto em Silva *et al.*, 2005 foram coletados 11.220 exemplares, sendo 6.183 fêmeas e 5.037 machos, com razão sexual de 1,2:1 para fêmeas.

Em todos os períodos amostrais foram constados a presença de juvenis e em pelo menos metade dos meses houve FO. No estudo de Silva *et al.*, 2019 houve um pico de FO em setembro e apenas maio não foi constado nenhuma FO. Foram coletados 1.417 J distribuídos por todo os meses com pico em maio (Figura 1).

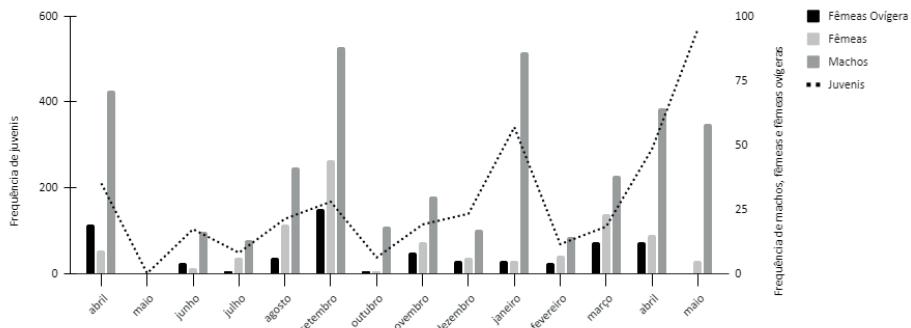


Figura 1: Variação na frequência de fêmeas, fêmeas ovígeras, machos e juvenis durante abril de 2012 a maio de 2013 em Minas Gerais.

Fonte: Adaptado de: Silva et al., 2019.

No estudo de Lima *et al.*, 2014 houve FO em todos os meses, com pico em fevereiro. Juvenis também ocorreram todos os meses com o pico em julho (Figura 2).

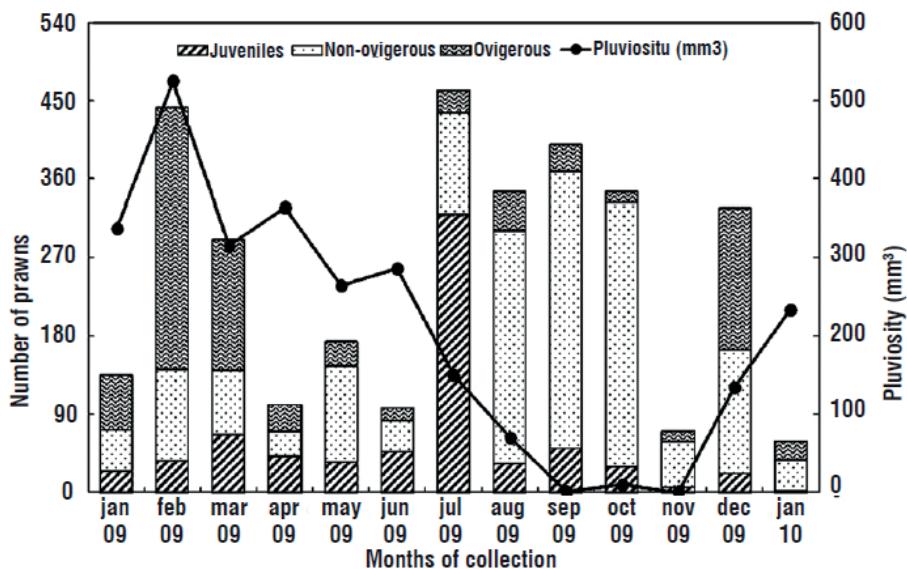


Figura 2: Variação na frequência de FO, não ovígeras e juvenis durante janeiro de 2009 a janeiro de 2010 e a pluviosidade do rio Amazonas.

Fonte: Lima et al., 2014.

Em Costa *et al.*, 2016 apenas em dezembro, janeiro, fevereiro e abril foi constado a presença de FO com pico no mês de dezembro. Os J ocorreram em todo o período amostral com pico em setembro (Figura 3).

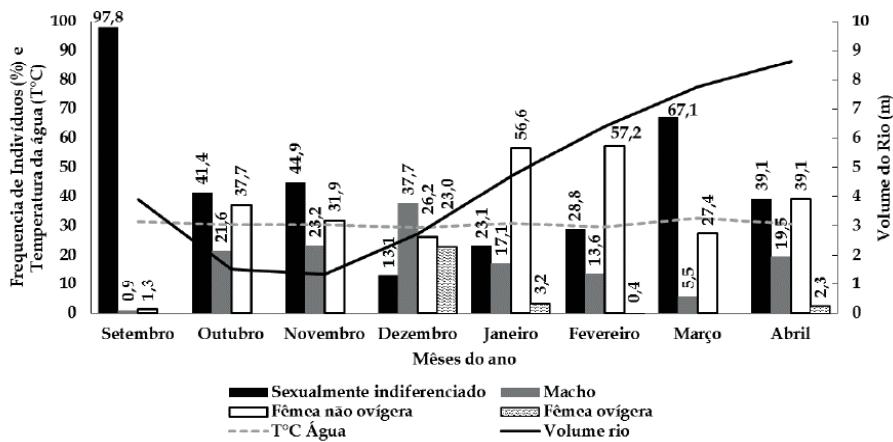


Figura 3: *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862. Variação na frequência de FO, não ovígeras, machos e sexualmente indiferenciados durante setembro de 2009 a abril de 2010 e o volume do rio.

Fonte: Costa et al., 2016.

Foi constado FO em 8 dos 12 meses estudados por Silva et al., 2005 com um pico no mês de abril. Assim como os demais estudos foram constados J em todos os meses havendo um pico em abril, porém foram selecionados apenas os dados dos animais do sexo feminino.

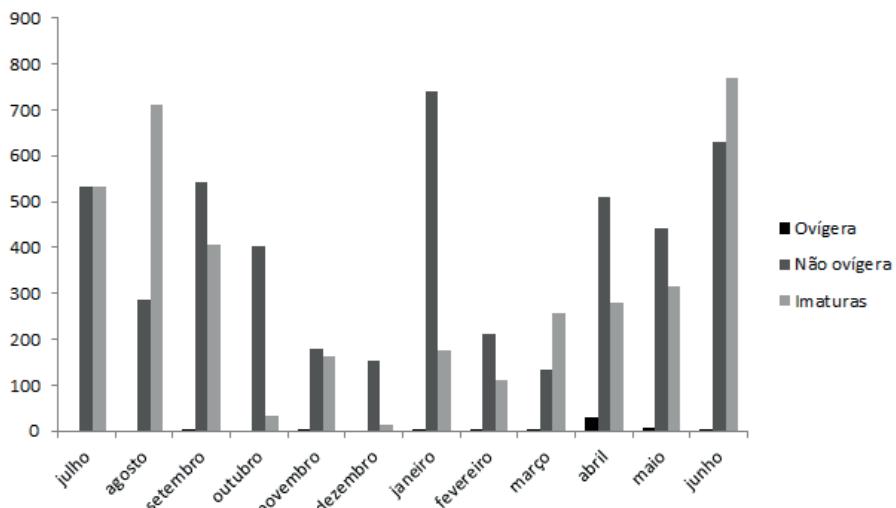


Figura 4: *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862. Variação na frequência de fêmeas, fêmeas ovígeras e imaturas durante julho de 2004 a junho de 2005 no Pará.

Fonte: Adaptado de: Silva et al., 2005.

