

Evaldo de Paiva Lima
Organizador

MEIO AMBIENTE E ECOLOGIA E SUAS PERSPECTIVAS

Vol. 01

São José dos Pinhais
BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA
2022



Evaldo de Paiva Lima

(Organizador)

**Meio ambiente e ecologia
e suas perspectivas**

Vol. 01

Brazilian Journals Editora

2022

2022 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2022 Os Autores
Copyright da Edição © 2022 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Aline B. Coelli
Edição de Arte: Aline B. Coelli
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos livros e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial:

Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
Prof^a. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof^a. Dr^a. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil
Prof^a. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Prof^a. Dr^a. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Dr^a. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
Prof^a. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof^a. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Alexandra Ferronato Beatrice - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil



Ano 2022

Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
 Prof^a. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil
 Prof^a. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai
 Prof^a. Dr^a. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil
 Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil
 Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil
 Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
 Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
 Prof^a. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil
 Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil
 Prof^a. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia da Silva de Oliveira - Universidade do Estado do Pará, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Leticia Dias Lima Jedlicka - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Joseina Moutinho Tavares - Instituto Federal da Bahia, Brasil
 Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro - Universidade Federal da Paraíba, Brasil
 Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Christiane Saraiva Ogradowski - Universidade Federal do Rio Grande, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Celeide Pereira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
 Prof^a. Msc. Alexandra da Rocha Gomes - Centro Universitário Unifacvest, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Djanavia Azevêdo da Luz - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof. Dr. Eduardo Dória Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
 Prof^a. Msc. Juliane de Almeida Lira - Faculdade de Itaituba, Brasil
 Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo - Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Rejane Marie Barbosa Davim - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
 Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior - Universidade Potiguar, Brasil
 Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil
 Prof^a. Dr^a. Ercilia de Stefano - Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Msc. Marcelo Paranzini - Escola Superior de Empreendedorismo, Brasil
 Prof. Msc. Juan José Angel Palomino Jhong - Universidad Nacional San Luis Gonzaga - Ica, Perú
 Prof. Dr. Edson da Silva - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Prof. Dr. João Tomaz da Silva Borges - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

Profª Drª Consuelo Salvaterra Magalhães - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. José Gpe. Melero Oláquez - Instituto Tecnológico Nacional de México, Cidade do México

Prof. Dr. Adelcio Machado - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Brasil

Profª Drª Claudia da Silva Costa - Centro Universitário Planalto do Distrito Federal, Brasil

Profª. Msc. Alicia Ravelo Garcia - Universidad Autónoma de Baja California, México

Prof. Dr. Artur José Pires Veiga - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Profª Drª María Leticia Arena Ortiz - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Profª Drª Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Brasil

Profª Drª Muriel Batista Oliveira - Faculdade de Ciências Contábeis de Nova Andradina, Brasil

Prof. Dr. José Amilton Joaquim - Universidade Eduardo Mondlane, Brasil

Prof. Msc. Alceu de Oliveira Toledo Júnior - Universidade estadual de Ponta Grossa, Brasil

Prof. Dr. Márcio Roberto Rocha Ribeiro - Universidade Federal de Catalão, Brasil

Prof. Dr. Alecson Milton Almeida dos Santos - Instituto Federal Farroupilha, Brasil

Profª. Msc. Sandra Canal - Faculdade da Região Serrana, Brasil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L357m Lima, Evaldo de Paiva

Meio ambiente e ecologia e suas perspectivas / Editora
Brazilian Journals. São José dos Pinhais: Evaldo de Paiva
Lima, 2022.

192 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-81028-79-4.

1. Educação. 2. Ambiental. I. Lima, Evaldo de Paiva II.
Título

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br



Ano 2022

APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “Meio ambiente e ecologia e suas perspectivas vol.1” apresenta trabalhos nas áreas de ecologia, sustentabilidade e meio ambiente. Essa publicação da Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora traz um conjunto de onze capítulos com estudos realizados no Brasil, Colômbia, México, Paraguai e Peru.

Entre os estudos apresentados temos o papel da educação ambiental nas políticas ambientais paranaenses. Também é apresentado um estudo sobre uma espécie considerada ameaçada de extinção, o mexilhão/ bivalve náide de água doce gigante neotropical Mycetopodidae Anodontites trapesialis (Lamarck, 1819), mas que está se tornando uma praga invasora na região Sul do Brasil.

Além disso, o livro conta com um capítulo sobre a produção de velas artesanais a partir da reciclagem do óleo residual de frituras, que muitas vezes é descartado de forma incorreta, como proposta de inserção da educação ambiental no município de Cocal, estado do Piauí.

Um estudo com o propósito de demonstrar a percepção social dos serviços ecossistêmicos na vila Barcelona, Colômbia, é apresentado no nono capítulo. Entretanto, o último capítulo apresenta a análise da variabilidade ambiental da chuva no município de Chapada Gaúcha, localizado em Minas Gerais.

Agradecemos a todos os autores que participaram na elaboração desta interessante obra. Esperamos que este livro contribua com a discussão e entendimento de temas relevantes na área ambiental, orientando estudantes, docentes, pesquisadores e, até mesmo, gestores na reflexão dos estudos apresentados.

Evaldo de Paiva Lima
Pesquisador da Embrapa Solos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01.....	9
O PAPEL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS POLÍTICAS AMBIENTAIS PARANAENSES	
Ivonete Terezinha Tremea Plein	
Rosana Cristina Biral Leme	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001968	
CAPÍTULO 02.....	18
THE NEOTROPICAL GIANT FRESHWATER MUSSEL/ BIVALVE NAIAD MYCETOPODIDAE <i>ANODONTITES TRAPESIALIS</i> (LAMARCK, 1819), A SPECIES CONSIDERED THREATENED WITH EXTINCTION THAT IS BECOMING AN EMERGING INVASIVE SYNANTHROPIC PEST: NEW GEOGRAPHICAL RECORDS IN THE SOUTHERN BRAZIL REGION	
Aisur Ignacio Agudo-Padrón	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001969	
CAPÍTULO 03.....	30
CALIDAD ECOLÓGICA Y BENEFICIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN TRANSGÉNICA Y ORGÁNICA DE LA SOJA EN DOS FINCAS DEL DEPARTAMENTO DE ITAPÚA, PARAGUAY	
Araceli González Gómez, Ingeniera Ambiental	
José Espíritu Ibarra Aranda, Ingeniero Agrónomo	
Víctor Enciso Cano, Ingeniero Agrónomo	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001970	
CAPÍTULO 04.....	39
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA, INMUNOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE BETA-SITOSTEROL EN MODELOS MURINOS	
Rogelio Paniagua Pérez	
Eduardo Madrigal Bujaidar	
Rosa Isela Álvarez González	
Carlos Jorge Martínez Canseco	
Gabriela Flores Mondragón	
Lidia Cruz Hernández	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001971	
CAPÍTULO 05.....	57
ALGUNS ASPECTOS DA OOGÊNESE DO PEPINO DO MAR <i>CUCUMARIA CALIFORNICA</i> (SEMPER, 1868) (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) DO PACÍFICO MEXICANO	
María Esther Diupotex Chong	
Francisco Alonso Solís-Marín	
Alfredo Laguarda-Figueras	
DOI: 10.35587/brj.ed.0001972	
CAPÍTULO 06.....	75
ESTADO ACTUAL DA AQUACULTURA NA SELVA PERUANA: CASO DE LORETO CURRENT STATUS OF AQUACULTURE IN THE PERUVIAN JUNGLE: THE CASE OF LORETO	
Roberto O. Quesquén Fernández	
Jung-hee Cho	
Juan Valdivia Zuta	
Segundo García Flores	

Alison E. Cabrera Simón
Lidia S. Samaniego Pipo
DOI: 10.35587/brj.ed.0001973

CAPÍTULO 07.....97

PRODUÇÃO DE VELAS A PARTIR DA RECICLAGEM DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURAS COMO PROPOSTA DE INSERÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE COCAL-PI

Janaína Oliveira Da Silva
Gilvan Nobrega Da Rocha
Luiz Gonzaga De Carvalho Junior
Thiciana Silva Sousa Cole

DOI: 10.35587/brj.ed.0001974

CAPÍTULO 08.....111

TEORIA DO RISCO, DIREITO FUNDAMENTAL AO MEIO AMBIENTE E PROCESSOS ESTRUTURAIS: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE DANOS AMBIENTAIS E LITÍGIOS COMPLEXOS

Kalil Sauaia Boahid Mello Almeida
Naiane de Araújo Garcez Aires

DOI: 10.35587/brj.ed.0001975

CAPÍTULO 09.....128

PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA VEREDA BARCELONA, VILLAVICENCIO - META

Jose Manuel Díaz Molina
Laura Marcela Landazábal Suárez
Laura Viviana Morales Tejeiro
Diana Carolina Tovar Pérez

DOI: 10.35587/brj.ed.0001976

CAPÍTULO 10.....154

FONTES MATERIAIS DO DIREITO AO MEIO AMBIENTE COMO DIREITO FUNDAMENTAL NA CONSTITUIÇÃO DE 1988

Prof. Dr. Adailton Borges de Oliveira
Prof. Dr. Alexandre Walmott Borges
Alexey Gerkman Kil

DOI: 10.35587/brj.ed.0001977

CAPÍTULO 11.....171

ANÁLISE DA VARIABILIDADE AMBIENTAL DA CHUVA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA GAÚCHA, MINAS GERAIS

Evaldo de Paiva Lima
Givanildo de Gois
Fabrizio do Nascimento Garritano

DOI: 10.35587/brj.ed.0001978

SOBRE O ORGANIZADOR.....192

CAPÍTULO 01

O PAPEL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS POLÍTICAS AMBIENTAIS PARANAENSES

Ivonete Terezinha Tremea Plein

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia UNIOESTE –
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: R. Maringá, 1200, Bairro Vila Nova. Francisco Beltrão/PR. Brasil. CEP:
85605-010

E-mail: ittp20@gmail.com

Rosana Cristina Biral Leme

Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Professora Associada na UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: R. Maringá, 1200, Bairro Vila Nova. Francisco Beltrão/PR. Brasil. CEP:
85605-010

E-mail: rosanabiral@hotmail.com

RESUMO: O artigo apresenta uma análise da legislação sobre Educação Ambiental no Estado do Paraná - Brasil. Com base em autores como Leff, Jacobi, Guimarães, Gadotti, entre outros, foram analisados exemplos de políticas públicas nacionais e estaduais, fazendo um diagnóstico sobre a Educação Ambiental na esfera estadual. Fica claro que existem as diretrizes, mas falta a continuidade, havendo muitas alterações nos programas em cada nova gestão, o que tornam as políticas públicas e os resultados vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental; Crise Ambiental; Paraná; Políticas Ambientais.

ABSTRAC: The article presents an analysis of the legislation on Environmental Education in the State of Paraná - Brazil. Based on authors such as Leff, Jacobi, Guimarães, Gadotti, among others, examples of national and state public policies were analyzed, making a diagnosis of Environmental Education at the state level. It is clear that the guidelines exist, but there is a lack of continuity, with many changes in the programs in each new administration, which make public policies and results vulnerable.

KEYWORDS: Environmental Education; Environmental Crisis; Paraná; Environmental Policies.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano é capaz de criar e destruir com tanta velocidade que a estrutura do planeta Terra, está a ponto de ser colapsada ou salva, pelas mesmas forças, mas por caminhos diferentes. Para a destruição dos recursos necessários à vida saudável é conhecido o caminho. Por outro lado, para a recuperação das possibilidades de vida, é necessário um esforço grandioso, conjunto e de sabedoria que, talvez, a humanidade não esteja disposta a realizar.

"A crise ambiental anuncia uma mutação dos sentidos da vida. Morte e transfiguração; criação de novos sentidos para reconstruir a história a partir dos limites da modernidade" (Leff, 1998, p. 414). "(...) A noção de desenvolvimento sustentável reporta-se à necessária redefinição das relações entre sociedade humana e natureza, e, portanto, a uma mudança substancial do próprio processo civilizatório..."(Jacobi, 2003).

O ensaio apresenta uma rápida discussão teórica sobre a educação ambiental e suas possibilidades na construção de uma sociedade digna, igualitária e sustentável, apresentando relações com diretrizes determinadas por leis, tanto no Brasil, quanto no Estado do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este ensaio foi elaborado com base em pesquisa bibliográfica e análise documental. Na pesquisa bibliográfica foi feita uma discussão sobre alguns conceitos centrais, tais como desenvolvimento, sustentabilidade e meio ambiente para compreender questões contextuais colocadas enquanto desafios para a educação ambiental. Na análise documental, baseada em leis, diretrizes, programas e políticas, a intenção foi compreender os desdobramentos práticos da educação ambiental em termos de políticas públicas com essa finalidade. Assim, com base na revisão bibliográfica e nas análises de documentos nacionais e estaduais (Brasil/Paraná) foi possível estabelecer um panorama para compreender os desafios, seja no marco teórico ou no marco legal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sociedade mundial, nos moldes de consumo e degradação que conhecemos, está em crise. O desenvolvimento sustentável é almejado para tornar contínuo o modo de vida atual, o que é totalmente contraditório, já que este não atende os princípios da sustentabilidade, já que "O desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades" (Guimarães, 2001, p. 55).

A educação ambiental tem sido apontada como forma de conscientizar o ser humano da sua importância e responsabilidade no meio em que vive e, do qual, é parte inseparável.

De fato, a questão ambiental revela o retrato de uma crise pluridimensional que aponta para a exaustão de um determinado modelo de sociedade que produz, desproporcionalmente, mais problemas que soluções e, onde as soluções propostas, por sua parcialidade, limitação, interesse ou má fé, terminam se constituindo em nova fonte de problemas (Lima, 1999, p.01).

"Parece claro que entre sustentabilidade e capitalismo existe uma incompatibilidade de princípios" (Gadotti, 2009, p. 60). O modelo de desenvolvimento pautado, sobretudo, no econômico, faz com que a natureza seja vista apenas como recurso e meio de produção, excluindo-se o ser humano do seu contexto e comprometendo a vida humana no planeta.

Guimarães, ao fazer uma análise do que seria adequado para pensar uma forma de desenvolvimento sustentável, mostra que:

Afirmar que os seres humanos constituem o centro e a razão de ser do processo de desenvolvimento significa advogar um novo estilo de desenvolvimento que seja *ambientalmente* sustentável no acesso e no uso dos recursos naturais e na preservação da biodiversidade; *socialmente* sustentável na redução da pobreza e das desigualdades sociais e promotor da justiça e da equidade; *culturalmente* sustentável na conservação do sistema de valores, práticas e símbolos de identidade que, apesar de sua evolução e sua reatualização permanentes, determinam a integração nacional através dos tempos; *politicamente* sustentável ao aprofundar a democracia e garantir o acesso e a participação de todos nas decisões de ordem pública (Guimarães, 2001, p. 55).

No Estado do Paraná, coexistem diferentes políticas ambientais, entre elas, estratégias e programas de educação ambiental. A Lei 17505 - 11 de janeiro de 2013, apresenta no seu artigo 12: "A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, interdisciplinar, transdisciplinar e transversal no currículo escolar de forma crítica, transformadora, emancipatória, contínua e permanente em

todos os níveis e modalidades". Determina ainda como princípios básicos:

Art. 4º São princípios básicos da educação ambiental:

I - ...Vetado...;

II - a concepção do meio ambiente em sua totalidade e diversidade, considerando a interdependência entre as dimensões físicas, químicas, biológicas, sociais e culturais, sob o enfoque da sustentabilidade da vida;

III -o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva constante do diálogo entre a diversidade dos saberes e do contexto;

IV -a vinculação entre a ética, a educação, a saúde pública, a comunicação, o trabalho, a cultura, as práticas socioambientais e a qualidade de vida;

V -a garantia de continuidade, permanência e articulação do processo educativo com todos os indivíduos, grupos e segmentos sociais;

VI -a permanente avaliação crítica do processo educativo;

VII -a abordagem articulada das questões socioambientais locais, regionais, nacionais e globais;

VIII -o diálogo e reconhecimento da diversidade cultural, de saberes, contextos locais e suas relações que proporcionem a sustentabilidade;

IX -a equidade, justiça social e econômica;

X -o exercício permanente do diálogo, da alteridade, da solidariedade, da participação da corresponsabilidade e da cooperação entre todos os setores sociais;

XI -a coerência entre discurso e prática no cotidiano, para a construção de uma sociedade justa e igualitária (Paraná, 2013).

A ação e o discurso nem sempre são compatíveis, pois, "todo discurso expressa uma vontade de poder que aspira e luta para ser reconhecido como "a verdade" sobre um determinado campo em um certo contexto histórico" (Lima, 1997, p. 02). Parte-se do pressuposto que as diretrizes apresentadas são transformadas em ação pelas políticas e programas do Estado.

Os princípios (Lei 17505) salientam a diversidade cultural e a participação social o que vai ao encontro do que Guimarães (2001) apresenta como um dos desafios atuais para garantir a democracia e a ética na construção de uma sustentabilidade:

(...) o desafio apresentado ao governo e à sociedade, aos que decidem e aos atores que determinam a agenda pública, é precisamente garantir um processo transparente, informativo e participativo para o debate e a tomada de decisões em favor da sustentabilidade (p. 63).

"Trata-se de promover o crescimento da consciência ambiental, expandindo a possibilidade de a população participar em um nível mais alto no processo decisório" (Jacobi, 2003, p. 192). Nessa perspectiva,

A educação para a cidadania representa a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas formas de participação em potenciais caminhos de dinamização da sociedade e de concretização de uma proposta de sustentabilidade baseada na educação para a participação (Jacobi, 2003, p. 199)

Percebe-se que a educação ambiental está entre as diretrizes da política

ambiental no Estado do Paraná. "A Recomendação 96, da Declaração de Estocolmo, indicava a necessidade de realizar educação ambiental, como instrumento estratégico na busca da melhoria da qualidade de vida e na construção do desenvolvimento" (Reigota & Grün *apud* Lima, 1999, p. 04). A partir de então vários documentos e estratégias foram elaborados no mundo todo para implementar a educação ambiental. "Assim, embora reconheça-se a importância da educação na mudança social, convém trata-la como uma, entre outras práticas sociais, capazes de compor uma estratégia integrada de mudança social..."(Lima, 1999).

No documento "Educação ambiental rumo à escola sustentável" os autores lembram que para a educação ambiental se efetive dentro das escolas e se torne ações sustentáveis na prática cotidiana, é necessário o trabalho continuado, paciente e permanente, pois,

A transição da escola, na direção da sustentabilidade socioambiental, não acontece de um dia para outro e nem é tarefa fácil, pois requer reorganização do trabalho pedagógico, voltada a repensar o currículo, a gestão, as edificações e a relação estabelecida com a comunidade escolar. É um processo lento, gradual e feito a várias mãos, com paciência, estudo, diálogo e vontade política, na medida do compromisso com o enfrentamento das desigualdades sociais e com uma escola inclusiva, justa e solidária. Exige determinação para se buscar respostas aos problemas reais surgidos no dia a dia, assim como, para se abrir espaços que favoreçam a enunciação de perguntas, de dúvidas e utopias, capazes de incrementar a potência de agir, fortalecendo emocional e intelectualmente cada pessoa envolvida (Portugal & Sorrentino, 2018, p. 14).

Nesse sentido, a educação ambiental deve ser interdisciplinar, e ter seus princípios a partir do local, considerando que "O saber ambiental reconhece a identidade de cada povo, sua cosmologia e seu saber tradicional como parte de suas formas culturais de apropriação de seu patrimônio de recursos naturais" (Leff, 1998, p. 232).

A educação ambiental, como componente de uma cidadania abrangente está ligada a uma nova forma de relação ser humano/natureza, e a sua dimensão cotidiana leva a pensá-la como somatório de práticas e, conseqüentemente, entendê-la na dimensão de sua potencialidade de generalização para o conjunto da sociedade (Jacobi, 2003, p. 200).

Nas Diretrizes Curriculares Da Educação Básica de Geografia, do Paraná, cita-se a importância da educação ambiental contextualizada

A educação ambiental deverá ser uma prática educativa integrada, contínua e permanente, no desenvolvimento dos conteúdos de ensino da Geografia. A dimensão socioambiental é um dos conteúdos estruturantes dessa disciplina e, como tal, deve ser considerada na abordagem de todos os conteúdos específicos, ao longo da Educação Básica. Assim, não é necessário ministrar aulas de educação ambiental ou desenvolver projetos nesta temática, mas tratar da temática ambiental nas aulas de Geografia de

forma contextualizada e a partir das relações que estabelece com as questões políticas e econômicas (Paraná, 2008, p. 80).

As diretrizes adotam uma postura de que a interdisciplinaridade pode fortalecer as aprendizagens e contribuir para o melhor desenvolvimento dos conteúdos de forma contextualizada, já que "A interdisciplinaridade está relacionada ao conceito de contextualização sócio-histórica como princípio integrador do currículo. Isto porque ambas propõem uma articulação que vá além dos limites cognitivos próprios das disciplinas escolares, sem, no entanto, recair no relativismo epistemológico" (Paraná, 2008, p. 28).

Acredita-se que uma concepção mais libertadora de educação pode contribuir para uma educação ambiental mais efetiva. No entanto, é de se questionar como tornar efetiva essa prática dentro de um sistema educativo que nega o diálogo e fragmenta o saber? Lima (1999) coloca essa dificuldade, ao afirmar que está

(...) no interior do debate da educação para o ambiente uma contradição pedagógica- filosófica que expressa a dificuldade de compatibilizar uma postura educacional integradora e pluridisciplinar sobre uma estrutura de pensamento de base cartesiana, dualista e fragmentada, condicionada por uma ética antropocêntrica e utilitária (p.11).

Considerando-se que "a educação e a problemática ambiental são antes de tudo, questões políticas que envolvem valores, interesses e concepções de mundo divergentes (...) "para que a educação ambiental contribua para a construção de uma sociedade/desenvolvimento sustentável, "a construção de uma processo educativo identificado com a autonomia individual e a emancipação social não pode prescindir de uma atitude crítica, participativa e comprometida com a ampliação da cidadania" (Lima, 1999, p. 14-15).

Ensinar Geografia é impossível sem a contextualização da problemática ambiental, pois, o espaço vivido é o espaço estudado. A existência da educação ambiental está impregnada no próprio escopo da disciplina Geografia, pois uma não se constrói sem a outra.

"A educação e os educadores, em especial, que concentram as tarefas de conceber e pôr em prática os modelos de ensino e aprendizagem sociais têm uma responsabilidade singular nesse processo", sendo indispensável "ter presente a relação de interdependência que articula o sistema educacional e o sistema social global, de modo a explorar as sinergias capazes de promover experiências de educação, de vida e sociedade mais integradas e saudáveis" (Lima, 1997, p. 13).

No Brasil, a Lei N. 9.795, de 27 de abril de 1999, estabelece a necessidade da presença da educação ambiental, em todas as esferas, não só no ensino, mas também nas empresas, meios de comunicação, entidades de classe, entre outros. A mesma lei, em seu artigo quarto, apresenta quais são os princípios básicos da educação ambiental:

- I - o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;
- II - a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o sócio-econômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;
- III - o pluralismo de idéias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade;
- IV - a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;
- V - a garantia de continuidade e permanência do processo educativo;
- VI - a permanente avaliação crítica do processo educativo;
- VII - a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;
- VIII - o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural (Brasil, 1999).

Dessa forma, fica evidenciado que apesar de mostrarmos aqui, leis e programas presentes nas diretrizes nacionais e estaduais há mais de duas décadas, é preeminente que a atuação prática seja mais intensa e que os resultados sejam duradouros. A cada nova gestão, cria-se novos programas e se reiniciam as forças tarefas, numa tentativa sempre inicial e os resultados são muito aquém do que é necessário para mudar as realidades vividas.

É urgente que a educação ambiental seja parte integrante da sociedade, em todas as esferas, não como projetos e programas, repletos de atividades e imagens para divulgação de ações, mas sim práticas reais de mudança de hábitos, cultura, produção e consumo, que faça a diferença de maneira concreta e rápida, porque já não nos resta muito tempo para realizar a mudança.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É eminente que a educação ambiental se faça presente na sala de aula e nas demais esferas da sociedade, como estratégia de transformação para que a sociedade possa criar novos modos de vida e de preservação ambiental.

O tempo no planeta, a nível local ou global, exige que os atos sejam maiores do que os planejamentos. As leis, as diretrizes, os programas existem há bastante tempo, o que não garantiu sua aplicabilidade de forma ampla.

A vida está a se tornar insustentável, sendo assim, se faz necessário que as práticas sejam intensas e contínuas. Não é admissível que as políticas públicas se

limitem aos documentos oficiais e que em cada nova gestão sejam ignorados os caminhos já construídos e tudo se reinicie em novos programas. É necessário que as políticas públicas se concretizem e que a sociedade se faça presente em todas as suas esferas, na construção/reconstrução de um espaço mais sustentável, capaz de dar condições de vida digna para todos.

AGRADECIMENTOS

Reconhecimentos: à UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) pela concessão de afastamento integral, com ônus limitado, para dedicação exclusiva ao Doutorado e à UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) pela oferta gratuita do Curso de Pós-Graduação em Geografia.

REFERÊNCIAS

Brasil (1999). **Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm, Acesso em 10 set. 2021.

Gadotti, M. (2009). **Pedagogia da Terra**. 6. ed. São Paulo: Petrópolis.

Guimarães, R. P. (2001). A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento. In: Viana, G; Silva, M; Diniz, N (org.). **O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo. pp. 43-71.

Jacobi, P. (2003). **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, n. 118, pp. 189-205.

Leff, E. (1998). **Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder**. México: SigloXXI/UNAM/PNUMA.

Lima, G F da C. (1999). **Questão ambiental e educação: contribuições para o debate**. Ambiente & Sociedade, NEPAM/UNICAMP. Ano II, n. 5, pp. 135-153. Campinas.

_____. (1997). **Educação e sustentabilidade: possibilidades de falácias de um discurso**. Política & Trabalho. n. 13. pp. 201-222. João Pessoa, setembro.

Paraná (2013). **Lei 17505 - 11 de janeiro de 2013**. Institui a Política Estadual de Educação Ambiental e o Sistema de Educação Ambiental e adota outras providências. Disponível em <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=85172&indice=1&totalRegistros=57&anoSpan=2013&anoSelecionado=2013&mesSelecionado=0&isPaginado=true>, Acesso em 10 set. 2021.

_____. (2008). **Diretrizes curriculares da educação básica Geografia**. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.educacao.pr.gov.br%2Fsites%2Fdefault%2Fquivos_restritos%2Ffiles%2Fdocumento%2F2019-12%2Fdce_geo.pdf&clen=6953420&chunk=true, Acesso em 10 set. 2021.

Portugal, S & Sorrentino, M (2018). Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental e suas contribuições à escola sustentável. In. Baganha, D E et al. (org): **Educação ambiental rumo à escola sustentável**. Curitiba: SEED. pp. 09-17

CAPÍTULO 02

THE NEOTROPICAL GIANT FRESHWATER MUSSEL/ BIVALVE NAIAD MYCETOPODIDAE *ANODONTITES TRAPESIALIS* (LAMARCK, 1819), A SPECIES CONSIDERED THREATENED WITH EXTINCTION THAT IS BECOMING AN EMERGING INVASIVE SYNANTHROPIC PEST: NEW GEOGRAPHICAL RECORDS IN THE SOUTHERN BRAZIL REGION

Aisur Ignacio Agudo-Padrón

Graduado em Geografia pela Universidade do Estado de Santa Catarina/ UDESC

Instituição: Projeto “Avulsos Malacológicos – Projeto AM”

Endereço: P.O. Box 010, 88010-970 Centro, Florianópolis, Santa Catarina/SC, Brasil

E-mail: ignacioagudo@gmail.com

ABSTRACT: A total of five (5) new invasive occurrences of the giant native freshwater bivalve (mussel/ naiad) Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) in fishing farms enterprises for consumption and leisure located in the geographical region of Southern Brazil were recently verified and confirmed. An highly remarkable and controversial mollusc, with diverse bioecologically qualities (synanthropic, hermaphroditic, environmental pollution resistant) and wide known Neotropical natural distribution, which still has been considered as species "threatened with extinction".

KEYWORDS: Native Giant Naiad Bivalve; Neotropical; Bio-Ecologically Successful; Synanthropic; Invader In Fishing Farms; Southern Brazil Region.

RESUMO: Um total de 5 (cinco) novas ocorrências invasoras do bivalve nativo gigante de água doce (mexilhão/ náide) Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) em estabelecimentos pesqueiros (fazendas “pesque e pague”, dentre outras) para consumo e lazer localizados na região geográfica Sul do Brasil foram recentemente verificadas e confirmadas. Um molusco altamente notável e controverso, com diversas qualidades bioecológicas (sinantrópico, hermafrodita, resistente à poluição ambiental) e ampla distribuição natural Neotropical conhecida, que ainda tem sido considerado como espécie "ameaçada de extinção".

PALAVRAS-CHAVE: Bivalve Náide Gigante Nativo; Neotropical; Bio-Ecológicamente Sucedido; Sinantrópico; Invasor em Fazendas Pesqueiras; Região Sul do Brasil.

1. INTRODUCTION

The representative giant native freshwater mussel/ bivalve naiad Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819), species conveniently studied at an anatomical and systematic level (Simone 1994), has a wide geographic distribution recorded in most watersheds of South America, on the eastern Atlantic Slope of the Andes Mountain Range (Simone 1996:281; Pereira *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2018 ... among other authors), being that Brazil it is recorded in all their watersheds. Specialists recognize and “expand” said natural distribution to Mesoamerica (Central America), between the geographical territories/ countries of Panama – passing through Costa Rica (Cruz & Courrau 1986: 37) – and the North of Mexico (Graf & Cummings 2007; Cummings & Graf 2021; http://mussel-project.uwsp.edu/fmuotwaolcb/validsp_653.html <https://www.molluscabase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1324136>) (see Fig. 1).

However, the previously mentioned natural specific native distribution of this large Neotropical bivalve to the East (transandean Atlantic Slope) of the Andes Mountain Range began to be “altered” by human/ anthropic intervention: amazonian alive specimens are being purposefully/ intentionally transplanted in the South American country of Perú to the Pacific Slope region of the Andean Mountain Range (on the Western Slope of the Andes, ‘exotic territory’ for this species), in the geopolitical Departments of “Piura” and “Lambayeque” (see Fig. 2), with commercial breeding purposes for human consumption – introduced for aquaculture use through integrated systems (polyculture, with “excellent” technical results tested) together with fish *Oreochromis niloticus* (“tilapia”) and ducks on the Peruvian coast (Ramirez *et al.*, 2003: 232, 235, 237, 239; Darrigran *et al.* 2021), activity that - most likely - will end up escaping the control of aquaculturers (as usually happens), thus turning the species into yet another potentially problematic exotic global invasive mollusc after being, still, transferred/transplanted (with the same technical purpose) to other regions of planet, as is already happening with similar remarkable giant forms from the Family UNIONIDAE, the Asiatic naiad *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) and the North American mussel *Pyganodon* (- *Anodonta*) *grandis* Say, 1829 (Agudo- Padrón 2020: 37-38). In addition, *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) is a potential producer of cultured freshwater pearls (Agudo-Padrón 2015 a: 378-Table 1; Agudo-Padrón 2015 b: 6-Fig. 9; Agudo-Padrón 2016), a factor that may further encourage their

transplantation for cultivation in other regions of the globe.

Figure 1. Known/ accepted natural distribution of the native giant mussel/ naiad Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) in the Neotropical region. Sources: Archive/ Database of “AM Project” (photo) & “The Mussel Project” Web Site (map).



Figure 2. Verified anthropic purposeful "transplantation" of amazonian Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) specimens in the Peru country to the Pacific Slope 'exotic' region of the Andes Mountain Range (left map), in the geopolitical Departments (red color) of "Piura" (upper right map) and "Lambayeque" (below right map), with commercial breeding purposes for human consumption (Ramirez et al. 2003). Source: Archive/ Database of “AMProject”.



2. BACKGROUND

Anodontites trapesialis (Lamarck, 1819) has a high adaptability to human

handlingsituations/ sinantrophic, besides being reproductively functional simultaneous hermaphrodite (Callil & Mansur 2007) and demonstrably quite resistant to polluted environments (Paschoal *et al.*, 2020), surprisingly still emerging (in recent years) as an unexpected invasive prague in fishing farms, lakes, ponds & dams (Felipi & Silva-Souza 2008; Agudo-Padrón 2019 a) (see Fig. 3). This last situation is still discussed in the context of the following recent malacological inedittechnical papers in peer-reviewed editorial process (Darrigran *et al.*, 2021; Carranza *et al.*, 2022). Like most freshwater mussels/ naiads is a parasite of fish (Agudo 2005; Callil *et al.*, 2012). The “chronological monitoring” made by us about the situation can be followed through the next contributions (Agudo-Padrón 2011, 2012 a-b, 2013, 2014, 2015 a-b, 2016, 2019 a & this report).

Species insistently it was considered at first as "Threatened with Extinction" in Brazil (IBGE 2009; Felipi & Silva-Souza 2008: 901; https://www.museunacional.ufrj.br/dir/exposicoes/zoologia/zoo_invertebrados/zoo_moluscos/zoo_mol021.html), soon ended up being removed (for the obvious reasons before exposed) from the official Lists and last Red Book today available about the country's fauna in this condition (Agudo-Padrón 2019 b). However, and despite all this, recently once again subjected to "reassessment" (Agudo-Padrón 2022: 28-Table 1).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The occurrence of reports/ complaints about this emerging situation in several fish farming enterprises, mainly verified in the southern geographic region of the country (see Fig. 3), is becoming more and more frequent. Species becomes an “undesirable pest” when present/ introduced in this specific localities (Agudo-Padrón 2019 a).

New confirmed field records in the Southern Brazil, regions of Paraná/ PR and Santa Catarina/ SC States, of emergent invasive prague of mussels/ naiads *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) in fish culture farms/ lakes/ lagoons/ ponds:

Figure 3. Updated map showing the known emerging invasive plague in fish culture farms in the Southern Brazil region of the giant mussel/ naiad Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819), with previous occurrence reports (see Agudo-Padrón 2019 : 36-Fig. 1 – “black points”) & additional five (5) field confirmed occurrences (“red points”): ... (1) Commercial fish farmers (distributors of fingerlings and breeding stock) located in the Lake of the Itaipú Hydroelectric Dam, “Foz do Iguaçu”, Paraná State/ PR (see Agudo-Padrón 2012: 38-Fig. 1); (2) Particular fish farmer pond located in “Mandirituba” Municipal District, Paraná State/ PR (Anonymous 2011); (3) Commercial fish farmers (distributors of fingerlings and breeding stock) located in “Timbó” Municipal District, Santa Catarina State/ SC; (4) Particular fish farmer pond located in “Perimbó”, Petrolândia Municipal District, Santa Catarina State/ SC; (5) Particular fish farmer ponds located in “Santa Clara”, Bom Retiro Municipal District, Santa Catarina State/ SC. Source: Archive/ Database of “AM Project”.



1.- On June 16, 2011, journalistic report (Anonymous 2011) held in the Municipality of “Mandirituba” (25°46'44"S & 49°19'33"W), Metropolitan region of Curitiba, Paraná State/ PR (Fig. 4), in a commercial rural space where "leisure fishing" is maintained and practiced on lagoons/ ponds, illustrates in field photo specimens (shells) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) occurring at the site (Figs. 3 & 4).

Figure 4. Specimens (Shell/ valves) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) occurring in commercial rural space located in “Mandirituba” Municipal District (25°46'44"S & 49°19'33"W, Metropolitan region of Curitiba, Paraná State/ PR – Map, red color) (Anonymous 2011, see Fig. 1), where "leisure fishing" is maintained and practiced on lagoons/ ponds. Source: Archive/ Database of “AM Project”.



2.- On November 01, 2021, one adult reproductive specimen (shell with 160mm) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) is found by the professional Military Firefighter *Saida Lina Agudo- Blondell* (AM Project field collaborator) in private fish farmer pond of "Perimbó" region, "Petrolândia" Municipal District (~ 27°31'30"S & 49°39'20"W, stocked with fish brought from one of the three (3) commercial breeding sites (distributor of fingerlings and breeding stock) located in "Timbó" (neighboring city and Municipality in the Itajaí Basin Valley ~ 26°49'22"S & 49°16'19"W) (Fig. 5), including Carpa-cabeçuda/ Loggerhead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*), Carpa-capim/ Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), Tilápia-do-Nilo/ Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Bagre-americano/ Catfish (*Ictalurus punctatus*), species intentionally introduced to the site for internal consumption. Malacological region number six (6) ~ Itajaí River Basin Valley, Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil (Figs. 3 & 5). Additional "informal" comments point to the occurrence of the same situation mentioned in other "rural properties" in the geographic region covered for this inform.

3.- On December 29/30, 2021, several specimens (shells) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) were found by Mr. *Jelton Silva* (AM Project field collaborator) at a tourist fishing farm (in a old little piscicultural pond "deactivated", today used for watering the farm's cattle) located in rural establishment located in the Santa Catarina's Highlands, at the access interchange to the neighbour city of "Urubici", on the edge of the road "Caminhos da Neve" (Snow Paths ~ Mountain/Highland Tourist Portal, the coldest region in Brazil), SC 110 Km 350, on the banks of the local "João Paulo" River Basin, Santa Clara (Neighborhood), Bom Retiro Municipal District (~ 27°47'49"S & 49°29'20"W, Fig. 6), Malacological region number four (4) ~ Highlands), Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil (Figs. 3 & 6). Several functional other fish ponds and lagoons of different sizes are found on the property's land.

Figure 5. Adult reproductive specimen (shell with 160mm) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) found in private fish farmer pond of "Perimbó" region, "Petrolândia" Municipal District (~ 27°31'30"S & 49°39'20"W, Map – red color), stocked with fish brought from one of the three (3) commercial breeding sites (distributor of fingerlings and breeding stock) located in "Timbó" neighboring city and Municipal District (~ 26°49'22"S & 49°16'19"W, regional below map), Itajaí River Basin Valley, Santa Catarina State/ SC (Fig. 1). Source: Archive/ Database of "AM Project".



Figure 6. Specimens (shell/ valves) of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) occurring in tourist fishing farm (rural establishment) located in "Santa Clara" neighborhood, Bom Retiro Municipal District (~ 27°47'49"S & 49°29'20"W, geographical neighbor of the "Petrolândia" Municipal District ~ 27°31'30"S & 49°39'20"W – regional central map), Santa Catarina State/ SC highlands (Map, red color) (Fig.1), found in a old little piscicultural pond "deactivated", today used for watering the farm's cattle. Source: Archive/ Database of "AM Project".



4. CONCLUSIONS

Based on the last knowledge generated available (Agudo-Padrón 2019 a), at least a total of five (5) geographical new case occurrences of invasion were verified and confirmed (Fig. 3), in the scant period of the last three (3) years, making it clearly evident that the commercial fish farmers distributors of fingerlings and breeding stock of the regions of "Itaipú Lake" (Paraná State/ PR), and "Timbó" Municipal District (Santa Catarina State/ SC), are the main focus of the "involuntary active anthropic

invasive dispersion" of the native giant freshwater naiad bivalve *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) in this sector of the Southern Brazil region, through "parasitized fish with their temporal ectoparasitic larvae" (Agudo 2005; Callil *et al.* 2012) in the spaces used by the various fish farming enterprises (clients) involved, continental spaces dedicated to fish cultivation for consumption and/ or leisure, being that the referred situation will tend to worsen in the immediate future, whereby suggesting once again in this opportunity (and for all purposes) the general implementation of the "prevention & control protocol" organized and available for the effects (Agudo 2008).

REFERENCES

- Agudo, I. 2005. Praga de bivalves límnicos em açudes. São Paulo/ SP: Conquiliologistas do Brasil – CdB, Outubro 2005. Available online at: <http://www.conchasbrasil.org.br/materias/pragas/limnicos.asp>
- Agudo, I. 2008. Manejo e controle de pragas de bivalves “náíade” em açudes e viveiros piscicultores. São Paulo/ SP: Conquiliologistas do Brasil – CdB, Dezembro 2008. Available online at: <http://www.conchasbrasil.org.br/materias/pragas/manejocontrole/default.asp>
- Agudo-Padrón, A.I. 2011. Colonization of anthropogenic spaces by freshwater mollusks in the Southern Brazil region, South American Atlantic Slope. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 13(3): 19-23. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaSept2011.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2012 a. Conflictive Incidence of native freshwater mussels/ naiads in fish farms/ dams of the Santa Catarina’s State, Central Southern Brazil. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 14(4): 37-41. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaDec2012.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2012 b. Proposed strategies for conservation of Neotropical end angeredlimnic mussels/ naiads (Unionoida, Mycetopodidae) in Southernmost Brazil. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 14(4): 44-47. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaDec2012.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2013. New occurrences of native freshwater mussels/ naiads in fish farms/ dams in the Southern Brazil region. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 15(4): 40-41. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaDec2013.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2014. New occurrences of freshwater mussels/ naiads and other mollusk species in fish farms/ dams of Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil region. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 16(1): 23-25. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaMarch2014.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2015 a. Mollusc aquaculture and malacological research in Santa Catarina State (Central Southern Brazil region): a brief synthetic critical review. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 2(4): 377-380. Available online at: <http://revista.rebibio.net/v2n4/v02n04a19.pdf>
- Agudo-Padrón, A.I. 2015 b. Molluscs of Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil: increments to species inventory, new geographical records and additional informations. *International Journal of Aquaculture*, 5(2): 1-8. Available online at: <https://www.aquapublisher.com/index.php/ija/article/view/1733/1544>
- Agudo-Padrón, A.I. 2016. Brief report: experimental production of freshwater cultured pearls in Santa Catarina State/ SC, Central Southern Brazil region. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 18(1): 32. Available online at:

<https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaMarch2016.pdf>

Agudo-Padrón, A.I. 2019 a. The giant native freshwater mussel/ naiad Mycetopodidae *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819), an emerging invasive plague in fish culture farms of Santa Catarina State/ SC and other localities in Southern Brazil: new geographical records and brief revision. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 21(2): 36-38. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaJune2019.pdf>

Agudo-Padrón, A.I. 2019 b. Mollusc included in the new version of the Red Book of Brazilian Fauna Threatened with Extinction. *IUCN/SSC Newsletter Tentacle*, (27): 32-33. Available online at: http://www.hawaii.edu/cowielab/Tentacle/Tentacle_27.pdf

Agudo-Padrón, A.I. 2020. The limnic/ freshwater mollusks of Hispaniola Island, Greater Antilles, Caribbean. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 22(1): 35-39. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaMarch2020.pdf>

Agudo-Padrón, A.I. 2022. Extinction risk reassessment of continental/ freshwater bivalve mollusks of Brazil. *FMCS Newsletter Ellipsaria*, 24(1): 27-29. Available online at: <https://molluskconservation.org/PUBLICATIONS/ELLIPSARIA/EllipsariaMarch2022.pdf>

Anonymous. 2011. Falta de apoio do governo leva produtor da região metropolitana de Curitiba a abandonar a piscicultura. *Blog "Piscicultura na Rede"*, June 16 2011. Available online at: http://pisciculturanarede.blogspot.com/2011_06_01_archive.html?fbclid=IwAR09vL86cg7Aum5e48J9bynpSL-3QbMyUID6fB7BBJeF3BPRwtmN6Pv01E

Callil, C.T.; Krinski, D. & Silva, F.A. 2012. Variations on the larval incubation of *Anodontites trapesialis* (Unionoida, Mycetopodidae): synergetic effect of the environmental factors and host availability. *Brazilian Journal of Biology*, 72(3): 545-552. Available online at: https://www.academia.edu/5470954/Variations_on_the_larval_incubation_of_Anodontites_trapesialis_Unionoida_Mycetopodidae_Synergetic_effect_of_the_environmental_factor_s_and_host_availability

Callil, C.T. & Mansur, M.C.D. 2007. Gametogênese e dinâmica da reprodução de *Anodontites trapesialis* (Lamarck) (Unionoida, Mycetopodidae) no lago Baía do Poço, planície de inundação do rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(3): 825-840. Available online at: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/4b4nJ7R5dNZwzBwLgXY6v4x/?format=pdf&lang=pt>

Carranza, Á.; Agudo-Padrón, I.; Collado, G.A.; Damborenea, C.; Fabres, A.; Gregoric, D.E.G.; Lodeiros, C.; Ludwig, S.; Pastorino, G.; Penchaszadeh, P.; Salvador, R.B.; Spotorno, P.; Thiengo, S.; Vidigal, T. & Darrigran, G. 2022. Socio-ecological impacts of non-native and transplanted aquatic molluscs species in South

America. What do we really know ?. *Hydrobiology*, ... paper submitted !

Cruz, R.A. & Courrau, J.A. 1986. Condición y ciclo reproductivo de la almeja *Anodontites trapesialis glaucus* (Bivalvia: Mycetopodidae) en Costa Rica. *Uniciencia*, 3(1-2): 37-42. Available online at:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/5363/5193>

Cummings, K.S. & Graf, D.L. 2021. A 'big data' approach to global freshwater mussel diversity (Bivalvia: Unionoida), with na updated checklist of genera and species. *Journal of Molluscan Studies*, 87(1):... Available online at:
<https://academic.oup.com/mollus/article/87/1/eyaa034/6128426>

Darrigran, G.; Agudo-Padrón, I.; Baez, P.; Beltz, C.; Cardoso, F.; Collado, G.A.; Correoso, M.; Cuezco, M.G.; Damborenea, C.; Fabres, A.; Fernandez, M.A.; Gomes, S.R.; Gregoric, D.E.G.; Letelier, S.; Lodeiros, C.; Ludwig, S.; Mansur, M.C.; Narciso, S.; Pastorino, G.; Penchaszadeh, P.; Peralta, A.C.; Rebolledo, A.; Rumi, A.; Salvador, R.B.; Santos, S.; Spotorno, P.; Thiengo, S.; Vidigal, T. & Carranza, Á. 2021. Species movements withing biogeographic regions: exploring the distribution of transplanted mollusks species in South America. *Biological Invasions*, ... paper in revision !