Apenas o estudo de Silva *et al.*, 2019 não trouxe relação do período reprodutivo com a época de chuva ou maior cheia do rio. Os demais mostraram que o pico de FO coincidiu com a maior precipitação da água, início de período de cheia ou período de chuva. Assim como o pico de J coincidiu com o início da vazante ou do período menos chuvoso.

O tamanho das populações foi descrito pelo comprimento da carapaça (CC) ou comprimento total (CT). O estudo de Silva *et al.*, 2019 e o de Lima *et al.*, 2014 analisaram o tamanho dos indivíduos a partir do CC. Para Silva *et al.*, 2019 os indivíduos variaram de 3 a 10,9 mm. As fêmeas foram maiores que os machos ($U= 566399,5$, $p < 0,01$) (Silva et al., 2019), variando de 3,0 a 10,9 mm enquanto os machos variaram de 3,0 a 8,1 mm tendo maior quantidade de fêmeas na classe de 3 – 3,9 mm e os machos de 4 – 4,9 mm, as FO tiveram representantes na classe de 6,3 – 10,7 mm (Figura 5).

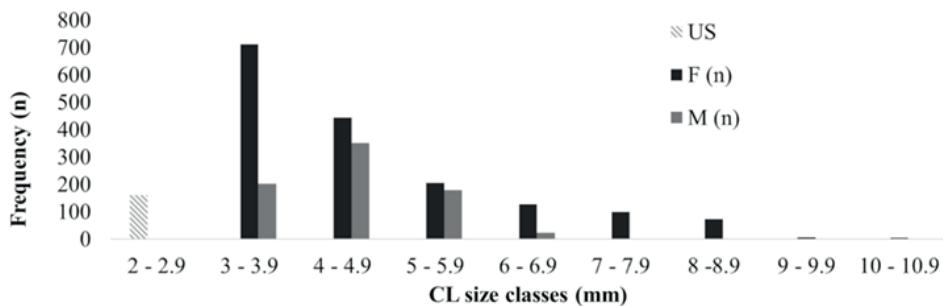


Figura 5: Variação na frequência de CL dos indivíduos em Minas Gerais.

Fonte: Adaptado de: Silva *et al.*, 2019.

O CC dos indivíduos coletados por Lima *et al.*, 2014 foi maior do que os encontrado por Silva *et al.*, nesta amostragem a variação foi de 5,09 a 33,09 mm. Os machos variaram da classe de 11,09 – 13,09 a 31,09 – 33,09 mm, enquanto as fêmeas da classe 11,09 – 13,09 a 29,09 – 31,09 mm, sendo o maior macho com 32,92 mm de CC e a maior fêmea com 29,6 mm. A maior frequência de machos se deu na classe 13,09 – 15,09 com 26,60% dos indivíduos e para as fêmeas foi na classe 15,09 – 17,09 com 17,68% (Figura 6).

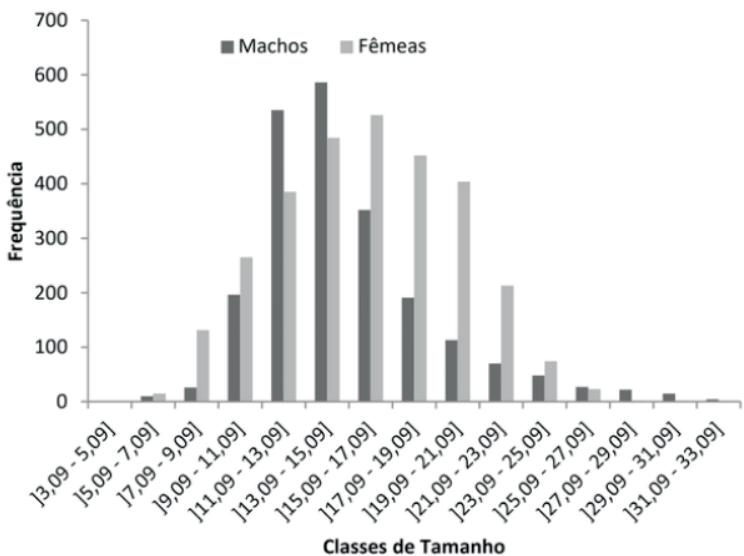
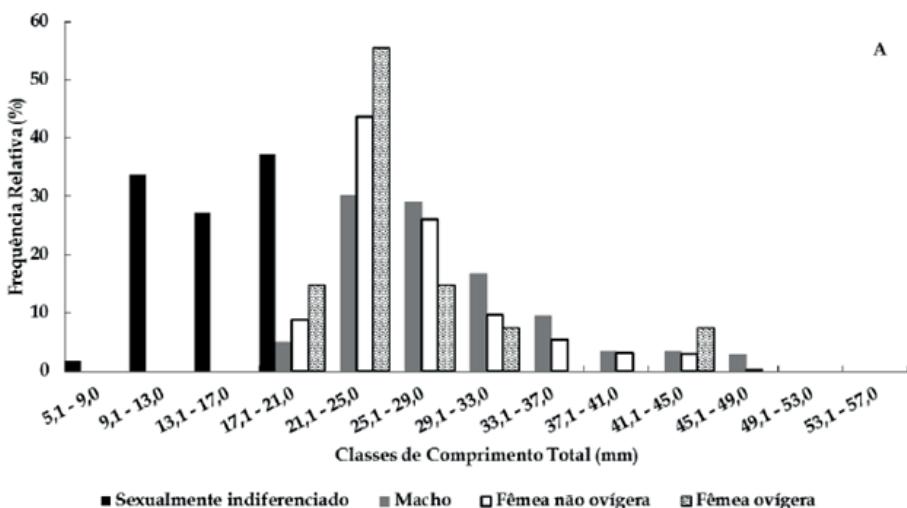


Figura 6: Variação na frequência de classes de CL dos indivíduos no Amapá.

Fonte: Adaptado de: Lima *et al.*, 2014.

No estudo de Costa *et al.*, 2016 os indivíduos coletados no lago Macurany apresentaram tamanhos maiores que os indivíduos do lago Catispera. Os machos do lago Macurany apresentaram maior frequência na classe de tamanho de 21,1 - 29,0 mm de comprimento total (CT) enquanto os machos do rio Catispera apresentaram na classe 33,1 – 41,0 mm. As fêmeas e FO do lago Macurany estavam presentes em maior proporção na classe de 21,1 – 25,0 mm e no Catispera na classe de 41,1 – 45,0 mm (Figura 7).



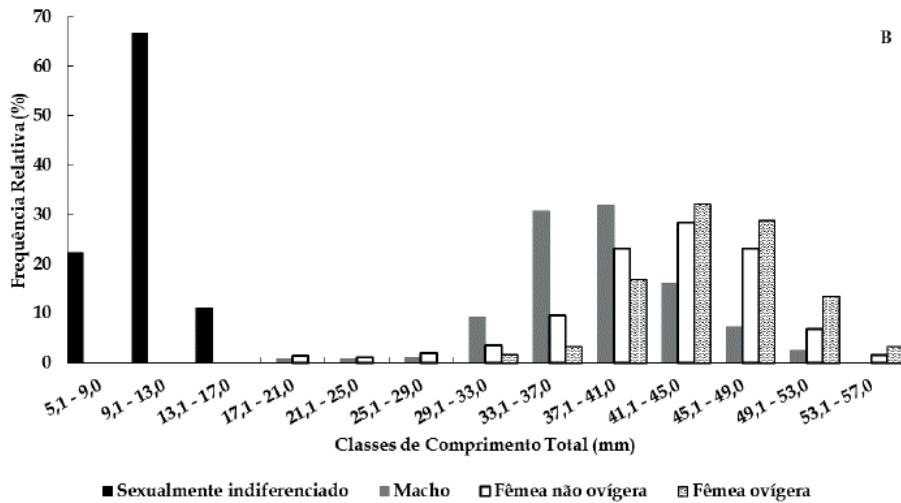


Figura 7: Variação na frequência de classes de CT dos indivíduos no lago Macurany (A) e no lago Catispera (B).