Graf, D.L. & Cummings, K.S. 2007. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussels species (Bivalvia: Unionoida). *Journal of Molluscan Studies*, 73(4): 291-314. Available online at:
<https://academic.oup.com/mollus/article/73/4/291/1025711>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Fauna ameaçada de extinção: Invertebrados aquáticos e Peixes – 2009. Brasília, DF: IBGE, Mapa temático em Escala 1:5.000.000. Available online at:
https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/biodiversidade/fauna_ameacada_e_extincao/MA_P_BR_invertebrados_aquaticos_e_peixes_2009.pdf

Felipi, P.G. & Silva-Souza, Â.T. 2008. *Anodontites trapesialis* (LAMARCK, 1819): um bivalve parasito de peixes de água doce. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(4): 895-903. Available online at: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744090022.pdf>

Paschoal, L.R.P.; Andrade, D.P.; Pimpão, D.M.; Torres, S. & Darrigran, G. 2020. Massive mortality of the giant freshwater mussel *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mycetopodidae) during a severe drought in a Neotropical reservoir. *Biological Sciences*, 92(2): ... Available online at:
<https://www.scielo.br/j/aabc/a/JNVy3hvcjwFqL9v3LqM4bJF/?lang=en>

Pereira, D.; Mansur, M.C.D.; Duarte, L.D.S.; Oliveira, A.S. de; Pimpão, D.M.; Callil, C.T.; Ituarte, C.; Parada, E.; Peredo, S.; Darrigran, G.; Scarabino, F.; Clavijo, C.; Lara, G.; Miyahira, I.C.; Maria Teresa Raya Rodriguez, M.T.R. & Carlos Lasso, C. 2014. Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: historical overview and conservation. *Hydrobiology*, 735:15-44. Available online at:
https://www.academia.edu/5194731/Bivalve_distribution_in_hydrographic_regions_in_South_America_historical_overview_and_conservation

Ramírez, R.; Carlos Paredes, C. & José Arenas, J. 2003. Moluscos del Perú. *Revista de Biología Tropical*, 51(3): 225-284. Available online at: <https://www.redalyc.org/pdf/449/44911879012.pdf>

Simone, L.R.L. de. 1994. Anatomical characters and systematics of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) from South America (Mollusca, Bivalvia, Unionoida, Muteloidea). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 29(3): 169-185. Available online at: https://www.researchgate.net/publication/233345312_Anatomical_Characters_and_Systematics_of_Anodontites_trapesialis_Lamarck_1819_from_South_America_Mollusca_Bivalvia_Unionoida_Muteloidea

Simone, L.R.L. 2006. Land and freshwater molluscs of Brazil: na illustrated inventory on the Brazilian Malacofauna, including neighbor regions of the South America, respect to the terrestrial and freshwater Ecosystems. São Paulo/ SP: EGB, Fapesp, MZSP, 390 p.

Torres, S.; Cao, L.; Gregoric, D.G.; Lucia, M. de; Brea, F. & Darrigran, G. 2018. Distribution of the Unionoida (Bivalvia, Paleoheterodonta) from Argentina and its conservation in the Southern Neotropical region. *Plos ONE*, 13: 1-15. Available online at: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203616>

CAPÍTULO 03

CALIDAD ECOLÓGICA Y BENEFICIO ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN TRANSGÉNICA Y ORGÁNICA DE LA SOJA EN DOS FINCAS DEL DEPARTAMENTO DE ITAPÚA, PARAGUAY

Araceli González Gómez, Ingeniera Ambiental

Universidad Nacional de Asunción

Dirección: Avda. Mariscal López, San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay.

Correo electrónico: araceli.ggs@gmail.com

José Espíritu Ibarra Aranda, Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción

Dirección: Avda. Mariscal López, San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay.

Correo electrónico: jeia04@hotmail.com

Víctor Enciso Cano, Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción

Dirección: Avda. Mariscal López, San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay.

Correo electrónico: victor.enciso.cano@gmail.com

RESUMEN: La soja es una especie agrícola de gran producción en el Paraguay. El buen rendimiento y cuidados al ambiente no siempre van acompañados en el rubro, existen alternativas de producción de soja como la orgánica, que proponen prácticas cuidando al ambiente. Se analizó en el 2017 un sistema de producción de soja orgánica y un sistema de producción convencional transgénico con las prácticas ambientales y el beneficio económico de ambos. El objetivo general de la investigación fue analizar el sistema productivo de la soja transgénica y de la orgánica, mediante indicadores ecológicos y económicos. Las variables cuantitativas económicas fueron margen bruto y rentabilidad y las variables cualitativas ecológicas fueron conservación de vida del suelo, riesgo de erosión y uso de agroquímicos. Las cualitativas fueron caracterizadas tomando parte de la metodología de Marques y Julca (2015). Los resultados arrojaron que la producción de soja orgánica posee mayor beneficio económico y calidad ecológica que la de soja transgénica.

PALABRAS CLAVES: Indicador Ecológico; Margen Bruto; Rentabilidad; Manejo De Agrosistemas.

ABSTRACT: Soy is an agricultural species of great production in Paraguay. Good performance and care for the environment are not always accompanied in the field, there are soy production alternatives such as organic, which propose practices taking care of the environment. An organic soy production system and a conventional transgenic production system with environmental practices and the economic benefit of both were analyzed in 2017. The general objective of the research was to analyze the production system of transgenic and organic soybeans, using ecological and economic indicators. The quantitative economic variables were gross margin and profitability and the qualitative ecological variables were conservation of soil life, risk of erosion and use of agrochemicals. The qualitative ones were characterized taking part of the methodology of Marques and Julca (2015). The results showed that the production of organic soybeans has greater economic benefit and ecological quality than that of transgenic soybeans.

KEYWORDS: Ecological Indicator; Gross Margin; Cost Effectiveness; Management Of Agrosystems.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de la soja, constituye el principal cultivo agrícola de importancia económica en el Paraguay, la superficie cultivada en los últimos años ha crecido de forma exponencial (MAG 2008). Existe poca información en el país entre la protección ambiental y el beneficio económico que la misma genera, causando muchos debates controversiales, existiendo así posturas contrarias sobre la degradación ambiental que causa la producción de la soja y sobre la sostenibilidad de la misma. A parte de ello, actualmente lo económico y lo ambiental en muchas áreas productivas no van de la mano, es decir que producir con un rendimiento elevado no va acompañado de cuidados al ambiente.

Existen alternativas a la producción convencional de la soja como es la producción orgánica, realizándose en este estudio un análisis comparativo entre un sistema de producción orgánica y uno convencional transgénico de soja, de modo tal que se contribuya con la discusión acerca de la realidad de los sistemas de producción de esta especie, sus prácticas ambientales y su beneficio económico. Esto conllevará a la obtención de información veraz con fundamentos científicos.

Como objetivo general de la presente investigación se tuvo analizar una finca productora de soja transgénica y una productora de soja orgánica, mediante indicadores ecológicos y económicos. En forma específica se busca: (1) describir la producción de la soja transgénica y la orgánica; (2) determinar el costo directo e ingreso de ambos sistemas productivos y (3) caracterizar la calidad ecológica de ambos sistemas productivos de soja. Se plantea como pregunta de investigación si la calidad ecológica y el beneficio económico de la producción de soja orgánica superan a la de la soja transgénica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La finca 1, productora de soja orgánica y la finca 2, productora de soja transgénica están ubicadas en los distritos de Tomás Romero Pereira e Itapúa Poty, respectivamente, Departamento de Itapúa, Región Oriental del Paraguay. Ambas presentan superficies comprendidas entre 400 – 600 Há, los suelos son del tipo ultisoles, se encuentran en la zona más fría del país y ambos distritos forman parte de la cuenca del río Tembey.

Se contó con 4 fases: (1) selección de las fincas, (2) descripción de los sistemas de producción de soja orgánica y de soja transgénica, (3) determinación de la estructura costo-beneficio de los cultivos, (4) caracterización de la calidad ecológica de ambos sistemas productivos.

Las fincas contaron con una superficie comprendida en un rango similar, tienen título de propiedad y no son tierras alquiladas, además no están muy alejadas una de otra, menos de 40 km. En caso de la finca de producción orgánica se tuvo como requisito que la misma esté libre de agroquímicos en los últimos 3 años. El estudio fue realizado en el año 2017.

Para describir los sistemas productivos se recurrió a literatura existente y entrevistas a informantes clave de las fincas, mediante un cuestionario guía. Las variables para la determinación costo - beneficio fueron margen bruto y rentabilidad, para ello se utilizaron planillas de costos de producción con datos suministrados por los administradores de las fincas y posteriormente estos datos fueron insertados en las formulas correspondientes a estas variables.

$MB = IB - CD$	MB: Margen Bruto IB: Ingreso Bruto CD: Costo Directo
Relación Ganancia/Costo	$\frac{\text{Ganancia neta}}{\text{Costo total}} * 100$

La caracterización de la calidad ecológica se realizó tomando parte de la metodología propuesta por Márquez y Julca (2015), teniendo en cuenta 3 variables: conservación de vida del suelo, riesgo de erosión, y uso de agroquímicos. Estas variables contaron con sub – variables las cuales fueron clase toxicológica, cobertura vegetal, pendiente predominante, rotación de cultivos, manejo de cobertura vegetal y conservación de suelos, ponderadas del 0 al 4. Luego estos valores se insertaron en la fórmula de indicador ecológico propuesta por la misma metodología, pudiendo darse una calidad ecológica de muy mala a excelente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los granos de soja orgánica se encuentran certificados, el sistema de producción cuenta con rotación de cultivos, en lugares con pendientes utilizan curvas de nivel, requieren cerca de 70 personales para la carpida de 470 Ha, los productos utilizados ya sean insecticidas o fungicidas son todos los aceptados dentro del sistema de producción orgánica de la certificadora ECOCERT. El rendimiento ronda 3.000 kg/Ha. Los granos se exportan al Brasil, el precio de venta asciende 400\$/Tn, equivalentes a 2.207 guaraníes el Kg, en la bolsa de Chicago.

Por su parte, la soja transgénica también realiza rotación de cultivo, con menor cantidad de especies que la orgánica, cuentan con 15 carpadoras más personales que se encargan del uso de maquinarias para 330 ha de superficie cultivada, se utilizan productos químicos, el rendimiento ronda los 3.000 kg/Ha. Los granos son comercializados a multinacionales del país, y en otros casos a las cooperativas locales, la zafra varió entre 40 a 60\$/Tn, equivalente a 1.655 Gs/Ha.

En la rentabilidad existe una marcada diferencia, la soja orgánica posee 141% de rentabilidad, si tenemos en cuenta el alquiler de tierra, la producción de soja orgánica pasa a tener 40% de rentabilidad y un margen bruto de 3.875.782 Gs/Ha. El grano presenta un sobreprecio en el mercado de 110% respecto al convencional, este sobreprecio se marca por la oferta y la demanda de un nicho específico de consumo. El precio de la soja orgánica ha fluctuado en los últimos 3 años entre 550\$/Tn y 650\$/Tn (USDA 2020). Por su parte la soja transgénica posee 75%, si introducimos el alquiler de la tierra dentro de nuestros costos la rentabilidad llega a 15% y un margen bruto de 2.127.928 Gs/Ha, ambos correspondientes a la zafra 2015 – 2016. El precio de soja transgénica en los últimos 5 años ha fluctuado entre 400\$/Tn y 300\$/Tn (Agro Meat 2020).

Aguilera (2011), indica para la zafra de soja orgánica 2010/2011 la rentabilidad sobre el costo total de producción fue de 11,59%. Por su parte McBride y Greene (2009) en su estudio mencionan entre 33% y 37% de rentabilidad en el año 2006, las rentabilidades varían de acuerdo a los costos sobre los que fueron calculados, el precio de venta, rendimiento, condiciones climáticas y la fluctuación del dólar.

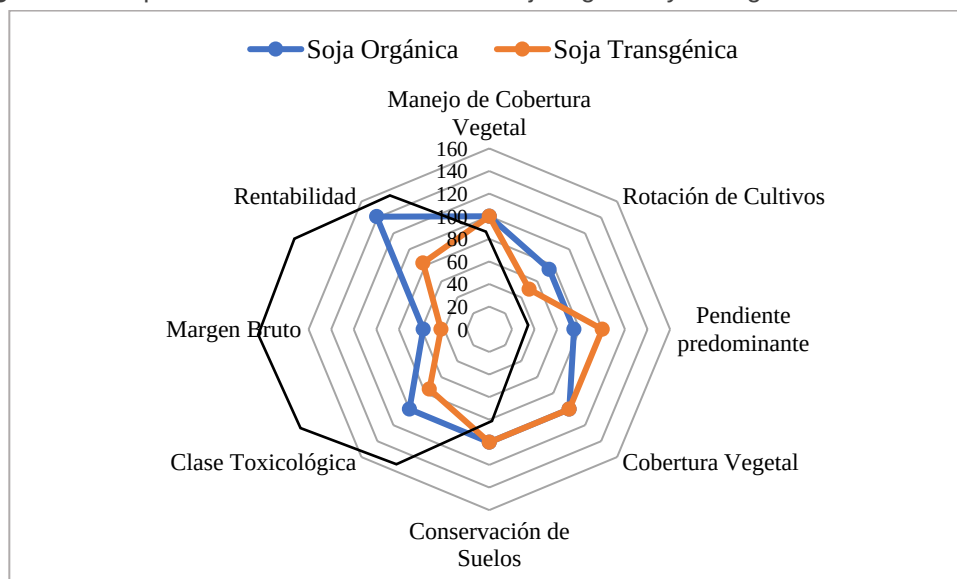
Por su parte Vera (2009), en su investigación indica que la soja genéticamente modificada presentó para la zafra 2007/2008 una rentabilidad sobre el costo total de producción de 124,4%, la Asociación Argentina de Economía Agraria (2015), concluyó

que la rentabilidad de la soja transgénica teniendo en cuenta el alquiler de la tierra es 15,4% concordando con el presente estudio. El precio de éstas dos últimas siempre fluctúan teniendo en cuenta los precios de la bolsa de Chicago, los factores sobre los cuales fue calculada la rentabilidad, las condiciones climáticas y el descuento que las compañías exportadoras presentan en los precios ofrecidos de soja disponible, denominados descuentos “Premium”, cada año la rentabilidad varía.

La calidad ecológica del sistema de soja orgánica es de 4, indicando una calidad excelente. Por su parte, el de soja transgénica presenta una ponderación de 3, indicando una calidad muy buena. En la Figura 1 se observa las variables económicas y ecológicas de ambos sistemas productivos, siendo superiores en su mayoría los valores de la producción orgánica.

El estudio realizado por Gomiero et. al. (2011) sobre Impacto ambiental de diferentes prácticas de manejo agrícola: agricultura convencional versus agricultura orgánica, indica que la agricultura orgánica mejora la calidad del suelo, previniendo el riesgo de erosión. Esto gracias a las prácticas agrícolas de cobertura vegetal y el uso de curvas de nivel o terrazas para conservar los suelos. Además la agricultura orgánica tiende a depender de un mayor número de cultivos, en comparación al convencional o transgénico, debido a la propia naturaleza de la gestión del sistema, que incluye rotación, manejo de cultivos de cobertura y cultivos intercalados, todo esto ayuda a conservar la vida del suelo, aumentando la biodiversidad del agrosistema, proveyendo así un control natural de plagas, afirma que esto es gracias, en menor medida, a la exclusión de agroquímicos. La FAO s.f. menciona que el nulo uso de agroquímicos impide que se degraden los recursos naturales y por ende el potencial productivo; por su parte la Universidad Estatal de Pensilvania citado por la Revista Mundo Agropecuario (2020) afirma que el uso de labranza mínima o cero y los cultivos de cobertura en la producción orgánica de soja mejora la salud del suelo y calidad del agua, todo esto sustenta la calidad ecológica excelente de la soja orgánica.

Figura 1. Comparación entre variables de la soja orgánica y transgénica. Elaboración propia.



4. CONCLUSIONES

Existen diferencias en el manejo de ambos sistemas productivos, respecto al tipo de semilla utilizada, número de personal, cantidad de agroquímicos y uso de maquinarias.

Considerando los costos-ingreso de ambos sistemas de cultivo, producir soja orgánica demanda alrededor de 2.748.218 de guaraníes por hectárea teniendo en cuenta los costos directos, con un ingreso de 6.621.000 guaraníes por hectárea, el margen bruto asciende por tanto a 3.875.782 guaraníes.

Mientras que la soja transgénica presenta un costo directo de producción de 2.837.072 guaraníes por hectárea, 91.854 guaraníes más que la soja orgánica con un ingreso de 4.965.000 guaraníes por hectárea, el margen bruto es de 2.127.928 guaraníes. El rendimiento promedio por hectárea en ambos tipos de soja es igual, se presume que esto se debe a que la soja orgánica lleva hace 7 años produciéndose.

En la calidad ecológica para los indicadores de recurso suelo y uso de agroquímicos se dio la principal diferencia entre ambos sistemas, siendo excelente para la soja orgánica.

La calidad ecológica y el beneficio económico de la producción de soja orgánica superan a las de la producción de soja transgénica, por el buen precio de venta existente en el mercado y por las buenas prácticas agrícolas adoptadas, atendiendo las variables consideradas.

Se recomienda considerar costos indirectos, gastos administrativos, depreciaciones entre otras variables, así como otras metodologías para determinar la calidad ecológica e introducir variables de la dimensión social, investigar a diferentes escalas de producción y se considera apropiado además incorporar una mirada con mayor énfasis en el enfoque agroecológico. Es decir comparar ambas producciones en el marco de un sistema productivo y no exclusivamente la sustitución de un monocultivo por otro.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. José Ibarra y Víctor Enciso, a Luis Morínigo por su ayuda y apoyo, al Ing. Agr. Néstor Zárate y las Ing. Amb. Gisell Jiménez y Soledad Espínola, por su tiempo y aportes.

REFERENCIAS

Agro Meat. (2020, 13 septiembre). La soja en su precio más bajo en una década. [agromeat.com. https://www.agromeat.com/267278/la-soja-en-su-precio-mas-bajo-en-una-decada-tras-la-falta-de-acuerdo-de-trump-y-china](https://www.agromeat.com/267278/la-soja-en-su-precio-mas-bajo-en-una-decada-tras-la-falta-de-acuerdo-de-trump-y-china)

Aguilera, C. 2011. Análisis de la Rentabilidad de la Producción de Soja Orgánica en la finca Nuevo Gambacht, Alto Verá, Departamento de Itapúa. Tesis de Grado. San Lorenzo, Py. Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. 20-23-26P.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (2020, septiembre). National Organic Grain and Feedstuffs Report. <https://www.ams.usda.gov/mnreports/lbfnof.pdf>

McBride, W. D., & Greene, C. (2009, diciembre). The profitability of organic soybean production | Renewable Agriculture and Food Systems. Cambridge Core, 24(4). <https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/profitability-of-organic-soybean-production/9E6B5BACD4EBCD9EE8F09FEC5E26EFCD#:~:text=Organic%20soybean%20production%20costs%20range,more%20than%20%249%20per%20bushel.>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (s. f.). *CAPÍTULO 2. LA AGRICULTURA ORGÁNICA Y EL MEDIO AMBIENTE*. <http://www.fao.org>. <http://www.fao.org/3/Y4137S/y4137s04.htm>

Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 95-124. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). EVOLUCIÓN DE LA RENTABILIDAD AGRÍCOLA CONSIDERANDO LA VARIABILIDAD EN EL VALOR DE LA TIERRA (N.º 13). https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mj_rentabilidadagricola_tierra_15.pdf

Marquéz, F. R. y Julca, A. M. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba. Cusco. Perú. *Saber y Hacer*, 2(1), 1. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/45>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2008, octubre). *Informe Sector Agropecuario ISA* (N.º 2). <http://www.mag.gov.py/dgp/lsa%20soja.pdf>

Mundo agropecuario. (2020). Los productores de soja orgánica pueden ser competitivos con poca o ninguna labranza. <https://mundoagropecuario.com/los-productores-de-soja-organica-pueden-ser-competitivos-con-poca-o-ninguna-labranza/>

Valor Soja. (2014). Soja orgánica: un negocio de nicho con sobrepuestos de hasta 110% con respecto al poroto convencional. [valorsoja.com](https://www.valorsoja.com). <https://www.valorsoja.com/2014/12/28/soja-organica-un-negocio-de-nicho-con-sobrepuestos-de-hasta-110-con-respecto-al-poroto-convencional/>

Vera, J. 2009. Rentabilidad entre variedades de soja transgénica resistente a herbicidas y soja convencional. Tesis de Grado. San Lorenzo, PY. Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. 32-33P.

CAPÍTULO 04

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA, INMUNOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE BETA-SITOSTEROL EN MODELOS MURINOS

Rogelio Paniagua Pérez

Doctor en Ciencias Químico-biológicas, ENCB-Instituto Politécnico Nacional
Investigador en Ciencias Médicas. Titular C. Instituto Nacional de Rehabilitación
LGII. División de investigación, Servicio de Bioquímica
Dirección: Av. México-Xochimilco 289, Ciudad de México, 14389. MÉXICO
Correo electrónico: rogelp@ yahoo.com

Eduardo Madrigal Bujaidar

Doctorado en Ciencias. Especialidad en Biología, ENCB-Instituto Politécnico
Nacional Profesor Titular Tiempo completo. ENCB-Instituto Politécnico Nacional,
Departamento de Morfología, Laboratorio de Genética
Av. Wilfredo Massieu, Col Lindavista, Zacatenco, Ciudad de México, 07738,
MÉXICO
Correo electrónico: edumadrigal.bujaidar@gmail.com

Rosa Isela Álvarez González

Doctorado en Ciencias Químico-biológicas, ENCB-Instituto Politécnico Nacional
Profesor Titular Tiempo completo. ENCB-Instituto Politécnico Nacional,
Departamento de Morfología, Laboratorio de Genética
Dirección: Av. México-Xochimilco 289, Ciudad de México, 14389. MÉXICO
Correo electrónico: isela.alvarez@gmail.com

Carlos Jorge Martínez Canseco

Maestro en Ciencias con especialidad en Biomedicina Molecular, ENCB-Instituto
Politécnico Nacional
Investigador en Ciencias Médicas. Titular B. Instituto Nacional de Rehabilitación
LGII. División de investigación, Servicio de Bioquímica
Dirección: Av. México-Xochimilco 289, Ciudad de México, 14389. MÉXICO
Correo electrónico: camarca@live.com.mx

Gabriela Flores Mondragón

Licenciatura en Biología, FES-Iztacala-Universidad Nacional Autónoma de México
Investigador en Ciencias Médicas. Titular A. Instituto Nacional de Rehabilitación
LGII. División de investigación, Servicio de Medicina del Deporte
Dirección: Av. México-Xochimilco 289, Ciudad de México, 14389. MÉXICO
Correo electrónico: gbypez@gmail.com

Lidia Cruz Hernández

Químico Farmacéutico Biólogo, FES-Zaragoza-Universidad Nacional Autónoma de
México Química A. Instituto Nacional de Rehabilitación LGII.
División de investigación, Servicio de Bioquímica
Dirección: Av. México-Xochimilco 289, Ciudad de México, 14389. MÉXICO
Correo electrónico: liami9@yahoo.com.mx

RESUMEN: Antecedentes: el beta-sitosterol (BS) es un compuesto presente en numerosas plantas. Se le han atribuido varias propiedades biomédicas interesantes del BS, incluidas actividades inmunomoduladoras y antiinflamatorias. Por lo tanto, el objetivo de este informe fue evaluar su capacidad antiinflamatoria mediante la aplicación de varias pruebas experimentales en roedores. Métodos: Para llevar a cabo el objetivo del estudio se aplicaron los siguientes métodos. Dos métodos basados en la reacción pasiva inversa de Arthus: el ensayo de edema de pata de rata y el ensayo de pleuresía de rata, así como dos métodos relacionados con la inflamación aguda inespecífica: el ensayo de edema de oreja de ratón y el ensayo de actividad de mieloperoxidasa de ratón. Resultados: Los resultados obtenidos en todas las pruebas establecieron un importante potencial antiinflamatorio de BS. En la prueba de edema de pata de rata encontramos un efecto inhibitorio que va del 50-70%; en el ensayo de pleuresía de rata nuestros hallazgos con respecto al volumen de exudado pleural mostraron una reducción del 46%, así como una cantidad baja de neutrófilos del 20% con respecto al nivel del grupo control. En el ensayo de edema de oreja de ratón encontramos una inhibición inflamatoria media del 75%, y respecto a la actividad mieloperoxidasa los resultados mostraron una inhibición dependiente de la dosis inducida por BS. Conclusiones: En el presente estudio determinamos una potente capacidad antiinflamatoria de BS en tipos específicos y no específicos de inflamación aguda en roedores.

PALABRAS CLAVE: Beta-Sitosterol; Ensayo Antiinflamatorio; Ratón; Rata; Antioxidante.

ABSTRACT: Background: Beta-sitosterol (BS) is a compound present in numerous plants. It has been attributed a number of interesting biomedical properties to BS, including immuno modulating and anti- inflammatory activities. Therefore, the aim of this report was to evaluate its anti-inflammatory capacity by applying various rodent experimental tests. Methods: To carry out the objective of the study we applied the following methods. Two methods based in the passive reverse Arthus reaction: the rat paw edema test and the rat pleurisy assay, as well as two methods related with the non- specific acute inflammation: the mouse ear edema test, and the mouse mieloperoxidase activity assay. Results: The results obtained in all tests established a significant anti-inflammatory potential of BS. In the rat paw edema test we found an inhibitory effect which goes from 50-70%; in the rat pleurisy assay our findings respect to the volume of pleural exuded showed a reduction of 46%, as well as a 20% low amount of neutrophils respect to level of the control group. In the mouse ear edema test we found a mean inflammatory inhibition of 75%, and respect to mieloperoxidase activity the results showed a dose-dependent inhibition induced by BS. Conclusions: In the present study we determined a potent anti-inflammatory capacity of BS in specific and non specific types of acute inflammation in rodents.

KEYWORDS: Beta-Sitosterol; Anti-Inflammatory Assay; Mouse; Rat; Antioxidant.

1. INTRODUCCIÓN

La inflamación es un evento fisiológico relevante que se necesita para el mantenimiento de la homeostasis tisular, es una reacción de un organismo al daño celular y tisular causado por una variedad de agentes, así como a eventos autoinmunes (Alves *et al.*, 2014). Durante este proceso ocurren eventos microcirculatorios, incluyendo permeabilidad vascular, cambios en el movimiento, reclutamiento y acumulación de leucocitos, así como la liberación de mediadores inflamatorios (Chetov *et al.*, 2014). La resolución es necesaria para restaurar la morfología original y función del tejido afectado. Este es un proceso activo coordinado por una serie de moléculas intracelulares y extracelulares. En el proceso, se produce una reducción de los mediadores proinflamatorios, así como la liberación de mediadores prorrresolutivos que impiden la migración de leucocitos y aumentan su apoptosis (Serhan y Savill, 2005; Serhan *et al.*, 2007; Buckley *et al.*, 2014). Estos eventos inician el proceso de resolución y son necesarios para restaurar la homeostasis del tejido. Cuando la inflamación no se resuelve o la inflamación inicial es excesiva, se produce la inflamación, se pueden desarrollar una variedad de enfermedades inflamatorias crónicas que afectan a una serie de órganos, como los que pertenecen a los sistemas respiratorio y digestivo así como originar la artritis reumatoide (AR), una enfermedad autoinmune sistémica caracterizada por una inflamación crónica que afecta principalmente a las articulaciones, donde puede producir un grado progresivo de deformidad e incapacidad funcional que se relaciona con la destrucción progresiva del cartílago, así como con daño en tendones, ligamentos y huesos. Además, la enfermedad puede afectar otros órganos, como ojos, pulmones, pleura, corazón, piel y vasos sanguíneos (McIlness and Schett, 2011; Gaffo *et al.*, 2013).

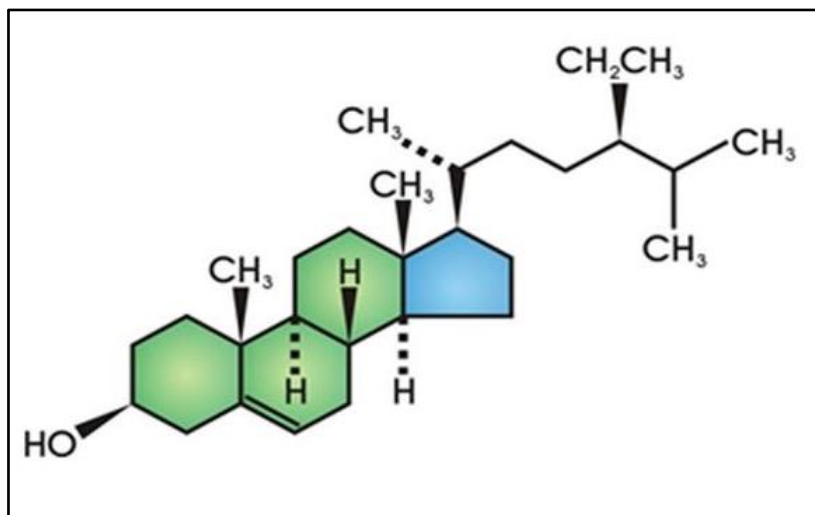
Los tratamientos farmacológicos están destinados principalmente a resolver, disuadir o mejorar la calidad de vida afectada por enfermedades inflamatorias. Se han diseñado y aplicado una serie de fármacos dependiendo del órgano afectado, el estado de la enfermedad y las características del paciente afectado; sin embargo, la terapia puede ser costosa y su efecto puede ser sintomático, no permanente y podría causar daños colaterales. Por ejemplo, los fármacos antiinflamatorios no esteroideos pueden tener efectos adversos sobre el tejido óseo al modular la proliferación, diferenciación, migración, adhesión y migración de los osteoblastos (Garcia-Martinez 2015), algunos

de los fármacos mencionados, así como la aspirina, han se han asociado con lesiones del tracto gastrointestinal superior, incluidas hemorragias y úlceras (Goldstein 2004; Goldstein y Crier, 2015), y confieren un mayor riesgo de insuficiencia cardíaca trombotica y congestiva (Farkouh *et al.*, 2007). Además, otro factor de riesgo a considerar es el uso concomitante de medicamentos antiinflamatorios con otros medicamentos como anticoagulantes, corticosteroides, inhibidores de la recaptación de serotonina o agentes antihipertensivos (Goldstein y Cryer 2015, Kalafutova 2014).

Esta complejidad hace que valga la pena la búsqueda de nuevos compuestos con eficacia para reducir los mecanismos fisiopatológicos que conducen a la enfermedad y pocos o ningún efecto secundario tóxico. Para lograr estos propósitos, los extractos de plantas o los compuestos derivados de plantas generalmente están bajo investigación. En estos esfuerzos, se puede utilizar una serie de pruebas de cribado en roedores, incluida la reacción de Arthus pasiva inversa inducida por complejos inmunitarios (Bailey and Sturm, 1983; Szalai *et al.*, 2000).

El beta-sitosterol (BS) (Fig. 1) es un compuesto de origen vegetal que se encuentra en plantas como el arroz, el trigo, el maíz, las nueces, el maní y particularmente en la uña de gato (*Uncaria tomentosa*), donde se ha sugerido que participa en las propiedades curativas atribuidas a la planta sobre inflamación, daño viral, úlcera, desarrollo de cáncer, así como en la mejora del sistema inmunológico (Heitzman *et al.*, 2005; Ling y Jones, 1995). El BS es una sustancia química relacionada estructuralmente con el colesterol, pero que se absorbe más lentamente en el tracto intestinal, interfiriendo con la absorción del colesterol y evitando su elevación en el suero (Tapiero *et al.*, 2003). Además, se sugiere que el BS modula la función inmune, la inflamación y los niveles de dolor al controlar la producción de citocinas inflamatorias (Gupta *et al.*, 1980; Awad y Fink, 2000). Con base en la información anterior, en el presente informe ampliamos los estudios sobre la capacidad de BS como agente antiinflamatorio mediante la aplicación de diversas pruebas en roedores.

Figura 1. Estructura química de beta-sitostereol



2.MATERIAL Y MÉTODOS

Químicos y animales

BS, ibuprofeno, prednisona, albúmina de huevo de gallina, indometacina, 12-O- tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA), tetrametilbencidina (TMB), bromuro de hexadeciltrimetilamonio, acetona, acetato de sodio, peróxido de hidrógeno y éter etílico se adquirieron de Sigma Químicos (St Louis Mo USA). El antisuero de ovoalbúmina (policlonal de conejo a ovoalbúmina) se obtuvo de Abcam (Ciudad de México), el éter etílico y la solución de NaCl (0.9%) se obtuvieron de Baker S.A. (Ciudad de México). Para el ensayo utilizamos ratas Wistar macho de ocho semanas de edad con un peso medio de 250 g y ratón (CD1) con un peso medio de 25 g. Los animales se obtuvieron del Instituto Nacional de Rehabilitación y se mantuvieron en jaulas metálicas, a 23 °C, en un ciclo de luz y oscuridad de 12 h, y se les permitió consumir libremente alimento (Rodent Lab Chow 5001, Purina) y agua. El procedimiento experimental fue aprobado por el Comité de Ética y Bioseguridad del Instituto Nacional de Rehabilitación.

Inducciones de edema de pata de rata

Para este ensayo seguimos la reacción pasiva inversa de Arthus (Pflum and Graeme, 1979) con algunas modificaciones. Inicialmente se administró la sustancia correspondiente a cada grupo experimental, seguido de la inducción de la reacción antígeno-anticuerpo a cada rata. Se utilizaron 30 ratas organizadas en 6 grupos de 5

individuos cada uno: un grupo control, negativo, al que se le administró por vía intragástrica (IG) aceite mineral, otros tres grupos a los que se administró IG con BS (50, 100 y 200 mg/kg), previamente diluido en aceite mineral, y finalmente, dos grupos más administrados por vía intraperitoneal (IP) con antiinflamatorios conocidos, a un grupo se le inyectó 200 mg/kg de ibuprofeno (antiinflamatorio no esteroideo), y al otro grupo se le inyectó con 10 mg/kg de prednisona (un agente antiinflamatorio esteroideo). Inmediatamente después, a todos los animales se les inyectó 0,1 ml de anticuerpo anti-ovoalbúmina (diluido 1:3) en el cuarto trasero de la zona plantar de la pata derecha, en la pata contralateral a las ratas se les inyectó 0,1 ml de NaCl al 0,9 %. En un siguiente paso, todos los animales fueron inyectados por vía intravenosa (IV) con una suspensión de albúmina de huevo (25 mg/kg).

El volumen de la pierna hinchada se determinó con un pletismómetro digital 3 horas después de la inyección de ovoalbúmina. El valor del edema de la pata se estableció por la diferencia entre el volumen obtenido en la pierna tratada con respecto al volumen obtenido en el control (pierna izquierda) (Loizou S et al., 2010). Para el cálculo de los datos, se consideró que el volumen de la pierna hinchada representaba el 100% de la inflamación. La evaluación estadística de los datos obtenidos se realizó mediante un ANOVA de una vía y las pruebas de Duncan.

Ensayo de pleuresía en ratas

Este ensayo también se basó en la reacción pasiva inversa de Arthus (Pflum and Graeme, 1979) con algunas modificaciones. En una primera instancia inyectamos 0,2 ml de anticuerpo anti-ovoalbúmina (diluido 1:10) en la cavidad pleural de ratas para inducir el inmunocomplejo; veinte minutos más tarde, a todos los animales se les inyectaron por vía intravenosa 25 mg/kg de ovoalbúmina. Se utilizaron seis grupos con 5 ratas cada uno para el experimento: se incluyeron dos grupos de control positivo en el estudio; uno IP administró ibuprofeno, (200 mg/kg), y otro IP inyectó 10 mg/kg de prednisona, además de estos grupos, tres grupos más fueron tratados IG con BS diluido en aceite mineral (50, 100 y 200 mg/kg, respectivamente), finalmente, incluimos un grupo control negativo IG administrado con aceite mineral. Seis horas después de la inoculación pleural, las ratas se sacrificaron por dislocación cervical; luego se cuantificó el volumen exudado de la cavidad pleural y se centrifugó a 1500 rpm por 5 min. El sedimento se colocó en un portaobjetos, se fijó con metanol y se tiñó con Giemsa durante 10 min. Luego se realizó un conteo diferencial de neutrófilos

y linfocitos. La evaluación estadística de los datos obtenidos se realizó mediante un ANOVA de una vía y las pruebas de Duncan.

Ensayo de edema de oreja de ratón

Para esta prueba seguimos las pautas descritas por De Young et al. (1989) para medir la inflamación usando TPA. Todas las sustancias se disolvieron en acetona. A cinco grupos de cinco individuos cada uno se les administró tópicamente TPA (2,5 µg) como agente flogístico, tanto en la superficie interna como externa de la oreja derecha de cada ratón. Además, se aplicaron 20 µl de acetona en la oreja izquierda de cada ratón. Una hora más tarde, se aplicó BS (0,5, 1,0 y 1,5 mg) por vía tópica en el oído derecho de tres grupos. Además, también incluimos un grupo al que se le administró indometacina (0,5 mg/oreja) como control positivo. Cuatro horas después de la administración del producto químico, los ratones se dislocaron cervicalmente y se obtuvo y pesó una sección (7 mm de diámetro) de la parte central de ambas orejas.

El valor del edema se calculó por la diferencia entre el peso del oído tratado (oído derecho), con respecto al oído izquierdo no tratado. El efecto inhibitor del edema (en porcentaje) se calculó en comparación con el edema detectado en el grupo tratado con TPA. La significación estadística de los datos obtenidos se evaluó utilizando la prueba t de Student.

Inhibición de la actividad mieloperoxidasa (MPO)

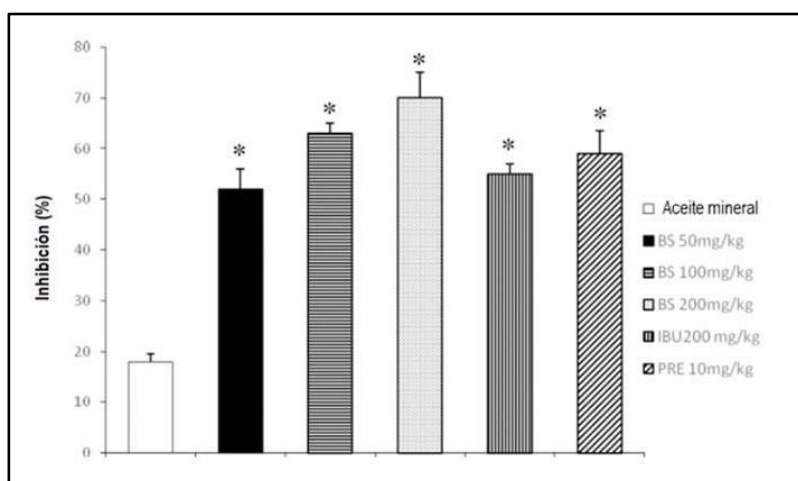
Para este ensayo seguimos el método descrito por Suzuki et al. modificado por Young para su uso en un lector de placas. La actividad de MPO se midió en las orejas de ratones tratados con TPA, BS e indometacina. Las orejas pertenecen a individuos del ensayo de edema de oreja de ratón descrito anteriormente. Se pesaron y mantuvieron congeladas a -20 °C hasta su uso. En este momento, las mazorcas se homogeneizaron y centrifugaron a 11 200 g a 4 °C durante 20 min. Después de eso, se agregaron 30 µL del sobrenadante a la mezcla de reacción que consistía en tampón fosfato (50 mmol/L, pH 5,4), TMB (1,6 mmol/L), bromuro de hexadeciltrimetilamonio al 0,5 % y H₂O₂ (1 mmol/L). La reacción se llevó a cabo durante 3 min a 37 °C y luego se detuvo con la adición de acetato de sodio 1,46 M. Las absorbancias de las muestras se leyeron a 630 nm. La inhibición enzimática (expresada en %) correspondió a la diferencia de absorbancia entre los grupos tratados con respecto al grupo tratado con

TPA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

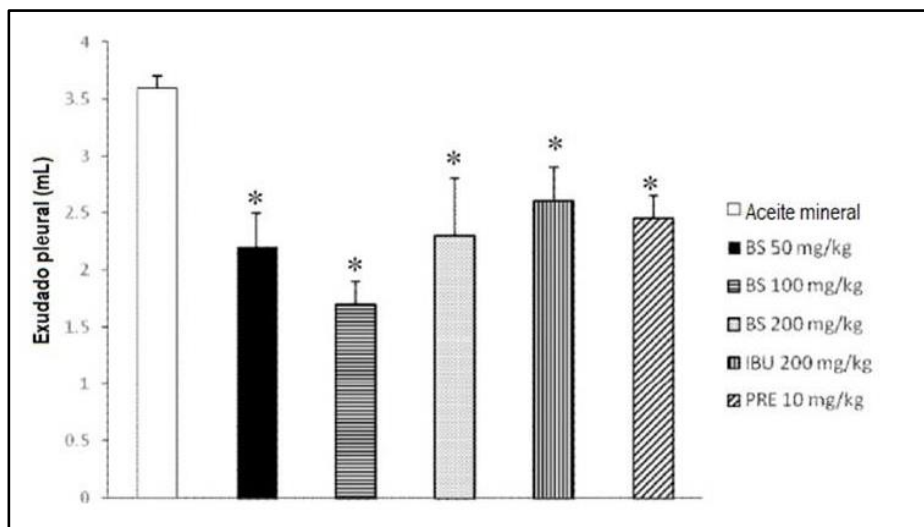
Los resultados obtenidos en la prueba de edema de pata de rata se muestran en la Figura 2. Se encontró que las tres dosis probadas de BS indujeron una inhibición del edema significativa, dependiente de la dosis en comparación con el resultado encontrado en el grupo de control. En comparación con este grupo, la inhibición fue del 51, 63 y 70% con 50, 100 y 200 mg/kg de BS, respectivamente. Es interesante señalar que la dosis alta de BS fue un 17 % más eficaz que el ibuprofeno y un 20 % más eficaz que la prednisona.

Figura 2. Efecto antiinflamatorio del beta-sitosterol (BS) en la prueba de edema de pata de rata. IBU = ibuprofeno; PRE = Prednisona. Cada barra representa la media $\pm$ DE de cinco animales por grupo. *Diferencia estadísticamente significativa con respecto al resultado del aceite mineral; Pruebas ANOVA y t de Student, $p < 0,05$



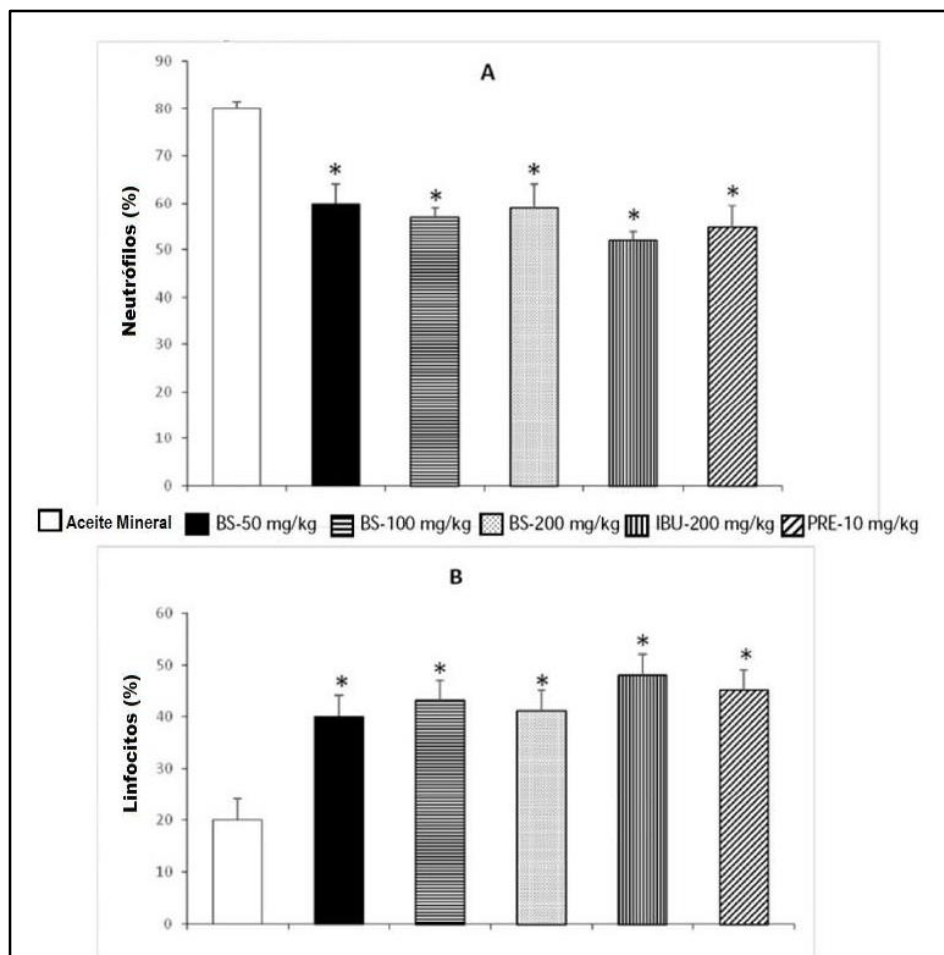
En el ensayo de pleuresía, el efecto de BS sobre el exudado pleural inducido con la reacción antígeno/anticuerpo correspondió a la cantidad de 2,1, 1,8 y 2,2 ml con las dosis ensayadas baja, intermedia y alta (Figura 3). Este resultado representa una reducción media del 46% respecto a la cantidad del control (3,8 ml), y una reducción mayor respecto al nivel inducido por ibuprofeno (31%) y prednisona (39%).

Figura 3. Efecto antiinflamatorio del beta-sitosterol (BS); Determinación de derrame pleural en rata. IBU = ibuprofeno; PRE = Prednisona. Cada barra representa la media $\pm$ DE de cinco animales por grupo. *Diferencia estadísticamente significativa con respecto al resultado del aceite mineral; Pruebas ANOVA y t de Student, $p < 0,05$



En cuanto a la cantidad de neutrófilos y linfocitos determinados en la cavidad pleural de ratas los resultados se presentan en la Figura 3. En este estudio el porcentaje de neutrófilos inducidos por BS correspondió a 60, 57 y 59 % con 50, 100 y 200 mg/kg del químico, respectivamente (Figura 4a); valores que fueron aproximadamente un 20% inferiores a los observados en el grupo negativo, así como más del 6% de los observados en los ratones tratados con prednisona e ibuprofeno. En cuanto a los linfocitos, los resultados determinados con BS tras la reacción antígeno/anticuerpo mostraron una duplicación del valor obtenido en el grupo control negativo, y sólo un 4% inferior al observado en ratas a las que se les administró ibuprofeno o prednisona.

Figura 4. Cuantificación de neutrófilos (A) y linfocitos (B) observados en el ensayo de pleuresía de rata. IBU = ibuprofeno; PRE = Prednisona. Cada barra representa la media $\pm$ DE de cinco animales por grupo. *Diferencia estadísticamente significativa con respecto al resultado obtenido para aceite mineral; Pruebas ANOVA y t de Student, $p < 0,05$



La Tabla 1 muestra los resultados relativos a la prueba de edema auricular en ratones. En este ensayo determinamos una inhibición dependiente de la dosis inducida por BS, con un efecto medio del 75 %, que es ligeramente superior al efecto producido por la indometacina; sin embargo, con 200 mg/kg de BS la diferencia llegó a 14 %.

Tabla 1.- Efecto antiinflamatorio del beta-sitosterol (BS) en la prueba de edema de oreja de ratón

<u>Grupos</u>	<u>Dosis (mg/oreja)</u>	<u>Edema (mg)</u>	<u>% Inhibición</u>
TPA	0.0025	19.7±0.6	0
IND	0.5	5.9±0.72	70.3*
BS	0.5	6.7±0.69	66.0*
BS	1.0	5.4±1.5	74.2*
BS	1.5	3.1±0.93	84.1*

IND=indometacina. Los resultados obtenidos representan la media ± EEM de 5 ratones por grupo. *Diferencia estadísticamente significativa con respecto a los animales tratados con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA). Pruebas ANOVA y t de Student, $p \leq 0.05$

Finalmente, con respecto al ensayo de mieloperoxidasa, encontramos una inhibición dependiente de la dosis producida por el agente probado, la dosis alta de BS (200 mg/kg) fue ligeramente mejor que la observada con indometacina (Tabla 2)

Tabla 2.- Efecto antiinflamatorio del beta-sitosterol (BS); Determinación de la actividad mieloperoxidasa

<u>Grupos</u>	<u>Dosis (mg/oreja)</u>	<u>Diferencia Abs</u>	<u>% Inhibición</u>
TPA	0.0025	0.937±0.07	-
IND	0.50	0.033±0.04	95.36*
BS	1.0	0.413±0.06	56.39*
BS	1.5	0.195±0.08	79.2*
BS	1.5	0.013±0.03	98.9*

IND=indometacina. El porcentaje de inhibición se calculó según la ecuación $\%I = \frac{D_{Ac} - D_{Ap}}{D_{Ac}} \times 100$; donde D_{Ac} es la media aritmética de la absorbancia del control y D_{Ap} la media aritmética de la absorbancia del agente ensayado. Los resultados obtenidos representan la media ± EEM de 5 ratones por grupo. *Diferencia estadísticamente significativa con respecto al valor obtenido en animales tratados con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA); Pruebas ANOVA y t de Student, $p \leq 0.05$

La inflamación es un proceso que puede representar la antesala para el desarrollo de una enfermedad final, como es el caso de un estado inflamatorio crónico en el aparato digestivo que puede concluir con un cáncer gastrointestinal (Susuki *et al.*, 2005); pero también podría corresponder al síntoma clínico principal que caracteriza a una serie de patologías bien establecidas, por ejemplo, el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (Fry, 2012). Por ello, debido a su alta relevancia en salud pública, constantemente se realizan investigaciones para encontrar nuevos fármacos con mejores características que los existentes en el mercado. En estos esfuerzos, la identificación de plantas con propiedades antiinflamatorias ha producido un conocimiento valioso. Se han encontrado especies de plantas con esta propiedad en una variedad de familias, incluidas Rubiaceae, Moraceae, Gentianaceae, Compositae, Myrtaceae, Arecaceae y Boraginaceae, entre otras (He *et al.*, 2014; Huang *et al.*, 2013; Jamkhande *et al.*, 2013; Dwevedi *et al.*, 2015; Uddin *et al.*, 2014; Anyanwu *et al.*, 2015; Piscoya *et al.*, 2001; Naressi *et al.*, 2012). Los autores en este campo de investigación generalmente han propuesto que los efectos medicinales de los extractos de plantas se deben a la sinergia entre los compuestos identificados, que incluyen flavonoides, taninos, derivados de acetofenona y esteroides, entre otros. Además, debido a esta variedad de sustancias químicas útiles, las plantas medicinales suelen actuar sobre diversas enfermedades, lo que complica la correlación del efecto de un compuesto con una enfermedad específica. Por tanto, otra vía de investigación es la determinación de los efectos farmacológicos inducidos por compuestos específicos.

Los fitoesteroides son alcoholes esteroideos derivados de plantas que forman parte de la membrana celular y tienen un parecido estructural con el colesterol, lo que les permite desplazar el colesterol de lipoproteínas de baja densidad en el intestino (Choudary y Trans. 2011). Tres fitoesteroides predominan en la nutrición herbal humana: BS, campesterol y estigmasterol (Weihrauch *et al.*, 1978; Saeidnia *et al.*, 2014).

En el presente informe se evaluó el efecto de BS mediante el uso de dos tipos de reacción inflamatoria aguda, una de ellas correspondió a una reacción inmune (reacción pasiva de Arthus en la rata) y la otra a una reacción inespecífica (ensayo de edema en oreja de ratón). Nuestros resultados mostraron que BS tiene un potencial antiinflamatorio destacado en ambos tipos de inflamación. Con respecto a la reacción de Arthus, BS inhibió en un 50-70% el edema de la pata de rata inducido por la reacción

antígeno/anticuerpo, además, el compuesto también disminuyó en un 50% el volumen de exudado pleural inducido por la misma reacción; además, en este último ensayo, BS incrementó la cantidad de neutrófilos. Estos resultados son concordantes tanto con la inhibición del edema como con la infiltración de células inflamatorias.

La reacción pasiva de Arthus es una respuesta inflamatoria inmunológicamente inducida caracterizada por el depósito de inmunocomplejos, la fijación del complemento, la infiltración de leucocitos polimorfonucleares y el daño tisular (Plum y Lee, 1979). La actividad antiinflamatoria de BS inhibió la reacción de Arthus pasiva inversa probablemente debido a la inhibición de los mediadores que dan lugar a la lesión de Arthus completa; en este sentido, otros autores han provocado ratones asmáticos inducidos por ovoalbúmina, y han encontrado que la BS mitigaba la inflamación por infiltración de eosinófilos y la hipersecreción de moco por hiperplasia caliciforme, y que varios biomarcadores inflamatorios también estaban disminuidos en el tejido pulmonar y líquido de lavado broncoalveolar (Yuk *et al.*, 2007; Han *et al.*, 2014; Liz *et al.*, 2013; Mahajan y Metha, 2011; Loizou *et al.*, 2010).

Por otro lado, nuestro resultado también mostró que BS disminuyó el edema producido por el TPA así como la actividad de la mieloperoxidasa, resultados que se relacionan con una reacción inflamatoria inespecífica. En este sentido, se han publicado estudios sobre el efecto antiinflamatorio de la BS desde principios de los años 80, donde los autores demostraron dicho efecto empleando edema inducido por carragenina, implantación de bolitas de algodón y pirexia inducida por levadura de cerveza en ratas (Gupta *et al.*, 1980). A partir de ese momento, también se han informado varias actividades antiinflamatorias, antipiréticas, antinociceptivas e inmunomoduladoras en diferentes tipos de bioensayos (Bouic 2002; Saeidnia *et al.*, 2014).

Los estudios experimentales *in vitro* e *in vivo* sobre el potencial antiinflamatorio del BS habían sido limitados hasta hace poco tiempo, cada vez más empujados por la relevancia que se está demostrando para el compuesto en estudio. Este tipo de investigaciones ha demostrado una serie de acciones producidas por BS: fue capaz de inhibir tanto la adhesión vascular como la expresión de la molécula de adhesión intracelular 1 en células endoteliales aórticas humanas estimuladas con TNF-alfa; en la dermatitis del ratón inducida por 2,4-dinitrofluorobenceno, pudo reducir significativamente la gravedad clínica al inhibir la infiltración de células inflamatorias y los niveles de IgE, interleucina-4 e histamina en el suero de los ratones tratados.

Además, en el modelo de bolsa de aire de inflamación inducida por carragenina en ratones, se determinó que la sustancia química promueve un aumento dependiente del tiempo y de la dosis de la absorción de calcio en los neutrófilos activados e inhibe la mieloperoxidasa, la adenosina desaminasa, la interleucina-1B y el factor de necrosis tumoral. Los efectos mencionados, así como los hallazgos del presente informe, respaldan los efectos beneficiosos sugeridos de BS para una serie de enfermedades, que incluyen hiperplasia prostática benigna, cáncer de colon y mama, aterosclerosis y ulceración gastrointestinal (Wilt et al., 1999). ; Choudary y Trans. 2011; Hewing y Fisher 2012; Tovey 2015).

4. CONCLUSIÓN

Evaluamos el efecto de BS usando dos tipos de reacción inflamatoria aguda, una reacción inmune (reacción pasiva de Arthus en la rata) y una reacción no específica (ensayo de edema de oreja de ratón), nuestros resultados mostraron que BS tiene un prominente potencial antiinflamatorio en ambos tipos de inflamación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dra. Rebeca E. Franco y Bourland, Jefa del Servicio de Bioquímica, por su apoyo.

REFERENCIAS

1. Anyanwu GO, Ur-Rehman N, Onyeneke CE, Rauf K. Medicinal plants of the genus *Anthocleista*-A review of their ethnobotany, phytochemistry and pharmacology. *J Ethnopharmacol.* 2015;175:648–667. [PubMed] [Google Scholar]
2. Awad AB, Fink CS. Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *J Nutr.* 2000;130:2127–2130. [PubMed] [Google Scholar]
3. Bailey PJ, Sturm A. Immune complexes and inflammation. A study of the activity of anti-inflammatory drugs in the reverse passive Arthus reaction in the rat. *Biochem Pharmacol.* 1983;32:475–481. [PubMed] [Google Scholar]
4. Bouic PJ. Sterols and sterolins: new drugs for the immune system? *Drug Discov Today.* 2002;7:775–778. [PubMed] [Google Scholar]
5. Choudhary SP, Trans LS. Phytosterols: perspectives in human nutrition and clinical therapy. *Curr Med Chem.* 2011;18:4557–4567. [PubMed] [Google Scholar]
6. Dwevedi A, Sharma K, Sharma YK. Cadamba: A miraculous tree having enormous pharmacological implications. *Pharmacogn Rev.* 2015;9:107–113. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
7. Farkouh ME, Greenberg JD, Jeger RV, Ramanathan K, Verheugt FW, Chesebro JH, Kishner H, Hochman JS, Lay CL, Ruland S, Mellein B, Matchaba PT, Fuster V, Abramson SB. Cardiovascular outcomes in high risk patients with osteoarthritis treated with ibuprofen, naproxen or lumiracoxib. *Ann Rheum Dis.* 2007;66:764–770. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
8. Fry DE. Sepsis, systemic inflammatory response, and multiple organ dysfunction: the mystery continues. *Am Surg.* 2012;78:1–8. [PubMed] [Google Scholar]
9. Gaffo A, Saag KG, Curtis JR. Treatment of rheumatoid arthritis. *Am J Health Syst Pharm.* 2006;63:2451–2465. [PubMed] [Google Scholar]
10. García-Martínez O, De Luna Bertos E, Ramos-Torrecillas J, Manzano-Moreno FJ, Ruiz C. Repercussions of NSAIDs drugs on bone tissue: the osteoblast. *Life Sci.* 2015;123:72–77. [PubMed] [Google Scholar]
11. Goldstein JL. Challenges in managing NSAID-associated gastrointestinal tract injury. *Digestion.* 2004;691(Suppl):25–33. [PubMed] [Google Scholar]
12. Goldstein JL, Cryer B. Gastrointestinal injury associated with NSAID use: a case study and review of risk factors and preventative strategies. *Drug Healthc Patient Saf.* 2015;7:31–41. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
13. Gupta MB, Nath R, Shrivastava N, Shanker K, Kishor K, Bhargava KP. Anti-inflammatory and antipyretic activities of beta-sitosterol. *Planta Med.* 1980;39:157–163. [PubMed] [Google Scholar]

14. Han NR, Kim HM, Jeong HJ. The β -sitosterol attenuates atopic dermatitis-like skin lesions through down-regulation of TSLP. *Exp Biol Med*. 2014;239:454–464. [PubMed] [Google Scholar]
15. He C, Li W, Zhang JJ, Qu SS, Li JJ, Wang LY. Determination of β -sitosterol and total sterols content and antioxidant activity of oil in acai (*Euterpe oleracea*) *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2014;39:4620–4624. [PubMed] [Google Scholar]
16. Heitzman ME, Neto CC, Winiarz E, Vaisberg AJ, Hammond GB. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of *Uncaria* (Rubiaceae) *Phytochemistry*. 2005;66:5–29. [PubMed] [Google Scholar]
17. Hewing B, Fisher EA. Preclinical mouse models and methods for the discovery of the causes and treatments of atherosclerosis. *Expert Opin Drug Discov*. 2012;7:207–216. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
18. Huang GJ, Deng JS, Huang SS, Wang SY, Chang YS, Kuo YH. Bioassay guided isolation and identification of anti-inflammatory active compound from the root of *Ficus formosana*. *J Agric Food Chem*. 2013;61:11008–11015. [PubMed] [Google Scholar]
19. Jamkhande PG, Barde SR, Patwekar SL, Tidke PS. Plant profile, phytochemistry and pharmacology of *Cordia dichotoma* (Indian cherry): a review. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2013;3:1009–1016. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
20. Kalafutova S, Juraskova B, Vlcek J. The impact of combinations of non-steroidal anti-inflammatory drugs and anti-hypertensive agents on blood pressure. *Adv Clin Exp Med*. 2014;23:993–1000. [PubMed] [Google Scholar]
21. Ling WH, Jones PJ. Dietary phytosterols: a review of metabolism, benefits and side effects. *Life Sci*. 1995;57:195–206. [PubMed] [Google Scholar]
22. Liz R, Zanatta L, dos Reis GO, Horst H, Pizzolatti MG, Silva FR, Fröde TS. Acute effect of β -sitosterol on calcium uptake mediates anti-inflammatory effect in murine activated neutrophils. *J Pharm Pharmacol*. 2013;65:115–122. [PubMed] [Google Scholar]
23. Loizou S, Lekakis I, Chrousos GP, Moutsatsou P. Beta-sitosterol exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54:551–558. [PubMed] [Google Scholar]
24. Mahajan SG, Mehta AA. Suppression of ovalbumin-induced Th2-driven airway inflammation by β -sitosterol in a guinea pig model of asthma. *Eur J Pharmacol*. 2011;650:458–464. [PubMed] [Google Scholar]
25. McInnes IB, Schett G. The pathogenesis of rheumatoid arthritis. *N Engl J Med*. 2011;365:2205–2219. [PubMed] [Google Scholar]
26. Medzhitov R. Inflammation 2010: new adventures of an old flame. *Cell*.

2010;140:771–776. [PubMed] [Google Scholar]

27. Naressi MA, Ribeiro MA, Bersani-Amado CA, Zamuner ML, Costa WF, Tanaka CM, Sarragiotto MH. Chemical composition, anti-inflammatory, molluscidal and free-radical scavenging activities of the leaves of *Ficus radicans* 'Variegata' (Moraceae) *Nat Prod Res.* 2012;26:323–330. [PubMed] [Google Scholar]

28. Perez DA, Vago JP, Athaide RM, Reis AC, Teixeira MM, Sousa LP, Pinho V. Switching off key signaling survival molecules to switch on the resolution of inflammation. *Mediators Inflamm.* 2014;2014:829851. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

29. Pflum LR, Graeme ML. The Arthus reaction in rats, a possible test for anti-inflammatory and antirheumatic drugs. *Agents Action.* 1979;9:184–189. [PubMed] [Google Scholar]

30. Piscoya J, Rodriguez Z, Bustamante SA, Okuhama NN, Miller MJ, Sandoval M. Efficacy and safety of freeze-dried cat's claw in osteoarthritis of the knee: mechanism of action of the species *Uncaria guianensis*. *Inflamm Res.* 2001;50:442–448. [PubMed] [Google Scholar]

31. Saeidnia SIA, Gohari AR, Abdollahi M. The story of beta-sitosterol-A review. *European J of Med Plants.* 2014;4:590–609. [Google Scholar]

32. Serhan CN, Brain CD, Buckley CD, Gilroy DW, Haslett C, O'Neill LA, Perretti M, Rossi AG, Wallace JL. Resolution of inflammation: state of the art, definitions and terms. *FASEB J.* 2007;21:225–332. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

33. Serhan CN, Savill J. Resolution of inflammation: the beginning programs the end. *Nat Immunol.* 2005;6:1191–1197. [PubMed] [Google Scholar]

34. Susuki K, Ota H, Sasagawa S, Sakatani T, Fujikura T. Assay method for myeloperoxidase in human polymorphonuclear leukocytes. *Anal Biochem.* 1983;132:345–352. [PubMed] [Google Scholar]

35. Susuki R, Kohno H, Sugie S, Tanaka T. Dose-dependent promoting effect of dextran sodium sulfate on mouse colon carcinogenesis initiated with azoxymethane. *Histol Histopathol.* 2005;20:483–492. [PubMed] [Google Scholar]

36. Szalai AJ, Digerness SB, Agrawal A, Kearney JF, Bucy RP, Niwas S, Kilpatrick JM, Babu YS, Volanakis JE. The Arthus reaction in rodents: species-specific requirement of complement. *J Immunol.* 2000;164:463–468. [PubMed] [Google Scholar]

37. Tapiero H, Townsend DM, Tew KD. Phytosterols in the prevention of human pathologies. *Biomed Pharmacother.* 2003;57:321–325. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

38. Tovey FI. Role of dietary phospholipids and phytosterols in protection against peptic ulceration as shown by experiments on rats. *World J Gastroenterol.*

2015;21:1377–1384. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

39. Uddin G, Rauf A, Siddiqui BS, Muhammad N, Khan A, Shah SU. Anti-nociceptive, anti-inflammatory and sedative activities of the extracts and chemical constituents of *Diospyros lotus*. *JPhytomedicine*. 2014;21:954–959. [PubMed] [Google Scholar]

40. Wilt TJ, MacDonald R, Ishani A. beta-sitosterol for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic review. *BJU Int*. 1999;83:976–983. [PubMed] [Google Scholar]

41. Young JM, De Joung LM. Cutaneous models of inflammation for evaluation of topical and systemic pharmacological agents. In: Spector S, Back N, editors. *Modern methods in pharmacology. Pharmacological methods in the control of inflammation* Alan R Liss. New York: 1989. pp. 215–231. [Google Scholar]

42. Yuk JE, Woo JS, Yun CY, Lee JS, Kim JH, Song GY, Yang EJ, Hur IK, Kim IS. Effects of lactose-beta-sitosterol and beta-sitosterol on ovalbumin-induced lung inflammation in actively sensitized mice. *Int Immunopharmacol*. 2007;7:1517–1527. [PubMed] [Google Scholar]

CAPÍTULO 05

ALGUNS ASPECTOS DA OOGÊNESE DO PEPINO DO MAR *CUCUMARIA CALIFORNICA* (SEMPER, 1868) (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) DO PACÍFICO MEXICANO

María Esther Diupotex Chong

Doctorado en Biología por la Facultad de Ciencias / Universidad Nacional Autónoma de México Institución: Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto de Ciencias del Mar y Limnología / Técnico Académico Titular / Colección Nacional de Equinodermos

Dirección: Circuito Universitario S/N, Colonia Copilco, Alcadía Coyoacán, Ciudad de México – CP. 04510, México

Correo electrónico: medc@cmarl.unam.mx

Francisco Alonso Solís-Marín

Doctorado en Oceanología Biológica por la Universidad de Southampton, Southampton Oceanography Centre, Inglaterra

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto de Ciencias del Mar y Limnología / Investigador Titular / Colección Nacional de Equinodermos

Dirección: Circuito Universitario S/N, Colonia Copilco, Alcadía Coyoacán, Ciudad de México – CP. 04510, México

Correo electrónico: fasolis@cmarl.unam.mx

Alfredo Laguarda-Figueras

Doctorado en Biología por la Facultad de Ciencias / Universidad Nacional Autónoma de México.

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto de Ciencias del Mar y Limnología / Investigador Titular / Colección Nacional de Equinodermos

Dirección: Circuito Universitario S/N, Colonia Copilco, Alcadía Coyoacán, Ciudad de México – CP. 04510, México

Correo electrónico: laguarda@cmarl.unam.mx

RESUMEN: En este estudio se describe algunos aspectos de la gametogénesis (ovogénesis) del pepino de mar *Cucumaria californica* Semper 1868, especie común de las costas del Pacífico mexicano. El presente estudio tiene como finalidad caracterizar algunos aspectos del ciclo gonádico durante la ovogénesis del pepino de mar *Cucumaria californica* (Semper, 1868), especie ampliamente distribuida en costas del Pacífico mexicano. Los ejemplares analizados fueron recolectados en aguas someras de las costas de Jalisco, Isla Cocinas, Chamela. Se procesaron 30 ejemplares seleccionando exclusivamente hembras que presentaran estadios en ovogénesis; según literatura la presencia de ovocitos maduros indica que la actividad gonádica se incrementa durante los meses de verano (julio- agosto), la estación en que se realizaron dichas recolectas en nuestra especie de estudio se presentó a finales de otoño (noviembre), bajo esas circunstancias el presente estudio nos lleva a definir parcialmente el ciclo reproductivo visto desde el punto de vista en ovogénesis; describiendo ciclos parciales del índice gonádico caracterizando con ello una escala citológica, checando la maduración gonádica entre hembras de diferentes tallas, no se halló diferencias estadísticamente significativas en cuanto a longitud y peso entre hembras y machos, aun cuando las hembras fueron ligeramente más grandes, examinando principalmente ovocitos primarios, secundarios con

algunos pre-vitelos; detectados por medio de exámenes histológicos, revelando tallas promedio entre los 25.03 y 36 μm . Algunos autores manifiestan que factores ambientales controlan la gametogénesis mientras que el desove parece ser desencadenado principalmente por la temperatura y salinidad del agua, así como la disponibilidad de alimento durante el ciclo reproductivo, tales observaciones indican que se puede identificar la variación en la talla de los ovocitos durante el desarrollo gonádico, en el presente estudio se presentan algunos aspectos de la ovogénesis del pepino de mar *Cucumaria californica* con la finalidad de contar con datos específicos como herramienta de estudio en pos de la conservación como recurso económico.

PALABRAS CLAVE: Gametogénesis; Citogenética; Índice Gonadal; Oogenesis; Oocitos; *Cucumaria Californica*.

ABSTRACT: The purpose of this study is to investigate some aspects of gonadic development during oogenesis of *Cucumaria californica* sea cucumber (Semper, 1868), a species widely distributed along the Mexican Pacific coast. The specimens analyzed were collected in shallow waters off the coast of Jalisco, Isla Cocinas, Chamela, during the autumn-winter season (November-December), thirty specimens were processed by selecting exclusively females that presented stages in ovogénesis; the presence of mature oocytes indicates that gonadic activity increases during the summer months (July-August), and apparently the recruitment of the species occurs at the late autumn (November). Examining, reveals the variation of average sizes between 25.03 and up to 36 μm , which seems to indicate that the size of the oocytes varies according to the period of development. Some environmental factors control gametogenesis while spawning is mainly triggered by water salinity, temperature as well as food availability during the reproductive cycle, such observations indicate that a wide variation in oocyte size during the development from sea cucumber *Cucumaria californica* in order to have specific data a study tool in pursuit of coservation as an economic resource.

KEYWORDS: Gametogenesis; Cytogenetic; Gonadal Index; Oogenesis; Oocitos; *Cucumaria Californica*.

1. INTRODUCCIÓN

Los holoturoideos, conocidos comúnmente como pepinos de mar, pertenecen a la clase Holothuroidea, estos se encuentran distribuidos prácticamente en todos los ambientes marinos desde zonas intermareales hasta las hadales (Solís-Marín *et al.* 2013; Alvarado y Solís, 2013), la clase Holothuroidea cuenta con 25 familias, 199 géneros y 1,400 especies descritas en todo el mundo (Pawson, 2007; Pawson *et al.*, 2009); a la par con otros organismos bentónicos desempeñan un papel ecológico importante como modificadores de la arquitectura del sustrato, estos por su comportamiento alimenticio al ingerir sedimentos, modifican la granulometría de las arenas, además de participar en el reciclaje de la materia orgánica (Hendler *et al.*, 1995; Uthicke, 2001a, b). En especial los pepinos de mar cucumáridos son un grupo cosmopolita habitando generalmente en sedimentos rocosos-arenosos. Semper, (1868) proporciona un primer registro para el Pacífico mexicano en las costas de Mazatlán, Sinaloa. Deichmann (1941) reporta tres especies de cucumáridos para el Pacífico mexicano, recientemente Sánchez *et al.* (2021) reporta nuevos registros para la familia Cucumariidae.

Los pepinos de mar, como todo organismo vivo, durante su ciclo de vida constantemente pierde un sin número de células, éstas se pueden dañar, enfermar o hasta morir. La división celular es una parte importante del ciclo celular en la que una célula se divide para formar más células regenerando los tejidos celulares. Gracias a la división celular se da el crecimiento de los seres vivos; en los organismos pluricelulares este crecimiento se produce por el desarrollo de los tejidos y entre los seres unicelulares a través de la reproducción asexual (Sperelakis, 2001); como en el caso de los pepinos de mar los cuales llegan a ser dioicos, es decir, presentan sexos separados, aunque en ocasiones presentan hermafroditismo y/o muestran reproducción asexual por fisión (Hyman, 1955; Lawrence, 1987), así como fecundación externa (Hyman, 1955; Bakus, 1973; Lawrence, 1987; Herrero Perezrul *et al.*, 1998). Smiley & Cloney, (1985) estudiando la ovulación en los túbulos ováricos fecundos del pepino de mar *Stichopus californicus* detectaron que el ovario presenta varios tamaños que se insertan en la base de la gónada central; los túbulos más grandes que contienen los ovocitos se encuentran compuestos en tres capas, la externa es un peritoneo complejo compuesto por células epiteliales, axones y células musculares; la estructura fina de las neuronas peritoneales sugiere su participación

en la actividad neurosecretora. Así también se han conocido especies que incuban a sus crías, como el caso de *Leptosynapta clarki*, *Cladodactyla crocea*, *Psolidocnus sacculus* y *Stereoderma imbricata* (Smiley *et al.*, 1991; Sewell y Chia, 1994).

Chao, Chen y Alexander (1995), sugieren que el modo de nutrición de cierta manera está relacionado con los recursos alimenticios, lo que puede inferir en el período reproductivo, como aparentemente ocurre para *Holothuria leucospilota*, *H. cinerascens*, *H. difficilis* entre otros en el sur de la India; donde el desarrollo de las gónadas ocurre en los meses fríos liberando los gametos al inicio de los meses cálidos, lo que está relacionado con el crecimiento del fitoplancton; manifestando una periodicidad y duración del desove similar para especies templadas alargando el período de desove.

Pepinos de mar son capturados en más de 70 entidades, explotándose tanto a nivel artesanal como en la industria pesquera, recientemente 58 especies son comercializadas (Purcell *et al.*, 2012). La fuerte demanda del recurso ha agotado algunas poblaciones en el mundo y ha dado lugar a pesquerías ilegales, no reguladas y no registradas en otros lugares (Purcell, *et al.*, 2010).

En México la primera captura registrada de pepino de mar fue en 1998 (Lovatelli A. *et al.*, 2014) aunque la junta oficial de agricultura, ganadería, pesca y administración de alimentos sugiere que el pepino de mar se ha capturado en México con fines de valor comercial desde 1980, estadísticas nacionales anuales de pesca más recientes de 2013 (SAGARPA, 2013).

A lo anterior considerando que existen pocos análisis específicos dentro de la biología reproductiva y desarrollo gonádico del pepino de mar *Cucumaria californica*, es nuestro propósito en este estudio el conocer aspectos del ciclo gonádico (ovogénesis) y condiciones ambientales asociadas bajo un criterio citológico, apoyando con ello al conocimiento reproductivo de estos organismos; como herramienta de estudio en pos de la conservación como recurso económico.

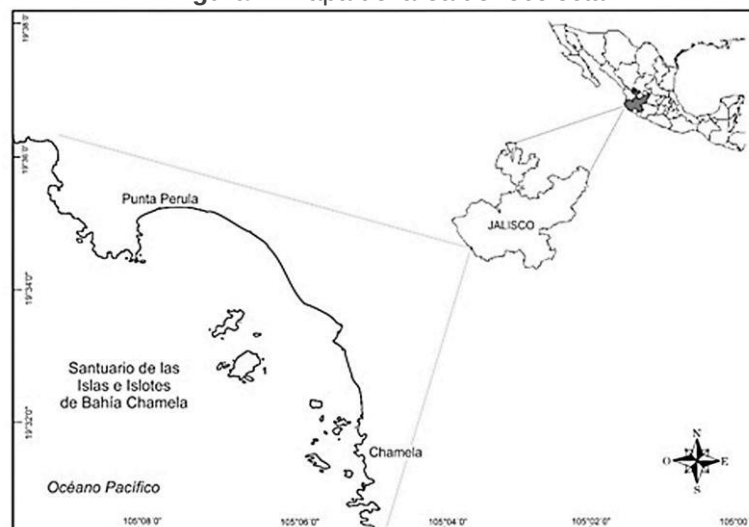
2. MATERIAL Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Se efectuaron dos expediciones de recolección de ejemplares representativos en las primeras semanas del mes de noviembre de 2018 y 2019, nuestra área de

estudio fueron realizadas en localidades de la Isla Cocinas, ubicada en la costa occidental del Pacífico mexicano, sur de la Bahía Chamela en el Estado de Jalisco, México entre las coordenadas 19° 31' 38" N y 105°04' 24" O (Figura 1); presentando una temperatura ambiente en un rango de 21.4 a 23°C durante finales de la época otoñal, refiriendo una salinidad entre 30.9 y 34.5 PSU; nuestros ejemplares fueron recolectados en transeptos de banda a diferentes profundidades: somero de 7 a profundo de 12 m, cubriendo una superficie de 25 m² recolectando un promedio de 30 ejemplares adultos en cada ocasión a lo largo de ocho días por medio de buceo libre; participando buzos previamente capacitados utilizando equipo semi-autónomo; llevando a cabo una primera lectura se anotó número de organismos, talla y peso aproximado, a lo cual no se encontró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a longitud y peso entre hembras y machos, aun cuando las hembras fueron ligeramente más grandes; con talla promedio de 25.03 ± 5.8 cm y peso promedio 30.4 ± 40.0 g.

Figura 1. Mapa del área de recolecta



Se separaron las hembras de los machos, el total de organismos fueron 50 % hembras, 30 % machos y 20 % indiferenciados. Los ejemplares vivos fueron colocados en un acuario de 10 litros conteniendo agua de su medio natural con aireación constante por un período de 20 horas, con el objetivo de aclimatarlos y estabilizarlos, bajando el stress fisiológico; pasado ese período de tiempo, se procesaron exclusivamente las hembras, nuestra especie en estudio *Cucumaria californica* posee una sola gónada localizada en la parte anterior del celoma donde se encuentra suspendida de manera libre, morfológicamente compuesta por varios

túbulos lisos, los cuales presentan ramificaciones y sáculos bien diferenciados; los ejemplares recolectados fueron dioicos, la gónada madura en las hembras fue de color naranja, mientras que la de los machos fue de color crema; lo que concuerda con lo reportado por Skarbnik (2006) para la especie *Holothuria lubrica* en la Bahía de la Paz, B.C.S., México; siguiendo las técnicas citológicas propuestas por Diupotex *et al.* (2007) el cual se basa en la descamación celular (Kligerman & Bloom, 1977), y con la finalidad de obtener células en proliferación celular son identificadas las diversas etapas cíclicas en ovogénesis, así mismo con el objeto de inhabilitar las divisiones celulares se inyectó a cada organismo colchicina 0.04 % a una razón de 0.5 ml por cada 5 gramos de peso promedio en la cavidad celómica; conservando vivos a los organismos por un período de 60 minutos; transcurrido el tiempo se extrajeron las gónadas de cada ejemplar, una muestra significativa se somete a una solución hipotónica KCl al 0.075 Molar por 60 minutos; las gónadas son colocadas en frascos previamente etiquetados y bañados con una solución de metanol ácido acético a proporciones de 75 % metanol a 25 % ácido acético, las cuales son llevadas al laboratorio conservándolos a temperatura de 4°C para su procesamiento citológico. Pequeños trozos de tejido son colocados en una solución fijadora fresca Carnoy (3:1) metanol: acético, manteniéndolos a 4 °C por al menos 24 horas; las muestras obtenidas son transportadas al laboratorio para continuar con el procesamiento celular.

Trabajo en laboratorio

Una vez en laboratorio y continuando con el procedimiento citológico, se macera una pequeña porción de tejido con una pinza de disección sobre una caja Petri, cada una de las pequeñas porciones de tejido son colocadas en una laminilla estéril, añadiendo ácido acético al 60 % por un par de minutos; una vez iniciada la descamación celular, identificándose como pequeñas nubes blanquecinas con ayuda de un capilar se toma una pequeña muestra, que gentilmente es colocada sobre una laminilla perfectamente estéril y bajo 50 °C de temperatura cuidando el secado en cada botón celular; una vez secas las laminillas son teñidas con Giemsa en buffer de fosfatos a pH 6 por un lapso de 30 minutos, finalmente las laminillas son selladas en un medio de montaje Bálsamo de Canadá (Hycel Cat.866) para posteriormente iniciar su lectura microscópica, en nuestro caso se utilizó un fotomicroscopio de contraste de fases FOMI Carl Zeiss.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Entre los organismos recolectados y analizados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto en longitud (4.2 ± 5.5 cm.) como en peso (200 ± 210 gr.) entre hembras, machos, hermafroditas e indiferenciados, continuando se obtuvieron gónadas que representan aproximadamente el 70 % respecto a los organismos analizados; las etapas de reproducción analizadas en el presente trabajo corresponden al desarrollo gonádico en hembras de la especie *Cucumaria californica*.

Caracterización histológica

La gónada en los holotúridos se presenta compuesta por tres capas celulares, la externa o peritoneo, compuesta por células epiteliales y células musculares, la media por tejido conectivo y la interna como epitelio interno, asociado a los gametos y células epiteliales somáticas.

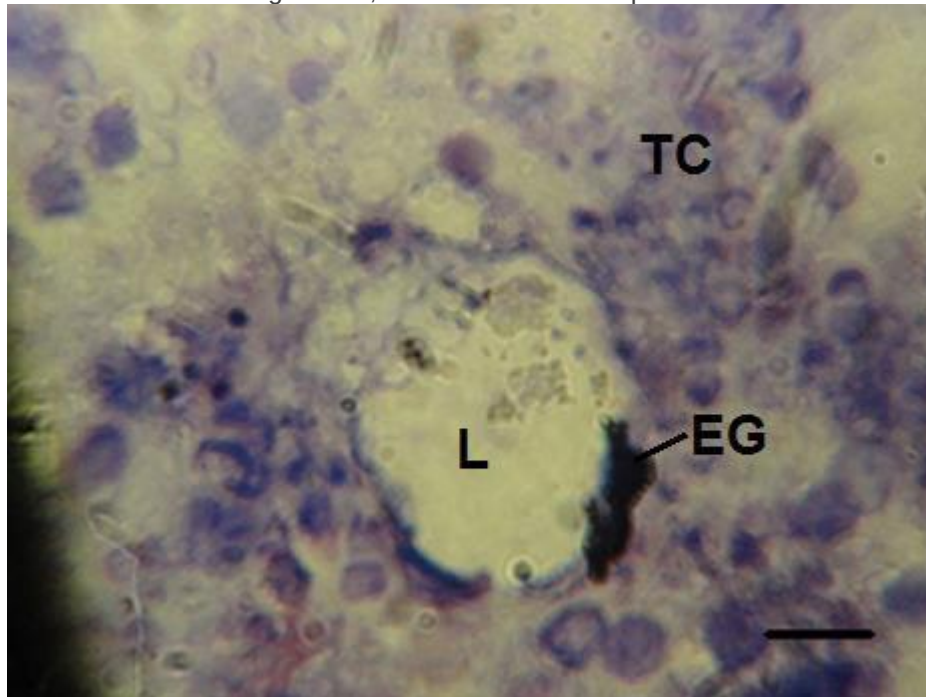
Presentamos una guía comparativa propuesta por Epherra, *et al.* (2015) describiendo los estados de desarrollo gonádico Tabla 1.

Tabla 1. Guía comparativa propuesta por Epherra, *et al.* (2015) describiendo los estados de desarrollo gonádico.

Estadio	Ovarios	Testículos
gametogénesis	Tejido conectivo grueso, laxo y con ondulaciones. Actividad del epitelio germinal. Lumen vacío o semivacío Ovocitos primarios.	Tejido conectivo grueso, laxo y con ondulaciones. Actividad del epitelio germinal. Lumen vacío o semivacío columnas espermatocitos primarios.
Madurez	Tejido conectivo no visible nula actividad del epitelio germinal. Lumen lleno de ovocitos poliédricos.	Tejido conectivo semi laxo, seno hemal no visible. Poca actividad en epitelio germinal lumen lleno de espermatocitos.
Expulsión	Tejido conectivo visible seno hemal poco visible. Nula actividad de epitelio germinal. Lumen semi vacío y concentración de ovocitos en el centro ovocitos residuales y fagocitos.	T. conectivo visible fino y laxo. Nula actividad del epitelio germinal. Lumen semivacío, aglomeración de espermatocitos en el centro y espacios vacíos a la periferia fagocitos.
Pos-expulsión	Tejido conectivo grueso, laxo y con ondulaciones. Seno hemal visible. Poca o nula actividad de epitelio germinal Lumen semivacío. Ovocitos residuales en lisis.	Tejido conectivo grueso, laxo y con ondulaciones. Poca o nula actividad de epitelio germinal. Lumen semivacío. Espermatocitos residuales y en proceso de lisis.

En nuestro estudio el desarrollo gonádico de *C. californica* se catalogó para hembras en puntos principales: tejido conectivo y epitelio germinal, en estado indiferenciado sus características celulares no permiten identificar histológicamente el sexo, en esta etapa no es posible realizar una distinción entre gónada masculina o femenina; la apariencia y tamaño en células gonádicas en estado indeterminado son similares haciendo imposible una distinción de gametos, observándose claramente la presencia de abundante tejido conjuntivo con una gruesa pared gonadal incluso en algunos casos es posible observar fagocitos (Figura 2).

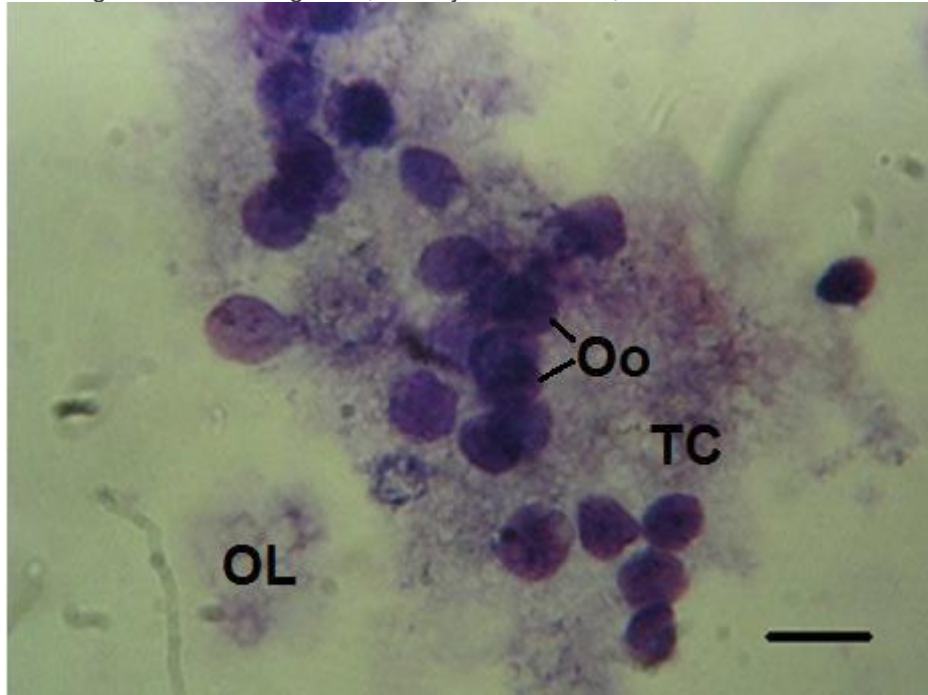
Figura 2. Estadío en desarrollo gonádico, estado indiferenciado. TC: tejido conectivo, EG: epitelio germinal, L: lumen. Barra 200 μm .



Pañola-Madrigal (2016) describe un ciclo anual de reproducción, para el holotúrido *Isostichopus fuscus* señalando la presencia de organismos indiferenciados prácticamente todo el año; estos organismos descritos se presentan en estado maduro para los meses de octubre- noviembre fechas coincidentes con nuestras colectas en las primeras semanas del mes de noviembre de 2018 y 2019, dado que ambas poblaciones pertenecientes a regiones colindantes del Océano Pacífico, pudieran tener relación en cuanto al ciclo reproductivo; en nuestra experiencia alcanzamos a diferenciar ciertas etapas del desarrollo gonádico en cuanto a la ovogénesis; considerando que únicamente fueron realizadas colectas durante la temporada otoño-invierno; a lo que mostramos los siguientes resultados:

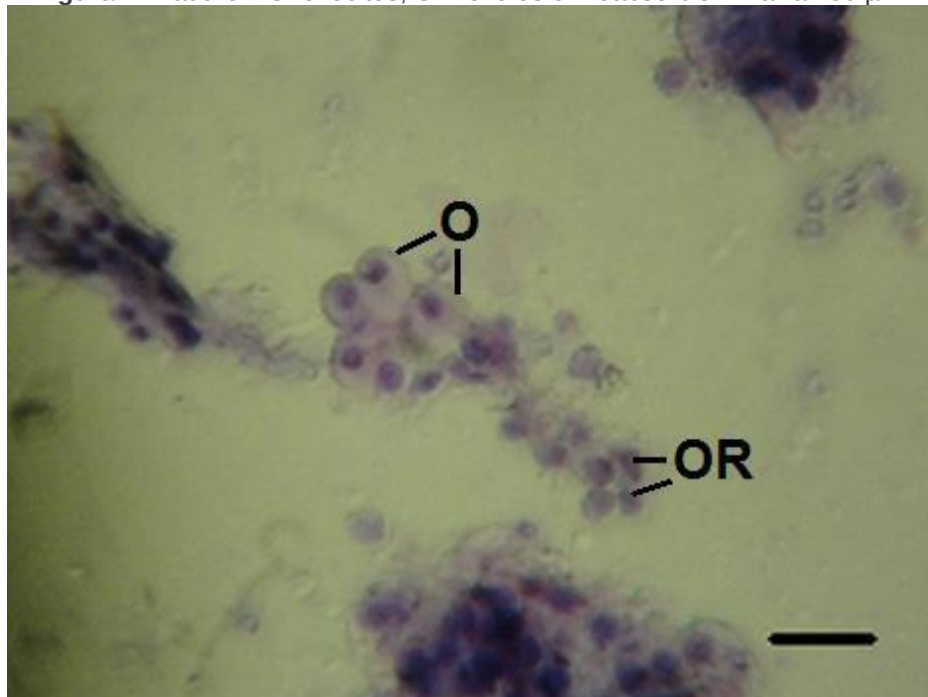
Ovogénesis- se presentan oogonios unidos al epitelio germinal, con ovocitos primarios con núcleo definido, algunos con nucléolos periféricos y en algunos casos se observa pequeñas células (producto de la meiosis) (Figura 3).

Figura 3. Ovogénesis. Oo: ovogonias, TC: tejido conectivo, OL: óvulos en lisis Barra 200 µm.



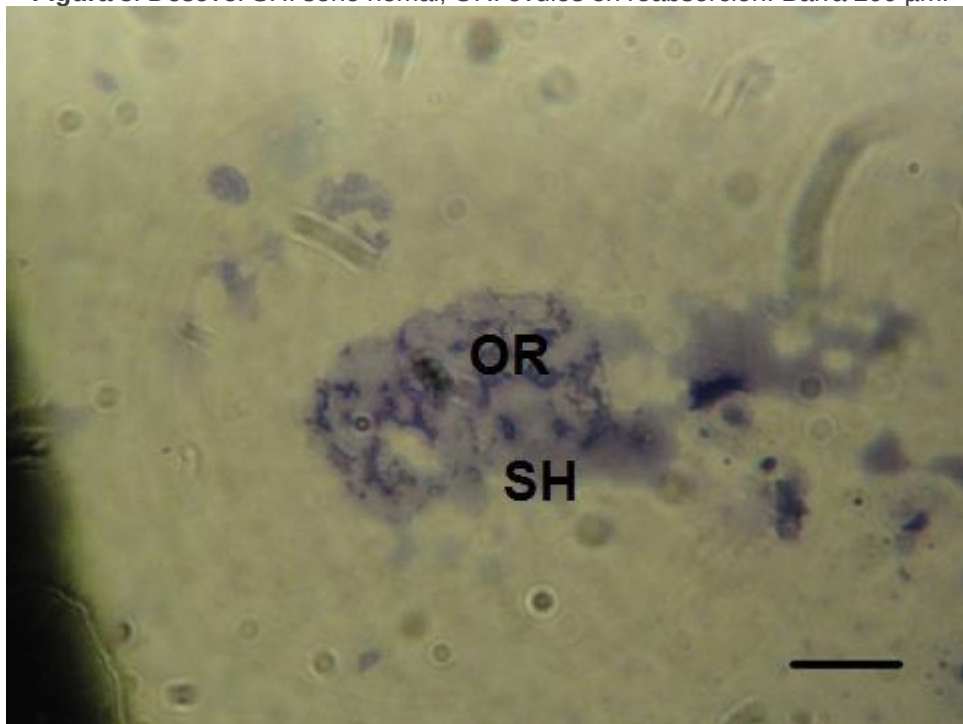
Madurez- en este estadio los ovocitos maduros abarcarían la mayor parte del lumen de los túbulos, en nuestra práctica casi se observó ovocitos en desarrollo donde el núcleo fue fácilmente distinguible, no se observó tejido conjuntivo formando células esféricas dentro de los túbulos (Figura 4).

Figura 4. Madurez. O: ovocitos, OR: óvulos en reabsorción. Barra 200 µm.



Desove-y post-desove en estos estadios se detecta una notable disminución presencial de ovocitos, nuevamente se detectan pliegues en la pared gonadal y un engrosamiento de esta, los ovocitos han perdido tamaño y forma, observando células atrofiadas; se detectan ovocitos amorfos con tamaños irregulares, las partes gonadales prácticamente reabsorbida por fagocitos (Figura 5).

Figura 5. Desove. SH: seno hemal, OR: ovulos en reabsorción. Barra 200 μ m.