Fonte: Costa *et al.*, 2016.

O tamanho do CT dos indivíduos coletados por Silva et al., 2005 durante o período menos chuvoso variou de 2,4 - 10,5 cm para machos, 2,3 – 9,1 cm para fêmeas e 4,7 – 6,2 para FO (Tabela 1). No período chuvoso os machos variaram de 2,2 – 10,5 cm, as fêmeas de 2,6 – 9,8 cm e as FO de 5,6 – 8,8 como (Tabela 2).

	Mínimo	Médio	Máximo
Machos	2,4	5,4	10,5
Fêmeas	2,3	5,5	9,1
Fêmeas ovígeras	4,7	5,8	6,2

Tabela 1: Valores mínimos, médio e máximos alcançados de CT para os indivíduos do Pará no período menos chuvoso

Fonte: Adaptado de: Silva et al., 2005.

	Mínimo	Médio	Máximo
Machos	2,2	5,4	10,5
Fêmeas	2,6	5,5	9,1
Fêmeas ovígeras	4,7	5,8	6,2

Tabela 2: Valores mínimos, médio e máximos alcançados de CT para os indivíduos do Pará no período chuvoso.

Fonte: Adaptado de: Silva et al., 2005.

DISCUSSÃO

A relação de frequência de fêmeas ser maior do que de machos é comum em espécies do gênero *Macrobrachium* (Lima *et al.*, 2014). A proporção dos indivíduos pode ser influenciada por condições ambientais, geográficas e ações antrópicas (Lima *et al.*, 2014).

As espécies do gênero *Macrobrachium* se caracterizam por reprodução contínua ou periódica (Silva *et al.*, 2005). Em todos os estudos ficou evidente a periodicidade reprodutiva, com fêmeas ovígeras ou juvenis em todos os períodos amostrais, demonstrando um bom estado nutricional das fêmeas.

O aumento da taxa de FO na época de chuva e de maior volume do rio pode estar associado ao fato de que com a cheia diversos compostos químicos orgânicos e inorgânicos influenciam a vida dos animais que vivem nesse ambiente, podendo poluir ou nutrir o rio (Costal *et al.*, 2016).

O pico de recrutamento na época de inicio da vazante no trabalho de Costal *et al.* pode estar associado aos raios solares que chegam à superfície ou ao aproveitamento dos animais pelo ambiente inundado que disponibiliza de matéria orgânica que serve de abrigo e alimento (Costa *et al.*, 2016).

O CC dos camarões coletados no estudo de Lima *et al.* foi maior do que os coletados por Silva *et al.* devido ao fato dos animais de ambientes continentais apresentarem tamanhos menores em relação ao de ambientes costeiros (Hady e Anger, 2013), além do fato dos camarões maiores estarem em um ambiente estuarino.

O tamanho maior dos indivíduos pode significar que o ambiente traz uma maior disponibilidade de nutrientes, no trabalho de Costa *et al.* os dois lagos apresentaram diferenças no tamanho dos animais, isso porque o lago Macurany tem um aporte maior de nutrientes devido sua localização pertencer a uma Área de Preservação Ambiental (Costa *et al.*, 2016).

Enquanto o tamanho reduzido dos machos pode indicar a falta de competição interespecífica por fêmeas (Limas *et al.*, 2014). Enquanto as fêmeas de tamanhos menores podem estar associado ao fato de que após as fêmeas aumentarem de tamanho no processo de ecdise elas utilizam suas reservas energéticas para o processo reprodutivo e reduzem a taxa de crescimento (Silva *et al.*, 2017).

Em todos os estudos analisados a proporção sexual foi a favor das fêmeas, sendo presente sempre mais fêmeas do que machos. O tamanho dos indivíduos variou muito de acordo com o local de coleta, tendo em vista que os estudos foram realizados em áreas distantes com condições distintas. O tamanho maior dos animais parece sempre estar associado ao ambiente mais nutritivo, com mais relações ecológicas e menos ações antrópicas.

A reprodução continua e a alta taxa de recrutamento apontam que o ambiente

supre as necessidades para a reprodução da espécie. Três dos quatro estudos analisados apontaram relação da reprodução com a época de cheia do rio e de chuva. *M. amazonicum* é uma espécie muito popular e pescada facilmente por pescadores ou moradores da região em que a espécie vive. É de suma importância relatar o período reprodutivo de cada região e conscientizar pescadores e a população de forma geral, a pesca em período reprodutivo pode prejudicar a espécie. Ambientes com alta taxa de reprodução e de recrutamento precisam de ainda mais cuidados com a preservação.

O conhecimento sobre a biologia e ecologia de uma população é de extrema importância para que sempre novos estudos sejam realizados na área a fim de proteger a espécie.

REFERÊNCIAS

Brusca, R. & Brusca, G. 2018. **Invertebrados**, 3^a Edição, Sinauer Associates, Traduzido Editora Guanabara Koogan S.A.

Lima, Jô de Farias et al. **Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth.** Acta Amaz., Manaus , v. 44, n. 2, p. 245-254, June 2014 .

Lima, J.S.G.; Odinetz-Collart, O. **Ecologia do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) no açude Poço da Cruz (Ibimirim)**, p. 378-384, in Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Guarapari, 1997.

Maciel, C.R. e Valenti, W.C. 2009 **Biology, fisheries and aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review.** Nauplius,17: 61 - 79.

Martin, J.W. & G.E. Davis. 2001. **An updated classification of the recent Crustacea.** Los Angeles, Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series, 124p.

Ng, P. K. L.; Guinot, D. & Davie, P. J. F. 2008. **Systema brachyurorum: Part I, An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world.** The Raffles Bulletin of Zoology, 17:1-286.

Silva, Márcia Cristina Nylander et al. **Estudo do Crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. Amazônia: Ci. & Desenv,** Belém, v. 2, n. 4, p. 85-104, jun. 2007.

Silva, Kátia Cristina de Araújo. **Aspectos Bioecológicos de *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) a jusante do reservatório da hidrelétrica de Tucuruí - Pará. Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Belém, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2005.

Silva, R. C. et al. **Population structure of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in Miranda Hydroelectric Plant Reservoir, Araguari river, Minas Gerais, Brazil.** Acta Limnologica Brasiliensis, 2019, vol. 31, e14.

Odinetz-Collart, O.; Moreira, L. C. **Migração vertical nictemeral das larvas de Macrobrachium amazonicum num lago de várzea na Amazônia Central, Ilha do Careiro, Brasil.** Amazoniana, v. 3, n. 4, p. 385-389, 1993.

Valenti, W. C. **Comportamento reprodutivo de camarões de água doce.** Jaboticabal, 1987. p. 195-202.