Entre los holoturoideos el aparato femenino se encuentra formado por estructuras tubulares a manera de racimo que confluyen en un cáliz en el período de proliferación celular; en una etapa temprana los oogonios se presentan embebidos en el tejido germinal, así mismo se presenta ovocitos en desarrollo previtelo-génicos con diámetros en promedio entre los 35 a 50 μ m unidos al epitelio, cada uno con un núcleo periférico, rodeados por tejido pre-folicular y tejido conectivo; la pared gonadal presenta pliegues hacia el interior y la capa del tejido conjuntivo delgada, observándose ovocitos rodeados de tejido pre-folicular abundante, estos estadios se presentan en los meses de noviembre- diciembre; cuando los ovocitos tempranos pasan al vitelario (vitelo fértil) estos son rodeados por núcleos pre foliculares, así el ovocito secundario se encuentra rodeado por un epitelio folicular.

El pepino de mar es un recurso de gran valor alimenticio, económico y comercial, actualmente no existen estudios precisos sobre la biología reproductiva de muchos holotúridos potencialmente activos; lo que nos lleva a conseguir un mejor conocimiento en el ciclo de vida. Conand (1989) señala que este conocimiento establece las bases en el manejo de especies.

Estudios de holotúridos en gametogénesis han sido estudiados por Cameron & Fankboner, 1986; Conand, 1993a; Fajardo-León *et al.*, 1995, 2008, Los ecosistemas bentónicos, medio donde habitan los holotúridos, se mantienen en gran medida por la materia orgánica procedente de la zona eufótica, a menudo entre la primavera-verano así como a finales del invierno (Gooday, 2002), ambas épocas presentan condiciones favorables para la fertilización y desarrollo larval en diversas especies (Himmelman, 1975), aparentemente por la temperatura; aunque otros autores mencionan variables ambientales reguladoras del ciclo reproductivo como la salinidad, pH, tamaño de la población, estado de madurez, como factores importantes para la fertilización (Krishnaswamy & Krishnan, 1967), o bien por la disponibilidad de alimento (Cameron & Fankboner, 1986) así como la presencia abundante de clorofila (Chl α); Por ejemplo el desove temprano en *Holothuria cinerascens* sugiere que su modo de alimentación está relacionado con los recursos alimenticios y puede influir dentro del período reproductivo, el desarrollo de gónadas ocurre en los meses fríos y los gametos se liberan al comienzo de los meses cálidos; la liberación de gametos ocurre a finales de la primavera o el verano y parecen estar relacionados con el crecimiento del fitoplancton en el verano (Chao, Chen & Alexander, 1995).

La ovogénesis como su nombre lo dice, es el origen ovárico de un ciclo biológico reproductivo, el cual abarca todos los aspectos de la fisiología reproductiva simultáneamente con el comportamiento del organismo (Giese, 1959); en nuestra práctica, aun cuando no observamos todas las etapas de la gametogénesis debido a algunas inconveniencias en campo, se pudo caracterizar un patrón reproductivo característico para nuestra especie en estudio *Cucumaria californica*, al parecer iría en aumento el número de individuos sexualmente maduros para los meses de enero febrero lo que podría indicar una estrategia de población para maximizar la sincronía reproductiva.

Como otros trabajos lo han demostrado, los pepinos de mar en general muestran un solo desove anual durante su ciclo reproductivo. Martins y Ventura

(2013) manifiestan que en ambos sexos de *Holothuria grisea* son maduros entre octubre y enero, así mismo Leite *et. al.* (2014) observan un alto índice gonadosomático entre diciembre y abril en la misma especie, lo que nos lleva a sugerir que entre los holoturoideos también pueden reproducirse de forma continua o asincrónica varias veces durante el año (Guzmán *et. al.*, 2003). Un factor ambiental importante que influye en el ciclo reproductivo entre los pepinos de mar es la temperatura del agua, principalmente entre sitios con una marcada estacionalidad cuando la temperatura alcanza entre los 25 y 30°C (Lima *et. al.* 2001).

Entre los pepinos de mar las gónadas representan una gran parte en peso del organismo (Conand, 1981); parece ser que esto varía en la época estacional anual, lo que no necesariamente indica un patrón específico, como lo muestra Chao, Chen y Alexander (1995), el índice de gónadas es un indicador confiable además del peso corporal para estudiar la reproducción sexual de Holothuroidea. El examen citológico sigue siendo el método más seguro para describir el ciclo reproductivo de los holoturoideos.

Con la finalidad de caracterizar la trayectoria reproductiva de *Cucumaria californica* se analizó únicamente la ovogénesis; en base a observaciones citológicas parciales, así como en la literatura existente, (Yara *et al.*, 2015) describe que en los meses de abril, mayo y junio el número de machos es mucho mayor que en hembras, mientras que para los meses de octubre a febrero (fechas en que la pared del cuerpo y las gónadas son los órganos más importantes) las hembras presentan macroscópicamente gónadas maduras mostrando una coloración naranja-rojiza en forma de túbulos largos, gruesos y ramificados llegando a medir entre 70 a 160 µm esta pauta nos guio a realizar las recolectas de nuestra especie *Cucumaria californica* a inicios de la época invernal.

Los Holotúridos analizados en el presente estudio, muestran una periodicidad en cuanto peso y longitud durante el desove similar a especies en zonas templadas. Tabla 2.

Tabla 2. Estimaciones de la primera madurez de hembras para varias especies de pepinos de mar en diferentes localidades; valores basados en longitud y peso.

Especie	Longitud cm	Peso gr.	Localidad	Referencia
<i>Cucumaria californica</i>	4.2 - 5.5	200- 210	Costas Jalisco, México	Presente estudio
<i>Isostichopus fuscus</i>	13.0 - 15.0	150	Caribe Panamá	Guzmán <i>et al.</i>
<i>Holothuria mexicana</i>	13.0 - 15.0	150	Caribe Panamá	Guzmán <i>et al.</i>
			Bahía Tortugas B. C.	
<i>Parastichopus parvimensis</i>		120	México	Fajardo-León <i>et al.</i>
<i>Parastichopus parvimensis</i>		140	Isla Navidad B.C. México	Fajardo-León <i>et al.</i>
<i>Isostichopus fuscus</i>	20	367	Yucatán, México	Herrero-Perezrul

Nuestros resultados representan una primera información sobre el proceso de gametogénesis en *Cucumaria californica*, para un conocimiento del período de maduración y variación de los órganos reproductores específicamente para hembras, considerando que la mayoría de los estudios concuerdan con el hecho de que el desarrollo gonádico y la reproducción de los holotúridos coincide con la temperatura, abundancia de alimento así como el fotoperiodo como lo demuestran Drumm & Loneragan, 2005; Fajardo-León, *et al.*, 2008; Morgan & Neal, 2012, Omar, *et al.*, 2013.

4. CONCLUSIÓN

Es de señalar algunas recomendaciones importantes para el mejoramiento en este tipo de estudios, a lo que los autores recomiendan el realizar observaciones bajo períodos prolongados, abarcando varios períodos estacionales, a manera de confirmar con certeza las diversas etapas del desarrollo; en base a criterios que nos apoyen en servir de guía como herramienta puntual de estudio en la conservación de nuestra especie de interés en condiciones naturales y/o hasta en cultivos artificiales, a fin de lograr la conservación entre organismos de importancia económica y comercial como son los holotúridos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos agradecer a: Carlos A. Conejeros Vargas, Andrea A. Caballero Ochoa y Alicia Duran González por su colaboración en campo en la recolecta de los organismos así como en apoyo técnico.

REFERENCIAS

Alvarado, J.J. & Solís-Marín, F.A. (2013). Echinoderm research and diversity in Latin America. Berlín: *Springer*.

Bakus, G.J. (1973). The biology and ecology tropical holothurians. *I Biology and geology of coral reefs* vol II Biology I (ed O.A. Jones and R. Endean), 325-367 *New York Academic Press*.

Cameron, J. L. & Fankboner, P. V. (1986). Reproductive biology of the comercial sea cucumber *Parstichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). I. Reproductive periodicity and spawning behavior. *Canadian Journal of Zoology*, 64(1), 168- 175.

Chao, S.M., Chen C.P. & Alexandre, P.S. (1995) Reproductive cycles of tropical sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) in Southern Taiwan. *Marine Biology*, 122, 289-295. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00348942>

Conand C. 1981. Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin Marine Science*. 31: 523–543

Conand C. 1989. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. Part 2, Holothurians. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 272.2. Rome, FAO. 143p.

Conand C. 1993a. Ecology and the reproductive biology of *Stichopus variegatus*, an Indopacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). *Bull. Mar. Sci.* 52(3): 970–981.

Conand, C. (1993b) Reproductive biology of the holothurian form the major communités of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116, 439-450.

Deichmann, E. (1941) The Holothuroidea collected by the *Velero III* during the years 1932 to 1938. Part I. Dendrochirota. *Allan Hancock Pacific Expeditions*,

Diupotex-Chong M.E., Cazzaniga Nestor J. and Uribe-Alcocer M. (2007) Kariological and electrophoretic differences between *Pomacea flagellata* and *Pomacea patula catemacensis* (Caenogastropoda: Ampullaridae) *Biocell* 31(3): 365- 373

Drumm, D.J. & Loneragan, N.R. (2005) Reproductive biology of *Holothuria leucospilota* in the Cook Islands and the implications of traditional fishing of gonads on the population. *New Zealand Journal of Marine and freshwater Reseach*, 39(1), 141- 156.

Epherra, L., Gil, D. G., Rubilar, T., Péra Gallo, S., Reartes, M.B. y Tolosano, J.A. (2015) Temporal and spatial differences in the reproductive biology of the sea urchin *Arbacia dufresnii*. *Marine and Freshwater Research*, 66(4), 329-342.

Fajardo-León, M.C., E. Michel-Guerreor, J. Singh-Cabanillas, J.A. Vélez-Barajas y J.A. Massó- Rojas (1995) Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de

mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BAS, México *Ciencia Pesquera* 11:45-53.

Fajardo-León, M., Suarez-Higuera, M., del Valle-Manríquez, A. y Hernández-López, A. (2008) Reproductive biology of the sea cucumber *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) at Isla Navidad and Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 34(2), 165-177.

Giese, A.C. (1959) Comparative physiology: Annual reproductive cycle of marine invertebrates. *Annual Review of physiology*. 21, 547-576

Gooday, A. J. (2002) Biological responses to seasonally varying fluxes of organic matter to the ocean floor: a review. *Journal of Oceanography*, 58 (2), 305- 332.

Guzmán, H.M., Guevara, C.A. & Hernández, I.C. (2003) Reproductive cycle of two commercial species of sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from Caribbean Panama. *Marine Biology*. 142, 271-279.

Hendler G.J., E. Miller, D.L. Pawson & P.M. Kier (1995) Sea stars, sea urchins and allies: Echinoderms of Florida and The Caribbean, Washington, *Smithsonian Institution Press*, 390

Herrero-Pérezrul, M.D., H. Reyes-Bonilla & F. García-Domínguez. (1998) Casual hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) of the southern Gulf of California, México. *Bulletin. Marine. Science*. 63: 611-615.

Herrero-Pérezrul, M.D. (2004) Analysis of the sea cucumber fishery in the Baja California Peninsula, Mexico, Doctoral Dissertation in Marine Sciences National Polytechnic Institute Interdisciplinary Center for Marine Science p 143 (in spanish)

Himmelman, J. H. (1975) Phytoplankton as a stimulus for spawning in three marine invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 20(2), 199- 214.

Hyman L.H. (1955) the invertebrates: Echinodermata, the coelomate bilateria IV: 34-119 New York McGraw Hill Book Company

Kligerman, A.D. and S.E. Bloom, (1977) Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. *Journal Fishery Research. Board Canadian*. 34:266-269

Krishnaswamy, S. & Krishnan, S. (1967). A report on the reproductive cycle of the holothurian *Holothuria scabra* Jaeger. *Current Science*, 36, 155- 156

Lawrence, J.M. (1987) A functional biology of echinoderms. Johns Hopkins University press. Croom Helm, London. 340 p.

Leite, L.V., Junior, J. de S., Nascimento, R.V., Souza, M.E.M., Lopes, J.T., Vanderley, C.S.B.S., Mercier, A., & Hamel, J.F. (2014) Reproductive seasonality of *Holothuria grisea* in northeastern Brazil. *Proceeding of the 7th North American Echinoderm Conference* 21.

Lima, R.P. N, Ventura, C.R.R., & Compos-Creasey, L.S. (2001) Gonad morphology and gametogenesis of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* from southeast Brazil. *Proceeding of the 6th European Conference on Echinoderms*. 3-7, 301-306

Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Hamel J.F. & Mercer A. (2014) Advances in sea cucumber aquaculture and management FAO fish Tech. Pap No 463 Rome.
Martins, A. D. & Ventura, CRR (2013) Gametonic cycle of cucumber do sea *Holothuria* (Halodeima) *grisea* (Echinodermata: Holthuroidea). *Proceeding of the 2th Latin American Congress of Echinoderms*. 61

Morgan, A. y Neal, L. (2012) Aspects of reproductive ecology and benthic-pelagic coupling in the sub-Antarctic sea cucumber *Pseudostichopus mollis* (Theel). *Continental Shelf Research*, 43, 36-42.

Omar, H., Abdel Razek, F., Abdel Rahman, S. & El Shimy, N. (2013). Reproductive periodicity of sea cucumber *Bohadschia vitiensis* (Echinodermata: Holothuroidea) in Hurghada area, red sea, Egypt *Journal of aquatic Research*, 39, 115- 123.

Pañola Madrigal (2016) Evaluación poblacional de pepino de mar (*Isostichopus fuscus* L.) en Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y de Salsipuedes y Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de San Lorenzo.
PROGRAMA DE RECUPERACIÓN Y REPOBLACIÓN DE ESPECIES EN RIESGO (PROCER), COMPONENTE DE CONSERVACIÓN DE ESPECIES EN RIESGO
INFORME FINAL

Pawson D. L. (2007) Phylum Echinodermata. *Zootaxa*. 1668:749-764.

Pawson D. L., Vance, D.J., Messing, C.G., Solís-Marín, F.A. & Mah, C.L. (2009) 71. Echinodermata of the Gulf of Mexico. 1177-1204. En: D.L. Feder and D.K. Camp. (eds) Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota. Vol. 1. Texas A & M University Press. 1393 pp.

Purcell S.W., Lovatelli A. & Vasconcellos M. (2010) Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. FAO *Fisheries and Aquatic Technical Papers*. No. 463 Rome.

Purcell S., Samyn S. & Conand C. (2012) Commercially important sea cucumbers of the World FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 6 Rome.

SAGARPA (2013) Statistical yearbook of aquaculture and fisheries, Mexico (in spanish)

Sánchez-Alonzo, D. M., Solís-Marín, F.A., & Conejeros-Vargas, C.A. (2021) Nuevos registros de la familia Cucumariidae (Holothuroidea: Dendrochirotida) en el Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 375- 386 v69i Suppl. 1.46369 Doi 10.15517/rbt

Semper, C. (1868) Holothurien. Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Wissenschaftliche Resultate Erster Band. Leipzig: W. Engelmann History, 40(2), 324-

339.

Sewell, M. A., Chia, F.-S (1994) Reproduction of the Intraovarian brooding apodid *Leptosynapta clarki* (Echinodermata: Holothuroidea) in British Columbia. *Marine Biology*. (berlin) 187: 112-23

Skarbnik-López J. (2006) Ciclo reproductor de *Holothuria* (*Selenkothuria*) *lubrica* Selenka, 1867 (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur de la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis de licenciatura. *Universidad Autónoma de Baja California Sur*, México, 67 pp

Smiley S. & Cloney R.A. (1985) Ovulation and fine structure of the *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea) fecund ovarian tubules *Biological Bulletin* 169(2) 46

Smiley, S., F.S. McEuen, C. Chaffee & S. Krishnan. (1991) Echinodermata: Holothuroidea, p. 663- 749. In A. Giese, C. Pearse & V.B. Pearse (Eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates. Echinoderms and Lophophorates*. The Boxwood, CA. USA

Solís-Marín, F.A., Honey-Escandón, M.B.I., Herrero-Pérezrul, MaD., Benites-Villalobos, F., Díaz- Martínez, J.P., Buitrón-Sánchez, B.E., Palleiro-Nayar J.S., J.S., & A. Durán-González. (2013) Echinoderms from México: Biodiversity, distribution and corrent state of knowledge. In Alvarado- Barrientos, J.J. & F.A. Solís-Marín (Eds.), *Echinoderm research and diversity in Latin America* (pp. 1165). Berlín: Springer.

Sperelakis, N. (2001) Cell physiology Source Book. *A molecular approach*. Academic Press. 1249 pp.

Uthickes S. (2001 a) Influence of asexual reproduction on the structure and dynamics of *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* and *Stichopus chloronotus* populations of the Great Barrier Reef *Marine and Freshwater Research* 52: 205-215

Uthickes S. (2001 b) Interactions between sediment- feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement *Marine Ecology Progress Series* 210: 125-138

Yara Aparecida Garcia Tavares Maikon Di Domenico & Michela Borges (2015) *Revista Biología Tropical* 63 (supl. 2): 285-296 Epub 2015 01 de junio
Gametogenesis and weight change of body organs of the sea cucumber *Holothuria* (*Halodeima*) *grisea* (Aspidochirotida: Holothuriidae) in Southern Brazil
Maristela de Lima Bueno 1, 2, 3.

CAPÍTULO 06

ESTADO ACTUAL DA AQUACULTURA NA SELVA PERUANA: CASO DE LORETO CURRENT STATUS OF AQUACULTURE IN THE PERUVIAN JUNGLE: THE CASE OF LORETO

Roberto O. Quesquén Fernández

Maestría en Gestión Pesquera en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos, Universidad Nacional del Callao, Perú
Docente en la Escuela de Ingeniería Pesquera de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao
Juan Pablo II 306, Bellavista 07011, Callao
E-mail: roquesquenf@unac.edu.pe

Jung-hee Cho

Director del Instituto Marítimo de Corea
26, Haeyang-ro 301 beon-gil, Yeongdo-gu, Busan
E-mail: jcho5901@kmi.re.kr

Juan Valdivia Zuta

Doctor en Administración de Negocios por la Universidad Peruana Unión
Docente en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao Juan Pablo II 306, Bellavista 07011, Callao
E-mail: jvaldiviaz@unac.edu.pe

Segundo García Flores

Maestría en Docencia Universitaria y Gestión Educativa en la Universidad Alas Peruanas Docente en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao Juan Pablo II 306, Bellavista 07011, Callao
E-mail: sgflores13@gmail.com

Alison E. Cabrera Simón

Maestría en Gestión Pesquera en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos, Universidad Nacional del Callao, Perú
Analista de información acuícola en la Dirección de Promoción y Desarrollo Acuícola de la Dirección General de Acuicultura del Ministerio de Producción del Perú
Calle uno oeste 060 Urb. Corpac-San Isidro
E-mail: alison0029@gmail.com

Lidia S. Samaniego Pipo

Graduada de la Escuela de Ingeniería Pesquera en la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao
Asistente de Investigación del KOLAC, Latin America Ocean and Fisheries Cooperation Center, Perú
Juan Pablo II 306, Bellavista 07011, 2do piso de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos
E-mail: lssamaniegop@unac.edu.pe

RESUMEN: El propósito de la investigación fue determinar las características de la actividad acuícola del departamento de Loreto. Se aplicó un cuestionario a 141 acuicultores de los distritos de Nauta, San Juan Bautista e Indiana. Los resultados

muestran que el 64% de los Centros Acuícolas son de tipo AREL y el 36% del tipo AMYPE. Además, el 83,69% de los centros acuícolas tienen un nivel de producción baja (< 3,5 TM), predominando los Centros Acuícolas con 1-2 estanques de tierra, se evidencia su poca capacidad de gestión y escaso uso de tecnología, solo el 31,9% realizan análisis del agua en los estanques y una vez al mes (restándole eficacia a este dato), aplica baja densidad de carga, usa menos de la cuarta parte de cal de lo recomendado, usa alto nivel de alimento balanceado (por su alto costo) sustituyéndolo por alimento natural lo que alarga el periodo de cultivo con pesos menores a lo capturado en los ríos. Se concluye que en la Región Loreto predomina el policultivo de (sábalo y/o gamitana) con una producción acuícola con escasa tecnificación en el manejo del recurso hídrico y el cultivo propiamente dicho, teniendo como resultado cultivos con baja densidad de sembrado, inversión, etc.

PALABRAS CLAVE: Acuicultura Amazónica; Caracterización; Productividad.

ABSTRACT: The purpose of the research was to determine the characteristics of the aquaculture activity in the department of Loreto. A questionnaire was applied to 141 fish farmers in the districts of Nauta, San Juan Bautista and Indiana. The results show that 64% of the aquaculture centers are of the AREL type and 36% are of the AMYPE type. In addition, 83.69% of the aquaculture centers have a low production level (< 3.5 MT), with a predominance of aquaculture centers with 1-2 earthen ponds. Only 31.9% perform water analysis in the ponds and only once a month (making this data less effective), apply low stocking density, use less than a quarter of the recommended amount of lime, use a high level of balanced feed (due to its high cost) and replace it with natural feed, which lengthens the culture period with lower weights than what is caught in the rivers. It is concluded that in the Loreto Region, polyculture (shad and/or shrimp) predominates in aquaculture production, with little technology in the management of water resources and cultivation itself, resulting in crops with low planting density, investment, etc.

KEYWORDS: Amazonian Aquaculture; Characterization; Productivity.

1. INTRODUCCIÓN

La Amazonía, y dentro de esta la Selva Peruana, es un bien público global en constante transformación debido principalmente a la acción humana. Esta región natural tiene un elevado potencial para el desarrollo de la acuicultura porque dispone de abundancia tanto de agua dulce como de especies de peces consumidos por el hombre (DEMI, 2016). La acuicultura es una actividad decisiva en la seguridad alimentaria, son fuentes de proteína y de ingresos (FAO, 2016). Por ello es considerada como un método productivo que previene la sobre pesca de los ríos y lagos (donde algunas especies silvestres están cerca de la extinción) y también es una forma de promover el desarrollo sostenible de la región. (Mountreuil, 2000).

La Selva Peruana está conformada por cinco departamentos: San Martín, Amazonas, Madre de Dios, Loreto y Ucayali. Según el Instituto Peruano de Economía (2018) el PBI de las regiones – Ucayali, Amazonas, Loreto y Madre de Dios– promedian un crecimiento aproximado de 4,05% (entre 2007 y 2016), San Martín ha venido creciendo a un ritmo de 5,6% (Instituto Peruano de Economía, 2018). La actividad acuícola en la última década tuvo un crecimiento promedio de 13%, basado fundamentalmente en tres especies que concentran cerca del 95% de la producción total: trucha, conchas de abanico y langostinos (BCR, 2017). Asimismo, en el 2019 el Perú registró una cosecha acuícola de 161,279.12 TM (Ministerio de la Producción, 2019).

Los principales actores de la acuicultura en la Selva Peruana, son las comunidades (nativas y colonos) y los pequeños agricultores que han incursionado en esta actividad con escaso conocimiento técnico. Asimismo, el Estado promueve el desarrollo de la acuicultura con un enfoque asistencialista (Gobierno Regional de Acuicultura de Arequipa, 2016). Cabe señalar que la mayoría de estos productores son del tipo AREL (Acuicultura de Recursos Limitados) según la clasificación establecida por el Ministerio de la Producción (Decreto Supremo N° 006-2016-PRODUCE). El impacto de estas actividades, así como las oportunidades de desarrollo que han recibido requieren ser evaluados en su real magnitud.

La Región o Departamento de Loreto está dividido en 8 provincias y 53 distritos (Banco Central de Reserva del Perú, 2018), (Innovación y Amazonia, 2016). La actividad acuícola en esta región se ha desarrollado en toda la provincia, pero principalmente en Loreto (229) y Maynas (603) que en conjunta representa el 77% de

los Centros Acuícolas de tipo AREL y AMYPE de esta región (Estadística de PRODUCE, 2020).

En el año 2015, el Programa Nacional “A Comer Pescado” determinó que en Loreto y Ucayali el consumo per cápita de pescado era alrededor de los 50 kilos al año. Debido a que la pesca ha alcanzado su límite de sostenibilidad, el cultivo de peces representa la mayor oportunidad para la seguridad alimentaria y también ingresos de los pescadores (Alcántara y Campos, 1996). La Amazonía tiene las principales reservas de agua dulce del planeta y dispone de tierras fácilmente accesibles. Por tal motivo la acuicultura es una elección estratégica para incentivar el desarrollo regional (FAO, 2020) (FAO, 2018).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las características técnicas de la actividad acuícola que se desarrolla en el departamento de Loreto conformado por los distritos de Nauta, SanBautista, y Indiana.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el año 2020, el departamento de Loreto tenía 1061 Centros Acuícolas de tipo AREL y AMYPES. En dos provincias se concentra el 78,4%, estos son Loreto (21,6%) y Maynas (56,8%). En la provincia de Loreto, el distrito de Trompeteros tiene mayor Centros Acuícolas, pero por la distancia y difícil acceso se eligió el distrito de Nauta. En Maynas el 67% de los Centros Acuícolas se encuentran en San Juan Bautista e Indiana, en los otros 8 distritos tienen bajo porcentaje de Centros Acuícolas. Se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Centros Acuícolas de la Región Loreto registrados en PRODUCE.

PROVINCIA	DISTRITO	Centros Acuícolas
Loreto	Nauta	63
	Indiana	65
Maynas	San Juan Bautista	326
Total		454

Fuente: Estadística de PRODUCE (enero 2019).

La muestra se tomó considerando el acceso a los centros acuícolas, las condiciones del estado de emergencia sanitaria por la pandemia COVID-19 así como las medidas de protección dictadas por el Ministerio de Salud y el Gobierno central. Se aplicó un cuestionario construido ad-hoc para la investigación que permitió obtener

datos respecto a la instalación de los centros de producción, volúmenes por cosecha, inversión, alimentación, peso, entre otros. Los datos se depuraron corrigiendo incoherencias de los mismos, se elaboró una base de datos en Excel.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La encuesta realizada a los acuicultores del departamento de Loreto, se encontró que el 36% tienen su Centro Acuícola de tipo AMYPE y el 64% son de tipo AREL. Por otro lado, se evidencia que el 14% de los acuicultores pertenecientes a la categoría AREL tienen un nivel de producción mayor al que le corresponde. Asimismo, el 80% de los acuicultores pertenecientes a la categoría AMYPE producen menos de 3,5 TM evidenciando así problemas de producción o que están en etapas iniciales de producción, según se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de producción de los Centros Acuícolas de Loreto por campaña.

Nivel Producción	AMYPE		AREL	
Hasta 3,5 TM	41	80%	77	86%
Más de 3,5 TM	10	20%	13	14%
TOTAL	51	36%	90	64%

Respecto a las fuentes de agua para el cultivo, estos son diversos: lluvia, filtración, ojo de agua, quebrada, pozo, río y laguna. Se observó que el 34% de los centros de acuícolas encuestadas dependen de la lluvia, en segundo lugar del “ojo de agua” (25%) y en menor proporción por filtración (18%) y de quebrada (12%).

La forma de captación del agua de los Centros Acuícolas desde su fuente de origen, lo realizan con mecanismos sencillos: gravedad y bombeo. En los distritos encuestados predominan la forma de captación natural, es decir, la fuerza de la gravedad (95%) por el desnivel existente desde el punto de la toma de agua y los Centros Acuícolas especialmente en los que producen menos de 3,5TM.

El 42% de los Centros Acuícolas trasladan el agua desde su fuente mediante tuberías, solo el 5% lo realiza mediante canales, pero el 53% no necesitan trasladar el agua (Tabla 3).

Tabla 3. Características sobre el abastecimiento del agua en los Centros Acuícolas.

Tipo de fuente de agua	Nivel Productivo		Forma de captación		Modo de Traslado		
	AMYPE	AREL	Bombeo	Gravedad	Canales	S/T	Tubería
Filtración	5%	13%	1%	7%		18%	1%
Laguna	2%	1%	1%	2%	2%		1%
Lluvia	9%	25%		35%	1%	35%	
Ojo de agua	13%	12%		23%			23%
Pozos	3%	2%	3%	2%	1%		4%
Quebrada	6%	6%		13%	1%	1%	11%
Río	1%			1%			1%
Río, Lluvia		1%		1%			1%
Total general	36%	60%	5%	95%	5%	53%	42%

Con respecto al análisis de la calidad del agua, en las categorías productivas tipo AREL solo el 16,3% de los centros acuícolas lo realizan, destacando los que provienen de la lluvia. En la categoría productiva tipo AMYPE, el 15,6% realizan análisis de calidad de agua, no evidenciando distinción por fuentes de abastecimiento. La escasa práctica de analizar la calidad del agua predomina entre los que producen <2 TM (41,1%) sobre todo entre los AREL (31,2%) (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la calidad del agua en los Centros Acuícolas de Loreto.

Rango de Producción	AMYPE		AREL	
	No	Si	No	Si
< 2 TM	9,9%	11,3%	31,2%	9,2%
2 - 3,5 TM	5,0%	2,8%	9,9%	4,3%
3,5 - 10 TM	3,5%		3,5%	1,4%
10 - 20 TM	2,1%	0,7%	1,4%	1,4%
> 20 TM		0,7%	1,4%	
Total	20,6%	15,6%	47,5%	16,3%

Una característica predominante de los Centros Acuícolas de Loreto es que todos los estanques están contruidos de tierra. Los Centros Acuícolas con 1 y 2 estanques de cultivo representan el 50,4%. El 31,9% de estos estanques tienen un nivel de producción menor a 2TM. Además, del total de acuicultores AREL con 1 y 2 estanques representan el 77%, ya que sus producciones se destinan al autoconsumo, para cubrir las canastas familiares y ventas mínimas locales; asimismo se evidenció que del total de acuicultores AMYPE el 96% cuentan con más de 2 estanques de cultivo, ya que sus producciones tienen fines comerciales (Tabla 5).

Según el número de estanques no usados, el 10,6% del total presentan al menos 1 estanque inoperativo en sus centros acuícolas como lo muestra la Tabla 5. El 9,9% de los centros acuícolas presentan dos estanques inoperativos y más del

85,5% son centros acuícolas que presentan entre 3 y 6 estanques inoperativos. El 12,1% de los centros acuícolas presentan entre 3 y 5 estanques inoperativos y más de la mitad de estos tienen de 3 a 8 estanques deduciéndose que mientras más estanques tenga el centro acuícola se obtendrá más estanques inoperativos, así mismo, el 5,7% de los centros acuícolas presentan 6 estanques inoperativos. De otro lado el 61,7% de los Centros Acuícolas de Loreto utilizan todos sus estanques que disponen para sus cultivos.

Tabla 5. Número de estanques usados y no operativos en los Centros Acuícolas.

	Números de estanques que tienen los Centros Acuícolas (CA)											Total general
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10	
Estanques en uso de Centros Acuícolas	27,7%	14,2%	7,8%	1,4%	0,7%		1,4%	2,8%	0,7%	1,4%	3,5%	61,7%
CA con 1 estanque sin uso (%)	2,8%	5,7%		0,7%				0,7%	0,7%			10,6%
CA con 2 estanque sin uso (%)			1,4%	2,8%	0,7%	2,8%					2,1%	9,9%
CA con 3 estanque sin uso (%)			1,4%	2,1%		0,7%					1,4%	5,7%
CA con 4 estanque sin uso (%)						2,1%		0,7%		1,4%	0,7%	5,0%
CA con 5 estanque sin uso (%)					0,7%						0,7%	1,4%
CA con 6 estanque sin uso (%)								2,1%	1,4%	0,7%	1,4%	5,7%
Total general	30,5%	19,9%	10,6%	7,1%	2,1%	5,7%	1,4%	6,4%	2,8%	3,5%	9,9%	100,0%

Los factores que determinaron por qué no usan todos sus estanques los centros acuícolas, de acuerdo a la Tabla 6, son la falta de financiamiento (para el 35,2% de los Centros Acuícolas), la falta de alevines (para el 29,6% de los Centros Acuícolas), otros factores son la falta de mantenimiento y falta de alimento (14,8% y 9,3% respectivamente).

Tabla 6. Causas por el que no se usa estanque en los Centros Acuícolas de Loreto.

Causas por el que no se usa estanque	Centros Acuícolas	
Falta de alevines	16	29,6%
Financiamiento	19	35,2%
Falta de mantenimiento	8	14,8%
Falta de agua	3	5,5%
Falta de alimento	5	9,3%
Enfermedades	2	3,7%
Otro	13	24,1%
Total general	54	

Los valores promedio del espejo de agua de los Centro Acuícolas están

categorizados por rangos de producción, se encontró una correlación que entre menor es la producción más grande es el espejo de agua excepto en el nivel de producción de 10 a 20 TM pues tiene en promedio 0,80 Ha. Los que producen menos de 2 TM tienen un promedio de 0,68 Ha de espejo de agua (Tabla 7). Respecto a la inversión promedio por Centros Acuícolas, las que producen menos de 2 TM invierten apenas S/ 3382 mientras los que producen entre 2 a 3,5 TM invierten en promedio S/ 12184, que son los promedios extremos.

El mismo comportamiento se encuentra cuando se compara la inversión por hectárea de espejo de agua, así para <2 TM de producción invierte S/3355.19, por Ha siendo este el menor valor promedio; para el rango 2-3,5 TM invierte S/18762 por Ha. Los que producen entre 3,5 a 10 TM invierten por hectárea de espejo de agua S143710 valor superior a los que producen 10 a 20 TM. A nivel de la Región Loreto, los Centros Acuícolas tiene un espejo de agua promedio de 0,71 Ha (en contraste con las estadísticas de PRODUCE que reportan 0,12 Ha) con una inversión promedio por Centro Acuícola de S/7131, con una inversión por hectárea de espejo de agua de S/25005 y con una inversión de S/2,22 por cada alevín sembrado.

Tabla 7. Valores promedio respecto al espejo de agua, inversión y alevines sembrados en los Centros Acuícolas de Ucayali según el rango de producción y números de estanques.

Rango de producción	Espejo de agua, Ha		Inversión		Alevines		Inversión S/Ha	Inversión/Alevín
	Total	Promedio	Suma	Promedio	Suma	Promedio		
< 2 TM	59.17	0.68	198530	3294	764050	8782	3355	0,26
2 - 3,5 TM	25.85	0.83	485000	6553	163700	5281	18762	2,96
3,5 - 10 TM	7.95	0.66	1142350	11664	45200	3767	143710	25,27
10 - 20 TM	6.38	0.80	365600	21500	151580	18948	57331	2,41
> 20 TM	0.84	0.28	313650	6364	6000	2000	373393	52,28
Total general	100.19	0.71	2505130	13294	1130530	8018	25005	2,22

Tabla 8. Uso de cal (Kg) y fertilizante por Ha de espejo de agua de los Centros Acuícolas según especie.

Especies Cultivadas	(Ha) del espejo de agua	Cal	Kg cal/Ha Espejo de Agua
Gamitana	43.272	7124	164,63
Sábalo	11.289	703	62,27
Paiche	10.206	1118	109,54
Boquichico	2.6	715	275,00
Paco	0.62	25	40,32
Gamitana, Sábalo	21.707	3260	150,18
Gamitana, Boquichico	4.458	1346	301,93
Gamitana, Paco	3.21	1150	358,26
Gamitana, Paiche	2.05	197,5	96,34
Boquichico, Sábalo	0.255	0	0,00
Paco, Sábalo	0.5	0	0,00
Otro	0.02	25	1250,00
Total general	100.187	15664	156,34

Respecto al uso de cal en los centros acuícolas de Loreto el 71,63% de los centros acuícolas encalan sus estanques. De acuerdo a la tabla 9, los kilogramos de cal que se emplean por hectárea de espejo de agua en la región de Loreto, en promedio es de 156,34 kg/Ha. Según el rango de producción los centros acuícolas de 10-20TM son los que más emplean en promedio con 585,62 kg de cal/Ha, sin embargo, los centros acuícolas con producciones mayores a 20TM son los que menos emplean en promedio, pues usan 89,29 kg de cal /Ha.

En cuanto al uso de fertilizante no es una práctica frecuente en los Centros Acuícolas de la región de Loreto, estos representan el 29%, que en su mayoría usan fertilizante orgánico (28%) y solo el 1% utilizan fertilizante inorgánico. Según el rango de producción, los Centros Acuícolas que producen menos de 2TM usan en promedio solo 64,32 kg de fertilizante por hectárea de espejo de agua, sin embargo, los centros acuícolas con producciones de 2-3,5TM y 3,5-10TM emplean 37,14Kg fertilizante/Ha y 28,31 Kg fertilizante/Ha respectivamente. Los Centros Acuícolas con producciones mayores a 20 TM usan en promedio 178,57kg de fertilizantes por hectárea de espejo de agua. El promedio de toda la región es de 23,46 Kg de fertilizante/Ha.

Tabla 9. Uso de cal (Kg) y fertilizante (Kg) por Ha de espejo de agua de los Centros Acuícolas de Loreto según rango de producción.

Rango de producción	Espejo de agua	Cal (Kg)	Kg cal/Ha espejo de agua	Fertilizante (Kg)	Kg fertilizante/Ha espejo agua
< 2 TM	0,68	104,22	153,24	43,75	64,32
2 – 3,5 TM	0,83	120,47	144,47	30,97	37,14
3,5 – 10 TM	0,66	153,04	119,51	18,75	28,31
10 – 20 TM	0,80	118,75	585,62	48,25	60,53
> 20 TM	0,28	25,00	89,29	50,00	178,57
Total general	0,71	111,09	156,34	16,67	23,46

El 32,4% de los alevines sembrados en los Centros Acuícolas de Loreto son comprados principalmente en el IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana) siendo esta institución un productor importante de alevines para esta región. En segundo lugar, el 27,8% de los alevines son obtenidos del medio natural, es decir, recolectan alevines de los ríos o compran a los recolectores informales. En tercer lugar, el 15,9% de los centros acuícolas adquieren alevines de FONDEPES y el 9,1% son adquiridos por el Gobierno Regional como se observa en la Tabla 10. Además, el 22,2% de los Centros Acuícolas que producen menos de 2 TM compran alevines al IIAP, lo mismo hacen más del 30% de los Centros Acuícolas que producen entre 2 a 20 TM, sin embargo, su abastecimiento de alevines principal es por medio natural, que suelen ser de menor calidad y contener pequeños porcentajes de otras especies. Así mismo, los centros acuícolas que producen más de 20TM el 39,3% se abastecen de alevines del medio natural y el IIAP.

Tabla 10. Compra de alevines por rangos de producción y por institución que lo expende.

Instituciones que venden alevines	Rango de Producción					Centros Acuícolas	Cantidad es Alevines
	< 2 TM	2-3,5 TM	3,5-10 TM	10-20 TM	> 20 TM		
FONDEPES	11,9%	0,6%	1,7%	1,7%		15,9%	174200
Gobierno Regional	5,7%	2,3%	0,6%		0,6%	9,1%	329300
IIAP	22,2%	4,5%	2,3%	2,3%	1,1%	32,4%	364600
Laboratorio particular	8,0%	2,3%	1,7%	0,6%		12,5%	388900
Medio natural	15,9%	5,7%	3,4%	1,7%	1,1%	27,8%	357930
Producción propia	1,1%	0,6%	0,6%			2,3%	112000
TOTAL	64,8%	15,9%	10,2%	6,3%	2,8%		1726930

Si consideramos los alevines sembrados por especie de los Centros Acuícolas encuestados, el 51% de emplean 806400 millares de alevines de la especie gamitana

y el 10% de los centros acuícolas emplean 217300 millares de alevines de la especie sábalo. Estas especies en conjunto representan el 83% de la producción acuícola en la región de Loreto. Al comparar las cifras con la producción acuícola de las especies sábalo y gamitana en el año 2019 este presenta el 94,30% de la producción a nivel región de Loreto, este decrecimiento de producción se debe a diversos factores, pero uno de ellos se debe al COVID,19. (Ministerio de Producción, 2019)

Tabla 11. Cantidad de alevines (N° millares) comprados por especie y Porcentaje de Centros Acuícolas según tipo de hatchery que abastecieron a los acuicultores de Loreto.

Instituciones que venden alevines	Especies cultivadas en los Cetros Acuícolas de Loreto(%)																Subtotal Alevines
	Gamitana		Sabalo		Paiche		Boquichico		Paco		Gamitana, Sabalo		Gamitana, Boquichico		Otro		
	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	
FONDEPES	12	118,7	0,5	2,5	0,5	0,2			2,1	15,5	2,1	47,0					136,9
Gobierno Regional	3,7	162,4	0,5	15,0	2,1	5,6			1,1	150,5	1,1	40,0	1,1	107,0			480,5
IIAP	21	167,0	2,6	15,5	1,6	4,2	0,5	0,5			3,7	107,0	2,1	14,9			309,1
Laboratorio particular	4,2	199,6	3,2	161,7	2,6	45,0	1,6	11,5	0,5	150,0			1,1	12,0	0,5	0,2	580,0
Medio natural	10	157,7	3,2	25,1	2,1	1,8	4,8	8,4	1,1	8,6	3,7	45,5	2,6	117,0			364,1
Producción propia	0,5	1,0			0,5	1,0					0,5	10,0	0,5	100,0			112,0
TOTAL	51	806,4	10	217,3	9,5	57,6	6,9	20,4	4,2	174,6	11	249,5	7,4	350,9		0,2	1876,9

Respecto al uso de métodos para prevenir las enfermedades de los peces en los cultivos los centros acuícolas de la región de Loreto se caracterizan porque el 57% no usan ningún método. Los Centros Acuícolas que si previenen enfermedades en los peces utilizan el método de tratamiento con sal (32%) y los que usan pro-bióticos o antibióticos solo están representado por el 4 % de los centros acuícolas.

El tipo de alimento que con más frecuencia se utiliza en los Centros Acuícolas de Loreto, es del tipo comercial siendo este el 61,91%. El 48% de los centros acuícolas que cultivan la especie gamitana utilizan el alimento comercial y el 51,5% de los centros acuícolas en total consumen más de 7TM así mismo, el 32,5% de los centros acuícolas emplean de 1 a 2TM de alimento. Otro tipo de alimento empleado por el 13,91% de los productores es la combinación del alimento comercial con el natural. Con respecto a la especie sábalo el 11,57% de los centros acuícolas utilizan el

alimento comercial y el 6% de los centros acuícolas emplea de menos de 1TM hasta 2TM de alimento.

Respecto al tiempo que demoran en cultivar hasta su tamaño comercial, el más frecuente es de 12 meses representando la tercera parte de los Centros Acuícolas de la región. Otros periodos frecuentes son de 7 meses (29,8%) y 6 meses (17%). La especie más cultivada es la gamitana, pues el 56% de los Centros Acuícolas cultivan esta especie. La segunda especie más cultiva es el sábalo con 19% de los Centros acuícolas. Cabe indicar que de los Centros Acuícolas encuestadas, 105 cultivan solo una especie mientras que 36 Centros Acuícolas cultivan más de una especie. Otro aspecto que se encontró es que generalmente el boquichico es una especie complementaria.

Tabla 12. Tipo de alimento por especie, tiempo en meses que demoran en crecer a tamaño comercial, el valor está en paréntesis y cantidad de alimento que se suministra.

Especies cultivadas	Tipo de alimento y tiempo de cultivo								Cantidad de alimento que se usa por especie cultivada TM							
	Comercial	Natural	Artesanal	Propio	Comercial natural	Comercial, Propio	Propio, natural	Comercial, Propio, natural	< 1 TM	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Gamitana	46(6,12)	1 (7,0)	8(6,7)	4(7,18)	14(6,12)	3(6,12)	1(12,0)		16	25	2	16		5	1	12
Sábalo	11(7,18)		1(12,0)		1(12,0)				4	5		4				2
Paiche	11(7,18)	1(12,0)			2(6,13)				3	5	1	2	1			2
Boquichico	1(6,0)	2(5,7)	2(12,0)	6(5,12)	1(6,0)				7	5						
Paco	8 (6,12)								2	2		1				3
Gamitana, Sábalo	15 (6,18)				2(12,0)			1(7,0)	1	4	2	2		5		2
Gamitana, Boquichico	2 (6,12)	1(7,0)		1(7,0)	1(7,0)			2(7,0)	1	3		1		1		1
Otro	1 (5,0)								1							
Total	95	5	11	11	21	3	1	4	35	49	5	26	1	11	1	22

En cuanto al Espejo de agua por especie cultivada en los Centros Acuícolas de Loreto las especies gamitana y sábalo presentan un espejo de agua de 77,4% en Loreto (Tabla 13).

Tabla 13. Espejo de agua por especie cultivada en los Centros Acuícolas de Loreto.

Especies cultivadas	Espejo de Agua		Promedio	Total alevines	Densidad(millares alevines/Ha)
	Total	%			
Gamitana	48.532	45,7%	3.1	561200	11.6
Sabalo	12.044	11,3%	1.6	196300	16.3
Paiche	12.256	11,5%	1.5	51380	4.2
Boquichico	2.855	2,7%	0.4	19950	7.0
Paco	4.33	4,1%	1.5	174600	40.3
Gamitana,Sabalo	21.707	20,4%	1.2	214500	9.9
Gamitana, Boquichico	4.458	4,2%	0.6	122200	27.4
Otro	0.02	0,02%	0.0	200	10.0
Total	106.202		9.9	1340330	12.6

Según su categoría productiva el 36% de los Centros Acuícolas de Loreto son de tipo AMYPE y el 64% corresponden a la categoría AREL, lo que coincide con lo reportado por PRODUCE que para el mismo año tenía registrado a nivel nacional que el 63% son tipo AREL y 35% son de tipo AMYPE. Por otro lado, se encontró un 14% de los acuicultores pertenecientes a la categoría AREL tienen un nivel de producción mayor al que le corresponde, es decir, 3,5 TM. Asimismo, el 80% de los acuicultores pertenecientes a la categoría AMYPE producen menos de 3,5TM evidenciando así problemas de producción o que están en etapas iniciales de producción, según se observa en la Tabla 2. Según el registro del Ministerio de Producción en el año 2020 en el departamento de Loreto registro una producción de 1,097.72 TM, sin embargo, el catastro acuícola registro 1068 derechos acuícolas (entre AREL y AMYPE) lo que evidencia su baja producción (PRODUCE, 2020)

El 34 % de los centros acuícolas encuestados dependen de la lluvia como su fuente de agua y el 25 % utilizan el ojo de agua. Según el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP, 2000) estos tipos de escorrentía de lluvias, manantiales u ojos de agua no dan seguridad en el abastecimiento porque no permita un adecuado control de abastecimiento para los recambios de agua y la recuperación de los niveles por la evaporación y filtración. Además, Rodríguez *et al.* (2010) señala que el cambio climático es un factor que afecta al ciclo de las lluvias en la Amazonia ocasionando sequías.

La forma de captación del agua de los centros acuícolas desde su fuente de origen, lo realizan con mecanismos sencillos: gravedad y bombeo, siendo el 95% la captación del agua por gravedad. Los medios de abastecimiento provenientes de lluvia, ojos de agua y de quebradas, más común en Loreto (35%, 23% y 13% respectivamente) están ubicados generalmente en puntos más altos que las Centros Acuícolas por lo que son captados por gravedad y lo trasladan mediante tuberías de

plástico (42%). Además, el 5% utiliza el bombeo como formas de captación del agua, asimismo, hay tres centros acuícolas con rangos mayores de producción de 20TM que utilizan la gravedad como forma de captación del agua. En muchos casos los estanques que son abastecidos con agua de lluvia no pueden realizar los recambios de agua por pérdidas (IIAP, 2000), limitando el nivel de producción. Existen casos que disponen de estanques para almacenar agua para cuando requiera compensar las pérdidas por evaporación (Eduardo A. Ono, 2002).

Según Freitas (2015), Landines y Mojica (2005) en una producción de organismos acuáticos el análisis de calidad del agua es de suma importancia porque sus características físicas, químicas y microbiológicas influyen directamente en la disponibilidad del alimento natural (plancton) y la salud de los animales. Sin embargo, el 68,1% de los Centros Acuícolas no realizan ningún tipo de análisis de agua de sus estanques. Es importante el control periódico de la calidad de agua frente a alguna incidencia en la producción, sea por mortalidad, baja productividad, entre otros (Tabla 4).

La característica predominante de los Centros Acuícolas de Loreto es que todos los estanques están contruidos de tierra. Los Centros Acuícolas con 1 y 2 estanques de cultivo representan el 50,4%. El 31,9% tienen un nivel de producción menor a 2TM. Además, en la guía técnica Piscicultura (IIAP, 2012) menciona que uno de los factores para obtener buenos resultados en la producción depende del tamaño del estanque. El 10,6 de los Centros Acuícolas tiene al menos 1 estanque inoperativo, Tabla 5, y más del 17,8% son centros acuícolas que presentan entre 3 y 6 estanques inoperativos. De otro lado el 61.7% de los Centros Acuícolas de Loreto utilizan todos sus estanques que disponen para sus cultivos

Los valores del espejo de agua registrado en el IIAP (2009), varía entre 0,1 Ha a 0,5, Ha mientras que el Centro Acuícola encuestado con mayor espejo de agua es de 4 Ha, valor muy lejos de lo reportado por IIAP. Además, se encontró una correlación que entre menor es la producción más grande es el espejo de agua excepto en el nivel de producción de 10 a 20 TM pues tiene en promedio 0,80 Ha lo que podría ser explicado porque los estanques sean de menor tamaño al promedio general. Además, la comparación de la inversión por hectárea de espejo de agua para <2 TM de producción invierte S/3355.19 por Ha siendo este el menor valor promedio, observándose una correlación entre mayor es el espejo de agua mayor es la inversión. El valor promedio de espejo de agua por Centro Acuícola es 0,71 Ha (en contraste con

las estadísticas de PRODUCE que reportan 0,12 Ha) con una inversión promedio por Centro Acuícola de S/7131, con una inversión por hectárea de espejo de agua de S/25004.54 y con una inversión de S/2.22 por cada alevín sembrado. Esto evidencia una alta inversión, sin embargo, se evidencia una baja productividad por falta de tecnificación.

El uso de cal en los estanques es una práctica común en la acuicultura de la Amazonía sobre todo porque los estanques son de tierra, con el propósito de eliminar los microorganismos contaminantes de los cultivos, así como estabilizar el pH del agua de los estanques a un nivel adecuado para las especies en cultivo (FAO, 1996). Asimismo, la cantidad empleada según Boyd (2017)¹ se debe adicionar 3000 a 5000 Kg/Ha de cal hidratada, aunque Deza *et al.*, (2002) recomienda 1500 Kg/Ha, sin embargo, en la práctica la utilización de cal en los estanques resulta poco efectiva por la baja cantidad de cal que utilizan los acuicultores de Loreto (89,29 a 585,62 Kg/Ha). Considerando el uso de cal por especies cultivadas, en Loreto se cultivan sábalo y gamitana, si utilizan la cantidad dentro de los rangos recomendados por los autores (2667 Kg/Ha de espejo de agua. En contraste, el caso cal en el cultivo de paco es bastante bajo, solo 25 Kg/Ha) (Tabla 8).

Según la FAO, los fertilizantes son sustancias naturales o sintéticos que se usan en los estanques para aumentar producción de organismos alimenticios naturales siendo principalmente fitoplancton, zooplacton e insectos. Además, promueven el desarrollo de algas planctónicas que brindan alimento a muchos peces de preferencia el uso de abonos orgánicos (2000 kg/Ha) o bien inorgánicos (100 Kg/Ha) (Manual básico de Piscicultura en estanques, 2010), sin embargo, el 71% de los centros acuícolas en Loreto no tiene la práctica de utilizar fertilizantes y el 29% restante de los productores acuícolas usan una cantidad promedio de 23.46 Kg de fertilizante por hectárea de espejo de agua, es decir, no utilizando la cantidad de fertilizante recomendado de 1398,2 Kg/ Ha de espejo de agua. (Deza *et al.*, 2022).

El uso de alevines obtenidos por laboratorios particulares y del estado es la principal fuente de alevines en los cultivos de las especies amazónicas. El 27,8% de los Centros Acuícolas compran alevines obtenidos del medio natural (más del 50% de estos producen menos de 2 TM), en una cantidad que representa el 20,7% del total de alevines sembrados. De acuerdo a los acuicultores, los alevines de origen natural son

¹ Claude Boyde, 2017, tomado de <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-cal-desempena-un-papel-crucial-en-el-manejo-de-estanques-acuicolas/>, Recuperado 15 de noviembre de 2020.

más baratos, pero la desventaja es que son de tamaño muy disparejo y contienen alevines de otras especies que no son objeto de cultivo. De los alevines producidos en laboratorio los acuicultores prefieren los que son proporcionados por el Estado, si son de la DIREPRO estos son regalados a los acuicultores, si son del IIAP tienen un valor menor al de los laboratorios particulares porque estos alevines son producidos con fines de investigación, y por tanto afecta el desarrollo de los laboratorios particulares.

Además, se debe tener presente que el término “alimento comercial” se refiere al alimento balanceado bajo la forma de pelet. De acuerdo a la encuesta realizada los pequeños productores utilizan alimento balanceado (33,3%) o lo sustituyen por alimento balanceado propio (7,8%). Los que utilizan adecuadamente el alimento balanceado son los que cultivan en producciones mayores (AMYPE) y las especies que tienen tiempo de cultivo más corto. En el caso de la gamitana utilizan mayores volúmenes de alimento balanceado porque consumen más, tienen un periodo de cultivo más corto (6,12 meses). Los centros acuícolas de Loreto cultivan principalmente la gamitana el 60,3% y sábalo el 11%. El tipo de alimentación empleada para la especie gamitana es el alimento balanceado o comercial (67%) y la combinación de alimento balanceado con natural (17%), con un tiempo de crecimiento de 9 meses y 10 meses respectivamente, para un peso de 1,161 kg y 0,843 kg, estos resultados son mejores a lo reportado por Campos (1992) quien señala que en cultivos, la gamitana (*Celossoma macropomum*) en Latinoamérica requiere un promedio de 10 a 12 meses para lograr un peso de 0,8 kg a 1,2 kg, si lo comparamos con los cultivos alimentados solo con alimento balanceado en 9 meses alcanza los 1,16 kg. Además, se encontró una tasa de conversión alimentaria de 1.22 por pez, valor menor a lo reportado por Phelps and Popma (1980) en Colombia obtuvieron una tasa de conversión alimentaria de 1,45 y un peso de 0,89 kg, y mucho menor a lo reportado por Loyshin et al. (1980) en Brasil que presentaron una tasa de conversión alimentaria de 3,1 y un peso de 1,25 kg en 13 meses. En el Manual de la Gamitana (FONDEPES, 2017) en Perú, menciona que es posible obtener conversiones alimentarias de 1,5 a 2. En los casos de policultivos en las especies gamitana y paco presentó una conversión alimentaria de 1,04 similar al desarrollo de un monocultivo de la especie gamitana con una conversión alimentaria de 1,09. Deza et al. (2022), trabajo con estas dos especies en estanques semi-naturales y obtuvo la conversión alimentaria de 1,2. De igual manera un trabajo de investigación desarrollado por Oliva

(2021) en el departamento de San Martín reportó una conversión alimentaria de 1,12 con una densidad de 3 peces/m². Halver (1972), afirma que es muy difícil obtener valores de conversión de alimento iguales o menores que 1, pero, cuando esto ocurre, se debe considerar la cantidad de alimento natural que puede ser capturado por los peces.

El 55% de los productores no utilizan ningún método para prevenir enfermedades en los peces. Campos (1992) menciona que una de las causas de mortandad son las enfermedades y parásitos. Asimismo, la mortandad de estas especies por no usar ningún método es 20% de su producción sin embargo la utilización de baños de sal indica una mortandad 3% menos al no usar ningún método en su producción, siendo el 37% de los productores que utilizan esta técnica.

Una característica de la acuicultura de Loreto es la densidad de siembra, que en general es de 1,23 peces/m². Para el caso de la gamitana su densidad de cultivo es de 1,16 peces/m², y para el paco es de 40,3 peces/m², cabe señalar que es muy poco lo que cultiva paco en Loreto por lo que este dato solo es referencial.

4. CONCLUSIONES

La actividad productiva, es de bajo rendimiento productivo debido a que el recurso humano no es calificado tanto por el bajo nivel educativo por la escasa capacitación en temas de cultivo, además, tiene baja inversión, no hay cadena de comercialización establecida, existe escasez de insumos (semillas y alimento balanceado), escasa capacidad de gestión, no existe control de los cultivos entre otros aspectos.

5. RECOMENDACIONES

- Elaborar protocolos técnicos con nuevas innovaciones tecnológicas para mejorar la calidad de agua en los cultivos debido a la fuerte dependencia del agua de lluvia como fuente de abastecimiento de agua para realizar la actividad acuícola.
- Realizar estudios más profundos del ecosistema de las zonas donde se realiza la acuicultura para promover el enfoque ecosistémico como modelo de desarrollo.

REFERENCIAS

Alcántara B., F. 2002. Cartilla de Acuicultura en la Amazonía. IIAP. PD/A. CRSP. Southern Illinois University Carbondale. Iquitos, Perú. 35 pág.

Alcántara B., F. 2008. Manual de Piscicultura destinado a productores. FIP. CESVI. Artegrafía EIRL. Iquitos, Perú. Pág. 49 y 77. 80 pp.

Alcántara B., F. y Campos B., L. 1996. Piscicultura Amazónica con Especies nativas. TCA. Lima –Perú. 169 pág.

Alván A., M.; Ramirez A., P.; Chu K., F.; Navas V., M. y Arévalo., L. 2012. Proyecto Micro Zonificación ecológica y económica para el desarrollo sostenible del área de influencia de la Carretera Iquitos – Nauta. IIAP. Acuicultura, Documento Temático. Iquitos – Perú. 69 pág.

Alván-Aguilar, M. et al. 2012. Acuicultura, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAPy DEVIDA. Iquitos – Perú

Álvarez, L. 2009. Evaluación de la acuicultura en Loreto, estudio de casos: Piscigranjas eje carretera Iquitos-Nauta, Estudio de casos del Programa de Ordenamiento Ambiental-POA-IIAP, 1era. Edición. 97pp

Balbuena Rivarola R. D. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. FAO, Vice Ministerio de Ganadería. Paraguay: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 04 de junio de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>

Bernuy F., J. 2017. Comercialización de gamitana (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) proveniente de piscigranjas de la ciudad de Iquitos. Tesis para optar el grado de Magister Scientia en Agronegocios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 100 p.

Boyd. E. (2017). Tomado el 20 de diciembre de 2020 de Global Aquaculture Alliance en <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-cal-desempena-un-papel-crucial-en-el-manejo-de-estanques-acuicolas/>

Brown, P. (Marzo de 2018). Sustentabilidad en acuicultura: La conservación del agua puede ser la clave. (s. dAVIES, Ed.) International Aquafeed, 21(Issue 03), 30. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de https://issuu.com/international_aquafeed/docs/iaf1803_es_web

Campos B., L. 2015. El cultivo de la gamitana en Latinoamérica. UNAP – IIAP. 1º edición. Iquitos – Perú. 52 pág.

Castillo Rojas, R. (2020). Aspectos legales y beneficios para la inversión en acuicultura. En D. G. Acuicultura (Ed.), Nuevo Enfoque Empresarial para la Acuicultura Marina y Acuicultura Continental Aspectos legales y beneficios para la inversión en acuicultura. organizado por el Colegio de Ingenieros del Perú-Capítulo de Ingenieros Pesqueros (pág. diapositivas 20). Lima: Dirección General de la

Acuicultura. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de <https://ingenieria-pesquera.blogspot.com/2020/11/video-y-material-de-descarga-seminario.html>
Chipana, J. (2014). Economía General I. Perú: Economaker.

D.S.Nº1195. (2016). Ley General de la Acuicultura y su Reglamento. Decreto Legislativo Nº1195 Decreto Supremo Nº 003-2016-PRODUCE (Primera Edición, mayo 2016 ed.). (PRODUCE, Ed.) Lima, Lima, Perú: PRODUCE. Recuperado el Octubre de 2020

FAO, 2008. "Estado de la comercialización acuícola". Estado de mundial de la pesca y la acuicultura del 2008 – Cadena Productiva de la acuicultura. PROM AMAZONÍA.

FAO, 2008. "Estado de la comercialización acuícola". Estado de mundial de la pesca y la acuicultura del 2008 – Cadena Productiva de la acuicultura. PROM AMAZONÍA; José Vera. Iquitos - Perú. 14pág.

FAO. (1953). Principios de Economía Pesquera. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso.

FAO. (2007). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. (D. d. FAO, Ed.) FAO, 198. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-a0699s.pdf>

FAO. (2011). Desarrollo de la acuicultura. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca RESPONSABLE(Nº , Supl.45), 60. (DAO, Recopilador) Roma, Roma: Subdivisión de Políticas y Apoyo en materia de Publicaciones. Recuperado el 31 de mayo de 2019, de <http://www.fao.org/3/i1750s/i1750s.pdf>

FAO. (2016). Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición para Todos. Estadístico, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma: LICENCIA: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Recuperado el 04 de Febrero de 2019 febrero, de <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>

FAO. (2018). Estadística de Pesca y Acuicultura 2016. (FAO, Ed.) FAO anuario, 104. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de <http://www.fao.org/3/i9942t/i9942T.pdf>

FAO. (2020). El estado mundial de la Pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. FAO. Roma: FAO. doi:ISSN 2663-8649 [EN LÍNEA]

Fernández J y Romero, E. (2009). Economía Básica. Perú García-Dávila, C.; Sánchez, H.; Flores, M.; Mejía, J.; Angulo, C.; Castro-Ruiz, D.; Estivals, G.; García, A.; Vargas, G.; Nolorbe, C.; Núñez, J.; Mariac, C.; Duponchelle, F.; Renno, J.-F. (2018). PECES DE CONSUMO DE LA AMAZONÍA PERUANA.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú, 218 pp

Freitas Borges, Fernanda. (2015). La calidad del agua y las buenas prácticas en acuicultura. *Divulgación Acuícola*. 2. 19-24

Guerra, R.P., Alcántara, B.F. (1992). Alimentación de peces tropicales con productos, subproductos y residuos de las actividades agropecuarias y agroindustriales en Loja, República Bolivariana, 342 pp.

Huet, M. (1973). *Tratado de Piscicultura* (4ta ed.). (J. Timmermans, Trad.) Madrid, Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el Noviembre de 2020
IIAP (2000) "Cultivo y procesamiento de peces nativos: Una propuesta productiva para la Amazonia Peruana". Iquitos, Perú.

IIAP. (s/f). *Piscicultura Amazónica con especies nativas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). tca. Recuperado el 12 de 2020, de <http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iap/iap1/TEXT0.htm#TopOfPage>

issuu. (Enero, febrero de 2019). Mejorando la cría de trucha en el Perú con el internet de las cosas. (S. Meza, Ed.) *Panorama Acuícola*, 24(2), 38-39. Recuperado el Marzo de 2019, de <https://panoramaacuicola.com/magazine/>
Landines P., Mojica B. 2005. *Manejo y Reproducción de Caracidos*. Bogotá, d.c.- Colombia.

López R., J. 2010. El Mercado de Productos Pesqueros en la Ciudad de Iquitos. Proyecto "Mejoramiento del acceso al mercado de los productos acuícolas de la Amazonía" CFC/FAO/INFOPECA, FSCFT 23. Montevideo – Uruguay. 40 pág.

Montreuil V. et al., 2000. *Técnicas de Procesamiento y Preservación de Peces y Moluscos*. Desarrollo de la Acuicultura en la Amazonía Continental. Seminario Taller Internacional (Lima, Perú).

Montreuil V. et al., 2000. *Técnicas de Procesamiento y Preservación de Peces y Moluscos*. Desarrollo de la Acuicultura en la Amazonía Continental. Seminario Taller Internacional (Lima, Perú). Proyecto IICA – GTZ. Prociatrópicos, Fontagro, IIAP. Iquitos – Perú. 114 pág.

Nassir Sapag CHain (2011). *Proyectos de Inversión*. Segunda Edición. PEARSON. Chile.

Pahlow, M., Oel, P., Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (1 de diciembre de 2015). Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *ELSEVIER*, 536, 847-857.
[doi:doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.124](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.124)

PRA-Loreto (2015). *Plan Regional Acuícola de la Región Ucayali 2015 – 2021*. Unidad Funcional de Acuicultura de la Dirección de Pesca – DIREPRO Loreto. Loreto, Perú

PRA-Ucayali (2020). *Plan Regional Acuícola de la Región Ucayali 2020 – 2025*. Unidad Funcional de Acuicultura de la Dirección de Pesca – DIREPRO Ucayali. 128

pgs, Ucayali, Perú.

PRODUCE (2009). Estrategia de Desarrollo de la Acuicultura en el Perú, 2009-2013. Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Proyecto TCP/PER/3101 FAO.

PRODUCE. (2016). Decreto Legislativo N° 1195 Ley General de Acuicultura. Ley General de Acuicultura y su Reglamento. Lima, Perú, Perú. Recuperado el 12 de Marzo de 2018

PRODUCE. (2019). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2018. Ministerio de la Producción, Oficina de evaluación de impacto y estudios económicos. Lima - Perú: PRODUCE. Recuperado el 17 de noviembre de 2020, de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/901-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2018>

RAE. (2014). Diccionario de la lengua española (23° edición ed.). (2. edición, Ed.) Madrid, Madrid, España: RAE. Recuperado el dic de 2020, de <https://dle.rae.es/acuicultura?m=form>

Reyes, P.D. (1998). Pérdidas de agua en una hectárea de poza en el trópico peruano, afectado por la situación climática de esta región. Pucallpa, Perú, 74 pp.

Salinas Acosta, A., Rodríguez Quirós, R., & Morales Hidalgo, D. (2010). Estudio de variabilidad Técnica y económica para el desarrollo de opciones de cosecha de lluvia y Manejo Adecuado en sistemas de riego en la producción agropecuaria. Convenio 1436/OC-CR-BID. Universisnas Nacional, CEMEDE. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. Recuperado el 12 de 2020, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00273.pdf

Sánchez Murillo, A. (12 de Noviembre de 2016). Peter Drucker, innovador maestro de la administración de empresas. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 83. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/265149719_PETER_DRUCKER_INNOVADOR_MAE_STRO_DE_LA_ADMINISTRACION_DE_EMPRESAS

Sánchez R., H. 2005. Guía de Peces. Reserva Nacional Pacaya Samiria. P.A.A.N. – AECL. GOREL. Iquitos – Perú. 54 pp.

Tang T., M. 2002. Plan de Manejo de Recursos Pesqueros. Programa Integral de Desarrollo y Conservación Pacaya Samiria. Comité de San Martín de Tipishca, Río Samiria. CETA. WWF/DK. Iquitos – Perú. 92 pág.

Tello M., S.; Tello M., H. y Campos B., L. 2008. «Estrategia de desarrollo de la acuicultura en la región Loreto». DIREPRO, MINCETUR, GOREL, IIAP y ASPAREL. Tradingconsult. Iquitos Udewald M., R. 2006. Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán. Paiche/Gamitana/Dorado. Encargado a WecoConsult - GMBH por BIOCOMERCIO – PROMPEX. Lima – Perú. 96pág.

Vela Vallejo, S., & Ojeda González-Posada, J. (2007). *Acuicultura: Revolución Azul* (Serie: Publicaciones Científicas y Tecnológicas del Observatorio Español de Acuicultura ed.). (C.

D. Monteros, Ed.) Madrid, Madrid, España: CSIC. Recuperado el Nov de 2020, de http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Revolucion_azul/revolucion_azul.pdf

Vera Rivas Plata, J. (1984). *Informes Nacionales sobre el desarrollo de la Acuicultura en América Latina*. FAO, de Pesca de la FAO - Servicio de recursos acuáticos continentales y Acuicultura. Roma: FAO Informe de Pesca N° 294 Suplemento 1:138 p./Editor: Pedini Fernando -Criado M;. Recuperado el Noviembre de 2020, de <http://www.fao.org/3/ad020s/AD020s00.htm#TOC>

Wheaton, F. (1982). *Acuicultura Diseño y construcción de sistemas* (1era edición en español1982 ed.). (A. E. S.A., Ed., & V. G. F., Trad.) México, México, México D.F. Recuperado el nov de 2020

Woynarovich, E. 1985. *Manual de Piscicultura*. División de Piscicultura e Pesca. Minter/CODEVASF. Brasília – Perú. 71 pp.
Agrobanco. (2013). *Guía Técnica "Piscicultura"*. Iñapari - Tahuamanu - Madre de Dios: Agrobanco.

Eduardo Akifumi Ono, M. Sc., Joao Campos, M. Sc., Fernando Kubitza, Ph. D. (2002). *CONSTRUCCION DE ESTANQUES Y DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA EL CULTIVO DE PECES – PARTE 3*. Panorama da Aquicultura: Vol. 12, N° 74 – Nov/Dic. 2002, 8.

FAO. (1996). *TRATAMIENTO DE LOS ESTANQUES POR ENCALADO*. Obtenido de Colección FAO Capacitación, n° 21/2, Gestión de la piscicultura de agua dulce: granjas acuícolas y sus poblaciones de peces: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s05.htm#top

IIAP. (2000). *CULTIVO Y PROCESAMIENTO DE PECES NATIVOS: UNA PROPUESTA PRODUCTIVA PARA LA AMAZONIA PERUANA*. Iquitos: IIAP.

CAPÍTULO 07

PRODUÇÃO DE VELAS A PARTIR DA RECICLAGEM DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURAS COMO PROPOSTA DE INSERÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE COCAL-PI

Janaína Oliveira Da Silva

Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Campus Cocal
E-mail: naynaoliver2000@gmail.com

Gilvan Nobrega Da Rocha

Técnico em Química Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Graduado em Tecnologia em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Bacharel e Mestre em Química pela Universidade Federal do Ceará.
E-mail: gilvan.rocha@ifpi.edu.br

Luiz Gonzaga De Carvalho Junior

Graduado em Gestão de Recursos Humanos pelo Centro de Educação Tecnológico de Teresina, Especialista em Gestão Contábil, Econômica e Financeira pela FAETE, Mestrando em Administração de Empresas pela Universidade de Caxias do Sul – RS. Atualmente professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Campus Cocal.
Email: luiz.gonzaga@ifpi.edu.br

Thiciana Silva Sousa Cole

Licenciada em Química pela Universidade Estadual do Ceará, Mestre e Doutora em Química pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Campus Cocal. Endereço: Rod. PI 213, km 21, S/N, Zona rural, CEP: 64235-000, Cocal, PI, Brasil.
E-mail: thiciana.sousa@ifpi.edu.br

RESUMO: O óleo vegetal é um dos principais ingredientes utilizado na culinária brasileira, principalmente na técnica de fritura de alimentos. Após seu uso, muitas vezes é descartado de forma incorreta, sendo derramado pelos ralos das pias de residências e estabelecimentos comerciais, gerando impactos negativos a população e ao meio ambiente. Em termos ambientais, não existe um descarte ideal para esse para o óleo residual, contudo existem alternativas para que possa ser feito o seu reaproveitamento. Nesta perspectiva, o presente artigo teve como objetivo promover uma conscientização acerca dos impactos causados pelo descarte incorreto do óleo de fritura no município de Cocal-PI. Para isso, realizou-se uma oficina teórico-prática de produção de velas artesanais, utilizando o óleo residual como matéria-prima. Diante dos resultados colhidos pode-se destacar que o trabalho realizado foi capaz de produzir novos conhecimentos aos participantes, além de ter proporcionado uma reflexão capaz de mudar a concepção dos alunos quanto ao descarte do óleo no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo De Fritura; Vela; Educação Ambiental.

ABSTRACT: Vegetable oil is one of the main ingredients used in Brazilian cuisine, especially in the technique of frying food. After its use, it is often discarded incorrectly, being poured down the drains of the sinks of homes and commercial establishments, generating negative impacts on the population and the environment. In environmental terms, there is no ideal disposal for this waste oil, however there are alternatives for its reuse. In this perspective, this article aimed to promote awareness of the impacts caused by the incorrect disposal of frying oil in the city of Cocal-PI. For this, a theoretical-practical workshop to produce handmade candles was carried out, using residual frying oil as a raw material. In view of the results collected, it can be highlighted that the work carried out was able to produce new knowledge for the participants, in addition to having provided a reflection capable of changing the students' conception of the disposal of oil in the environment.

KEYWORDS: Frying Oil; Candle; Environmental Education.

1. INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais, como o óleo de cozinha, passaram a fazer parte da vida do homem, sendo utilizado em diversos processos industriais e domésticos, entre eles a frituras de alimentos a altas temperaturas. A Oil World aponta que o Brasil abarca uma produção anual de 9 bilhões de litros de óleos vegetais, e que um terço dessa produção corresponde a óleos destinados a fins alimentares. Destaca ainda que o consumo per capita fica em torno de 20 litros por ano, totalizando uma produção de 3 bilhões de litros de óleo anualmente (ECÓLEO, 2018).

Os óleos de frituras são basicamente uma mistura de triglicerídeos e ácidos graxos, contaminados durante o processo de aquecimento a altas temperaturas por alguns derivados como ácidos graxos livres, heterociclos e traços metálicos provenientes dos alimentos (MANNU *et al.*, 2020). Requel e Kunkel (2010) destacam que a fritura do óleo vegetal gera alterações em suas características físico-químicas, como cor e odor, o que torna inviável a sua utilização por um período prolongado. Em consonância Tomasi e colaboradores (2014) afirmam que a reutilização sucessiva do óleo gera substâncias prejudiciais ao organismo, uma vez que as substâncias presentes no óleo ao entrar em contato com o calor e com as outras substâncias presentes nos alimentos passa por processos químicos, como a hidrólise de triacilgliceróis e a oxidação lipídica, resultando em um óleo com características modificadas e com perda de qualidade.

O descarte do óleo de cozinha residual é um grande desafio para a sociedade moderna. Esse óleo residual quando despejado nas pias, no lixo domiciliar, ou diretamente no solo, acarreta problemas para população e para o meio ambiente. Tomaz e colaboradores (2013) destaca que o descarte inapropriado de óleo pode causar o entupimento das redes de tubulações e esgotos, a impermeabilização do solo aumentando a probabilidade de enchentes e a intoxicação à fauna aquática. Além disso, segundo D'Avignon (2007), a decomposição do óleo de cozinha emite grandes quantidades de gás metano na atmosfera, um dos principais gases causadores do efeito estufa.

Nesse sentido, uma forma de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto do óleo cozinha residual é fazendo o seu o reaproveitamento. A literatura relata o uso desse óleo como matéria-prima na para fabricação de diversos produtos, como sabão (MARTINS *et al.*, 2016), velas (CORREIA *et al.*, 2019), ração

para animais (SINGH-ACKBARALI *et al.*, 2017), biodiesel (SANTOS; PINTO, 2009), resinas para tintas (VELOSO *et al.*, 2012), entre outros.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo promover uma conscientização no município de Cocal-PI acerca dos impactos causados pelo descarte incorreto do óleo de fritura na comunidade e no meio ambiente. Para isso foi realizado uma oficina teórico-prática de produção de velas artesanais, reutilizando o óleo residual e fornecendo uma alternativa de fonte de renda para a comunidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A oficina foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - *Campus* Cocal e teve como público-alvo dezesseis estudantes do ensino médio e do ensino superior da instituição. A oficina teve duração de quatro horas e foi dividida em três momentos.

No primeiro momento foi realizada uma aula teórica abordando a composição química do óleo de fritura e os principais impactos causados na comunidade e no meio ambiente devido ao seu descarte inadequado. Em seguida os estudantes foram orientados sobre as maneiras de reaproveitamento do óleo de cozinha residual e sua reintrodução no ciclo produtivo.

No segundo momento os alunos foram conduzidos ao laboratório de química da instituição para a produção de velas artesanais usando como matéria prima óleo de fritura. Os alunos foram divididos em duplas, e cada aluno pode produzir sua própria vela seguindo o roteiro que foi disponibilizado. O material utilizado foi óleo de fritura, parafina, pavio, essência, giz de cera e recipiente de vidro. Inicialmente realizou-se o processo de filtração do óleo para eliminar as impurezas. Em seguida, em um béquer, pesou-se 20g de parafina e 2g de giz de cera e adicionou-se 100 mL do óleo filtrado. Essa mistura foi aquecida na chapa aquecedora até completo derretimento. Por fim, adicionou-se a 2 mL de essência e transferiu-se a mistura para um recipiente de vidro contendo um pavio. A vela foi deixada em repouso até obter consistência.

No terceiro momento foi realizada uma aula sobre precificação das velas produzidas. Nessa aula foram abordados os conceitos básicos para formação de preço, como custos fixos e variáveis, despesas, lucro desejado e o preço de venda.

Também foi desenvolvida uma planilha básica de custo no Excel, objetivando simplificar os cálculos dos custos do produto.

Após a oficina foi disponibilizado aos alunos um questionário online contendo questões objetivas e discursivas a respeito dos conhecimentos, reflexões, impressões e sugestões dos alunos sobre a oficina. Todos os participantes receberam certificação de participação na oficina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da oficina dezesseis alunos do IFPI-Campus Cocal, com idade entre 15 e 28 anos, sendo cinco alunos (31,25 %) do sexo masculino e onze (68,75%) do sexo feminino. A maioria dos alunos, 11 estudantes, pertenciam aos cursos superiores ofertados na instituição enquanto os demais, 5 alunos, estavam cursando o ensino médio integrado ao ensino técnico.

O primeiro momento da oficina foi realização de uma aula teórica onde foi abordado de forma detalhada a composição química dos óleos vegetais e dos óleos de fritura, bem como os principais malefícios causados ao meio ambiente e a população ocasionados pelo descarte incorreto desses óleos. Durante a aula os alunos foram participativos e mostram-se interessados e motivados em participar do evento. Os discentes também demonstraram bastante preocupação ao entenderem os diversos problemas ambientais que podem ser gerados pelo descarte inadequado do óleo de cozinha. Vários questionamentos foram levantados durante essa aula, por exemplo, foi perguntado por que o óleo apresenta alto poder poluente para água, onde foi possível sanar essa dúvida usando os conceitos de polaridade e densidade. Foi explicado aos alunos que o óleo descartado inadequadamente acaba chegando aos rios e oceano, e por ser menos denso que a água, ele permanece em sua superfície, não se misturando com a água. Dessa forma cria-se uma barreira que dificulta a entrada de luz e bloqueia a oxigenação da água (GODOY *et al.*, 2011).

Os discentes também questionaram se poderiam utilizar diversas vezes o óleo de cozinha como uma alternativa para diminuir seu consumo e conseqüentemente seu descarte. Nesse momento esclarecido aos alunos que devido algumas reações químicas ocorridas durante o processo de fritura, como as reações de hidrólise e de oxidação, alteram as características físico-químicas do óleo e geram substâncias

nocivas à saúde, tornando assim o óleo impróprio para reutilização (FREIRE; FILHO; FERREIRA, 2013).

Os alunos indagaram ainda sobre a forma correta de descarte do óleo de fritura utilizados em suas residências. Ambientalmente falando não existe um descarte ideal para esse resíduo, sendo a melhor alternativa o seu reaproveitamento como matéria-prima para obtenção de novos produtos, como a vela proposta nesse trabalho. Essa é a metodologia utilizada na logística reversa, que faz com que se tenha um corte de gastos com matéria prima, produção e energia, além de se agregar valor a algo que antes era considerado como lixo (BRASIL, 2010). Nesse momento advertiu-se aos alunos que quando não fosse possível a reciclagem desse óleo este deveria ser acondicionado em garrafas pet ou em bombonas de plástico, e que deveriam ser doados a cooperativas que fazem seu reaproveitamento.

Após a finalização da aula teórica os alunos foram conduzidos ao laboratório de química para dar início a produção de velas artesanais usando como matéria-prima óleo de fritura que trouxeram de suas casas. Os demais materiais necessários para a produção das velas foram disponibilizados aos alunos. Estes foram divididos em duplas e cada um pode confeccionar sua própria vela. Consideramos esse momento bastante produtivo, pois os alunos mostraram-se muito curiosos e entusiasmados com a prática realizada. De acordo com França, Barbosa e Antero (2019) as atividades que envolvem prática têm a capacidade de aguçar o interesse e a curiosidade do aluno de tal forma que este tenha prazer de estudar e aprender, destacam ainda que através dessas atividades é possível estimular diversas competências e habilidades que dão caminho a aprendizagens significativas, uma vez que o aluno consegue interagir com o meio em que vive de uma forma mais prazerosa dinâmica.

Observamos que alguns alunos, principalmente os que cursavam o ensino médio, não tinham familiaridade com algumas vidrarias e equipamentos, necessitando de uma melhor orientação para seguir o roteiro de preparação das velas. Outros alunos consideraram uma prática de simples execução e relataram que, após a oficina, seriam capazes de fazer as velas sozinhos em suas residências. Ao término todos os alunos mostraram-se animados e satisfeitos com as velas que produziram.

Ressalta-se que a vela produzida a partir da metodologia proposta, além de estar dando uma alternativa ao não descarte do óleo no meio ambiente, faz com que haja uma diminuição na utilização da parafina, principal matéria prima utilizada para produção de velas. De acordo com Salvador (2009) a parafina é um subproduto do

petróleo e durante sua queima em condições estequiométricas ideais, produz o dióxido de carbono, um composto considerado de grande potencial poluente ao meio ambiente, um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa.

A Figura 1 ilustra a participação dos alunos nos dois primeiros momentos da oficina ministrada.

Figura 1. Oficina de preparação de velas artesanais



Fonte: Autoria própria

No terceiro momento os alunos tiveram uma aula sobre precificação das velas fabricadas. Segundo SEBRAE (2020), para definir o preço de venda de um produto é preciso compreender como acontece cada processo para a formação do preço, sendo fundamental identificar valores referentes as atividades realizadas na constituição de um produto ou no serviço realizado. Para EMPRAPA (2014) as atividades artesanais, pequenos negócios ou de subsistência podem utilizar uma formula simplificada da identificação do preço de venda, considerando custos, despesas e lucro desejado ($\text{CUSTOS} + \text{DESPESAS} + \text{LUCRO DESEJADO} = \text{PREÇO DE VENDA}$).

Nessa etapa foram definidos os conceitos de custos variáveis, utilizando como exemplo o custo da parafina, do pavio, da essência e do giz de cera, cujos valores está diretamente ligado ao volume produzido ou vendido, e custos fixos, citando como exemplo o aluguel do espaço utilizado para a produção das velas. Os custos variáveis calculado para a produção de uma vela obtida a partir de 100 mL do óleo de cozinha

foi de R\$ 1,27. Considerando a utilização de suas residências para produção das velas, e por não identificarmos outro gasto similar, não foram considerados os custos fixos nessa atividade. Também foram definidas as despesas variáveis, que são os gastos realizados para dar apoio ao funcionamento da atividade principal, geralmente identificadas em gastos administrativos, comercialização e divulgação do produto. Nesse caso foram definidos como despesas variáveis as etiquetas, o recipiente de vidro e o pregador que corresponderam um valor de R\$ 2,33. Para os custos com mão de obra, que se trata de um custo variável, considerou-se o tempo de preparação para uma vela, que foi de 8 minutos e o valor base de um salário de R\$ 1.100,00, totalizando um custo de mão de obra de R\$ 0,67 para cada vela produzida. Por fim foi considerada uma margem de lucro de 20% e adicionado um percentual de 10% referente as despesas com a venda, o que gerou o valor sugerido de venda de R\$ 6,60. O anexo I apresenta a planilha desenvolvida e disponibilizada aos alunos objetivando levantar os custos e despesas básicas para a produção de uma vela.

Após a realização da oficina foi disponibilizado aos alunos um questionário online contendo questões objetivas e discursivas a respeito dos conhecimentos, reflexões, impressões e sugestões dos alunos sobre a oficina.

Inicialmente os alunos foram indagados sobre o destino do óleo de fritura utilizado em suas residências. A maioria dos alunos respondeu que o óleo era o ralo da pia ou lixo de suas casas. Para Oliveira *et al.*, (2013), uma das principais causas que leva as pessoas ao descarte indevido desse resíduo é a falta de informação, salientando portanto a importância de trabalhos de conscientização com a população, levando mais informação e buscando causar reflexões nas pessoas para que assim estas possam se tornar seres mais conscientes podendo está aplicando seus conhecimentos no dia a dia, dando um destino adequado ao produto e contribuindo de forma ativa com a preservação do meio ambiente.

Para essa mesma pergunta dois alunos mencionaram a reutilização do óleo para a produção de sabão ao responderem: *“Quando tem os materiais necessários minha mãe faz sabão, quando não tem ela despeja na pia.”* e *“Minha avó reutiliza para fazer sabão, e às vezes é usado como tempero na comida dos cachorros”*. Dos subprodutos gerados do óleo, Oliveira e Nakamura (2016) destacam o biodiesel e o sabão como os dois mais produzidos. No caso do biodiesel, fatores como a necessidade de se ter um espaço físico específico e conhecimento técnico dificulta a sua produção. Já o sabão, por necessitar de técnicas e materiais simples, e poder ser

produzido em qualquer ambiente disponível, até mesmo em casa, torna-se a alternativa de reciclagem para o óleo a mais comum e conhecida por muitos. Além disso, o sabão produzido a partir do óleo reciclado contribui com a preservação de uma das fontes fundamentais para as necessidades humanas, a água, haja vista que este sabão produz menos espuma e conseqüentemente o gasto de água também se torna menor.

Em seguida foi perguntado aos alunos se mudariam de atitude quanto ao descarte do óleo após a participação da oficina. Para essa pergunta todos os alunos responderam que sim, e alguns complementaram suas respostas. Um estudante escreveu: *“Sim, até porque sabia da utilização do óleo para fabricação de sabão, agora de vela não tinha conhecimento”*, outro relatou: *“Sim, pois pude perceber o impacto do óleo na natureza e a importância do seu reaproveitamento”*, e um terceiro aluno escreveu: *“Sim, pois esse material pode ser reutilizado para a produção de um recurso de baixo custo”*.

Diante dessas respostas pode-se destacar que o trabalho realizado foi capaz de produzir novos conhecimentos aos participantes, além de ter proporcionado uma reflexão capaz de mudar a concepção dos alunos quanto ao descarte do óleo no meio ambiente. De acordo com Silva (2013), trabalhar com temáticas associadas a educação ambiental, possibilita um caminho para que haja modificação na atitude das pessoas, resultando na obtenção de valores e de posturas mais éticas na sociedade como um todo, além de impulsionar novos hábitos com relação ao cuidado e preservação do meio ambiente.

Quando questionado qual o principal aprendizado tirado dessa atividade podemos destacar a resposta de três participantes:

“Que podemos utilizar óleo sem prejudicar o meio ambiente, que devemos ter consciência da importância que é cuidar no nosso planeta poluindo menos”.

“A produzir a vela com materiais de baixo custo e como pode ser reutilizado essa matéria a custo-benefício. Além disso, aprendi a respeito dos impactos ambientais que o mal descarte desse óleo pode causar em todo o ecossistema”.

“As várias formas de reutilização, em que outros produtos podem ser criados. A importância do descarte adequado e/ou reutilização do óleo, assim evitando contaminação e problemas no meio ambiente”.

Miguel e Franco (2016) destacam que se o óleo de cozinha proveniente das frituras for reciclado, ele poderá entre outros benefícios ser fruto da geração de

emprego e renda, devido a necessidade de mão de obra para a coleta e transformação do resíduo nas fábricas, pode ser empregado na produção de fontes de energia limpas e renováveis, o que acarretará na redução da emissão de gases poluentes como o CO₂, redução da contaminação dos solos, causador das enchentes nas grandes cidades, redução dos gastos necessários ao tratamento de água e rede de esgoto. Em suma, a reciclagem do óleo de cozinha amplia as condições necessárias a sustentabilidade da vida no planeta.

Na última pergunta do questionário deixou-se um espaço aberto para que os alunos pudessem opinar e sugerir ações que melhorassem a oficina. Após a análise das repostas pode-se perceber opiniões positivas com relação a oficina. Segue abaixo alguma das descrições feitas pelos alunos:

“Acredito que não precisa de melhorias, a oficina foi bem organizada, além de o conteúdo ter sido exposto de forma bem didática”.

“Acho que deveria divulgar para as mães de alunos do Ensino Médio para que os alunos e suas mães participem em dupla com seu filho, até por que é muito importante o apoio da família no futuro empreendimento família”.

“Não tenho nada a contribuir a respeito de melhorias, pois foi muito bom participar dessa oficina. Uma coisa que eu posso destacar, é que deveria ser produzido mais oficinas como essa, pois é muito interessante, cativado e desperta o interesse pelo conhecimento científico.

Ainda destaco, que deveria ser implementadas outras oficinas como essa em outros ramos ou processos presentes no dia a dia, pois são coisas simples presentes no nosso cotidiano, mas que fazem toda a diferença! Parabéns pela oficina! Foi muito proveitoso!”

Para Souza, Neto e Leite (2019) as oficinas temáticas se encaixam dentre as importantes ferramentas de ensino, uma vez que são capazes de favorecer a interação entre os participantes e ativar as relações cognitivas, fator muito importante no processo de ensino-aprendizagem. As oficinas possuem características próprias e podem ser utilizadas para diferentes finalidades, em se tratando do ensino, estas tem o intuito de realizar uma contextualização entre o conteúdo repassado com conhecimentos prévios do cotidiano, de modo a organizar os conhecimentos e possibilitar caminho a uma aprendizagem significativa (LIMA et al., 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte incorreto do óleo de frituras está cotidianamente associado a problemas de impacto humano e ambiental. A cerca disso, a busca pela conscientização em torno de alternativas viáveis para a reciclagem do óleo se faz cada vez mais necessária, destacando-se neste caso a produção de velas artesanais. Fazendo a reutilização, este material será capaz de voltar ao seu ciclo produtivo sob novas formas, de maneira que esta ação beneficiará tanto o meio ambiente como também a economia do país, um material que antes era um grande poluidor passa a ter uma utilidade de cunho econômico, podendo voltar a ser comercializado, gerar uma nova fonte de renda para as pessoas e assim, consequentemente, deixar de ser um problema para o meio ambiente.

A proposta de pesquisa aqui apresentada representa um modelo integrado de pesquisa, extensão e ensino que atende as demandas educacionais e sociais. Pode-se integrar o ensino de química ambiental e o reaproveitamento de resíduos a outras áreas de conhecimento como o empreendedorismo, com incentivo ao desenvolvimento de um negócio, a gestão financeira, utilizando de ferramentas para identificação de custos e despesas e a geração de renda para a comunidade local.

REFERÊNCIAS

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico]. – 2. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Série legislação; n. 81).

CORREIA, Y. C.; MARIANO, J. C. S.; DA SILVA, R. A. C.; OLIVEIRA, C. G. A reciclagem de óleo de fritura na fabricação de sabão e velas ecológicas como instrumentos de educação ambiental e resgate social. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.2, n.6, p.1879-1890, 2019.

D'AVIGNON, A. Reciclar óleo de cozinha pode contribuir para diminuir aquecimento global. 2007. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/r1reciclar-oleo-cozinha-contribuir-diminuir-aquecimento-global>. Acesso em: Jan. de 2022.

ECÓLEO. Reciclagem. 2018. Disponível em: <http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>. Acesso em: 18 de junho de 2020.
EMBRAPA, **Produto Artesanal: Preço de Venda** – Brasília-DF, 2014.
FRANÇA, K.S.; BARBOSA, A.M.; ANTERO, K. F. A importância de aulas práticas no ensino da língua portuguesa: um estudo de caso. *In: VII Encontro de Iniciação a docência- ENID*, Campina Grande-PB, 2019.

FREIRE, P.C.M.; FILHO, J. M.; FERREIRA, T. A. P.C. Principais alterações físicoquímicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de nutrição**, v.26, p.353-358, 2013.
GODOY, P. O. D.; OLISKOVICZ, K.; BERNARDINO, V. M.; CHAVES, W. R.; PIVA, C. D.; RIGO, A. S. N. Consciência limpa: Reciclando o óleo de cozinha. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, v. 13, n. 17, p. 205-217, 2011.

LIMA, M. J. S.; SILVA, P. J. A.; SOUSA, J. L. S.; SOUZA, K. F.; MALTA, S.H.S. O uso de oficinas temáticas como ferramenta auxiliadora no ensino de química. *In: V Congresso internacional das licenciaturas- COINTER- PDVL*, 2018, Recife. **Anais do V Congresso internacional das licenciaturas- COINTER- PDVL**, 2018.
Disponível em: <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvl/uploadsanais/o-uso-de-oficinastem%c3%81ticas-como-ferramenta-auxiliadora-no-ensino-de-qu%c3%8dmica.pdf>. Acesso em: Jan. de 2022.

MANNU, A.; GARRONI, S.; IBANEZ PORRAS, J.; MELE, A. Available technologies and materials for waste cooking oil recycling. **Processes**, v. 8, n. 3, p. 366, 2020.

MARTINS, M. I. M.; MESDES, F. R. K.; SOSTER, C.; FRAGA, E.; SANTOS, A. M. P. V.; SCHOREDER, N. T. Reciclo-óleo: do óleo de cozinha ao sabão ecológico, um projeto de educação ambiental. **Cinergis**, v. 17, n. 4, 2016.