CAPÍTULO 4

HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA PACORA *Plagioscion magdalenae* EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

Data de submissão: 11/01/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Fredys F. Segura-Guevara

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de
Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Universidad de
Córdoba
Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-9129-984X>

John J. Arellano-Padilla

Semillero de Investigación Biológico
Pesquera-SIBP, Departamento de
Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Universidad de
Córdoba
Lorica, Colombia
Océanos S. A
<https://orcid.org/0000-0001-5097-2738>

Ángel L. Martínez-González

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de
Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Universidad de
Córdoba
Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0001-9224-1976>

Xiomara E. Cogollo-López

Semillero de Investigación Biológico
Pesquera-SIBP, Departamento de Ciencias
Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Laboratorio de Sanidad Acuícola y
Calidad de Agua, Departamento de
Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Universidad de
Córdoba, Montería, Colombia
<https://orcid.org/0000-0001-9929-4210>

Glenys Tordecilla-Petro

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Institución Educativa Lácides C. Bersal,
Alcaldía municipal de Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-7618-8615>

Delio César Solano-Peña

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Autoridad Nacional de Acuicultura y
Pesca-AUNAP
<http://orcid.org/0000-0001-6280-4715>

William A. Pérez-Doria

Servicio Estadístico Pesquero Colombiano-SEPEC

<https://orcid.org/0000-0001-8150-1197>

Jesús Vargas-González

Laboratorio de Investigación Biológico Pesquer
a-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas,

Facultad de Medicina Veterinaria y
Zootecnia, Universidad de Córdoba

Lorica, Colombia

Servicio Estadístico Pesquero Colombiano-SEPEC

<https://orcid.org/0000-0003-3519-2332>

Charles W. Olaya-Nieto

Laboratorio de Investigación Biológico

Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria

y Zootecnia, Universidad de Córdoba

Lorica, Colombia

<http://orcid.org/0000-0002-9045-641X>

RESUMEN: Se estudiaron los hábitos alimentarios de la Pacora *Plagioscion magdalena* (Steindachner, 1878) en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia. El contenido estomacal fue evaluado mediante el coeficiente de vacuidad, grado de digestión, frecuencia de ocurrencia, frecuencia numérica, gravimetría, y se estimaron el nicho trófico, el índice de equidad, la relación longitud intestinal-longitud total, las preferencias alimentarias de acuerdo con la talla y el índice de importancia relativa. Un gran número de los estómagos estudiados estaba vacío (53.6%) y la mayoría del alimento fue encontrado en estados digerido o medio digerido. Se identificaron 5 grupos alimentarios en la dieta: Peces, Crustáceos, Insectos, Material vegetal y Otros. Peces fue el grupo alimentario más frecuente (97.1%), abundante (95.4%) y de mayor composición en peso (99.8%), constituyéndose en el alimento principal o de mayor importancia en la dieta (IIR =96.9%), mientras que los demás grupos alimentarios tuvieron baja importancia relativa o eran circunstanciales. Las preferencias alimentarias de la Pacora sugieren que es un pez carnívoro especialista con preferencia ictiófaga, con reporte de canibalismo por primera vez en Colombia, que mantiene dichas preferencias en su estructura de tallas.

PALABRAS CLAVE: Canibalismo, Estado de bienestar, Plano inundable, Río San Jorge, Seguridad alimentaria.

FEEDING HABITS OF PACORA *Plagioscion magdalena* IN THE CIENAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

ABSTRACT: The feeding habits of Pacora *Plagioscion magdalena* (Steindachner, 1878) in the ciénaga de Ayapel, San Jorge River basin, Colombia were studied. The stomach content was evaluated using the proportion of empty stomachs, grade of digestion, frequency of

occurrence, numerical frequency, gravimetry, and the trophic niche, the equity index, the gut length-total length relationship, food preferences according to size and the relative importance index were estimated. A large number of the stomachs studied were empty (53.6%) and most of the food was found in digested or half-digested states. Five food groups were identified in the diet: Fish, Crustaceans, Insects, Vegetal matter and Others. Fish was the most frequent food group (97.1%), abundant (95.4%) and the heaviest (99.8%), constituting the main or most important food in the diet ($RII = 96.9\%$), while other food groups had low relative importance or were circumstantial. Food preferences suggest that the Pacora is a specialist carnivorous fish with ichthyophagous preference, with a report of cannibalism for the first time in Colombia, which maintains such preferences in its size structure.

KEYWORDS: Cannibalism, Welfare state, Floodplain, San Jorge River, Food safety.

1 | INTRODUCCIÓN

La Pacora *Plagioscion magdalena* (STEINDACHNER, 1878) es un pez común en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge, pero ausente en el río Sinú (DAHL, 1971), que se consideraba endémico para Colombia hasta cuando CASATTI (2005) lo reportó también para la cuenca del río Amazonas.

En la cuenca del Magdalena (incluye los ríos Cauca y San Jorge) consume peces, principalmente, e insectos, gusanos y camarones como alimentos secundarios (SOSA, 1992), mientras que en la ciénaga de Ayapel, cuenca del San Jorge, OLAYA-NIETO et al. (2013) encontraron talla media de madurez sexual de 36.1 cm LT, diámetro de los ovocitos de $438 \mu\text{m}$, desove parcial y época de reproducción prolongada a lo largo del año e independiente del ciclo hidrológico de la ciénaga.

En 1947, MILES afirmaba que la especie tenía cierta importancia económica debido a su tamaño, aunque su carne era un poco insípida; concepto compartido por DAHL (1971). Sin embargo, con el correr del tiempo se ha documentado que es uno de los peces de alta importancia pesquera y comercial en la ciénaga de Ayapel, cuenca del San Jorge, debido a la calidad de su carne y al tamaño que alcanza, por lo que se ha convertido en reemplazo de otros peces tradicionalmente capturados (OLAYA-NIETO et al., 2011), situación que obviamente también se presenta en la cuenca del Magdalena, en donde DUARTE et al. (2021) estimaron su producción en 233.7 toneladas, el 2.9% del total desembarcado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los hábitos alimentarios de la Pacora en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia, como contribución al conocimiento de su biología y ecología como herramienta para su preservación en su ambiente natural, a su manejo pesquero y a la seguridad alimentaria de las comunidades de pescadores que habitan la ciénaga y la cuenca del San Jorge.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en la ciénaga de Ayapel, ubicada en la parte baja de la cuenca del río San Jorge en jurisdicción del municipio de Ayapel, departamento de Córdoba, Colombia. Es el humedal más importante de la cuenca, hace parte del complejo cenagoso de la región de La Mojana, tiene una extensión de 37600 hectáreas, la cual ha venido disminuyendo con el tiempo. Funciona como un plano inundable y de amortiguación natural, almacenando los excesos de agua producidos por los desbordamientos de los ríos San Jorge y Cauca. Su clima varía de ligera a moderadamente húmedo, con precipitación promedio multianual entre 2300 y 2500 mm, alcanzando de cinco a siete metros de profundidad máxima en la época de lluvias, que en la época seca disminuye hasta 50 u 80 cm (CVS-FONADE, 2004).

2.2 Obtención de las muestras

La información se recolectó entre agosto 2009 y julio 2010 en el marco del proyecto de investigación “Estimación de los Parámetros Biológicos Básicos de Peces Comerciales de la Cuenca del Río San Jorge-Fase I”, código FMV-07-08, financiado por la Universidad de Córdoba, en donde una parte fue tomada por el Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP y el resto por los pescadores en las faenas que efectúan en el área de estudio, quienes la cedieron al LIBP. El área de muestreo fue Bocas de Seheve, ubicada en la confluencia de la ciénaga de Ayapel con el San Jorge ($8^{\circ} 28' N$, $75^{\circ} 03' W$). El arte de pesca utilizado fue el trasmallo, con longitud de 120 m, altura de 2.2-2.5 m, diámetro del ojo de malla extendida de 2.75-4.0 pulgadas y tiempo efectivo de pesca de 10-12 horas/faena.

El material biológico recolectado se conservó refrigerado en neveras de poliuretano de 142 litros (MARINE COOLER 2A75, RUBBERMAID, USA) y fue transportado hasta el LIBP, ubicado en el Campus Lorica. A cada individuo se le midió longitud total (LT) al milímetro más cercano con un ictiómetro graduado en mm (IK2, AQUATIC BIOTECHNOLOGY, España) y el peso total (WT) al gramo más cercano con una balanza eléctrica con capacidad de 5000 ± 1 g (CS 5000, OHAUS CORPORATION, USA). Aplicando las técnicas de LAEVASTU (1980) y MARRERO (1994), una vez efectuada la disección de los peces se extrajeron los estómagos e intestinos, los cuales fueron medidos, pesados y conservados en frascos rotulados que contenían formol al 10% bufferado, con la información correspondiente a la especie, número de la muestra, fecha, sitio de recolecta, arte de pesca, talla, peso y sexo.

2.3 Fase de laboratorio

En el laboratorio se extrajo y lavó el contenido estomacal usando la menor cantidad de agua posible para retirar los residuos de formol, se colocó posteriormente en una caja de Petri y se examinó al estereoscopio y microscopio, separándose, identificándose y

enumerándose el alimento encontrado. El material que estaba muy digerido se identificó por los fragmentos, en lo posible, hasta el nivel taxonómico permitido por dicho grado de digestión; agrupado en categorías (LUGO, 1989) y pesado en una balanza eléctrica de 1500 ±0.01 g de capacidad (ADVENTURER, OHAUS CORPORATION, USA).

El coeficiente de vacuidad (CV) se obtuvo con la técnica de WINDELL (1971): $CV = 100^* \text{ No. estómagos vacíos} / \text{No. total de estómagos analizados}$. El grado de digestión (GD) se evaluó con la escala de LAEVASTU (1980), la cual clasifica el estado de las presas así: Fresco, Medio digerido y Digerido. Se utilizaron 3 métodos para cuantificar el contenido estomacal, expresado en valores promedios mensuales y anuales: frecuencia de ocurrencia (FO), frecuencia numérica (FN) y gravimetría (G) (WINDELL, 1971; WINDELL & BOWEN, 1978; SILVA & STUARDO, 1985): $FO = 100^* \text{ Ocurrencia de presas del ítem A/No. total de estómagos con alimento}$. $FN = 100^* \text{ No. de presas del ítem A/No. total de presas}$. $G = 100^* \text{ Peso de las presas del ítem A/Peso de todas las presas}$.

También se estimó la amplitud del nicho trófico a partir del índice de diversidad de SHANNON-WEAVER (H') (1949), mediante la ecuación: $H' = (-\sum pi \ln pi)$, en donde H' es el Índice de diversidad de SHANNON-WEAVER, pi es el número de individuos del iésimo componente trófico por el total de organismos de la muestra y \ln es el logaritmo natural. La proporción de la diversidad observada se comparó con la máxima diversidad esperada mediante el índice de equidad o uniformidad de PIELOU (J') (1969): $J' = H'/H_{max}$, en donde J' es el Índice de equidad de PIELOU, H' es el índice de diversidad de SHANNON-WEAVER, H_{max} es el logaritmo natural del número de componentes tróficos por muestra, cuyos valores tienen un rango de cero (0) a uno (1). Cuando este índice alcanza el valor 1, significa que las presas son igualmente abundantes; mientras que el valor 0, sugiere ausencia de uniformidad. Si el índice es menor de 0.6, el depredador se considera especialista, y si –por el contrario– es mayor de 0.6 o cercano 1, se considera generalista.

Para conocer el estado de bienestar de la especie, se estimó el factor de condición con la ecuación de WEATHERLEY (1972): $k = WT/LT^b$, en donde k es el factor de condición, WT es el peso total del pez en gramos, LT es la longitud total en centímetros, b es el parámetro de la regresión longitud-peso, mientras que la relación longitud intestinal-longitud total se estableció de acuerdo con la escala propuesta por BRUSLE (1981), la cual plantea que si $0.5 < LI-LT \leq 2.4$ el pez se clasifica como carnívoro. Se establecieron las preferencias alimentarias de la especie con respecto a la talla alcanzada en el estudio, agrupando los ejemplares recolectados en cinco intervalos.

La importancia de cada presa en la composición de la dieta se estimó con el índice de importancia relativa (IIR) de YÁÑEZ-ARANCIBIA et al. (1976) modificado por OLAYA-NIETO et al. (2003): $IIR = FO^*G/100$, en donde IIR es el Índice de importancia relativa de una presa, FO es el porcentaje de la frecuencia de ocurrencia de cada presa, G es el porcentaje del peso de dicha presa. Esta expresión es porcentual presentando un rango de 0 a 100, donde el rango de 0 a 10% representa grupos tróficos de importancia relativa baja,

de 10 a 40% grupos de importancia relativa secundaria y 40 a 100% grupos de importancia relativa alta.

Se aplicó estadística descriptiva expresando las variables como promedio \pm desviación estándar, con intervalos de confianza al 95%, y se estimaron los coeficientes de correlación (r) para la relación longitud intestinal-longitud total y el factor de condición. Se utilizó la prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS (K-W, 1952) con el fin de determinar significancia estadística ($p < 0.05$) de la dieta consumida (FO, FN, G e IIR) de acuerdo con el nivel de la ciénaga de Ayapel y con la talla de la especie en estudio.

3 | RESULTADOS

Se analizaron 371 estómagos de individuos recolectados mensualmente entre agosto 2009 y julio 2010, cuyas tallas y pesos oscilaron entre 20.5-67.0 (35.3 ± 9.1) cm LT y 174.0-3764.0 (543.0 ± 562.2) g de peso total, con talla y peso medios de captura estimados en 35.4 cm LT y 530.5 g, respectivamente. En la Figura 1 se observa la distribución de tallas recolectadas para este trabajo.

El 53.6% de los estómagos estudiados se encontró vacío, especialmente en octubre 2009 (75.0%) y enero 2010 (71.4%), que corresponden al período de aguas descendentes y aguas bajas de la cuenca, respectivamente; el 33.4% estaba parcialmente lleno y el 13.0% lleno. Solo el 3.6% del alimento consumido se encontró fresco, pues la mayor parte estaba medio digerido (57.1%) y el 39.3% digerido. Se encontraron presas medio digeridas y digeridas en todos los meses del estudio, alcanzando los mayores valores en julio y marzo 2010, respectivamente; y se destaca la ausencia del estado fresco (0.0%) en 6 meses del año (agosto 2009, enero, febrero, marzo, abril y mayo 2010).

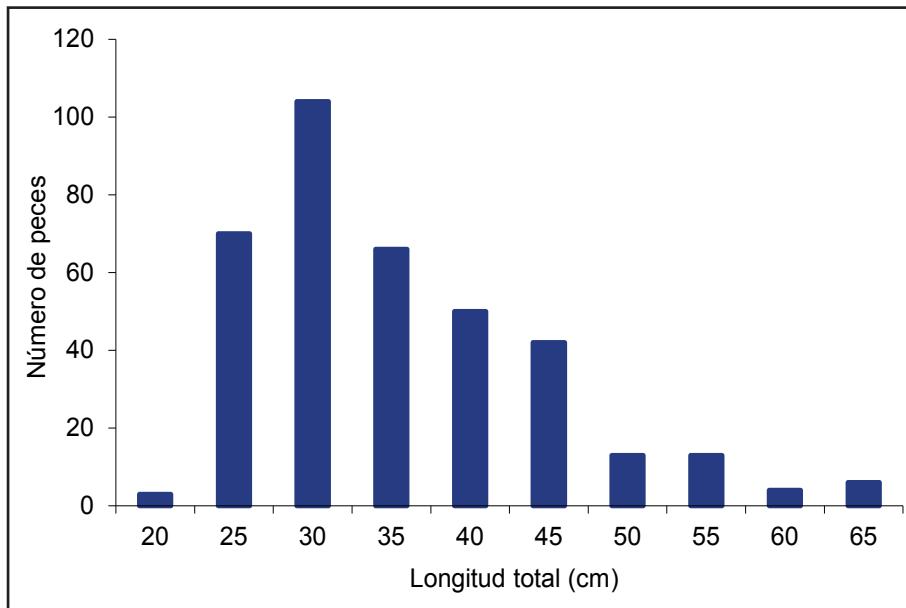


Figura 1. Distribución de frecuencias de tallas de Pacora en la ciénaga de Ayapel en el período 2009-2010.