MIGUEL, A. C.; FRANCO, D. M. B. Logística Reversa do óleo de cozinha usado. **Revista Científica FAESP**, v. 16, p. 1-301, 2016.

OLIVEIRA, G. G. C.; NAKAMURA, A. K. S. Confecção de velas aromatizadas e coloridas a partir da utilização do óleo vegetal residual como incentivo a educação

ambiental. **Realização- Revista on-line de Extensão e Cultura**, v. 3, n.6, p.4050,2016.

OLIVEIRA, J. J. Óleo de fritura usado sendo reaproveitado na fabricação de sabão ecológico. *In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN*. 2013.

REQUE, P.T.; KUNKEL, N. Quantificação do óleo residual de fritura gerado no município de Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 11, n. 1, p. 50-63, 2010.

SALVADOR, C.A.V. **Investigação experimental de um propulsor híbrido para satélites e veículos espaciais usando parafina e N_2O_4 como propelentes**.2009. Tese (Doutorado)- Curso de Pós-graduação em engenharia e tecnologia espaciais/combustão e propulsão, Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, São José dos Campos-SP: INPE, 2009.

SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: uma alternativa de combustível limpo. **Química nova na escola**, v. 31, n. 1, p. 58-62, 2009.

SEBRAE, Formação de preço na prática. Antônio Viana – Analista Financeiro. São Paulo – SP, 2020.

SILVA, C.L.W.D. **Óleo de cozinha usado como ferramenta de educação ambiental para alunos do ensino médio**. Monografia (especialização em educação ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. SINGH-ACKBARALI, D.; MAHARAJ, R.; MOHAMED, N.; RAMJATTAN-HARRY, V. Potential of used frying oil in paving material: solution to environmental pollution problem. **Environmental science and pollution research international**, v. 24, n. 13, p. 12220, 2017.

SOUZA, F. M. A.; NETO, W. S.; LEITE, V.C. A química dos cosméticos: Uma oficina temática no ensino e aprendizagem de química. **Anais da semana de Licenciatura**, v.1, n.1, p.520-532, 2019.

TOMAZ, C.; SANTOS, M.F.; MIRANDA, R.O.; MIRANDA, R.; COSTA, S.B.; BOTELHO, T.L.; SILVA, T.S.; SANTOS, C.S.; RITA, F.S. **Destinação correta do óleo de cozinha**. IFMG, ISSN online, Poço de Caldas-MG, 2013.

TOMASI, K.; FERNANDES, S. B. V.; LUCHESE, O. A.; UHDE, L. T.; BUSNELLO, M. B. Perfil de consumo e descarte de óleo comestível no município de Ijuí-rs. **Revista contexto & saúde**, v.14, n.27, p.54-64, 2014.

VELOSO, Y. M.; FREITAS, L.; AMARAL, J. H.; SANTOS, Í. T.; ARAUJO, P. J. P.; LEITE, M. S. Rotas para reutilização de óleos residuais de fritura. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 1, p. 11-18, 2012.

ANEXO I

Planilha básica de custo para produção de uma vela

PLANILHA BÁSICA DE CUSTO

Produto: Vela de 100ml

Vela decorativa de 100ml com essencia

PREÇO SUGERIDO DE VENDA	R\$	6,60
--------------------------------	------------	-------------

CUSTOS VARIÁVEIS			
Matéria-Prima	Quantidade	Valor Unit.	Custo Variável
Parafina	20 g	R\$ 0,03	R\$ 0,60
Pávio	0,5 und	R\$ 0,41	R\$ 0,21
Essencia	2 ml	R\$ 0,08	R\$ 0,16
Giz de Cera	2 g	R\$ 0,10	R\$ 0,21
Óleo	100 ml	R\$ 0,00	R\$ 0,10
			R\$ -
			R\$ 1,27

DESPESAS VARIÁVEIS			
Matéria-Prima	Quantid.	Valor Unit.	Custo Variável
Etiqueta	1 und	R\$ 0,16	R\$ 0,16
Recipiente de Vidro	1 und	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Pregador	1 und	R\$ 0,17	R\$ 0,17
			R\$ 2,33

CUSTOS E DESPESAS VARIÁVEIS	R\$	3,60
------------------------------------	------------	-------------

	Base do Salário	R\$	1.100,00
MÃO DE OBRA			
Descrição	Quantidade	Valor por Hora	Total por produto
			R\$ -
Fabrição da Vela	8 min	R\$ 0,08	R\$ 0,67
			R\$ 0,67

MARGEM DE LUCRO			
Descrição	Quantidade	Valor Unit	Total por produto
Lucro que Desejo	20 %	R\$ 6,59	R\$ 1,45

DESPESAS COM VENDAS			
Descrição	Quantidade	Valor Unit	Total por produto
			R\$ -
Vendedor	10 %	R\$ 8,04	R\$ 0,88
			R\$ 0,88

DESPESAS GERAIS	R\$	3,00
------------------------	------------	-------------

Fonte: Criação do Autor

CAPÍTULO 08

TEORIA DO RISCO, DIREITO FUNDAMENTAL AO MEIO AMBIENTE E PROCESSOS ESTRUTURAIS: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE DANOS AMBIENTAIS E LITÍGIOS COMPLEXOS

Kalil Sauaia Boahid Mello Almeida

Mestrando em direito pela Pontifícia Universidade do Paraná (PUC - RS)

Pontifícia Universidade do Paraná (PUC - RS)

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, Partenon, Porto Alegre - RS, CEP: 90619-900

E-mail: kalil@gcosta.adv.br

Naiane de Araújo Garcez Aires

Mestranda em direito pela Pontifícia Universidade do Paraná (PUC - RS)

Pontifícia Universidade do Paraná (PUC - RS)

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, Partenon, Porto Alegre - RS, CEP: 90619-900

E-mail: naiane11@hotmail.com

RESUMO: O presente estudo aborda sobre a utilização de processos estruturais como instrumentos adequados para o tratamento de litígios ambientais complexos na sociedade de risco. O objetivo é analisar se os processos estruturais podem ser utilizados como resposta jurídica para os litígios ambientais complexos em uma sociedade em que os riscos e consequências não podem ser calculados antecipadamente. Sabe-se que a Constituição do Brasil de 1988 distribui responsabilidades pela preservação ambiental entre o Poder Público e particulares. Esses últimos, caso gerem danos ambientais, estão suscetíveis ao pagamento de indenizações e à obrigação de recuperação do que foi afetado. Porém, na sociedade de risco, os danos ambientais apresentam dificuldades peculiares e mostram características de um litígio complexo. Em vista disso, o presente estudo levantou a hipótese de que os processos estruturais podem ser meio adequado de assegurar o direito ao meio ambiente equilibrado em litígios ambientais complexos. Para isso, utilizou-se a pesquisa bibliográfica a partir do estudo da legislação pátria, em especial a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, bem como da doutrina especializada na área de Direito Ambiental, de forma mais específica sobre a teoria do risco. Além disso, utilizou-se o método de pesquisa hipotético-dedutivo. Ao analisarmos as noções básicas dos processos estruturais, concluiu-se que estes possuem um arranjo mais adequado para o tratamento dos problemas peculiares dos danos ambientais na sociedade de risco.

PALAVRAS-CHAVE: Direito Fundamental Ao Meio Ambiente Equilibrado; Sociedade De Risco; Processos Estruturais.

ABSTRACT: The present paper investigates the possibility of using structural processes as adequate instruments for the treatment of complex environmental disputes in the risk society. The objective is to analyze whether structural processes can be used as a legal response to deal with complex environmental disputes in a society where risks and consequences cannot be calculated in advance. It is known that the 1988 Constitution of Brazil distributes responsibilities for environmental preservation between the Government and individuals. These last ones, if they cause environmental damages, they are susceptible to the payment of compensation and the obligation to recover what was affected. However, in the risk society, the environmental damage

presents peculiar difficulties and shows characteristics of a complex process. Therefore, the present study has the hypothesis that the processes can be an adequate mean of assuring the balanced environment in environmental litigations. For this, bibliographic research was used from the study of national legislation, especially the Constitution of the Federative Republic of Brazil (1988), as well as the specialized doctrine in the environmental area, more specifically on the theory of risk. In addition, the hypothetical-deductive research method was used. When analyzing the basic notions of structural processes, we concluded that they have a more adequate arrangement for the treatment of the peculiar problems of environmental damage in the risk society.

KEYWORDS: Fundamental Right Of Balanced Environment; Risk Society; Structural Processes.

1. INTRODUÇÃO

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CRFB/88) consagra, em seu art. 225, o direito fundamental ao meio ambiente sadio e equilibrado. O constituinte, alinhado às discussões que já vinham ocorrendo no direito europeu, não só dispôs sobre o meio ambiente ecologicamente equilibrado na perspectiva de um direito, como, por via reflexa, impôs um dever de proteção que é compartilhado pelo Poder Público e pela coletividade.

Sem embargo, no âmbito da modernidade reflexiva, na transição de uma sociedade de distribuição de riquezas para uma sociedade de distribuição de riscos, vivemos novos desafios para a proteção do meio ambiente. Os avanços da ciência e da industrialização chegaram a um ponto evolutivo em que nem mesmo a própria ciência consegue prever, com certeza, os riscos.

Pensemos no caso da produção de energia por fissão nuclear do átomo de urânio enriquecido. A comunidade científica tradicionalmente calcula o risco através de um raciocínio probabilístico, delimitando o estudo apenas a algumas hipóteses que seriam mais possíveis de acontecerem e, assim, estipula algumas medidas de segurança. No entanto, quando se fala em energia nuclear, mesmo o mais improvável dos casos pode efetivamente levar a uma situação de dano real e de dimensões globais.

O exemplo mais emblemático de um dano real, em grande escala e pouco provável foi o acidente ocorrido na usina de Chernobyl, em 1986, em que a hipótese mais improvável, combinada com grotescos erros humanos, levaram a uma catástrofe que tinha potencial para atingir toda a Europa, afetando a vida de gerações presentes e futuras¹.

O ponto fulcral, para que interessa ao presente trabalho, é entender que há situações de tutela do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado que não são imediatamente aferíveis, demandando uma forma diferenciada de enfrentamento. Há casos em que consequências danosas ao meio ambiente só são efetivamente

¹ Para um estudo detalhado sobre o caso de Chernobyl, indicamos a leitura da obra de Serhii Plokhyy (2019). Podemos citar, ainda, o excelente trabalho Svetlana Aleksievitch (2016), ganhadora do prêmio Nobel de Literatura, em que a autora entrevista pessoas reais que estiveram envolvidas na catástrofe. Também vale mencionar a série Chernobyl (2019). Reputamos interessante o acesso a estes materiais para melhor compreender a noção de um risco que, de início, era imprevisível e que poderia impactar toda a Europa e potencialmente o mundo.

constatadas depois de anos, assim como há casos em que a tentativa de reparação do dano leva a outros problemas que, por sua vez, demandam novas intervenções.

Por outro lado, no âmbito do direito processual civil brasileiro tem ganhado relevância a noção de processos estruturais, os quais destinam-se ao enfrentamento de soluções complexas, multipolares e que necessitam de um tratamento diferenciado em relação às estruturas do processo civil tradicional. O paradigma de estudo da matéria é o caso *Brown vs. Board of Education*, julgado pela Suprema Corte dos Estados Unidos da América, a partir do qual se promoveu a reestruturação do sistema educacional segregacionista.

Em vista desse contexto, o problema proposto para enfrentamento é a adequação dos processos estruturais para tutelar litígios ambientais complexos no âmbito da sociedade de risco. Sendo assim, o objetivo geral é analisar se os processos estruturais podem ser utilizados como resposta jurídica para lidar com litígios ambientais complexos em uma sociedade em que os riscos e consequências não podem ser calculados antecipadamente.

Como objetivos específicos, o presente estudo propõe-se a: a) estudar dogmaticamente o direito fundamental ao meio ambiente equilibrado, buscando delimitar noções básicas para compreensão do tema; b) relacionar a teoria do risco com a tutela ambiental, de modo a definir as dificuldades que precisam ser respondidas pelo direito;

c) analisar as bases do processo estrutural e sua adequação em relação à tutela de litígios ambientais complexos.

O método utilizado na pesquisa é o hipotético-dedutivo. Inicialmente, estipula-se hipótese de que a noção de processos estruturais traz elementos de grande valia para a tutela de litígios ambientais complexos, principalmente por possibilitar que a solução do litígio se adapte, quando da implementação das medidas de reparação, às necessidades que, não previstas no primeiro momento de análise, tornam-se urgentes para a proteção do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado.

2. DIREITO FUNDAMENTAL AO MEIO AMBIENTE EQUILIBRADO

O direito fundamental ao meio ambiente equilibrado está previsto no art. 225

da CRFB/88², de onde se depreende, conforme Sarlet (2020), um direito em sentido amplo que, a seu turno, ramifica-se em um complexo de posições e situações jurídicas, com imposição de deveres ao Poder Público e à coletividade, de forma que do dispositivo também se traduz um dever geral e objetivo de proteção ao ambiente. Assim, “é evidente a impossibilidade de se conceber a existência de condições mínimas para a vida humanadissociada de uma rígida proteção ambiental. Ou seja, a qualidade de vida depende da coexistência de um sistema planetário saudável” (AIRES; GONÇALVES, 2022, p.37854).

Questão relevante diz respeito à fundamentalidade do direito em questão. Como sabemos, a CRFB/88 adotou um conceito materialmente aberto de direitos fundamentais³(verificados no art. 5º, §2º). Desse modo, é possível reconhecer a existência de direitos fundamentais fora do catálogo do Título II da Constituição, estejam eles previstos em outros dispositivos do texto constitucional ou sejam deduzidos de princípios fundamentais (direitos fundamentais implícitos).

No caso do art. 225, podemos deduzir a fundamentalidade a partir de, pelo menos, dois pontos: a) o lugar estrutural do princípio da preservação do meio ambiente no Estado Democrático de Direito; b) a proteção ao meio ambiente apoia-se na dignidade da pessoa humana, densificando este valor fundamental da CRFB/88.

Sobre esse assunto, importa destacar o posicionamento de Ney de Barros Bello Filho (2006, p. 353):

A norma é de direito fundamental porque o princípio da preservação do meio ambiente – que é estrutural no Estado Democrático de Direitos Ambientais e

² 2 In verbis: “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: § 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei. § 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, as sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. § 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato- Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas. § 7º Para fins do disposto na parte final do inciso VII do § 1º deste artigo, não se consideram cruéis as práticas desportivas que utilizem animais, desde que sejam manifestações culturais, conforme o § 1º do art. 215 desta Constituição Federal, registradas como bem de natureza imaterial integrante do patrimônio cultural brasileiro, devendo ser regulamentadas por lei específica que assegure o bem-estar dos animais envolvidos”.

³ A discussão a respeito da abrangência da fundamentalidade material dos direitos fundamentais foge ao tema do presente trabalho, razão pela qual remetemos o leitor à obra de Sarlet (2018, pp. 79 e ss.)

dá fundamento ao direito do ambiente – realiza-se como princípio fundamental, impositivo e conformador. Demais disso, forçoso é reconhecer que a dignidade da pessoa humana realiza-se como um princípio constitucional a apoiar a norma de direito que exsurge do enunciado normativo do artigo 225 da CF/88 a ponto de transformá-la, também, em uma norma de direitos fundamentais.

Reconhecida a fundamentalidade da norma estatuída no art. 225, nota-se que a imposição de deveres à coletividade escancara a eficácia horizontal⁴ do direito fundamental. Fica claro desde a primeira leitura desse artigo, especialmente no §3º, que os particulares, sejam pessoas físicas ou jurídicas, possuem deveres de proteção ao meio ambiente, inclusive respondendo por eventuais danos ambientais nas searas cível, administrativa e penal.

Se no Estalo liberal de Direito a concepção dos direitos fundamentais era direitos de defesa em face de possíveis ingerências estatais em seu âmbito de liberdade, no Estado Constitucional e Democrático instaurado pela CRFB/88 reconhece-se a participação mais ativa da sociedade nos âmbitos de poder, de modo que não só se faz necessária a proteção do indivíduo em face dos poderes públicos, como também contra particulares detentores de posições especiais de poder social e econômico (SARLET, 2018).

Por consequência, o Estado não é o único responsável pela proteção do meio ambiente, uma vez que os particulares também possuem deveres fundamentais na preservação ambiental. O Poder Público deve promover políticas públicas necessárias para uma adequada promoção do direito fundamental e, de outro lado, os atores privados devem pautar suas condutas no sentido de não danificar o meio ambiente, inclusive sob pena de responsabilização nas searas cível, administrativa e criminal.

Essas noções introdutórias, derivadas da leitura do dispositivo constitucional, nos permitem compreender e expressar de forma clara a premissa fundamental da matéria de que o direito ao meio ambiente equilibrado reflete uma série de deveres do Estado e dos atores privados, de maneira que o desrespeito a estes deveres importa em responsabilização em diferentes esferas.

Tratando especificamente da responsabilidade cível dos particulares em face de atos lesivos ao meio ambiente, o art. 9º, §2º, da Lei nº 6.902/81⁵ dispõe que, para

⁴ 4 Sobre o conceito de eficácia horizontal dos direitos fundamentais, remetemos o leitor novamente à ampla análise de Sarlet (2018, pp. 393 e ss.).

⁵ 5 Vale a transcrição do dispositivo: “Art. 9º – Em cada Área de Proteção Ambiental, dentro dos princípios constitucionais que regem o exercício do direito de propriedade, o Poder Executivo estabelecerá normas, limitando ou proibindo: [...]§ 2º – Nas Áreas de Proteção Ambiental, o não

além de possível prestação pecuniária, é possível a condenação do infrator à obrigação de fazer, consistente na reposição ou reconstituição, tanto quanto possível, da situação anterior ao dano ambiental⁶. Este dispositivo legal era direcionado inicialmente a danos ambientais em Áreas de Proteção Ambiental, contudo a interpretação doutrinária e jurisprudencial levou ao entendimento de sua aplicação geral para os casos de dano ambiental, inclusive este entendimento é objeto de enunciado de Súmula nº 629 do STJ⁷.

Ultrapassadas as possíveis medidas de prevenção, resta a atuação repressiva pelo direito. O problema é que a forma tradicional com que o mundo jurídico lida com estas questões por vezes não atende adequadamente a necessidade de tutela do direito fundamental. Isso ocorre porque na sociedade de risco nem sempre é possível estabelecer antecipadamente a extensão dos danos e, mesmo quando isto é possível, em um primeiro momento, pode ocorrer de repercussões não previstas revelarem novas extensões do dano ou até mesmo que surjam novos problemas em razão das medidas reparatórias inicialmente delineadas.

Ora, se é certo que no Estado Constitucional a interpretação das normas deve ser realizada em um movimento pendular que vai das normas para os fatos e dos fatos para a norma (BELLO FILHO, 2003), esta circularidade agudiza-se em casos de litígios ambientais complexos. A prestação da tutela jurisdicional, então, não pode se dar da mesma maneira com que ocorre em caso ordinário, e isto em razão das próprias especificidades que a questão ambiental tem.

Se com Zagrebelsky (1992) podemos afirmar o caráter dúctil do direito⁸, em

cumprimento das normas disciplinadoras previstas neste artigo sujeitará os infratores ao embargo das iniciativas irregulares, à medida cautelar de apreensão do material e das máquinas usadas nessas atividades, à obrigação de reposição e reconstituição, tanto quanto possível, da situação anterior e a imposição de multas graduadas de Cr\$200,00 (duzentos cruzeiros) a Cr\$2.000,00 (dois mil cruzeiros), aplicáveis, diariamente, em caso de infração continuada, e reajustáveis de acordo com os índices das ORTNs - Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional”.

⁶ 6 Esta é a mesma linha de Guedes e Ferreira (2016, p. 22), para quem: “A consolidação da responsabilidade civil se dá por meio da obrigação de fazer ou de não fazer e mediante indenização pecuniária, como meio de recomposição do prejuízo já percebido. Todavia, diante da dificuldade de aferição do prejuízo ambiental, como exemplo o lançamento de poluentes nos rios, causando a morte dos peixes e, conseqüentemente, o desequilíbrio no ecossistema, preocupou-se em estabelecer a Lei 6.902/81, em seu art. 9º, §2º, a obrigação de reposição e reconstituição, tanto quanto possível, da situação anterior e a imposição de multas graduadas”.

⁷ Vejamos o enunciado de Súmula nº 629 do STJ: “Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou à de não fazer cumulada com a de indenizar”.

⁸ Zagrebelsky (1992) defende que a Constituição deve promover um meta-valor que se exprime em um duplo imperativo da manutenção do pluralismo (aspecto substancial) e do diálogo leal (aspecto procedimental), promovendo a inclusão e integração dos indivíduos no processo comunicativo. Para além disso, o autor destaca que não é mais concebível a identificação entre direito e lei. A partir desses elementos a interpretação constitucional deve instaurar-se em um movimento circular entre a norma e

umacircularidade interpretativa bipolar entre o fato e a norma⁹; no caso do litígio ambiental complexo, não só a interpretação da norma busca a melhor adequação ao caso concreto, nos limites dogmáticos, como o próprio procedimento deve possuir uma flexibilidade capaz de dar conta minimamente das necessidades.

Conforme exposto, o risco é inerente à vida na modernidade reflexiva. Dessa forma, como não se pode eliminar o fator do risco, resta buscar formas de lidar com os problemas complexos de maneira igualmente complexa, isto é, sem tentar forçar o problema aos moldes do processo civil tradicional, em prejuízo da tutela adequada do direito fundamental ao meio ambiente.

3. SOCIEDADE DE RISCO E TUTELA AMBIENTAL

Sociedade de risco, para os fins deste trabalho¹⁰, denota uma situação peculiar da modernidade tardia (modernidade reflexiva) em que o nível das forças produtivas e tecnológicas chegam ao ponto de desencadear riscos numa medida desconhecida e potencialmente catastrófica.

Conforme Ulrich Beck (2011, p. 23): “[...] a produção social de riqueza é acompanhada sistematicamente pela produção social dos riscos”. Isto é, o processo de modernização faz convergir os conflitos sociais decorrentes da sociedade da

a realidade, bem como é aprimorada através do embate de perspectivas, de onde se depreende o descabimento de perspectivas unilaterais. O caráter dúctil do direito dá-se justamente nessa perspectiva de construção dialógica plural na busca do atendimento das necessidades sociais, o que não significa dizer flexibilização da norma ao arbítrio do interprete.

⁹ Sobre a circularidade bipolar da interpretação, vale a pena transcrever a lição de Zagrebelsky (1992, p. 183): “Nel processo interpretativo del diritto, il caso è la molla che muove l'interprete e dà la direzione. Sulla base di esso, ci si rivolge al diritto per interrogarlo e avere da questo una risposta. Dal caso, l'interprete procede alla ricerca delle regole e a esso ritorna, in un procedimento circolare (il cosiddetto 'circolo interpretativo') di riconduzione bipolare che trova la sua pace nel momento in cui si compongono in modo soddisfacente le esigenze del caso e le pretese delle regole giuridiche”.

¹⁰ É preciso destacar que existem outras vertentes sobre a sociedade de risco, com enfoques diversos de discussão. À guisa de exemplo, vale mencionar as ideias de Raffaele De Giorgi (2008, p. 44) a partir da teoria dos sistemas de Luhmann: “A sociedade moderna é a sociedade do risco não no sentido ameaçador e apocalíptico que a moda difundiu. É a sociedade do risco porque somente essa sociedade criou condições para se construir futuros diferentes, para manter elevada a contingência dos eventos, vale dizer, para manter possibilidades sempre abertas quando, em razão de uma decisão, verificou-se um eventual dano que se queria ter evitado e que uma outra decisão poderia ter evitado. [...] A construção paradoxal do risco nasce do fato de que o risco é uma construção da comunicação social que não apenas o constrói, mas, quanto mais o trata, mais o aumenta. Esse efeito distorce a percepção do risco, concentra a atenção sobre certos riscos e a afasta de outros. Isso comporta graves consequências na construção do futuro, trabalhado de maneira diferente em cada sistema social”.

Para o presente trabalho preferimos seguir a linha de Beck (2011), posto que o enfoque na distribuição de riscos não imediatamente perceptíveis e com consequências imprevisíveis transparece melhor as dificuldades oferecidas nos casos de litígios ambientais complexos.

escassez com um processo de distribuição de riscos. Estes riscos, a seu turno, não se confundem com aqueles do início do desenvolvimento industrial, uma vez que assumem proporções até então inimagináveis, inclusive havendo produção de riscos com potencial de extinguir a vida no planeta, como é o caso da produção de armas nucleares (BECK, 2011).

Mais que isso, cria-se uma situação de absoluta incerteza, em que os riscos precisam ser mediados argumentativamente, posto que não são imediatamente perceptíveis ao indivíduo. Retomando o exemplo exposto na introdução deste artigo, sobre Chernobyl, os riscos da contaminação por elementos radioativos não são visíveis, mas têm um potencial de destruição imenso. Apesar de não haver dados seguros, em vistados problemas de registro das informações no âmbito da extinta União Soviética¹¹, a ONU estima que 8,4 milhões de pessoas foram prejudicadas pela exposição à radiação¹².

Conforme Beck (2011, p. 32): “Aquilo que prejudica a saúde e destrói a natureza é frequentemente indiscernível à sensibilidade e aos olhos de cada um e, mesmo quandopareça evidente a olhos nus, exigirá [...] o juízo comprovado de um especialista para a sua asserção ‘objetiva’”. A partir dessa passagem, pode-se identificar uma característica importante desses riscos produzidos na modernidade reflexiva, qual seja, a dificuldade de compreensão da extensão e consequências do dano. Da mesma forma, a possibilidade de consequências intergeracionais também demonstra que até mesmo a identificação do dano desloca-se do momento da conduta ao futuro.

Transpondo essas questões para o direito ambiental, nota-se que sendo impossível eliminar o risco, o direito precisa estar preparado para tutelar adequadamente o direito fundamental ao meio ambiente sadio e equilibrado através de medidas repressivas. Claro que o art. 225 da CRFB/88 exige do Poder Público e da coletividade a tomada de medidas preventivas, porém estas medidas não têm o condão de garantir que os danos ambientais não ocorram, razão pela qual o próprio texto constitucional erige a responsabilidade nos âmbitos cível, administrativo e criminal.

¹¹ Fazemos remissão do leitor novamente às seguintes obras: a) análise histórica Serhii Plokyh (2019); b) análise através de entrevistas com vítimas diretas e indiretas da catástrofe Svetlana Aleksievitch (2016); c) dramatização baseada em fatos reais CHERNOBYL (2019). Reputamos interessante o acesso a estes materiais para melhor compreender a noção de um risco que, de início, era imprevisível e que poderia impactar toda a Europa e potencialmente o mundo.

¹² Informações disponíveis em: <https://news.un.org/pt/story/2021/04/1748532>.

Aliás, é interessante notar que essas noções retiradas da ideia de sociedade de risco já possuem repercussão prática no direito brasileiro, e isto porque, no RE 654.833 AC, o STF decidiu pela imprescritibilidade da pretensão de reparação civil por danos ambientais. Na fundamentação dos votos há clara preocupação com as peculiaridades do dano ao meio ambiente, posto que há casos em que as consequências só conseguem ser percebidas após um longo tempo da prática do ato lesivo. Portanto, importa analisar um trecho esclarecedor do voto do Min. Edson Fachin:

É direito, portanto, que envolve questão intergeracional inegável, envolvendo a obrigação da atual geração em assegurar não apenas a qualidade do meio ambiente presentemente, mas também em garantir que as futuras gerações encontrem em seu habitat as necessárias condições de manutenção da própria existência e dos demais seres vivos.

Por essa razão fundamental, é direito que se distingue dos demais direitos assegurados pelo ordenamento jurídico, e que atrai também um regime prescricional distinto, que decorre da conjugação das normas decorrentes dos artigos 37, §5º; 225, caput e §3º; e 1º, inciso III do texto constitucional. [...] Ressalte-se uma vez mais que a natureza do dano ambiental é inseparável da conclusão pela imprescritibilidade da pretensão reparatória, especialmente em se considerando sua faceta ressarcitória. A despeito da necessidade de manutenção das condições de vida para as gerações futuras, é mister asseverar que o tempo da natureza não acompanha o tempo jurídico ou o tempo processual. As condições para a efetiva reparação do dano independem de cálculos humanos, e sequer há garantias de que, perpetrado um dano ambiental, seja possível, mesmo ao longo de séculos, o retorno àquela condição primeira, antes do ilícito (BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Acórdão nº RE 654.833AC. Relator: Ministro Alexandre de Moraes. Brasília, DF, 20 de abril de 2020. **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 jun. 2020).

Em vista do disposto, acredita-se que as formas tradicionais do processo civil não se mostram adequadas para a tutela adequada do direito fundamental estampado no art. 225 da CRFB/88. O processo, afinal, serve ao propósito de dar tutela aos direitos, de modo que as peculiaridades do dano ambiental exigem outra forma de pensar. Cumpre-nos, agora, verificar se os processos estruturais são realmente mais preparados para a tutela de litígios ambientais complexos.

4. DOS PROCESSOS ESTRUTURAIS PARA TRATAMENTO DE LITÍGIOS AMBIENTAIS COMPLEXOS

Antes de passar à questão específica da adequação dos processos estruturais

para o tratamento de litígios ambientais complexos, cumpre estabelecer o que se entende por processo estrutural e por litígio complexo, até mesmo para que a análise posterior possa ser compreendida corretamente.

O ponto de partida do tema dos processos estruturais é o questionamento de Fiss (2003) sobre a (in)capacidade do esquema de direito processual civil tradicional para dar conta de litígios sociais complexos e multipolares. Este modelo tradicional direciona-se para a resolução repressiva de um conflito ou incidente isolado, porém, se esse esquema mostrou-se adequado para os conflitos típicos do Estado Liberal, o surgimento de novas formas de conflito e novas necessidades de tutela de direito material exigia novas formas de tratamento de litígios.

A partir da análise do caso *Brown vs. Board of Education*, em que a Suprema Corte dos Estados Unidos da América promoveu a reestruturação do sistema educacional segregacionista, Fiss (2003) defende a existência de um novo modelo de adjudicação, qual seja, o modelo da reforma estrutural. Assim, em *Brown vs. Board of Education* a Suprema Corte constatou a violação sistemática de valores constitucionais no ato de segregação racial em escolas e solução jurídica para enfrentar a situação exigia a reestruturação dos modelos institucionais escolares, o que não poderia ser realizado de antemão.

A Suprema Corte em um primeiro momento proferiu uma decisão reconhecendo a violação de valores constitucional e determinando a reforma estrutural nas instituições escolares sem, contudo, determinar desde logo quais as medidas seriam adotadas para a resolução do problema. Após a realização das análises necessárias, inaugurou-se um segundo momento em que foram efetivamente tomadas as medidas de reestruturação que deveriam ser acompanhadas por um representante do Poder Judiciário em âmbito local, de modo que as medidas fossem submetidas a reavaliações de acordo com as necessidades fáticas (JOBIM, 2021).

De um modo geral, então, identifica-se o litígio estrutural pela necessidade de uma decisão de conteúdo complexo, assumindo estrutura deôntica, tanto de norma-princípio, quanto de norma-regra. Nessa linha, em um primeiro momento, há o estabelecimento de uma meta constitucional a ser atingida (norma-princípio); em seguida, a decisão estrutura o modo como o objetivo deve ser alcançado, determinando condutas que devem ser adotadas ou mesmo evitadas (norma-regra) (DIDIER JÚNIOR, ZANETI JÚNIOR, e OLIVEIRA, 2020).

Afinal, o que se entende como litígio complexo ou problema complexo? A termo

complexo, que aqui deriva da teoria dos sistemas complexos, a expressão significa situações em que há incerteza em relação a possíveis reações e rearranjos que o sistema fará a partir de certos estímulos, ou seja, a inserção de uma novo dado no sistema cria um estado de imprevisibilidade (ARENHART, JOBIM e OSNA, 2021).

Para que isto fique claro, imagine-se um caso hipotético de dano ambiental consistente no derramamento de uma série de substâncias tóxicas em uma região de mata. Diante de uma situação desta natureza, serão realizados estudos iniciais no sentido de verificar medidas para conter os danos ao meio ambiente. Contudo, na sociedade de risco, a produção dessas medidas de contenção também acarreta em novos riscos, de tal modo que pode ocorrer de uma das medidas tomadas gerar consequências imprevisíveis que exijam outras condutas e assim por diante. O processo estrutural, então, é pensado para tratar justamente destas questões complexas, em que há a necessidade de flexibilização procedimental para possibilitar a constante reavaliação das medidas tomadas para realização do valor constitucional¹³.

Esta é a lição que pode ser extraída da obra de Vitorelli (2021, p. 70). Vide:

Em síntese, um processo estrutural é aquele que busca resolver, por intermédio da atuação da jurisdição, um litígio estrutural, mediante reformulação de uma estrutura (entendida como instituição, política ou programa) cujo mau funcionamento é a causa do litígio. Essa reestruturação se dará por meio da elaboração de um plano implementado ao longo de um considerável período de tempo, com objetivo de transformar o comportamento da estrutura para o futuro. A reestruturação implicará a avaliação e reavaliação dos impactos diretos e indiretos da operação

¹³ Ressaltamos que a flexibilização procedimental e o incentivo à decisões consensuais ou dialogadas são fundamentais para a noção de processos estruturais. Este, aliás, é o posicionamento de Didier Júnior, Zaneti Júnior e Oliveira (2020, p. 9): “Essa flexibilidade do processo estrutural deve ser assegurada (i) pela utilização de um procedimento bifásico, aproveitando-se o standard do processo falimentar, que lhe pode servir de base em razão da previsão legal expressa da possibilidade de fracionamento da resolução do mérito (arts. 354, parágrafo único, e 356, CPC (LGL\2015\1656)); e (ii) pela aplicação de técnicas processuais flexibilizadoras, como a que atenua as regras da congruência objetiva e da estabilização objetiva da demanda, a ampliação do regime de participação no processo, a atipicidade dos meios de prova (art. 369, CPC (LGL\2015\1656)), a atipicidade das medidas executivas (art. 139, IV, e art. 536, § 1º, CPC (LGL\2015\1656)), a atipicidade dos instrumentos de cooperação judiciária (art. 69, CPC (LGL\2015\1656)). Além disso, a consensualidade tem especial importância nesse tipo de processo. A possibilidade de ajustar negócios processuais (art. 190, CPC (LGL\2015\1656)) é potencializada nos processos estruturais em razão das usuais complexidade e multipolaridade envolvidas na sua tramitação. Se a solução negociada é sempre preferível num processo individual de natureza bipolar, em que normalmente são facilmente identificáveis os interesses contrapostos, tanto mais se pode dizer quando há múltiplos interesses envolvidos – convergentes ou divergentes, a depender da questão em foco – e múltiplas possibilidades de solução do problema. No processo estrutural, o apelo à consensualidade é ainda mais exigível. Daí a importância, para o processo estrutural, das técnicas de negociação quer quanto ao objeto do processo em si quer quanto à adaptação do procedimento para ajustá-lo às especificidades da causa ou quanto aos ônus, poderes, faculdades e deveres dos sujeitos processuais”.

institucional, os recursos necessários e suas fontes, os efeitos colaterais da mudança promovida pelo processo sobre os demais atores sociais que interagem com a instituição, o que ressalta o caráter policêntrico, e não bilateral, de um processo estrutural. O processo estrutural é, portanto, um processo-programa.

Interessante é que, ao buscar possíveis casos paradigmáticos de processos estruturais no Brasil, depara-se justamente com uma Ação Civil Pública para a reparação de danos ambientais causados pela exploração de carvão mineral em Criciúma/SC. Trata-se da chamada ACP do Carvão (Processo nº 2000.72.04.002543-9)¹⁴, que tramitou na Justiça Federal (TRF da 4ª Região).

A fim de contextualizar o caso, o seguinte resumo faz-se necessário:

A Ação Civil Pública nº 93.8000533-4, ou ACP do Carvão, como ficou conhecida, foi proposta pelo Ministério Público Federal (MPF) em 1993 e demandou das empresas carboníferas e à União a recuperação os danos ambientais causados pela exploração de carvão mineral na região Sul de Santa Catarina. A sentença (Processo nº 2000.72.04.002543-9) foi proferida pela Justiça Federal em janeiro de 2000 e, como havia antecipação de tutela, os réus começaram a se organizar e se estruturar para apresentar seus projetos para a recuperação de seus passivos. Inicialmente, a sentença exigia a apresentação, em um prazo de seis meses, de um projeto de recuperação que contemplasse todos os itens previstos no PROVIDA-SC, bem como a execução desse projeto nos três anos seguintes. O projeto deveria prever a recuperação de áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas, bem como o desassoreamento, fixação de barrancas, descontaminação e retificação dos cursos d'água, além de outras obras. Mais tarde, a sentença foi reformada e o prazo para a recuperação dos recursos hídricos foi ampliado para dez anos, permanecendo o prazo inicial de três anos para as obras terrestres. Em 2006, o juízo, a pedido do MPF, determinou que os projetos fossem padronizados segundo as normas técnicas – NBR 13030, e com os itens NRM-01 (normas gerais) e NRM-21 (reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas) da Portaria do DNPM nº 237, de 18/10/2001, o que foi atendido pelos réus. Esses projetos passaram a ser analisados pelo MPF e pela então FATMA, atual IMA (ACP..., 2022).

É importante observar que o comando sentencial determinou a apresentação, pelos réus, de um plano de recuperação da área afetada, deixando a deliberação acerca das medidas a serem tomadas para a fase de cumprimento de sentença.

Sobre o cumprimento em si, Arenhart (2021) divide a análise em quatro fases: a) na primeira fase (2000-2004) as partes não tinham dimensão concreta da extensão dos danos a serem recuperadas, de modo que foi neste momento que se obteve as informações mais concretas que possibilitassem a delimitação das medidas a serem

¹⁴ A propósito deste caso vale referenciar o estudo de Arenhart (2021) que identificou, em sua análise, elementos de um processo estrutural. Também devemos mencionar que há sítio eletrônico próprio criado para dar transparência às medidas adotadas no processo, podendo ser consultadas em: <http://acpcarvao.com.br/login/index.php>.

tomadas; b) a segunda fase (2004-2005) é marcada pela definição, por parte do Ministério Público Federal (MPF), subsidiado por informações de sua assessoria técnica e do Ministério do Meio Ambiente, para enfrentamento do problema, inclusive infirmo em contrário alguns dados que tinham sido trazidos aos autos pelos réus; c) a terceira fase (2006-2009) destaca-se pela efetiva imposição de obrigação aos réus de apresentação dos projetos de recuperação adaptados à estratégia delineada pelo MPF; d) na quarta e última fase (desde 2009) é quando de fato se inicia a implementação dos projetos de recuperação.

Ora, a situação fática tratada na ACP do Carvão exigiu que a prestação jurisdicional se desse de forma específica e diferida ao longo do tempo. Como não havia meios de delimitar desde o início do processo a extensão real dos danos ambientais, a sentença limitou-se à declaração de uma situação que viola o direito fundamental ao meio ambiente, deixando para a fase do cumprimento de sentença a delimitação das medidas que efetivamente seriam implementadas.

Mesmo no cumprimento de sentença, por outro lado, houve várias etapas até que efetivamente fossem implementados os programas de recuperação da área, passando por longa fase de deliberação acerca da extensão dos danos e das medidas mais efetivas para enfrentamento do problema. Ao final, os MPF e o juízo precisaram do auxílio técnico de especialistas para que obtivessem um caminho de ação mais seguro. Como se não bastasse, também se nota que houve, conforme análise de Arenhart (2021), a cisão do cumprimento de sentença em vários autos apartados, tudo em razão das peculiaridades de cada área afetada e de cada medida a ser implementada, evitando-se o tumulto no processo principal.

Em suma, percebe-se que a ACP do Carvão foi um processo pioneiro, em que se verifica uma fase embrionária do processo estrutural no Brasil que, a despeito de eventuais críticas, mostraram-se adequadas para o tratamento de litígio ambiental complexo. Em verdade, quando os elementos base dos processos estruturais foram analisados, percebeu-se que estes se mostram adequados para o tratamento dos litígios ambientais complexos em uma sociedade de risco, permitindo a reavaliação de medidas em prol da efetiva solução do problema de direito material.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo abordou sobre os processos estruturais enquanto meios de

tratamento de litígios ambientais complexos na sociedade de risco. Para tanto, objetivou-se analisar se os processos estruturais podem ser utilizados como resposta jurídica para lidar com litígios ambientais complexos em uma sociedade em que os riscos e consequências não podem ser calculados previamente.

Ademais, em sede de objetivos específicos, o estudo propôs-se a: a) estudar dogmaticamente o direito fundamental ao meio ambiente equilibrado, buscando delimitar noções básicas para compreensão do tema; b) relacionar a teoria do risco com a tutela ambiental, de modo a definir as dificuldades que precisam ser respondidas pelo direito;

c) analisar as bases do processo estrutural e sua adequação em relação à tutela de litígios ambientais complexos.

Durante a investigação, observou-se que há uma peculiaridade fundamental na tutela do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado no âmbito da sociedade de risco, qual seja, a potencialidade danosa de riscos imprevistos e o esfacelamento de qualquer sentimento de segurança.

Diante desse cenário, os meios tradicionais de resolução de litígios não conseguem dar adequada proteção ao direito fundamental previsto no art. 225 da CRFB/88, posto que estão voltados à tutela repressiva de situações individuais, não tendo o suporte adequado para litígios multipolares e complexos.

Sem embargo, durante o estudo dos elementos básicos dos processos estruturais, percebeu-se que estes encontram-se melhor aparelhados para o tratamento de litígios ambientais complexos, permitindo a flexibilização procedimental para adequado tratamento do problema e constante reavaliação das medidas a serem adotadas para solução dos problemas. Isso fica ainda mais claro na análise do caso da ACP do Carvão, pioneiro no âmbito dos processos estruturais no Brasil.

Portanto, à guisa de considerações finais, pode-se confirmar a hipótese aventada, no sentido de que os processos estruturais se mostram como meio adequado e viável para a efetiva proteção do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado em litígios ambientais complexos.

REFERÊNCIAS

ACP DO CARVÃO: resumo. Disponível em: <http://acpcarvao.com.br/login/index.php>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ALEKSIÉVITCH, Svetlana. *Vozes de Tchernóbil: crônica do futuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

AIRES, Naiane de Araújo Garcez; GONÇALVES, Gabriel Sodré. Função socioambiental da propriedade e a responsabilidade civil como limitador de direito fundamental. *Revista Brazilian Journal Development*. Curitiba: 2022, v. 8, n. 5, p. 37851-37861.

ARENHART, Sérgio Cruz. Processos estruturais no direito brasileiro: reflexões a partir do caso da ACP do Carvão. In: __; JOBIM, Marco Félix. *Processos estruturais*. Salvador: JusPodivm, 2021, pp. 1047-1069.

_____; JOBIM, Marco Félix; OSNA, Gustavo. *Curso de processo estrutural*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2021.

BELLO FILHO, Ney de Barros. *Pressupostos sociológicos e dogmáticos da fundamentalidade do direito ao ambiente sadio e ecologicamente equilibrado*. 2006. 480 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Centro de Ciências Jurídicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

_____. *Sistema constitucional aberto*. Belo Horizonte: Del Rey, 2003.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. São Paulo: Editora 34, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF, 05 out. 1988.

BRASIL. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. *Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências*. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 28 abr. 1981.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Acórdão nº RE 654.833 AC. Relator: Ministro Alexandre de Moraes. Brasília, DF, 20 de abril de 2020. *Diário Oficial da União*. Brasília, 24 jun. 2020

CHERNOBYL. Criação de Craig Mazin. Direção de Johan Renck. Estados Unidos da América: HBO, 2019. Minissérie exibida pela HBOMAX. Acesso em 24 dez. 2021.

DIDIER JÚNIOR, Fredie; ZANETI JÚNIOR, Hermes; OLIVEIRA, Rafael Alexandria de. Elementos para uma teoria do processo estrutural aplicada ao processo civil brasileiro. **Revista de Processo**, São Paulo, v. 303, n. 6787, maio 2020.

FISS, Owen. The Social and Political Foundations of Adjudication. In: FISS, Owen.

The Law as it Could Be. NYU Press academic. 2003. Edição do Kindle.
GIORGI, Raffaele de. O risco na sociedade contemporânea. *Revista de Direito Sanitário*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 37-49, jun. 2008. Trimestral.

GUEDES, Emerson Almeida; FERREIRA, Clécia Lima. A responsabilidade pelo dano ambiental e a teoria do risco integral. *Revista de Ciências Humanas e Sociais*, Aracaju, v. 3, n. 3, p. 13-28, out. 2016.

JOBIM, Marco Félix. *Medidas estruturantes na jurisdição constitucional: da Suprema Corte Estadunidense ao Supremo Tribunal Federal*. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2021.

PLOKHY, Serhii. *Chernobyl: History of a Tragedy*. London: Penguin Books, 2019.

SARLET, Ingo Wolfgang. *A eficácia dos direitos fundamentais*. 13. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2018.

_____. O direito-dever fundamental de proteção e promoção de um meio ambiente saudável. In:_____; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. *Curso de direito constitucional*. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2020, pp. 723-733.

VITORELLI, Edilson. *Processo civil estrutural: teoria e prática*. 2. ed. Salvador: JusPodivm, 2021.

ZAGREBELSKY, Gustavo. *Il diritto mite*. Torino: Einaudi, 1992.

CAPÍTULO 09

PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA VEREDA BARCELONA, VILLAVICENCIO - META

Jose Manuel Díaz Molina

Candidato a Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Institución: Universidad de los Llanos

Dirección: Kilómetro 12, Vía a Puerto López, Vda. Barcelona, Villavicencio, Meta - Colômbia

Correo electrónico: jose.diaz.molina@unillanos.edu.co

Laura Marcela Landazábal Suárez

Candidato a Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Institución: Universidad de los Llanos

Dirección: Kilómetro 12, Vía a Puerto López, Vda. Barcelona, Villavicencio, Meta - Colômbia

Correo electrónico: laura.landazabal@unillanos.edu.co

Laura Viviana Morales Tejeiro

Candidato a Magíster en Gestión Ambiental Sostenible

Institución: Universidad de los Llanos

Dirección: Kilómetro 12, Vía a Puerto López, Vda. Barcelona, Villavicencio, Meta - Colômbia

Correo electrónico: laura.morales@unillanos.edu.co

Diana Carolina Tovar Pérez

Especialista en Gestión Ambiental Sostenible

Institución: Universidad de los Llanos

Dirección: Kilómetro 12, Vía a Puerto López, Vda. Barcelona, Villavicencio, Meta - Colômbia

Correo electrónico: diana.tovar.perez@unillanos.edu.co

RESUMEN: En el presente estudio se realizó una aproximación a la comunidad de la vereda Barcelona para obtener información sobre su percepción acerca de los servicios ecosistémicos que el entorno les ofrece; analizando el valor que le dan a los mismos y las posibles tendencias de acuerdo con las características sociales. Para obtener esta información, se creó una encuesta con preguntas cerradas y abiertas, todas encaminadas a una caracterización sociocultural de la población y la obtención de información sobre los servicios ecosistémicos percibidos. Esta encuesta se realizó en la vereda Barcelona, un sector rural ubicado a las afueras de Villavicencio, allí 60 moradores del sector fueron encuestados de manera aleatoria. Según los resultados obtenidos, la mayoría de la población percibió la obtención de agua para uso doméstico como una de las más importantes, seguidamente la tranquilidad y el uso del suelo para actividades agropecuarias. Lo anterior coincide con otros estudios en los cuales los servicios de abastecimiento son los más mencionados, lo cual puede ser debido a que estos son recursos tangibles de uso diario. Como principal impulsor de cambios en el entorno, el aumento de la urbanización ha causado pérdida de cobertura boscosa y de afluentes hídricos. Finalmente, se recomienda la implementación de

acciones que permitan mejorar el conocimiento de los habitantes sobre su entorno, para que así, desde acciones locales, logren mitigar el daño al ambiente.

PALABRAS CLAVE: Servicios Ecosistémicos; Percepción de Servicios Ecosistémicos; Urbanización; Impulsores de Cambios.

RESUMO: Neste estudo, foi feita uma abordagem à comunidade da aldeia de Barcelona para obter informações sobre a sua percepção dos serviços ecossistémicos que o ambiente lhes oferece, analisando o valor que lhes dão e as possíveis tendências de acordo com as características sociais. Para obter esta informação, foi criado um inquérito com perguntas fechadas e abertas, todas visando uma caracterização sociocultural da população e a obtenção de informações sobre os serviços ecossistémicos percebidos. Este inquérito foi realizado na aldeia de Barcelona, um sector rural localizado nos arredores de Villavicencio, onde 60 habitantes do sector foram inquiridos de forma aleatória. De acordo com os resultados obtidos, a maioria da população considerou a obtenção de água para uso doméstico como uma das mais importantes, seguida de tranquilidade e da utilização da terra para actividades agrícolas. Isto está em consonância com outros estudos em que os serviços de água são os mais mencionados, o que pode dever-se ao facto de se tratar de recursos tangíveis de utilização diária. Como principal motor das mudanças no ambiente, o aumento da urbanização causou a perda da cobertura florestal e a perda dos fluxos de água. Finalmente, recomenda-se que sejam implementadas acções para melhorar o conhecimento dos habitantes sobre o seu ambiente, de modo a que, através de acções locais, possam mitigar os danos para o ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Serviços Ecossistémicos; Percepção dos Serviços Ecossistémicos; Urbanização; Motores da Mudança.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas sustentan todas las actividades vitales de los seres humanos a través de los bienes y servicios que proporcionan. Estos son valiosos para el bienestar y el desarrollo económico y social que pueden garantizar el sostenimiento y crecimiento de las generaciones futuras. Beneficios como alimentos, agua, madera, purificación del aire, formación del suelo y polinización son algunos ejemplos de los llamados bienes y servicios ecosistémicos (SE) (Constanza, 1997; MEA, 2005; TEEB, 2010).

Autores como Ehrlich & Mooney (1983) afirman que los servicios ecosistémicos son básicamente funciones ecológicas del ecosistema. Definición que amplía Daily (1997) donde se refiere a que son un conjunto de condiciones y procesos, mediante los cuales cada ecosistema como fuente de materias primas, de alimento y de productos medicinales, ayuda a sostener la vida humana.

Otros expertos en materia ambiental resaltan la importancia de relacionarlos con la “capacidad de aquellos que satisfacen directa o indirectamente las necesidades, usos y preferencias humanas” (Daily, 1997); Groot et al., 2010).

Esta evolución del concepto “servicios ecosistémicos”, se da desde la rama de la ecología, donde se le atribuyen criterios de valoración: bienes y servicios ambientales, elementos clave para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, así mismo, el suministro de materia prima para la producción de alimentos y el bienestar humano (Constanza, 1997; MEA, 2005; TEEB, 2010).

La Comisión Europea (2009), determinó cuatro tipos diferentes de servicios, todos ellos vitales para la salud y el bienestar de los seres humanos:

- Servicios de aprovisionamiento de los bienes en sí, como alimentos, agua, madera y fibras.
- Servicios de regulación del clima y las precipitaciones, del agua (por ejemplo, las inundaciones), de los residuos y de la propagación de enfermedades.
- Servicios culturales que proporcionan la belleza, inspiración y los valores recreativos que contribuyen a nuestro bienestar espiritual.
- Servicios de soporte, como la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes, que son el sustento del crecimiento y la producción.

De acuerdo con lo anterior y siendo los ecosistemas de gran importancia para el desarrollo de las sociedades humanas, el cuidado del entorno natural debería ser

prioritario. No obstante, en la región de la Orinoquía colombiana, la priorización de las actividades comerciales ha generado cambios en su estructura y funcionalidad. La introducción de nuevas especies de flora y fauna provenientes de otras regiones, el uso y manejo del suelo para la implementación de nuevas prácticas agropecuarias, el crecimiento desmedido de la población en las zonas urbanas, son las principales actividades impulsoras del cambio que están relacionadas a este crecimiento económico (Velez, 2014).

En adición, todo esto ha sobrecargado el recurso hídrico que por décadas ha estado expuesto a múltiples presiones. La pérdida de afloramientos, disminución de áreas de recarga acuífera, eliminación de coberturas vegetales por avance de la frontera agrícola y urbanística, entre otros, son las principales amenazas para el sostenimiento de este recurso de vital importancia (Mejía, 2004).

Todo lo mencionado, sumado a los cambios globales en el campo ambiental, genera una gran incertidumbre sobre el futuro de la biodiversidad en la región y, sobre la capacidad de resiliencia de este sistema frente a las nuevas dinámicas locales y globales, de la cual depende la posibilidad de seguir proveyéndonos de los SE indispensables para adelantar nuestras actividades productivas y, principalmente, para garantizar el bienestar sostenido y equitativo de la población actual y futura (Lasso *et al.*, 2011).

El panorama ambiental de la región muestra la necesidad de buscar una gestión apropiada de los recursos naturales, es decir procurar el alcance de una relación sostenible entre las actividades económicas (y otras de origen antrópico) y los ciclos de recuperación de los recursos explotados (fenómenos propios del entorno), en cumplimiento con los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS), propuestos por las naciones unidas en la cumbre de Río+20 (DNP, 2018).

Una forma de migrar hacia una gestión sostenible de los recursos es a través de involucrar a las poblaciones a ser conscientes de los SE brindados por el entorno. De esta manera, se facilitaría la inclusión de prácticas sostenibles dentro del desarrollo de las nuevas políticas administrativas y los planes de desarrollo social. Para poder lograr este objetivo, es necesario tener claridad sobre la relación entre las comunidades humanas con su entorno, para así medir su grado de responsabilidad sobre los impactos ambientales locales (Villamagua Vergara, 2017).

La zona de estudio está situada en los Llanos Orientales, en los cuales se encuentra una gran riqueza hídrica que permite el desarrollo de una gran diversidad

de ecosistemas y especies (UNAL, 2012). Dentro de la Orinoquía colombiana se pueden apreciar algunas subregiones naturales como: el piedemonte, llanuras inundables y en el centro la altillanura, región que hoy atrae todas las miradas (Lasso *et al.*, 2011). Gracias a la gran extensión de la zona, a la heterogeneidad ambiental y diversidad de ecosistemas, esta región cuenta con características y dinámicas particulares que hacen parte de un engranaje indispensable para mantener la funcionalidad ecológica tanto de la Orinoquía misma, como la de toda la región latinoamericana (Lasso *et al.*, 2011). Con el fin de comenzar a construir una visión más completa del estado de conocimiento de la población sobre su entorno en la Orinoquía colombiana, se creó una encuesta para identificar los SE percibidos por un grupo de habitantes de la vereda Barcelona, un poblado ubicado en el departamento del Meta. Por medio de esta herramienta, se obtuvo información que permitió clasificar socioculturalmente la población encuestada y relacionarla con la percepción sobre su entorno y los SE identificados.

Para cumplir dicho objetivo el presente estudio busca:

- 1) Caracterizar la población según aspectos socioculturales y económicos.
- 2) Identificar los SE percibidos por algunos habitantes de la vereda Barcelona.
- 3) Establecer el nivel de importancia y uso que la población le da a los SE identificados.
- 4) Analizar la relación entre los cambios percibidos en el entorno por la población y sus respectivos impulsores

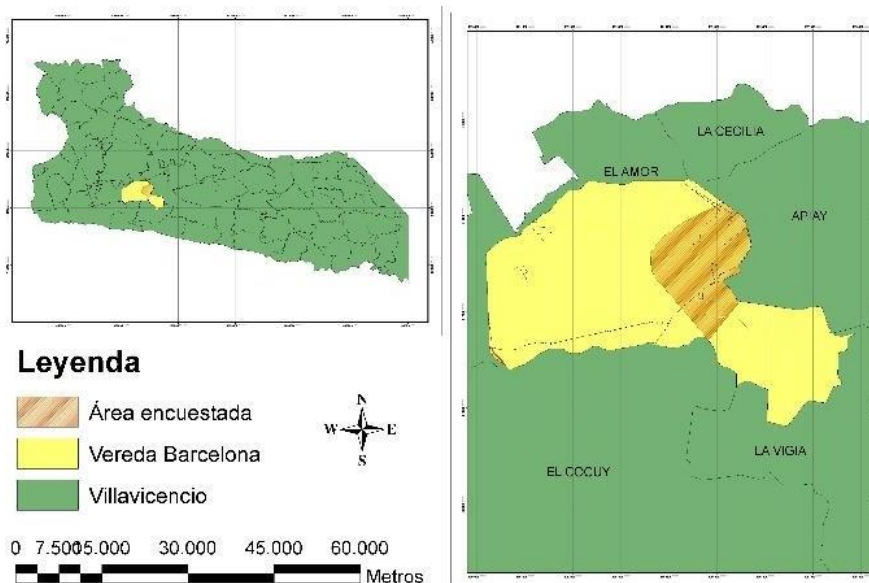
2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La vereda Barcelona está ubicada en el corregimiento N°.7, área rural de la ciudad de Villavicencio, limita al norte con la vereda El Amor, al noreste con las veredas La Cecilia y Apiay y al sur con las veredas El Cocuy y La Vigía. Sin embargo, la zona de estudio se ubica en la zona media de la vereda, con un área de 357,65 hectáreas.

Figura 1. Mapa base de la vereda Barcelona

MAPA BASE DE LA VEREDA BARCELONA, VILLAVICENCIO - META, COLOMBIA.



La zona de estudio se caracteriza por tener un clima típicamente cálido con temperaturas promedio a de los 25°C, temperatura baja con respecto a la ciudad principal (Villavicencio): El mes más cálido (con el máximo promedio de temperatura alta) es febrero (31.4°C) y el mes con el promedio de temperatura baja más alto es Marzo (22°C). (Weather Atlas, 2019).

La zona de estudio posee bosque tropical húmedo en zona de piedemonte, con precipitaciones media 3.000 mm/año (Alcaldía de Villavicencio, 2012).

Según el IGAC para el 2003, el área de estudio se encontraba cubierta en un 7,6% por bosque con intervención moderada y en proceso de regeneración natural, 0,32% de bosque con vegetación arbustiva predominante mezclada con algunas proporciones de vegetación arbórea, 1,04% a vegetación arbustiva y herbácea o de rastrojo, 52,97% praderas, 1,19% lecho fluvial, 0,53% área construida, así como los cultivos transitorios, permanente y semi permanentes y zonas degradadas que forman el otro 36,29 %.

Actualmente se observa un conflicto por uso del suelo, pues la urbanización se ha expandido y a su paso ha generado fuertes intervenciones en el medio (IGAC, 2016).

Hacia finales del año 2014, durante el Tercer Censo Nacional Agropecuario realizado por el DANE, se informó que en la vereda Barcelona había 168 hogares conformados en promedio por cuatro personas. Según este mismo documento, la

distribución de la ocupación de los habitantes era la siguiente: sector agropecuario (33%), hogar (27%), agricultura, comerciante y estudiante (13%). En cuanto a educación, el 81% de la población cursó la primaria, el 73% terminó la secundaria, el 20% se está preparando para ser profesional, el 20% no tiene estudios y sólo el 13% de la población tiene estudios superiores. Por otro lado, el 60% de las personas entrevistadas cuentan con parcela propia y el 40% habitan en parcelas arrendadas.

2.2 Muestreo y recolección de datos

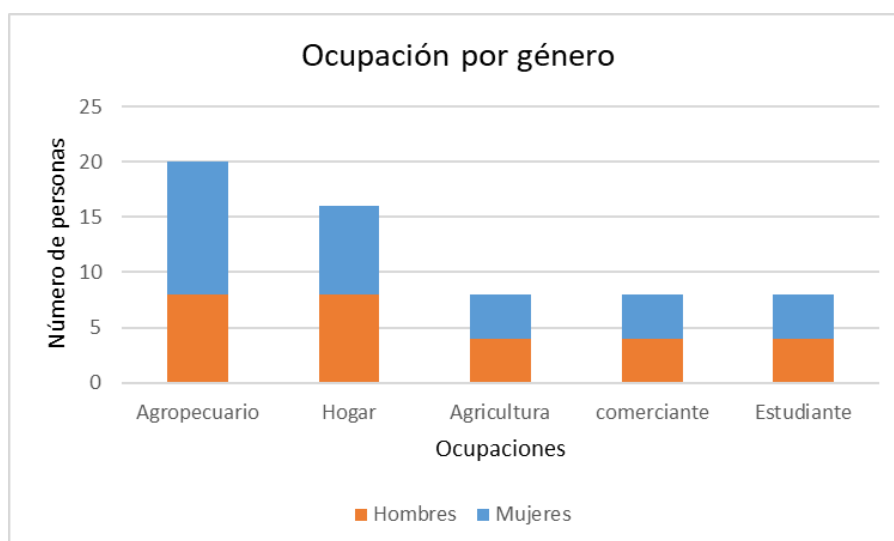
La encuesta fue realizada por estudiantes de I semestre de Especialización en Gestión Ambiental Sostenible de la Universidad de los Llanos en el mes de marzo, primer trimestre del año 2019. El instrumento desarrollado para la recolección de información fue una encuesta que constó de una serie de preguntas de única respuesta para la clasificación sociocultural de la población encuestada y algunas preguntas abiertas, para que, por medio de un intercambio de saberes, se pudiera tener claridad sobre el conocimiento relacionado con la percepción de los SE.

Dentro de la encuesta desarrollada, las preguntas abiertas se enfocaron en consultar la idea que se tenía de medio ambiente en el sector y que percepción tenían sobre los beneficios que este le estaba ofreciendo. De igual manera, posterior a esta indagación, se formularon preguntas sobre la percepción de la importancia de los beneficios mencionados, el uso de agua, su calidad, los cambios ambientales percibidos, posibles causantes y el manejo de la disposición de las basuras.

El muestreo fue de tipo aleatorio, es decir, a partir de la población civil residente de la zona seleccionada, se escogieron al azar las personas que diligenciaron la encuesta. Esta fue aplicada a 60 personas pertenecientes a la población civil residente de la zona. En total la población constó de 32 mujeres y 28 hombres que se encontraban distribuidos en todos los rangos de edad determinados, desde menos de 20 años hasta 60 años en adelante (Figura 2).

De las personas entrevistadas el 53% viven en la zona de estudio hace más de nueve años; el 27% vive en el lugar hace más de 19 años y el 20% viven allí hace más de 40 años.

Figura 2. Distribución de la población por rangos de edad y género.



2.3 Análisis de datos

Para catalogar la información colectada se realizó un análisis tabular en el cual se relacionaron las variables de clasificación de la población y las variables de percepción de los SE que fueron definidas a partir de las respuestas de las preguntas abiertas y cerradas de la encuesta. Con base en estas respuestas se construyeron categorías analíticas dentro de las cuales se buscó respetar las categorías nativas de acuerdo con la metodología empleada por Villamagua Vergara (2017). Adicionalmente, para el análisis cuantitativo se tuvieron en cuenta la frecuencia de las respuestas relacionadas a una o más de las categorías analíticas determinadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Servicios ecosistémicos percibidos en el área de estudio

Los SE percibidos fueron en su mayoría servicios de aprovisionamiento (53,19%), seguidos por los servicios culturales (27,66%) y los servicios de regulación (19,16%). Por otro lado, ningún SE relacionado con las funciones de sostenimiento fue identificado (Tabla 1).

De manera específica aquellos beneficios identificados con mayor frecuencia fueron el agua para consumo doméstico (31,91%), seguido de la tranquilidad-paz del sector (14,89%) y la provisión de alimentos (12,77%). En contraste, aquellos que fueron identificados con menor frecuencia fueron regulación de clima (4,26%), control

de plagas y enfermedades (4,26%), obtención de materia prima (2,13%) y valores estéticos (2,13%).

La mayoría de los pobladores reconocieron el agua como el SE más importante. En todos los hogares encuestados el agua es obtenida de pozos subterráneos a través de electrobombas, es decir, se abastecen del agua mineral almacenada en el subsuelo.

Tabla 1 Servicios ecosistémicos percibidos por la comunidad

Servicios ecosistémicos	Descripción	f (%)
Aprovisionamiento		53,19 %
Alimentos	Provisión de plantas y frutas comestibles	12,77%
Materia prima	Leña para cocinar	2,13%
Recursos medicinales	Provisión de plantas medicinales endémicas	6,38%
Agua potable	Provisión de agua para consumo	31,91 %
Regulación		19,16 %
Regulación de la calidad del aire	Se respira aire más puro; se disfruta de la brisa	10,64 %
Regulación del clima	Clima fresco con respecto a la ciudad	4,26%
Control de plagas y enfermedades	Uso de productos naturales para control de plagas en animales y plantas	4,26%
Culturales		27,66 %
Valores estéticos	Es un lugar muy bonito	2,13%
Recreación y ecoturismo	En diferentes ríos las personas se bañan y disfrutan	10,64 %
Salud física y mental	Tranquilidad y paz	14,89 %

En cuanto a la calidad del agua, los encuestados manifestaron que es de calidad apropiada para las labores domésticas (bañarse, lavar ropa, limpieza, entre otros), pero para hidratación y cocina, compran agua en las tiendas y supermercados locales.

De acuerdo con el resto de los servicios de aprovisionamiento, 24 personas manifestaron obtener alimentos por medio de actividades agropecuarias desarrolladas de forma artesanal, de estas, 12 mujeres cabeza de hogar y cuatro hombres llevan a cabo estas actividades, combinando las labores de siembra de plantas para su consumo (huerta casera) y la crianza de pollos para la obtención de huevos y carne. En cuanto a las actividades agrícolas, se identificó la siembra de plátano (*Musa*

paradisiaca), yuca (*Manihot esculenta*), árboles frutales: mango (*Mangifera indica*), naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus latifolia*), carambola (*Averrhoa carambola*), especies promisorias como el níspero (*Mespilus germanica*) y especies maderables como el roble morado (*Tabebuia rosea*).

Algunas personas manifestaron tener plantas medicinales en sus jardines, estas identificaron a las siguientes especies: sábila (*Aloe vera*), limonaria (*Cymbopogon citratus*), Mirto (*Myrtus communis*) y la caléndula (*Calendula officinalis*).

Por otro lado, un 73,3% de las personas encuestadas mencionaron que disfrutaban vivir en el sector gracias a los servicios culturales obtenidos. De estos los más representativos fueron “tranquilidad” y “recreación”.

Finalmente, un 60% de las personas encuestadas indicaron disfrutar de la calidad del aire de la zona, el cual consideran es “menos” contaminado que el de la ciudad de Villavicencio. En adición, la regulación del clima fue otro aspecto de relevancia para los moradores del sector, quienes se refirieron a este como de clima “fresco”.

3.2 Uso de los recursos en la vereda Barcelona

En orden de mayor a menor frecuencia de uso de los SE, se identificaron los siguientes: agua potable, salud física y mental, obtención de alimentos, recreación y turismo, regulación de la calidad del aire, obtención de plantas medicinales, regulación del clima, control de plagas y obtención de materia prima (Figura 3).

De los tres más frecuentes, se encuentran dos servicios de aprovisionamiento y uno perteneciente a los servicios culturales. En esta sección se vuelve a observar la tendencia de reconocer el agua como el SE más importante, esto debido a que estas personas consideran que es un recurso indispensable para su calidad de vida (Figura 3).

En proporciones similares se observó que en la vereda los SE más aprovechados después del agua son el uso del suelo, recreación y turismo y aspectos relacionados con la tranquilidad que les brinda vivir en el sector rural. En contraste, el uso de materia prima como leña fue uno de los menos mencionados junto con los valores estéticos, los cuales fueron reconocidos sólo por cuatro encuestados (Figura 3).

Figura 3. Uso de los recursos en la zona de estudio



3.2.1 Uso del suelo en la vereda Barcelona

El suelo de la vereda Barcelona es usado principalmente para el establecimiento de viviendas (48%), es decir, para uso residencial. La mayoría de las nuevas edificaciones del sector fueron destinadas para el alquiler a estudiantes de la Universidad de los Llanos, incluyendo algunas casas familiares que tenían habitaciones destinadas para ese fin.

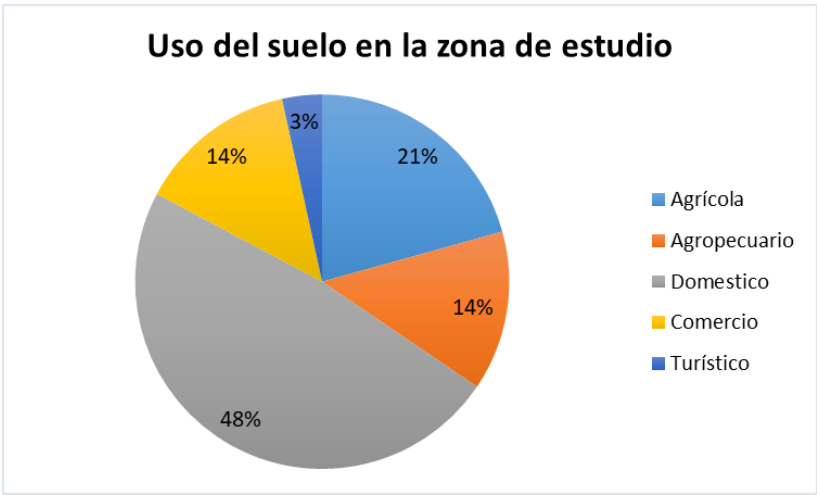
El segundo destino de los suelos de las casas encuestadas fue para el desarrollo de actividades agrícolas (21%), que en conjunto con las actividades agropecuarias (14%), constituyen un 35% de los suelos encuestados que se encontraban destinados a actividades de abastecimiento de alimentos. Se encontró que en estos hogares se clasifican los residuos orgánicos para la fertilización de los suelos y, en algunos casos, para la alimentación de los animales de cría. Incluso dos de estas casas se lucran con la venta de los productos obtenidos; en una de ellas había venta de huevos de gallina y en la segunda venta de bulk containers de agua hacia Villavicencio. Cabe resaltar que ninguno de los encuestados reconoció algún SE de sostenimiento, incluso cuando de manera intuitiva disponían los desechos orgánicos para aportar a los procesos de ciclo de nutrientes de sus suelos.

Un 14% de las casas encuestadas usan el suelo con fines comerciales, con establecimientos que se dedican a la venta de alimentos y licores, los cuales se benefician directamente de los habitantes del sector quienes son sus principales clientes. Uno de los dueños de estos establecimientos mencionó el hecho de que el

aumento de viviendas en el sector ha generado un crecimiento económico que se ve reflejado en el establecimiento de otros locales de tipo comercial que se lucran de diferentes servicios: canchas de fútbol, restaurantes, centros recreativos. De igual manera los propietarios de los negocios señalan que este fenómeno ha sido impulsado por la influencia de las actividades académicas de la sede Barcelona de la Universidad de los Llanos, que atrae personas de diferentes partes del país.

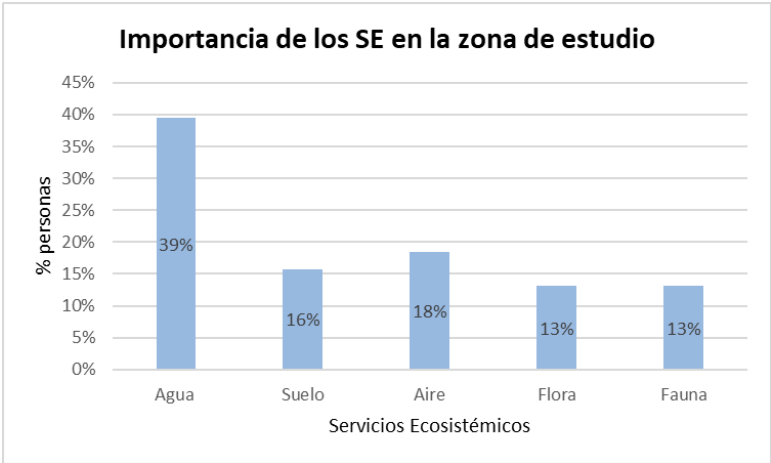
Finalmente, un 3% de los encuestados menciona que uno de los usos que le da al suelo es para recrearse, mencionando que se recrea visitando zonas verdes, piscinas y cuerpos de agua natural.

Figura 4. Uso del suelo en el área de estudio



3.3 Importancia de los se en el área de estudio

Figura 5. Importancia de los SE en el área de estudio



Los resultados de las encuestas arrojaron que el 100% de las personas

encuestadas coincidieron en que el agua es el recurso más importante que obtienen de la vereda, pues como se mencionó anteriormente, es el recurso que más usan en su día a día. El aire (18%) es el segundo recurso de mayor importancia para la comunidad encuestada, pues en varias ocasiones expresaron su agrado por vivir en un ambiente con una alta calidad del aire y tranquilidad. Por otro lado, se encontró al suelo como el tercer recurso de mayor importancia, pues en este realizan actividades agrícolas para proveerse de alimentos. Finalmente, la flora y la fauna tienen la menor importancia para la población encuestada (13%) (Figura 5).

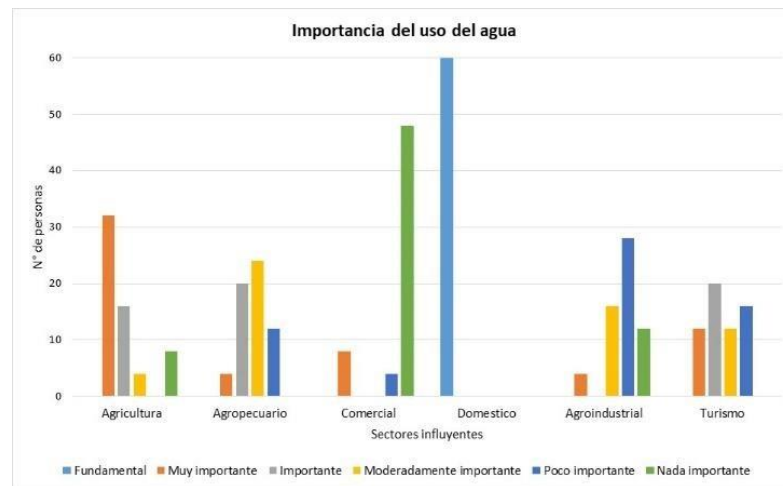
3.2.1 Importancia del agua según los sectores influyentes en el área de estudio

Dentro de la encuesta se indagó sobre cómo los encuestados priorizan el uso del recurso según las necesidades que les representa su día a día. Esto, teniendo en cuenta que el agua fue el recurso que más usado por la comunidad y, al mismo tiempo, fue calificado como el más importante.

Para el 100% de las residencias familiares encuestadas, el agua es un recurso fundamental para el uso doméstico. Por otro lado, el sector comercial calificó como nada importante el recurso en un 93% de los casos. En el caso de la agricultura, fue ampliamente valorado el recurso hídrico con el 53,3% de los casos se calificó como muy importante y solo el 7% expresó que es moderadamente importante.

Por otro lado, el sector agropecuario en promedio consideró que el agua es moderadamente importante, mientras que en el sector agroindustrial lo calificaron como poco importante. Finalmente, en el turismo, el agua se considera como un recurso importante para la mayoría de las personas encuestadas y en este caso, ninguna de las personas consideró que sea para nada importante.

Figura 6. Importancia del uso del agua



3.4 Factores que influyen en el valor de importancia que las personas asignan a los SE

Algunos factores sociales que pueden afectar la percepción de la importancia de los SE; tales como el género, la edad y el tiempo de residencia en la vereda. Por tal motivo todos estos aspectos fueron evaluados en la encuesta. Existen estudios en donde se mencionan factores como la edad, el género, el nivel de educación, los ingresos y la tenencia de propiedades (Aguilera, 2014).

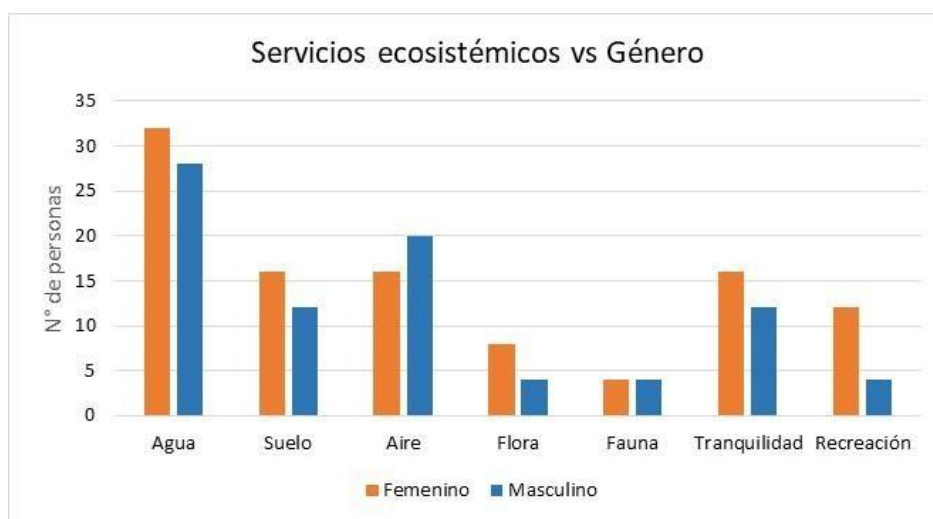
3.4.1 Género de la población el área de estudio

De la población encuestada, el 100% considera que el SE más importantes es el agua, seguido del suelo, aire, tranquilidad, la recreación, la flora y la fauna. Por otro lado, se observa que las mujeres en general tienden a darle más importancia a los beneficios que obtienen del ambiente (5 de 7 SE) con respecto a los hombres (Figura 7).

El 71,42% de los hombres considera importante el aire mientras que solo el 50% de las mujeres están de acuerdo, en compensación, ellas prefieren la tranquilidad y la recreación en mayor medida que los hombres.

El 62,5% de las mujeres encuestadas realizan actividades de agricultura y tienden a valorar la tranquilidad.

Figura 7. Servicios ecosistémicos vs Género



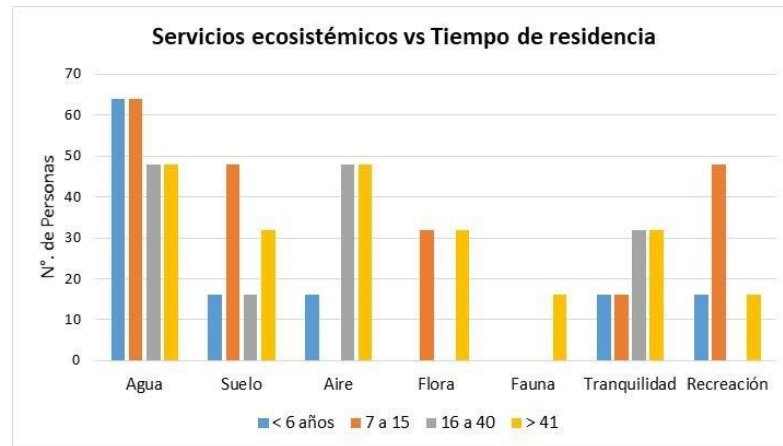
Edad de la población en el área de estudio

En esta sección, la percepción del agua como el SE más importante coincidió para todos los rangos de edad. Teniendo en cuenta lo anterior, las diferencias en la percepción, influenciadas por la edad, fueron evidentes en la clasificación de los SE que le seguían en importancia al agua. Para la población mayor de 60 años, la calidad del aire y la tranquilidad que les brinda la vereda, fueron de gran relevancia, dejando por último la recreación (Figura 8).

Por su lado, la población entre los 51-60 años no mencionó ningún otro SE de forma explícita. La población entre los 41-50 años, le dio igual trascendencia tanto al agua, el suelo, el aire, la flora y la tranquilidad. En tanto, la población entre los 31-40 años, identificaron la recreación como el segundo SE de mayor importancia, dejando al uso del suelo y la variedad de plantas como los SE de menor importancia para ellos.

Entre tanto la población entre los 21-30 años, no brindó suficiente información y clasificó sólo al agua como el más importante. Por último, la población menor a 20 años mencionó como igual de importantes el aprovechamiento del suelo, calidad del aire, diversidad de flora y fauna, pero todos inferiores en importancia al abastecimiento de agua.

Figura 8. Servicios ecosistémicos vs Edad



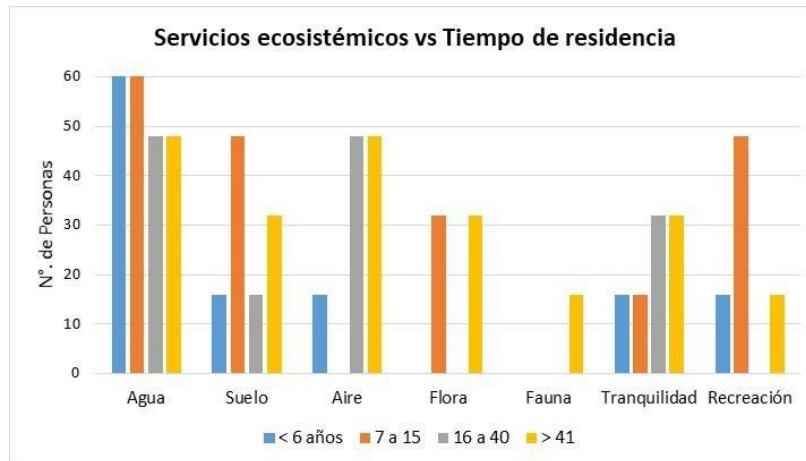
Tiempo de residencia de la población en el área de estudio

Dentro de la población encontrada se hallaron personas que llevan diferentes tiempos de residencia en el sector. Dos encuestados mencionaron viviren el sector más de la mitad de su vida, uno de más de 41 años y otro, un ex trabajador de la Universidad de los Llanos afirmó residir en la vereda por 70 años. Este grupo de personas aprecia en mayor medida el agua y el aire, seguido por el suelo y la flora. De igual manera, estos mostraron tener un mayor conocimiento ambiental y la aplicación de hábitos sostenibles como la clasificación de residuos, reutilización de elementos usados, huertas caseras y cría de gallinas.

Por otro lado, las personas que residen en la zona desde hace 16 a 40 años, le dan más importancia al agua y el aire, seguido por la tranquilidad y en menor medida el suelo (Figura 9). En adición, las personas que tienen de 7 a 15 años de residencia en la vereda tienden a valorar por sobre todos los recursos el agua, seguido del suelo y la recreación en términos equivalente; en menor medida la flora y en último lugar la tranquilidad.

Finalmente, para la población que lleva relativamente poco tiempo residiendo en el área de estudio (menos de 6 años), alcanzan a percibir sólo cuatro de los siete SE que el resto de la población identificó. Dándole a todos la misma importancia: suelo, aire, tranquilidad y, por último, recreación. Se notó de manera general que aquellos que llevaban menos tiempo de residencia eran estudiantes de otras partes del país.

Figura 9. Servicios ecosistémicos vs Tiempo de residencia



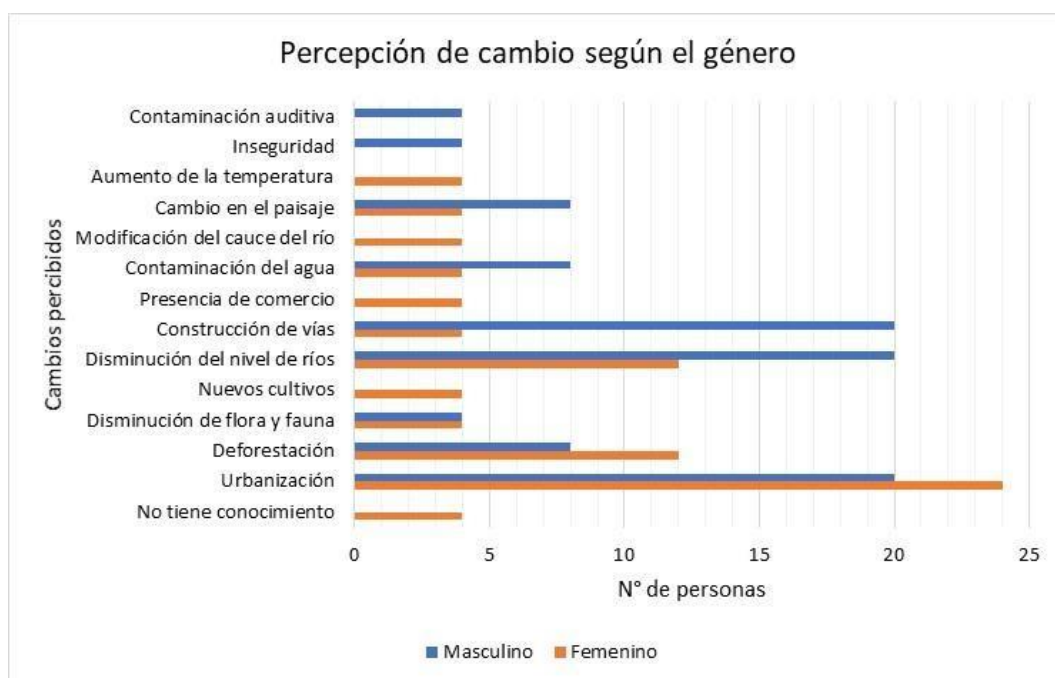
3.5 Percepción de cambio en los se provistos en el área de estudio

Las mujeres lograron identificar el 63% de los cambios observados en el entorno durante el tiempo que estuvieron viviendo allí; mientras que los hombres, identificaron el 37% del total de los cambios (Figura 10).

De los 13 cambios que la comunidad percibió, el más frecuente fue el de la expansión de la frontera urbana, donde el 100% de las mujeres percibieron el cambio con respecto al 87.5% de los hombres. Los cambios observados fueron la disminución del nivel de los ríos y así mismo la construcción de vías secundarias y terciarias, estas dos últimas percibidas en mayor medida por los hombres.

Adicionalmente, los tres siguientes cambios percibidos fueron la deforestación, la contaminación de las fuentes hídricas y el cambio del paisaje. Por otra parte, los cambios percibidos con menor frecuencia fueron la contaminación auditiva, la inseguridad, el aumento de la temperatura, modificación del cauce del río, presencia de comercio, nuevos cultivos y, finalmente, la disminución de la flora y fauna.

Figura 10. Percepción de cambio por la población en el área de estudio



3.6 Impulsores del cambio

Teniendo en cuenta los cambios que la comunidad percibió, así mismo se identificaron los “impulsores” o detonantes que causaron los cambios (Tabla 2). La pérdida de zonas verdes a causa del aumento de la urbanización fue el cambio que se percibió con mayor frecuencia, según lo dicho, este cambio ha sido impulsado por el crecimiento económico, atado a la influencia de la sede de la universidad sobre el crecimiento poblacional.

Para el caso de la deforestación, la disminución de la flora y fauna, la presencia de comercio, la modificación del cauce del río, la inseguridad y la contaminación auditiva, la expansión urbana es el impulsor principal. Asimismo, la presencia de nuevos cultivos que han modificado la estructura del paisaje ha sido impulsada por la necesidad de la población de generar ingresos y reducir gastos en alimentación.

En adición, los impulsores que generan la construcción de vías son el crecimiento económico, el proyecto de unión de la vía Puerto López y la vía Acacías. Por otro lado, la contaminación de las fuentes hídricas es impulsada porque el alcantarillado no es apto para el tamaño de la población y por la ubicación de casas dentro de la ronda hídrica de los cuerpos de agua.

Otro de los cambios percibidos es el cambio en el paisaje, generado por la tala indiscriminada y así mismo, la expansión urbana. El aumento de la temperatura se

debe al cambio climático, lo cual se relaciona con los impulsores anteriormente mencionados.

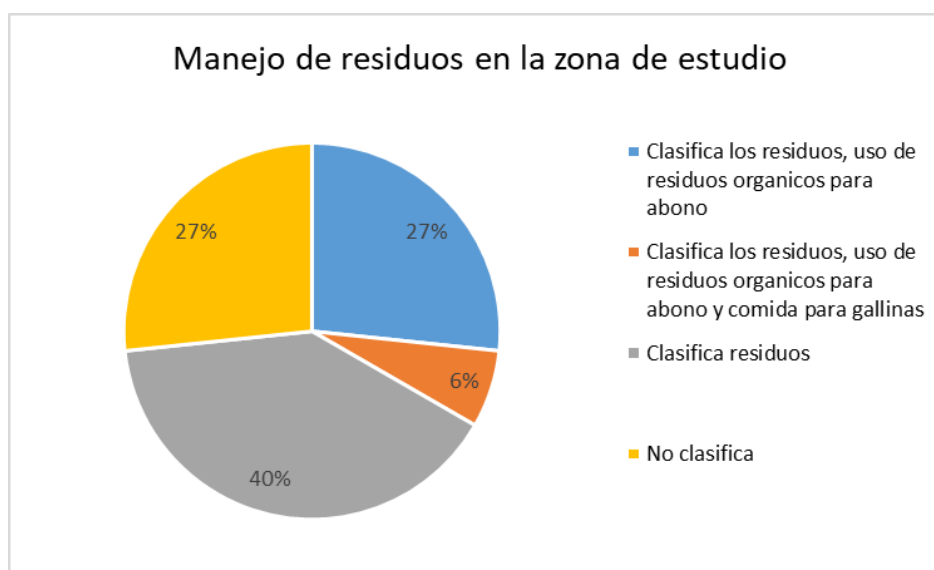
Tabla 2. Percepción e impulsores de cambio

PERCEPCIÓN DE CAMBIO	IMPULSORES
Aumento de la urbanización	Crecimiento económico
	Personas buscan tranquilidad
Deforestación	Expansión urbana
Disminución de flora y fauna	Expansión urbana
Nuevos cultivos	Generar ingreso económico
	Disminución de gastos en alimentos
Disminución del nivel de los ríos	Urbanización en zonas aledañas a cuerpos de agua
Construcción de vías	Crecimiento económico
	Proyecto vía Puerto López – vía Acacías
	Beneficio político
Presencia de comercio	Expansión urbana
Contaminación de fuentes hídricas	Alcantarillado no es apto
	Ubicación de casas aledañas a cuerpos de agua
Modificación del cauce del río	Expansión urbana
Cambio en el paisaje	Deforestación
	Expansión urbana
Aumento de la temperatura	Cambio climático
Inseguridad	Expansión urbana
Contaminación auditiva	Expansión urbana

3.7 Manejo de los residuos en el área de estudio

De las personas encuestadas el 40 % clasifica los residuos en cartón, plástico y vidrio. Por otro lado, el 27% no clasifica los residuos, desechándolos en un 100% en el servicio público de recolección de basuras. El 6 % de la población clasifica los residuos orgánicos e inorgánicos para actividades agropecuarias tales como: abono para las plantas de traspatio y para alimento de animales de cría como pollos; la población restante (27%), clasifica los residuos inorgánicos y los orgánicos los emplea como abono para las plantas, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Manejo de residuos en el área de estudio



3.8 Percepción social e importancia de los SE

Estudios anteriores a nivel internacional como el de Infante & Arce (2015), coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde los SE mayormente percibidos son los de aprovisionamiento. En esa investigación realizada en Quintana Roo, Cancún (México), se relacionan las categorías analíticas y no se muestran indicadores que permitan tener una idea clara sobre cuales SE son los más reconocidos, no obstante, dentro de los servicios descritos coinciden con los de obtención de alimentos, agua potable y recursos como leña para cocinar. Esto coincide con el artículo de Villamagua (2017), que relaciona que los SE de aprovisionamiento fueron los identificados en mayor medida por la población encuestada.

Las posibles causas de la identificación de servicios de aprovisionamiento por encima del resto, puede ser porque la percepción de la población civil de esta zona rural identifica aquellos beneficios que le son directos, es decir, aquellos beneficios que logran satisfacer sus necesidades inmediatas tales como obtención de agua y alimento. De acuerdo con lo discutido por Villamagua (2017), este fenómeno es diferente al ocurrido en áreas urbanas donde los servicios de regulación y culturales son más populares, pues estos interfieren en las dinámicas de las ciudades en actividades que permiten la regulación de los nutrientes de los suelos, la recuperación de las fuentes hídricas y las variables interpretaciones culturales de los servicios

según el uso determinado para el suelo.

En contraste a esta situación, Rodríguez García *et al.* (2016), quien realizó un estudio parecido, pero en una población rural de los Alpes Italianos donde los servicios de regulación fueron identificados en mayor medida con respecto a los servicios de aprovisionamiento. En este, los encuestados reconocieron como más importantes a los servicios de regulación relacionados con protección en contra de diferentes desastres naturales, tales como erosión, avalanchas, inundaciones y deslizamientos de tierra. Este contraste puede deberse a razones culturales, pues en estas comunidades de países desarrollados, tienen muy bien identificados los posibles desastres naturales que generan grandes pérdidas a los sectores productivos del campo, contrario a la realidad de las zonas rurales latinoamericanas donde la industrialización del campo está aún limitada y carece de estudios de tipo ambiental.