Se identificaron cinco grupos alimentarios en la dieta: Peces, constituido por Sardina *Astyanax* sp., Cocobolo *Andinoacara* sp., Viejita *Cyphocharax magdalena*, Mayupa *Sternopygus macrurus*, Pacora *P. magdalena* y Restos de peces (aletas, escamas, espinas, estructuras esqueléticas); Crustáceos, Insectos, Material vegetal y Otros (Tabla 1). Peces fue el grupo más frecuente (97.1%), presente en todos los meses del año; mientras que Crustáceos solo se encontró en septiembre 2009, junio y julio 2010, similar a Otros, presente solo en diciembre 2009, mayo y junio 2010; Peces también fue el más abundante (95.4%) alcanzando el 100% en siete meses del estudio, luego Crustáceos (Figura 2); y el de mayor peso en la dieta (99.8%), siendo la presa principal en todos los meses de estudio, seguido nuevamente por Crustáceos.

Grupos alimentarios	FO (%)	FN (%)	G (%)
Peces	97.1	95.4	99.8
Crustáceos	2.3	2.6	0.19
Insectos	0.6	1.0	0.01
M. vegetal	0.6	0.5	0.02
Otros	0.6	0.5	0.01

Tabla 1. Frecuencia de ocurrencia (FO), frecuencia numérica (FN) y gravimetría (G) de ítems alimentarios en el estómago de la Pacora en la ciénaga de Ayapel.

Se observó la ocurrencia de canibalismo en diez ocasiones, en donde la talla del depredador osciló entre 28.5 y 58.5 cm LT y la talla de la presa entre 6.2 y 14.5 cm LT. En una ocasión se encontraron tres individuos en el estómago de un solo individuo de 41.8 cm LT.

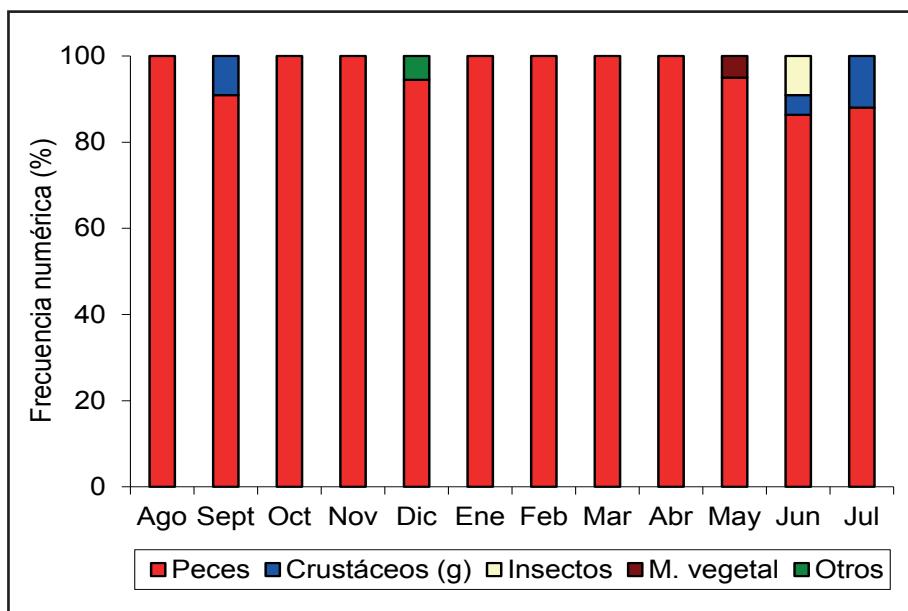


Figura 2. Frecuencia numérica de grupos alimentarios en el estómago de Pacora en la ciénaga de Ayapel.

La diversidad de grupos tróficos consumidos es baja, en donde Peces (69.1) es considerado como primario, Crustáceos es categorizado secundario (5.1); e Insectos (3.2), Material vegetal (2.2) y Otros (2.2), terciarios. Al comparar la diversidad observada con el índice de equidad de PIELOU ($J' = 0.06$), éste sugiere que la especie es estenofágica o especialista. Al aplicar la prueba de KRUSKAL-WALLIS, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la frecuencia de ocurrencia ($K-W: H = 0.326, p > 0.05$), frecuencia numérica ($K-W: H = 0.326, p > 0.05$) y gravimetría ($K-W: H = 0.277, p > 0.05$) de los ítems alimentarios de la Pacora al compararlos con los diferentes niveles de agua alcanzados por la ciénaga durante el año evaluado.

El factor de condición (k), o estado de bienestar, anual para sexos combinados se estimó en 0.0025, fluctuando entre 0.0015 en septiembre 2009, en aguas descendentes, y 0.0050 en diciembre 2009, en aguas bajas del ciclo hidrológico de la ciénaga de Ayapel, lo que está asociado al menor espejo de agua que presenta la ciénaga o el río, lo que incrementa la capturabilidad del alimento principal (peces) que compone su dieta. Por sexo, el estado de bienestar anual de las hembras ($k = 0.0023$) es 32.4% menor que el de los

machos ($k = 0.0034$).

La relación longitud intestinal-longitud total se estimó en 0.7, valor que corresponde al asignado para los peces carnívoros, cuya relación lineal fue $LI = -9.94 + 0.98 LT$, $r = 0.91$, $n = 370$. La correlación entre el tamaño del intestino y la talla del pez ($r = 0.91$) es altamente significativa al 95% de confianza.

En la Tabla 2, se observa que Restos de peces fue la presa más abundante en todos los intervalos de talla analizados, especialmente por ser la Pacora una especie carnívora. Teniendo en cuenta a las presas identificadas, Sardina estuvo presente en todos los intervalos de talla, fue la más numerosa en las más pequeñas (20.0-40.0 cm LT) con el 41.2% y en las más grandes (50.0-70.0 cm LT) con el 27.9%, excepto en las medianas, en donde Pacora fue la más importante con 11.2% del total. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre estas preferencias con respecto a la estructura de tallas de la especie, ni en ocurrencia (K-W: $H = 0.772$, $p > 0.05$), abundancia (K-W: $H = 0.744$, $p > 0.05$), ni en peso (K-W: $H = 0.840$, $p > 0.05$).

Pacora		Peces consumidos					Tamaño presa (LT)			
LT (cm)	n	Sardina	Cocobolo	Viejita	Mayupa	Pacora	R. peces	Min. (cm)	Máx. (cm)	Prom. (cm)
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)
20-30	65	27.7	0.0	0.0	0.0	1.5	70.8	2.0	8.6	5.3
30-40	52	13.5	0.0	5.8	1.9	5.8	73.0	6.2	18.0	12.1
40-50	45	4.4	0.0	0.0	2.2	11.2	82.2	7.3	9.0	8.2
50-60	13	15.4	7.7	0.0	0.0	7.7	69.2	6.8	14.5	10.7
60-70	8	12.5	0.0	12.5	0.0	0.0	75.0	9.5	13.0	11.3

Tabla 2. Composición y tamaño de los peces consumidos por Pacora en la ciénaga de Ayapel.

Los valores calculados para el índice de importancia relativa indican que Peces (IIR = 96.9%) es el alimento de mayor importancia para la dieta de la especie en estudio, mientras que Crustáceos (0.004%), Insectos, Material vegetal y Otros (IIR = 0.0001% c/u) tienen baja importancia relativa o son circunstanciales.

Estos resultados concuerdan con su nicho trófico, en donde Peces también fue categorizado como alimento principal, y los demás grupos tróficos como secundarios y terciarios; aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas de este índice con relación a los diferentes niveles de agua de la ciénaga (K-W: $H = 0.294$, $p > 0.05$), ni con la estructura de tallas (K-W: $H = 0.925$, $p > 0.05$).

4 | DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la talla mínima de captura, o talla mínima legal, establecida para la Pacora en 30.0 cm LS (37.4 cm LT) en la cuenca Magdalénica por INDERENA (1971), se encontró que el 65.5% de los individuos ($n = 243$) fue capturado con tallas menores a

ésta, lo que sugiere un problema de sobre pesca al crecimiento de la especie. Situación que ya había sido reportada por MADR/CCI (2006) en torno a que el 49.0% de los individuos capturados en la cuenca Magdalénica no se habían reproducido; mientras que en 2007 afirman que en la mayoría de las áreas de pesca se ejerce alta presión pesquera sobre la especie, lo que se traduce en que más del 82.0 % de los ejemplares fueron capturados con tallas inferiores a la legalmente establecida.

Mientras en Colombia, OLIVEROS & GARCÍA-ALZATE (2019) observaron coeficiente de vacuidad del 22.7% para Pacora en el embalse El Guájaro, el alto valor encontrado en este trabajo también ha sido reportado en Brasil para *Plagioscion squamosissimus* por BRAGA, 1998 (40-80%); HAHN et al., 1999 (49.4-60.8%); ROCHA et al., 2015 (16.5-40.7%) y SANTOS et al., 2014 (44.3%). Según DIANA (1979), la mayoría de los peces piscívoros tiene una dieta conformada por solo un individuo-presa, por lo que el tiempo de alimentación es más corto en relación con la digestión. El hecho de que las presas ingeridas sean relativamente grandes, de alto valor nutritivo y fácilmente digeribles, disminuye el tiempo necesario para saciar a un pez carnívoro (HAHN et al., 1999). Por su parte, BRAGA (1998) plantea que la alta frecuencia de estómagos vacíos observados a lo largo del año, es consistente por el hábito alimentario carnívoro que presenta la especie.

Conceptos que también aplican al grado de digestión de las presas encontradas en la dieta de *P. magdalena*, pues el 96.4% se encontraron digeridas o medio digeridas. De acuerdo con ROTTA (2003), la evacuación del tracto digestivo de los peces depende de la digestibilidad del alimento, puesto que los que se alimentan de peces y moluscos tienen una rápida digestión y evacuación gástrica, a diferencia de los que se alimentan de vegetales y crustáceos que pueden demorar el doble de tiempo en digerir el alimento, como se observó en este trabajo, en donde la mayoría de las presas estaban en estado medio digerido. Vale anotar que Peces alcanzó el 99.8% en peso de la dieta de la especie en estudio.

En diferentes estudios realizados en Brasil se ha encontrado similitud en las preferencias alimentarias de *P. squamosissimus* con los resultados obtenidos en esta investigación, en donde Peces es el alimento principal, además de Crustáceos e Insectos, como es el caso de STEFANI & ROCHA, 2009; BARROS et al., 2012; ROCHA et al., 2015. BRAGA (1998) reportó una dieta piscívora, ausente de Crustáceos; mientras que COSTA et al. (2009) informó que Crustáceos, Insectos, Material vegetal y Peces, siendo éste el menos importante en la dieta. En Perú, RIOFRÍO (2009) observó que Peces es el alimento más importante, seguido por Restos vegetales. En Colombia, OLIVEROS & GARCÍA-ALZATE (2019) encontraron a Peces, Crustáceos, Insectos y Otros, en ese orden, como los alimentos preferidos de *P. magdalena*.

RESENDE et al. (1996) reportaron que los peces de ambientes tropicales y subtropicales son eurífagos que consumen -en lo posible- otros alimentos que se encuentran disponibles en el medio como insectos, microcrustáceos y camarones; lo que concuerda con las preferencias alimentarias de la Pacora.

La presencia de peces de la misma especie en el estómago de la Pacora evidencia un comportamiento caníbal que no había sido encontrado hasta el momento en Colombia, pero que si ha sido reportado en Brasil para *P. squamosissimus* (HAHN, 1991; WORTHMANN & OLIVEIRA, 1987; BRAGA, 1998; CAPRA & BENNEMANN, 2009). Usualmente, el canibalismo está asociado con una asimetría entre el individuo caníbal (predador) y su presa: en general, la presa se halla en un estadio de vida más vulnerable que el predador, por lo que los adultos consumen juveniles y ovocitos, y a su vez los juveniles consumen otros juveniles y ovocitos, siendo el canibalismo entre adultos particularmente raro (PÁJARO, 1998).

5 I CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que la Pacora en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia, presenta un gran número de estómagos vacíos, con la mayoría del alimento encontrado en estados digerido o medio digerido y dieta conformada por Peces, Crustáceos, Insectos, Material vegetal y Otros, en donde Peces es el alimento principal por ser el más frecuente, abundante y con mayor peso en la dieta; con evidencias de canibalismo por primera vez en Colombia. Las preferencias alimentarias sugieren catalogarla como un pez carnívoro con preferencia ictiófaga, que mantiene dichas preferencias en su estructura de tallas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Córdoba, por la financiación recibida; a los pescadores y comercializadores de pescado de la ciénaga de Ayapel y de la cuenca del río San Jorge; y a los tesis-investigadores del laboratorio que colaboraron en esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

REFERENCIAS

BARROS LC, SANTOS U, ZANUNCIO JC, DERGAM JA. *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) and *Parachromis managuensis* (Cichlidae): a threat to native fishes of the Doce river in Minas Gerais, Brazil. PLoS ONE v. 7(6):e39138, 2012.

BRAGA FMS. Alimentação de *Plagioscion squamosissimus* (Osteichthyes, Sciaenidae) no reservatório de Barra Bonita, Estado de São Paulo. Iheringia Serie Zoologia v. 84:11-19, 1998.

BRUSLE J. Food and feeding in grey mullet. In: OREN OH. (ed.). Aquaculture of grey mullet. Cambridge: Cambridge Univ Press. p185-218, 1981.

CAPRA LG, BENNEMANN ST. Low feeding overlap between *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) and *Cichla monoculus* (Spix & Agassiz, 1831), fishes introduced in tropical reservoir of South Brazil. Acta Limnol Bras v. 21(3):343-348, 2009.

CASATTI L. Revision of the South American freshwater genus *Plagioscion* (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae). Zootaxa 1080:39-64, 2005.

COSTA SAGL, PERETTI D, PINTO JR JEM, FERNANDES MA, GURGEL JR AM. Espectro alimentar e variação sazonal da dieta de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) na lagoa do Piató, Assu, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Acta Sci Biol Sci v. 31 (3):285-292, 2009.

CVS-FONADE. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Capítulo 1. Convenio 192026. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE). 2004.

DAHL G. Los peces del norte de Colombia. Bogotá: Inderena. 391p, 1971.

DIANA JS. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). Can J Zool v. 57:2121-2127, 1979.

DUARTE LO, CUERVO C, VARGAS O, GIL-MANRIQUE B, CUELLO F, DE LEÓN G, et al. Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2021. Informe técnico. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)-Universidad del Magdalena. 142p, 2021.

HAHN NS. Alimentação e dinâmica da nutrição da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Pisces, Perciformes) e aspectos da estrutura trófica da ictiofauna acompanhante no rio Paraná. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 287p, 1991.

HAHN NS, LOUREIRO VE, DELARIVA RS. Atividade alimentar da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná. Acta Sci Biol Sci v. 21(2):309-314, 1999.

INDERENA. Resolución 00520 de noviembre 8 del 2001. Bogotá. 3p, 1971.

KRUSKAL WH, WALLIS WA. Use of ranks in one-criterion variance analysis. J Am Stat Assoc v. 47:583-621, 1952.

LAEVASTU T. Manual de métodos de biología pesquera. Zaragoza: Editorial Acribia. 243p, 1980.

LUGO RL. Determinación de hábitos, madurez sexual y desove en tres especies ícticas de la cuenca del río Tomo (Vichada) y consideraciones para el mantenimiento de los padrones. Villavicencio: Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales-IIOC N° 2. 127p, 1989.

MADR-CCI. Pesca y Acuicultura Colombia 2006. Informe técnico nacional. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 138p, 2006.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2007. Informe técnico nacional** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 154p, 2007.

MARRERO C. **Métodos para cuantificar contenidos estomacales en peces**. Guanare: Museo de Zoología, Programa de Recursos Naturales Renovables, Vicerrectorado de Producción Agrícola, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora-Unellez. 36p, 1994.

MILES C. **Peces del río Magdalena**. Bogotá: Ministerio de Economía Nacional, Sección de Piscicultura, Pesca y Caza. 214p, 1947.

OLAYA-NIETO CW, TOBÍAS-ARIAS AJ, SEGURA-GUEVARA F, BRÚ-CORDERO SB, TORDECILLA-PETRO G. **Modificación del índice de importancia relativa (IIR) de Yáñez-Arancibia, Curiel-Gómez & Leyton (1976)**. Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP. Departamento de Acuicultura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Lorica: Universidad de Córdoba. 2003.

OLAYA-NIETO CW, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, SEGURA-GUEVARA FF, TORDECILLA-PETRO G, DÍAZ-SÁNCHEZ DP, PÉREZ-DORIA WA. **Ecología trófica de la Pacora (*Plagioscion magdalenae*) (Pisces: Perciformes) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Neiva: Memorias V Congreso Colombiano de Acuicultura y Congreso SLA. Revista Entornos (Supl. Esp.). p146, 2011.

OLAYA-NIETO CW, SEGURA-GUEVARA FF, PÉREZ-DORIA WA, BLANCO-LÓPEZ N, LÓPEZ-CORRALES HJ, TORDECILLA-PETRO, G. **Ecología reproductiva de Pacora (*Plagioscion magdalenae* Steindachner, 1878) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Bogotá: Memorias XII Congreso Colombiano de Ictiología & III Encuentro de Ictiólogos Suramericanos. p98, 2013.

OLIVEROS M, GARCÍA-ALZATE C. **Aspectos de la dieta de la Pacora *Plagioscion magdalenae* (Steindachner, 1878) (Teleostei: Sciaenidae), en el embalse del Guájaro, Atlántico, Colombia**. Memorias XV Congreso Colombiano de Ictiología y VI Encuentro de Ictiólogos Suramericanos. Dahlia (Rev Asoc Colomb Ictiol) Edición especial v. 14:200-201, 2019.

PÁJARO M. **El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoita Argentina (*Engraulis anchoita*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie**. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Departamento de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. 279p, 1998.

PIELOU EC. **An introduction to mathematical ecology**. New York: Wiley-Interscience John Wiley & Sons. 286p, 1969.

RESENDE EK DE, PEREIRA RAC, ALMEIDA VLL DE, SILVA AG DA. **Alimentação de peixes carnívoros da planície inundável do rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Embrapa Pantanal. Corumbá: Boletim do Pesquisa v. 3:1-37, 1996.

RIOFRÍO JC. **Contribución al conocimiento de la biología de la corvina *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Sciaenidae) de Ucayali**. Rev Inv Vet Perú v. 20 (2):339-344, 2009.

ROCHA AAF, SANTOS NCL, MEDEIROS TN, SEVERI W. **Relações tróficas entre *Acestrorhynchus britskii* (nativa) e *Plagioscion squamosissimus* (introduzida) em sistema de reservatórios em cascata**. Bol Inst Pesca v. 41 (4):917-930, 2015.

ROTTA MA. **Aspectos gerais da fisiología e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura.** Embrapa Pantanal. Corumbá. Documentos v. 53:1-48, 2003.

SANTOS NCL, MEDEIROS TN, ROCHA AAF, DIAS RM, SEVERI W. **Uso de recursos alimentares por *Plagioscion squamosissimus*-piscívoros não-nativos no reservatório de Sobradinho-BA, Brasil.** Bol Inst Pesca v.40 (3):397-408, 2014.

SHANNON CE, WEAVER W. **The mathematical theory of communication.** Urbana: University Illinois Press. 117p, 1949.

SILVA M, STUARDO J. **Alimentación y relaciones tróficas generales entre algunos peces demersales y el benthos de Bahía Coliumo (Provincia de Concepción, Chile).** Gayana Zool v. 49(3-4):77-102, 1985.

SOSA DLM. **Estimación de edad y crecimiento en la “Pacora” (*Plagioscion surinamensis* Bleeker, 1873) por medio de la comparación de los métodos de análisis de distribución de frecuencias y las marcas en escamas y otolitos.** Acta Amazónica v. 22(3):369-380, 1992.

STEFANI PM, ROCHA O. **Diet composition of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), a fish introduced into the Tietê River system.** Braz J Biol v. 69(3):805-812, 2009.

STEINDACHNER F. **Zur Fisco-Fauna des Magdalenen-Stromes.** Anz Akad Wiss Wien v. 15(12):88-91, 1878.

WEATHERLEY A. **Growth and ecology of fish populations.** London: Academic Press. 293p, 1972.

WINDELL JT. **Food analysis and rate of digestion.** In: RICKER WE. (ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters. 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p 215-226, 1971.

WINDELL JT, BOWEN SH. **Methods for study of fish diets based on analysis of stomach contents.** In: BAGENAL T. (ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3rd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p 219-226, 1978.

WORTHMANN HO, OLIVEIRA JL. **Comparative nutritional analysis of two sciaenid species, the pescadas, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel) and *Plagioscion monti* (Soares), from different water systems of the Central Amazon.** Anim Res Dev v. 25:1-34, 1987.

YÁÑEZ-ARANCIBIA A, CURIEL-GÓMEZ J, LEYTON V. **Prospección biológica y ecología del bagre marino *Galeichthys caeruleuscens* (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae).** An Centro Cienc del Mar y Limnol Univ Nal Autón México v. 3(1):125-180, 1976.

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 III na Universidade Federal do Piauí, no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS). 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.

A

Antimicrobiano 15, 16

B

Bacilo 7, 8

Biología populacional 26

Biomolécula 15, 22

Bubões 2, 9

C

Camarão de água doce 26, 27

Canibalismo 38, 44, 47, 49

E

Estado de bienestar 38, 41, 44

F

Fêmeas ovígeras 26, 28, 29, 30, 33, 34

M

Morango 15, 17, 18, 19, 20, 21

P

Pesca artesanal 26

Peste bubônica 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Peste de Justiniano 4

Peste negra 2, 4, 5, 13

Plano inundable 38, 40

R

Río San Jorge 38, 40

S

Sanitizante biológico 14

Seguridad alimentaria 38, 39

Soforolipídios 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

T

Tomate 15, 18, 19, 20

ÍNDICE REMISSIVO

Y

Yersinia pestis 1, 2, 7, 8, 10, 11, 12



CIENCIAS BIOLÓGICAS: VIDA Y ORGANISMOS VIVOS 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



CIENCIAS BIOLÓGICAS: VIDA Y ORGANISMOS VIVOS 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br