Otro estudio similar realizado en el Parque Nacional de Tatra en Polonia (Getzner, 2010), muestra como coincidencia que el servicio de obtención de agua para consumo también fue identificado como el más importante. Aunque los resultados fueron similares a los encontrados en la vereda Barcelona, en el parque natural de Polonia esta situación es influenciada principalmente por factores económicos, pues en este sector el recurso agua está asociado a altos precios que regulan la demanda según la oferta, caso contrario a la vereda de Barcelona donde el agua es obtenida de forma natural y sin sobrecostos diferentes al precio de la perforación, compra de las electrobombas y su mantenimiento. Es importante mencionar que, aunque el recurso no les representa un alto precio económico, es de los más apreciados, aunque esto puede no corresponder a un uso sostenible del mismo.

A diferencia de los resultados encontrados por Infante & Arce (2015) y Villamagua (2017), en la vereda Barcelona los SE de regulación fueron los menos mencionados. Esta dinámica puede ser influenciada por el hecho de que la mayoría de las personas encuestadas se encontraban en el sitio principalmente por beneficios culturales como paisajes “bonitos”, tranquilidad y paz. Esto nos puede estar indicando que los habitantes encuestados no evidencian de forma directa una afectación por la alteración en los ciclos de regulación del entorno, lo cual puede ser resultado de falta de conocimiento sobre estas dinámicas. No obstante, beneficios percibidos como “clima más fresco” y “aire menos contaminado”, fueron los SE de regulación percibidos con mayor frecuencia, los cuales se encuentran directamente relacionados con el sustento de los beneficios culturales mencionados.

3.9 Influencia de los factores socioeconómicos en la percepción de los SE

Para entender correctamente el valor de los SE, se parte de lograr un acercamiento a la comunidad para conocer el contexto en el que se encuentra la población, con el fin de lograr, en palabras de Rodríguez Biella (2006): un “*adecuado entendimiento de la significación humana en dichas situaciones*”. De esta forma, entender el contexto histórico y geográfico en el que se encuentra el universo encuestado tal como las relaciones que se presentan en su ambiente natural y social (Cáceres, 1995).

En un estudio de Aguilera (2014) se tuvieron en cuenta factores socioeconómicos similares a los del presente estudio, que afectan la percepción de los SE, tales como: el género, la edad, el nivel de educación, y la tenencia de tierra, además, hacen mención a los ingresos económicos. Para la presente investigación, se obtuvo que en cuanto al género, las mujeres tienen un fuerte vínculo con el mundo natural y perciben con mayor facilidad los beneficios que obtienen de la vereda, así mismo, los cambios que se generan con el tiempo.

Por otro lado, el uso del suelo como servicio de abastecimiento de alimentos a partir de actividades agropecuarias artesanales fue muy común en la población encuestada con más de 40 años, quienes al mismo tiempo son los habitantes más antiguos de la zona (Figura 9). Caso contrario parece ocurrir en la población más joven quienes priorizan los SE asociados a actividades recreativas o sólo reconocen el agua como el beneficio más relevante. Esto es similar a lo encontrado por Villamagua (2017), quien evidenció que las personas que tenían los niveles educativos más bajos y que al mismo tiempo tenían mayor edad, lograban reconocer una gama de SE más amplios que los profesionales y estudiantes de educación superior. Esto puede ser consecuencia de que las personas mayores conservan costumbres tradicionales que buscan en el autoabastecimiento.

4.0 Percepción del cambio en los ecosistemas y sus principales impulsores

La mayoría de las personas que lograron identificar modificaciones antrópicas en el entorno, coincidieron en que el aumento de la urbanización ha sido el principal impulsor del cambio en el entorno natural. En la tabla 2, se evidencian distintos impulsores indirectos que coinciden en un aumento continuo de la construcción de

obras civiles en la vereda, es decir, en la “urbanización” de este sector “rural”, que trae como consecuencia la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación de las zonas verdes.

En el estudio de Villamagua (2017) se identificaron como impulsores de cambio en los SE de forma directa: la tala ilícita, cambio del uso del suelo y la expansión agropecuaria y de forma indirecta: el crecimiento poblacional, la contaminación del agua y prácticas agro-pastoriles. Estos últimos coinciden con los cambios encontrados en el presente estudio, siendo el crecimiento poblacional uno de los más mencionados, seguidos de pérdidas de afluentes hídricos y el establecimiento de un cultivo de piña en el sector que colinda con la vía Villavicencio – Puerto López.

En general, los adultos encuestados de más de 60 años y con más de 20 años de vivir en el sector (40%), manifestaron que la llegada de la sede de la Universidad de los Llanos ha sido una de las impulsoras del crecimiento de la población, en compañía con el crecimiento de Villavicencio hacia ese sector. Esto logra soportarse en el hecho de que el 20% de los encuestados eran estudiantes universitarios que viven en el sector arrendados y sólo se encuentran mientras se desarrollan las actividades académicas de la Universidad.

Adicionalmente, dentro de las personas que identificaron cambios, se mencionó que la construcción de un conjunto residencial con aparta-estudios para estudiantes, era la construcción urbana más reciente, la cual estaba relacionada con la pavimentación de una de las vías de la vereda.

4. CONCLUSIONES

Los SE en orden de importancia para los habitantes de la vereda Barcelona fueron: el agua, seguido del aire debido a los beneficios que trae en términos de calidad y la tranquilidad que genera vivir en un ambiente natural. Por otro lado, se encontró al suelo como el tercer recurso de mayor importancia, pues en este realizan actividades agrícolas para proveerse de alimentos, además de fundamentar el hecho de que los servicios de abastecimiento fueron los más mencionados por los encuestados. Finalmente, la flora y la fauna tienen la menor importancia para la población encuestada.

Los cambios percibidos en los SE de la vereda Barcelona, fueron el acelerado proceso de urbanización del sector, que ha traído consigo la pérdida de cobertura

boscosa y afluentes hídricos. Esto al parecer impulsado por la permanencia de la sede principal de la Universidad de los Llanos y el crecimiento de Villavicencio hacia ese sector. Asimismo, estos cambios fueron percibidos en un 63% por parte de las mujeres, pudiendo ser este un indicio sobre una relación fuerte entre el género femenino y el ambiente. Por último, este aumento de la población trajo consigo la introducción de nuevas especies de flora y fauna proveniente de otras regiones, el uso y manejo del suelo para la implementación de nuevas prácticas agropecuarias.

De manera resumida, es preciso que se lleven a cabo diversas actividades que involucren a los residentes de la vereda Barcelona, con el fin de concienciar a la comunidad acerca de la importancia y valor de los SE, para que de esta manera se inicien acciones locales que disminuyan los impulsores del cambio climático y la degradación ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la comunidad local de la vereda Barcelona del municipio de Villavicencio, por su tiempo y contribución al desarrollo de la investigación. De manera especial se agradece al señor Demetrio Ladino por su caluroso recibimiento en su hogar, además de compartir todo su valioso conocimiento, su increíble jardín lleno de plantas exóticas y todos sus hábitos de vida, que nos enseñaron a través del ejemplo cómo aplicar acciones sostenibles desde nuestros hogares.

REFERENCIAS

Aguilera, A. (2014). *Valoración de servicios ecosistémicos de la vegetación urbana en una ciudad desértica* (Pontificia Universidad Católica de Chile). Retrieved from http://estudiosurbanos.uc.cl/images/tesis/2014/MHM_Armando_Aguilera.pdf

Alcaldía de Villavicencio. (2012). *Detalles para el Suelo*. Retrieved from http://antigua.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=732&tmpl=component&Itemid=88

Cáceres, D. (1995). Estrategias campesinas en sociedades rurales contemporáneas. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 1.

Constanza, R. (1997). Valuing ecosystem services with efficiency, fairness and sustainability as goals. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 49–70.

Daily, G. (1997). Introduction: What are ecosystem services? In G. Daily. *Natural Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*.

DNP. (2018). *Objetivos del desarrollo sostenible*. Retrieved from https://www.ods.gov.co/es/data-explorer?state=%7B%22goal%22%3A%221%22%2C%22indicator%22%3A%221.3.1.C%22%2C%22dimension%22%3A%22DES_GEO_DEPTOS%22%2C%22view%22%3A%22line%22%7D

Ehrlich, R., & Mooney. (1983). Extinction, Substitution, and Ecosystem Mooney Source. *BioScience*, 248–254.

Groot, R. A., Willemen, Braat, Hein, & Challenges. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 260–272.

IGAC. (2016, August). “Uso inadecuado” manda la parada en el 28% de los suelos de la Orinoquía. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

Infante, K., & Arce, A. (2015). Percepción local de los servicios ecológicos y de bienestar de la selva de la zona maya en Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas*, 67–81. Retrieved from <https://pdf.sciencedirectassets.com/312399/1-s2.0-S0188461115X72633/1-s2.0-S0188461115300078/main.pdf?x-amz-security-token=FQoGZXIvYXZlEAUaDHeBVZ5kTtKLliw6yK3A%2BhcLbxJYaNJbbr%2BSmA%2BpTsw5fv6wXUvXUE1Mhj0Ksvl9GhBUgDfUM5pRH8RBsdNcKFJ7HFH0K%2BqUvWN%2B5NXM>

Lasso, C. A., Rial, A., Matallana, C. L., Ramírez, W., Señaris, J. C., Díaz-Pulido, A., ... Machado-Allison, A. (2011). *BIODIVERSIDAD DE LA CUENCA DEL ORINOCO II. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE*. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/6639/1/BIODIVERSIDAD_DE_LA_CUENCA_DEL_ORINOCO.pdf

MEA. (2005). *Ecosystem and human well-being: A framework for assessment*. Washington: Island Press.

Mejía, C. (2004). “*DESAFIOS PARA LA GESTION AMBIENTAL FRENTE A LA INTEGRACION ECONOMICA: EL SALVADOR, HONDURAS Y NICARAGUA.*”

Rodríguez Biella, P. (2006). *Actores, agencia y etnografía: el análisis de interfases y la extensión rural*.

Rodríguez García, L., Curetti, G., Garegnani, G., Grilli, G., Pastorella, F., & Paletto, A. (2016). La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 41–52. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100005>

TEEB. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. *Earthscan*, 4, 79–88. Retrieved from <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/>

UNAL. (2012). Región de la Orinoquía: Contenido.

Velez, M. T. (2014). *SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL: NUESTRA ÚLTIMA FRONTERA*. Retrieved from [http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/4814/1/Sostenibilidad ambiental.pdf](http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/4814/1/Sostenibilidad%20ambiental.pdf)

Villamagua Vergara, G. (2017). Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 102–114. Retrieved from https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec_a2017v27/revibec_a2017v27p102.pdf%0Ahttps://www.redibec.org/revista/revibec

Weather Atlas. (2019). Previsión meteorológica mensual de Villavicencio. Retrieved March 20, 2019, from <https://www.weather-col.com/es/colombia/villavicencio-clima#temperature>

CAPÍTULO 10

FONTES MATERIAIS DO DIREITO AO MEIO AMBIENTE COMO DIREITO FUNDAMENTAL NA CONSTITUIÇÃO DE 1988

Prof. Dr. Adailton Borges de Oliveira¹

Prof. Dr. Alexandre Walmott Borges²

Alexey Gerkman Kil³

RESUMO: O artigo aborda quais as fontes materiais impulsionaram a positivação constitucional do direito ao meio ambiente – art. 225 da CF. O objetivo do artigo é o de analisar e descrever o conjunto de elementos materiais que conduziram à positivação do direito ao meio ambiente como direito fundamental no constitucionalismo de 1988. A metodologia do trabalho envolveu a utilização de referenciais teóricos iniciais gerais, sobre direitos fundamentais e direito ao meio ambiente para na sequência descrever as fontes que impulsionaram a positivação desses direitos. A pesquisa tem natureza de pesquisa qualitativa e utilizou fontes bibliográficas e documentais para a produção do texto. Ambiente. Direito ao meio Ambiente. Constituição de 1988. Direito Fundamental

ABSTRACT: The article discusses which material sources boosted the right to the environment – art. 225 of the CF. The aim of this article is to analyze and describe the set of material elements that led to the positivization of the right to the environment as a fundamental right in the 1988 Constitution. The methodology of the work involved the use of general initial theoretical references on fundamental rights and the right to the environment to describe the sources that drove the positivization of these rights. The research has a qualitative research nature and used bibliographic and documentary sources for the production of the text. Environment. Right to the Environment. 1988 Constitution. Fundamental Right. Material sources

¹ Especialista em Direito Empresarial pela faculdade “Prof. Jacy de Assis” (FADIR/UFU). Mestre em Processos de Ensino, Gestão e Inovação. Doutor em Biocombustíveis e Tecnologia pela Universidade Federal de Uberlândia, atuante na linha de pesquisa “Meio Ambiente e Sustentabilidade”. Advogado habilitado pela 13.^a Subseção da OAB/MG. Professor ocupante da cadeira de direito na Faculdade do Trabalho na cidade de Uberlândia/MG. Presidente/Coordenador do Setor de Sindicância e Inquérito de todos os *campi* da Universidade Federal de Uberlândia. Email: adailtonbo@ufu.br

² Doutor em Direito. Doutor em História. walmott@gmail.com. Professor dos cursos de graduação em direito, administração e relações internacionais, UFU. Professor dos programas de pós-graduação em direito e biocombustíveis, UFU. Pesquisador Líder do Laboratório Americano de Estudos Constitucionais Comparados - LAECC.

³ Mestrando em Biocombustíveis e Tecnologia, programa bi-institucional constituído por associação entre UFU e UFVJM. Especialista em Direito da Administração Pública pela faculdade “Prof. Jacy de Assis” (FADIR/UFU). Administrador inscrito no CRA/MG e Advogado habilitado pela 13.^a subseção da OAB/MG. Email: alexeykil@gmail.com.

1.INTRODUÇÃO

O presente artigo pretende descrever e analisar quais as fontes materiais que impulsionaram a positivação do direito ao meio ambiente no constitucionalismo brasileiro de 1988. A abordagem da temática conta com os elementos da teoria do direito, especificamente da teoria das fontes do direito, e das fontes materiais do direito, para, na sequência, apresentar os resultados positivados de tais fontes materiais no texto constitucional de 1988. A problematização também conta com a contextualização sistemática no ordenamento brasileiro do meio ambiente equilibrado e sustentável como direito fundamental. A sequência do texto envolve, pois:

- a) Os apontamentos teóricos sobre as fontes materiais do direito, e as fontes materiais da constituição;
- b) A descrição dos elementos materiais que influenciaram a positivação do direito ao meio-ambiente na constituição e do direito ao meio ambiente como direito fundamental;
- c) A descrição das fontes formais antecedentes ao texto de 1988;
- d) A contextualização sistemática dos direitos fundamentais e o direito ao meio ambiente na constituição de 1988.

2. AS FONTES MATERIAIS

A problematização do artigo utiliza a tradicional teoria das fontes do direito como elemento classificatório para a abordagem da temática: o artigo explora as bases materiais que resultaram na positivação do direito (no caso do trabalho, o direito ao meio ambiente). Há que se considerar que a teoria do direito apresenta a divisão entre fontes formais e fontes materiais do direito alicerçada nos pressupostos ideológicos e argumentativos do positivismo. (FERRAZ JR., 1993, cap. 4; FIORAVANTI, 2012, p. 104-109; MORA-DONATTO, 2002, p. 10-17; GILLESSEN, 1989, p. 25-26).

Especificamente sobre as fontes materiais do direito constitucional, Mora-Donatto utiliza o conceito de ‘força normativa da constituição’ já que nesta força descansa, mais do que em normas, o consentimento e aceitação, pela sociedade, na adoção da constituição como o melhor instrumento para ordenar os conflitos políticos. (MORA-DONATTO, 2002, p. 10)

Em abordagem sobre o conceito material e o conceito formal de constituição, M. Fioravanti expõe o seguinte ponto crítico:

Frequentemente, a própria ideia de constituição em sentido material é associada à tentativa de encontrar uma dimensão de normatividade profunda, precedente àquela reconduzível às normas estatais formalmente vigentes. Por este motivo, as doutrinas da constituição em sentido material são, frequentemente, postas em antítese às concepções positivistas do direito, e, em gênero, a todas as doutrinas que tendem a reduzir o direito, com a sua força coercitiva, à lei do Estado. Na realidade, as coisas são um pouco mais complexas.[...] (FIORAVANTI, 2012, p. 104)

Ao longo do texto M. Fioravanti mostra como há intersecções, dissensões e estranhamentos entre o projeto material das constituições, a formalização positivada e a dinâmica de vinculação e direção normativa dos textos constitucionais. Isso significa que a materialidade constitucional envolve, justamente, uma discussão capaz de articular criticamente o formal e o material. (FIORAVANTI, 2012, p. 104-109)

A dicotomia material e formal também é utilizada no direito internacional. Neste sentido Eneida Taquary:

Entretanto ainda hoje as fontes do Direito Internacional são divididas em formais e materiais, convencionais ou não, codificadas ou não codificadas. As chamadas fontes materiais, reais, direitas ou mediatas retratam os elementos fáticos decorrentes da dados históricos, sócio-econômicos, culturais, geográficos e políticos, vigentes em determinadas épocas e que conduzem à elaboração de uma norma aceita pelos Estados ou de um tratado internacional. Estas integram as chamadas não escritas, convencionais ou não convencionais. Dentre as fontes materiais convencionais não escritas estão incluídos os costumes, os princípios gerais de direito, a equidade, a doutrina, e a jurisprudência dos publicistas, mais qualificados. São estas as fontes mencionadas no art. 38 do Estatuto do Tribunal Internacional de Justiça. As fontes materiais não codificadas ou não convencionais são expressas por meio dos atos de organizações internacionais, os atos unilaterais dos Estados e o jus cogens. Essas últimas integram o objeto do nosso trabalho.(DE BRITTO TAQUARY, 2007, p. 100)

Numa consideração crítica assim define Bustamante:

A doutrina tradicional distingue dois sentidos principais em que a expressão “fonte do direito” pode ser entendida. Primeiramente, pode-se falar em uma concepção material de fontes do Direito. Nesse sentido, as fontes são os motivos ou razões que determinam o conteúdo do direito positivo, ou seja, qualquer ato ou fato que gere normas jurídicas. Esta concepção é ampla o suficiente para abarcar tanto os fatos sociais, políticos e econômicos que influenciam a produção do Direito quanto as idéias e os valores que constituem motivos para a legislação, como a justiça, a equidade e a segurança. As fontes, nessa primeira concepção, nunca são atos jurídicos, mas eventos ou fatos préjurídicos que podem contar como uma causa – uma causa social – para o nascimento de uma norma jurídica.(BUSTAMANTE, 2013, p. 302)

Com base nas considerações acima, de Bustamante, a abordagem proposta no artigo não estabelece uma divisão rígida entre o material e o formal. Ao contrário,

procura ver a distinção entre o material e o formal como dois blocos articulados e, inclusive, como forma de crítica do direito. Assim, não há o isolamento das fontes materiais como elementos ‘pré-jurídicos’ ou ‘extrajurídicos’. Desta maneira, na proposta do trabalho:

- a) As ditas fontes materiais exercem o impulso de positivação constituindo as peças do projeto político e, algumas vezes, teórico, de redação de normas;
- b) Embora se possa considerar o momento de formação material como anterior ao da positivação, o antes e o depois não constituem momentos isolados, mas articulados e com relações necessárias.

As fontes materiais e a impulsão à positivação do direito ambiental como direito fundamental.

Os fatores materiais impulsionam e determinam a criação de normas, o surgimento de normas, os padrões de interpretação de normas, os argumentos e formas de decisão aceitos e são considerados elementos que determinam o conteúdo das normas jurídicas, que dão finalidade ao sistema de regras e direcionam o direito. Esta natureza conteudista, direcional dos ordenamentos é, portanto, impulsionada pela política, pela sociedade, pela economia e por tantos outros fatores que são o ambiente do sistema regulador que é o direito.

No caso do problema deste artigo, há a exploração dos elementos políticos da sociedade internacional que impulsionaram a positivação de normas ambientais no direito brasileiro. Abaixo listam-se alguns documentos que servem (ou serviram) de bases de conteúdo para a definição das normas ambientais. A lista é exemplificativa e não exaustiva:

- a) Relatório ‘Activities of United Nations Organizations and programmes relevant to the human environment: report of the Secretary-General’, de 1968 (UN, 1968);
- b) Relatório ‘Problems of the human environment: report of the Secretary-General’, de 1969 (UN, 1969);
- c) Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano realizada em Estocolmo, Suécia, de 5 a 16 de junho de 1972 (UN, 2022);
- d) Programa de Mares Regionais, PNUMA, 1974 (UN, 2022);
- e) A União Internacional para a Conservação da Natureza e o Fundo Mundial para a Natureza, o PNUMA, publicam a Estratégia de Conservação Mundial, em 1980 (UN, 2022);

- f) A Assembleia Geral da ONU designa, em 1980, a década que iniciava como a Década Internacional da Água Potável e do Saneamento (UN, 2022);
- g) O PNUMA adota o primeiro Programa de Montevideu, estabelecendo prioridades para a legislação ambiental global e o apoio a 120 Estados nacionais no desenvolvimento de legislações ambientais (UN, 2022);
- h) A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento entrega o Relatório Brundtland à Assembleia Geral, em 1987 (UN, 2022);
- i) Em 1988 ocorre o lançamento do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (UN, 2022);
- j) Em 1991, os Estados-Membros das Nações Unidas estabelecem o Fundo para o Meio Ambiente (GEF em inglês) (UN, 2022);
- k) 1992, realizada a Conferência Rio-92 (UN, 2022);
- l) 1997, a Assembleia Geral convoca uma Sessão Especial sobre meio ambiente - Earth Summit +5, e com o objetivo de implementação da Agenda 21 (UN, 2022);
- m) 1997, o PNUMA apresenta a publicação do Global Environment Outlook (GEO) (UN, 2022);
- n) 2002, Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável acontece em Joanesburgo (UN, 2022);
- o) Estados Membros lançam o programa UN-REDD. Desde então, ele estimulou 14 iniciativas nacionais de combate ao desmatamento, degradação florestal e mudanças climáticas (UN, 2022; UN-REDD, 2022);
- p) Conferência sobre Mudança do Clima de Copenhague, em 2009 (ONU, 2021);

É preciso considerar que esta ilustração de fontes materiais do direito ambiental está construída a partir de documentos produzidos na esfera internacional, das instituições internacionais. Esta ilustração se faz necessária pela natureza mundializada e global do direito ambiental. Os problemas e as soluções ambientais têm a natureza difusa e com aspectos de impossibilidade prática de solução, ou de abordagem, pelos Estados nacionais (NEVES, 2012, p. passim). A consequência é que a materialidade do direito ambiental está alicerçada em fontes materiais da comunidade internacional e, como se verá no próximo tópico, em documentos formais do direito internacional.

A relação dos elementos materiais no espaço nacional

Outras considerações a ter em conta são como o ambiente político e institucional brasileiro foi se modelando nesse período. Além de ver como essa transformação ocorreu, é necessário ver como o sistema reagiu, absorvendo conteúdo, em alguns casos mimetizando conteúdo alienígena, em outros casos como adaptou o conteúdo do direito ambiental:

a) No período de construção das propostas, relatórios e linhas políticas de atuação do ambientalismo, o Brasil vivia sob um sistema ditatorial. A ditadura manteve uma postura de distanciamento dos compromissos estabelecidos em fóruns ou documentos internacionais, sempre invocando elementos dispersos da soberania nacional para rejeitar o caráter vinculante ou a recepção desses documentos ou do conteúdo dos fóruns internacionais.⁴

b) Também deve ser considerado como o período entre as décadas de 1960 e 1980, apresentou taxas muito elevadas de crescimento da produção industrial e da urbanização. Isso contribuiu para a geração de um grande número de problemas que hoje são identificados como problemas ambientais.⁵

⁴ 'Esse tipo de acordo internacional não poderia ser firmado durante a ditadura militar, que adotava uma posição, no plano da política exterior, de isolacionismo em relação ao direito internacional de direitos humanos, de forma a afastar a fiscalização de sistemas internacionais e, assim, tentar manter a imagem de que o regime não seria ditatorial; um isolacionismo deceptivo (ou seja, com a finalidade do engano, da decepção), portanto: *O discurso de que o Regime Militar respeitaria a democracia e os direitos humanos não resistiria a uma mínima fiscalização internacional. Porém, ele era necessário para que a legitimidade do governo não fosse questionada nos planos externo e interno. O direito internacional dos direitos humanos, portanto, era perigoso para a ditadura: não só ele ensejaria a fiscalização internacional, de fora para dentro (com a atuação de órgãos internacionais para verificar a efetividade desses direitos no Brasil), como permitiria ações legais de dentro para fora (com o acesso dos indivíduos às instâncias internacionais para denunciar e processar o Estado brasileiro).* (ALESP - COMISSÃO DA VERDADE, 2015)

⁵ No início dos anos 80 houve a tragédia da Vila Socó: 'Há 37 anos, no dia 24 de fevereiro de 1984 um incêndio sem precedentes na história do país atingiu a Vila Socó (hoje Vila São José), em Cubatão. O incêndio foi causado por vazamento de combustíveis de oleodutos que ligavam a Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão (RPBC) ao terminal portuário da Alemoa. Famílias inteiras foram surpreendidas pelas chamas que se alastraram entre as moradias de madeira enquanto muitos já dormiam. O número de mortos (93 corpos encontrados) é até hoje contestado por moradores e entidades formadas a partir do desastre e que representam as famílias, que estimam que mais de 500 pessoas morreram no incêndio. De acordo com a investigação de órgãos a época, o vazamento ocorreu durante a transferência de combustíveis por uma tubulação que não suportou a sobrepressão, que rompeu o duto, espalhando cerca de 700 mil litros de gasolina pelo mangue. Relatos da época dizem que alguns moradores armazenaram em suas casas garrafas com gasolina, que acabaram contribuindo para que o incêndio ficasse fora de controle. O produto se espalhou sob as palafitas com a movimentação das marés e cerca de duas horas depois do vazamento, aconteceu a ignição seguida de incêndio. O fogo se alastrou por toda a área alagadiça superficialmente coberta pela gasolina, incendiando as moradias de madeira.' (FNP - FEDERAÇÃO NACIONAL DOS PETROLEIROS, 2021)

c) Em 1981 na vigência do regime ditatorial e, durante o mandato do último presidente-general, a Lei Federal nº 6.938, que trouxe a regulamentação de uma "política ambiental nacional" foi editada. Portanto, a despeito das linhas ditatoriais houve a absorção de conteúdo das discussões ambientais para o espaço normativo nacional.

d) O processo constituinte que se desenvolveu e resultou na CF de 1988 incorporou uma ampla lista de direitos fundamentais, todos os aspectos funcionais e materiais do Estado de Direito e, como não poderia ser diferente, a questão ambiental em seu conteúdo. É de se notar, em atenção ao item anterior que, no ano de 1981 o regime ditatorial já se encontrava em declínio e com a necessidade de sucessão ao regime civil e democrático.

e) Paulatinamente, na década de 1990, o Estado brasileiro passou a se movimentar pela incorporação de diversos documentos do direito internacional, e adotou uma postura de mudança ativa na participação em fóruns internacionais, e houve a recepção de muitos tratados, convenções e outros documentos de direitos humanos. O marco significativo dessa mudança foi a realização da conferência ECO 92 na cidade do Rio de Janeiro. Deve-se notar que esta conferência foi precedida por uma série de eventos negativos. Durante a década de 1980, alguns acontecimentos significativos trouxeram a questão ambiental ao centro das discussões políticas no Brasil: a tragédia de Cubatão, as práticas predatórias na floresta amazônica, a predação de animais silvestres e o tráfico dos produtos dessa predação, e o assassinato do líder ambiental Chico Mendes.⁶

f) Ao longo da década de 1980 e início dos anos 1990, foram feitas diversas modificações e concretizações na Lei nº 6.938, a 'lei de política ambiental nacional'. Foram criadas novas agências ambientais estatais novas regulamentações administrativas e a lei da política nacional do meio ambiente foi complementada por outras leis ambientais.

⁶ Cidade localizada na região litorânea do estado de São Paulo. Ganhou o título de "cidade mais poluída do mundo" no início dos anos 1980. Ocorreu uma tragédia – tragédia do povo Socó – de incêndio causado por vazamentos de combustível de uma refinaria de petróleo. Há o número oficial de mortos de 93 (número disputado). Ver: <http://www.sindipetrolp.org.br/noticias/26555/uma-tragedia-e-muitas-licoes-35-anos-do-incendio-da-vila-soco>. Um caso emblemático de abate foi o de jacarés na região do Pantanal brasileiro para extração de peles e couros. Ver: <https://midiamax.uol.com.br/cotidiano/2022/vitima-de-predacao-historica-jacare-ainda-resiste-a-caca-ilegal-no-pantanal-querem-a-cauda/>. Sobre Chico Mendes ver: <https://www.cndh.org.mx/noticia/asesinato-de-francisco-alves-mendes-filho-ativista-ambiental-brasileiro-defensor-de-la>

g) Houve um período de hesitação sobre a forma de incorporação e o estatuto e estágio hierárquico das normas de direitos humanos incorporadas à ordem nacional. Inicialmente, o STF formulou o entendimento de que as normas de direitos humanos tinham o status, ou nível, das leis comuns (isso ocorreu na década de 1990). Uma emenda à Constituição foi aprovada em 2004, determinando que as regras do direito internacional dos direitos humanos deveriam ser aceitas como normas constitucionais.⁷ No final da primeira década do século XXI, a Suprema Corte mudou o entendimento das normas de direitos humanos que haviam sido recepcionadas antes da referida EC nº 45 de 2004, mencionada acima: a partir deste julgado, as normas de direitos humanos incorporadas antes de 2004 não eram normas de nível hierárquico de normas constitucionais, mas eram normas supralegais, acima da lei e abaixo da constituição. (Borges *et al.*, 2012, pp. 55-73)

h) Em 2022, na decisão da ADPF nº 708, o Supremo Tribunal Federal estabeleceu a tese que determinava o cumprimento das ações do 'Fundo climático' uma vez que, segundo a decisão, o Estado brasileiro tem o dever constitucional de trabalhar e alocar recursos anualmente com o objetivo de mitigar as mudanças climáticas. Isso, segundo o Tribunal, se deve ao dever constitucional de proteger o meio ambiente (CF, art. 225), dos direitos e compromissos internacionais assumidos pelo Brasil (CF, art. 5, parágrafo 2). (STF BRASIL - ADPF 708, 2022):

DIREITO CONSTITUCIONAL AMBIENTAL. ARGUIÇÃO DE DESCUMPRIMENTO DE PRECEITO FUNDAMENTAL. FUNDO CLIMA. NÃO DESTINAÇÃO DOS RECURSOS VOLTADOS À MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. INCONSTITUCIONALIDADE. VIOLAÇÃO A COMPROMISSOS INTERNACIONAIS. 1. Trata-se de arguição de descumprimento de preceito fundamental por meio da qual se alega que a União manteve o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima) inoperante durante os anos de 2019 e 2020, deixando de destinar vultosos recursos para o enfrentamento das mudanças

⁷ Neste sentido: 'O Poder Constituinte Derivado alterou o texto da Constituição inserindo novo parágrafo no art. 5.º, § 3.º, pela EC 45/2004: "Os tratados e convenções internacionais sobre Direitos Humanos que forem aprovados, em cada Casa do Congresso Nacional, em dois turnos, por três quintos dos votos dos respectivos membros, serão equivalentes às emendas constitucionais." O texto insere a possibilidade de os tratados sobre Direitos Humanos ingressarem no sistema de direito nacional com o status e a hierarquia de normas constitucionais. A EC 45/2004, introdutória do § 3.º no art. 5.º da CF/1988, nasceu de proposta apresentada por Deputados Federais, ainda do ano de 1992. Na verdade, a Emenda foi o produto da conjugação de esforços do Judiciário, do Legislativo e do Executivo para alterações constitucionais que promovessem a melhor adequação da estrutura do Judiciário e do leque de competências dos órgãos do Judiciário. A Emenda Constitucional recebeu a denominação de Emenda da reforma do Judiciário'. (Borges *et al.*, 2012, pp. 57)

climáticas. Pede-se: (i) a retomada do funcionamento do Fundo; (ii) a decretação do dever da União de alocação de tais recursos e a determinação de que se abstenha de novas omissões; (iii) a vedação ao contingenciamento de tais valores, com base no direito constitucional ao meio ambiente saudável. (STF BRASIL - ADPF 708, 2022)

Este parágrafo fecha a parte de ilustração dos elementos materiais que influenciaram a construção do direito ambiental no sistema brasileiro. Mesmo nos últimos itens anteriores, foi-se além da simples descrição do material já houve a amostra da mudança institucional da jurisprudência do STF. O próximo capítulo incluirá a estruturação das fontes formais do direito nacional.

Um levantamento das fontes formais

Uma boa parte dos materiais indicados no item acima foram as bases para a edição de normas internacionais sobre o ambiente. Após as recomendações, discussões e debates surgidos nos anos 70, nesta mesma década e nas décadas seguintes houve a edição de documentos com conteúdo normativo sobre o ambiente, ou mesmo materiais normativos com repercussão ambiental. A tabela abaixo é descritiva de documentos de direito internacional que impulsionaram o direito ambiental:

Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment Stockholm	Junho de 1972
Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio	1982
Declaration on the Right to Development	1986
Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio	1987
Convenção da Basileia para regulamentar o movimento e o descarte de resíduos perigosos	1989
Rio Declaration on Environment and Development	Junho de 1992
Convenção sobre a Proteção e Utilização dos Cursos de Água Transfronteiriços e dos Lagos Internacionais	1992
Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação	1996
Convenção de Roterdã para promover responsabilidades compartilhadas em relação à importação de pesticidas e produtos químicos perigosos	1998
Pacto Global das Nações Unidas	1999
Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança	2000
Acordo de Copenhague - Conferência sobre Mudança do Clima de Copenhague	2009
Declaração de Nusa Dua	2010
17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	2015
Convenção de Minamata sobre Mercúrio	2017

(UN - ENVIRONMENTAL LAW, 2022; UN, 1969; UN, 1968; UN, 2022; UN - ENVIRONMENTAL LAW, 2022; UN, 1982; UN, 2010)

A análise sobre a natureza e o conteúdo dos diversos documentos apontados na tabela acima mostra que os materiais vinculantes se dirigem aos Estados como também à proteção das pessoas. Na verdade, os conteúdos apontam para características distintas e peculiares desses materiais que tratam da matéria ambiental. Ao mesmo tempo que englobam disposições de proteção individual, do sujeito, como é típico de declarações de direitos, vão na direção de proteção de realidades que são, na essência, compartilhadas e de impossibilidade de divisão e demandam políticas de Estados nacionais.

Portanto, é possível apontar que a edição de normas ambientais internas, nacionais brasileiras, é consequência de imposições de direito internacional ao Estado nacional brasileiro. A produção dessas normas internas obedece às duas lógicas expostas no parágrafo acima: tratar o ambiente como conteúdo essencial à humanidade (natureza fundamental e de direito humano), e tratar a matéria ambiental como conteúdo vinculante das ações do Estado e da sociedade.⁸

6. O IMPULSO DAS FONTES MATERIAIS ÀS NORMAS NACIONAIS

Para a abordagem do artigo serão considerados os documentos normativos produzidos a partir da década de 70. Este corte temporal deve-se ao fato de que as discussões globais sobre ambiente (e ambientalismo) ganham consistência institucional nesta década. Por outro lado, as descrições que são realizadas com textos legais, ou normativos, do período anterior à década de 70 são, na maioria dos casos, claros anacronismos.

A edição da Lei nº 6.938, no ano de 1981 definiu uma política nacional de meio ambiente. Deve ser notado que a norma produtora desta Lei, numa abordagem hierárquica do ordenamento, que era a constituição vigente, de 1967, sequer elencava a palavra ambiente (ou ambiental) no texto. Sequer constava do rol de competências legislativas, ou administrativas, quer da União, quer dos Estados, a matéria ambiental. Sequer constava de alguma indicação precisa no catálogo de direitos fundamentais desta constituição. A Lei nº 6.938 não chegou ao ponto de indicar explicitamente a natureza do direito ao ambiente como direito fundamental. Estabelece a política ali estabelecida como indispensável à vida sadia e de qualidade.

⁸ Outra consequência da natureza mundializada, globalizada e difusa da matéria jurídica ambiental é a imposição de condutas não só ao Estado, mas como compromisso coletivo da sociedade.

Como foi sugerido no último parágrafo do tópico anterior, e também foi indicado nas bases teóricas desta discussão, os direitos ao ambiente têm natureza própria. A natureza transindividual, as dimensões mundializadas, a tomada dos bens e direitos numa visão coletiva que é também classificada como difusa, leva à consideração do surgimento de outra norma legal no sistema jurídico brasileiro: a Lei da ACP (Ação Civil Pública), Lei nº 7.347, de julho de 1985. A norma consagrou a disciplina processual para a defesa de interesses difusos e coletivos. Portanto, o direito ambiental encontrou na Lei da ACP um instrumento de realização e de exigibilidade, justiciável, de suas normas e previsões.

Finalmente, com a promulgação da constituição, em 1988, o meio ambiente, ou direito ambiental foi disciplinado. A matéria ambiental tornou-se, com esta constituição, objeto de regulação da ação do Estado, na definição das competências, e na parte da Ordem Social, Título VIII da – então – nova ordem de 88. A inserção da matéria específica sobre ambiente fez-se neste Título que trata de vários direitos sociais, ou de prestações materiais, e com natureza difusa. Essas prestações materiais e a definição de várias situações jurídicas no Título VIII são consideradas direitos fundamentais. A interpretação das disposições deste título da constituição deve ser feita como se normas de direitos fundamentais o fossem.⁹ Mais especificamente, normas reunidas sob a generalidade de direitos sociais fundamentais.¹⁰

7. AS DISPOSIÇÕES CONSTITUCIONAIS SOBRE A MATÉRIA

A constituição de 1988 trouxe a matéria ambiental que, no quadro comparativo com os textos constitucionais anteriores, é algo inédito. A disposição da matéria obedeceu à seguinte ordem:

⁹ Como mencionado por José Afonso da Silva (SILVA, 2002, p. 284-285) e Gilmar Mendes e outros (MENDES, COELHO e BRANCO, 2007, p. 1298). Apesar de alguma crítica à inserção de conteúdos diversos no título da Ordem Social, há ali direitos fundamentais sociais.

¹⁰ '[...] 2. O meio ambiente assume função dúplice no microsistema jurídico, na medida em que se consubstancia simultaneamente em direito e em dever dos cidadãos, os quais paralelamente se posicionam, também de forma simultânea, como credores e como devedores da obrigação de proteção respectiva. 3. O homem é parte indissociável do meio ambiente, uma vez que, por intermédio das interações genéticas biologicamente evolutivas que se sucederam nos últimos milhares de anos, o meio ambiente produziu a espécie humana, cuja vida depende dos recursos nele contidos [...]'. (STF ADC 42 DF, 2018)

- a) Inclusão da ação popular como remédio constitucional, no art. 5º, explicitamente definindo a ação como meio de tutela do meio ambiente;
- b) Menção ao meio ambiente urbano como elemento de apreciação na criação, incorporação, desmembramento ou fusão de municípios, no § 4º do art. 18;
- c) Inserção da matéria ambiental como matéria de competência comum, no art. 23, e de competência concorrente, no art. 24;
- d) Instituir a matéria ambiental como competência institucional do MP, no art. 129;
- e) O texto da Constituição sofreu alteração com a EC nº 42, no ano de 2003, trazendo nova redação aos dispositivos da ordem econômica constitucional:
Art. 170, VI, redação primitiva: - *defesa do meio ambiente*;
Art. 170, VI, com a nova redação: - *defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação*
- f) Previsão de adequação da atividade garimpeira à proteção ambiental, no art. 174;
- g) Definição da utilização adequada dos recursos naturais como critério de aferição da função social da propriedade;
- h) Inserção da proteção do meio ambiente laboral como tarefa do SUS, no art. 200;¹¹

¹¹ Julgado estabelecendo a conexão com os direitos sociais: 'O consenso dos órgãos oficiais de saúde geral e de saúde do trabalhador em torno da natureza altamente cancerígena do amianto crisotila, a existência de materiais alternativos à fibra de amianto e a ausência de revisão da legislação federal revelam a inconstitucionalidade superveniente (sob a óptica material) da Lei Federal 9.055/1995, por ofensa ao direito à saúde (art. 6º e 196, CF/88), ao dever estatal de redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de saúde, higiene e segurança (art. 7º, inciso XXII, CF/88), e à proteção do meio ambiente (art. 225, CF/88). Diante da invalidade da norma geral federal, os estados-membros passam a ter competência legislativa plena sobre a matéria, nos termos do art. 24, § 3º, da CF/88. Tendo em vista que a Lei 12.684/2007 do Estado de São Paulo proíbe a utilização do amianto crisotila nas atividades que menciona, em consonância com os preceitos constitucionais (em especial, os arts. 6º, 7º, inciso XXII; 196 e 225 da CF/88) e com os compromissos internacionais subscritos pelo Estado brasileiro, não incide ela no mesmo vício de inconstitucionalidade material da legislação federal.' (STF ADI 3937 SP, 2017). E: 'Lei nº 3.623/01 do Estado do Rio de Janeiro, que dispõe sobre critérios de proteção do ambiente do trabalho e da saúde do trabalhador. Inconstitucionalidade formal. Competência privativa da União. 1. Inconstitucionalidade formal da Lei nº 3.623/01 do Estado do Rio de Janeiro, a qual estabelece critérios para determinação de padrões de qualidade no ambiente de trabalho e versa sobre a proteção da saúde dos trabalhadores. 2. Competência privativa da União para legislar sobre direito do trabalho e sua inspeção, consoante disposto nos arts. 21, inciso XXIV, e 22, inciso I, da Constituição. Precedentes: ADI nº 953/DF; ADI nº 2.487/SC; ADI nº 1.893/RJ. 3. Ação direta de inconstitucionalidade julgada procedente. (STF - ADI 2609 RJ, 2015).

i) Regulação da comunicação social com a tarefa da lei de estabelecer proteção diante de programas ou programações nocivos ao ambiente;

j) E, finalmente, o art. 225 com o direito ao ambiente sadio e equilibrado:¹²

DIREITO CONSTITUCIONAL. DIREITO AMBIENTAL. ART. 225 DA CONSTITUIÇÃO. DEVER DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. NECESSIDADE DE COMPATIBILIZAÇÃO COM OUTROS VETORES CONSTITUCIONAIS DE IGUAL HIERARQUIA. ARTIGOS 1º, IV; 3º, II E III; 5º, CAPUT E XXII; 170, CAPUT E INCISOS II, V, VII E VIII, DA CRFB. [...]. 1. O meio ambiente é tutelado constitucionalmente pela regra matriz do artigo 225, caput, da Constituição, que dispõe que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. [...] 12. Deveras, não se deve desprezar que a mesma Constituição protetora dos recursos ambientais do país também exorta o Estado brasileiro a garantir a livre iniciativa (artigos 1º, IV, e 170) e o desenvolvimento nacional (art. 3º, II), a erradicar a pobreza e a marginalização, a reduzir as desigualdades sociais e regionais (art. 3º, III; art. 170, VII), a proteger a propriedade (art. 5º, caput e XXII; art. 170, II), a buscar o pleno emprego (art. 170, VIII; art. 6º) e a defender o consumidor (art. 5º, XXXII; art. 170, V) etc. [...] (STF ADC 42 DF, 2018)

Esta é a base normativa sobre a qual se assenta a disciplina ambiental na constituição vigente. A positivação inclui detalhes singelos como a própria inclusão das palavras *ambiente* e *ambiental*, antes inexistente no texto constitucional de 1967, e de toda a disciplina no corpo material e formal da constituição de normas ambientais, seja na parte de direitos, seja na parte de organização política e de poderes do Estado.

¹² 'O preceito consubstanciado no ART. 225, §.4., da Carta da Republica, além de não haver convertido em bens públicos os imóveis particulares abrangidos pelas florestas e pelas matas nele referidas (Mata Atlântica, Serra do Mar, Floresta Amazônica brasileira), também não impede a utilização, pelos próprios particulares, dos recursos naturais existentes naquelas áreas que estejam sujeitas ao domínio privado, desde que observadas as prescrições legais e respeitadas as condições necessárias a preservação ambiental. - A ordem constitucional dispensa tutela efetiva ao direito de propriedade (CF/88, art. 5., XXII). Essa proteção outorgada pela Lei Fundamental da Republica estende-se, na abrangência normativa de sua incidência tutelar, ao reconhecimento, em favor do dominus, da garantia de compensação financeira, sempre que o Estado, mediante atividade que lhe seja juridicamente imputável, atingir o direito de propriedade em seu conteúdo econômico, ainda que o imóvel particular afetado pela ação do Poder Público esteja localizado em qualquer das áreas referidas no art. 225, §.4., da Constituição. - Direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado: a consagração constitucional de um típico direito de terceira geração (CF, art. 225, caput).' (STF - RE 134297 SP, 1995).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O direito ao meio ambiente sadio e equilibrado ingressou como norma constitucional no texto de 1988, no art. 225, e hoje é considerado integrante dos direitos fundamentais ou em conexão com os direitos fundamentais. A consideração deste artigo como direito fundamental obedeceu ao desenvolvimento de alguns conteúdos e matérias que determinaram esta natureza jusfundamental:

- a) O movimento amplo de fontes materiais colocando a matéria ambiental como matéria fundamental à existência humana, desde a década de 70;
- b) A disposição de várias fontes normativas, internacionais e nacionais, com a inclusão da matéria ambiental, e, inclusive, da matéria ambiental como direito fundamental, ao longo das décadas de 70 à 90;
- c) A positivação de normas ambientais no texto da constituição de 1988.

BIBLIOGRAFIA

ALEXY, R. **Teoria dos direitos fundamentais**. São Paulo: Malheiros, 2008.

BORGES, A. W., ROMEU, L. C., & ROCHA, A. P. da. (2012). Análise da Jurisprudência do STF Sobre a Forma de Incorporação dos Documentos de Direito Internacional. **Revista de Direito Brasileira**, 3(2). <https://doi.org/10.5585/rdb.v3i2.30>

CANARIS, C.-W. **Pensamento Sistemático e Conceito de Sistema na Ciência do Direito**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2002.

FERRAZ JR., T. S. **Introdução ao estudo do direito: técnica, decisão, dominação**. São Paulo: Atlas, 1993.

FIORAVANTI, M. As doutrinas da constituição em sentido material. **Revista de estudos constitucionais, hermenêutica e teoria do direito**, São Leopoldo, jul.-dez 2012. 103-109.

FNP - FEDERAÇÃO NACIONAL DOS PETROLEIROS. Vila Socó. **FNP**, 2021. Disponível em: <<http://www.fnpetroleiros.org.br/noticias/6476/vila-soco#:~:text=H%C3%A1%2037%20anos%2C%20no%20dia,ao%20terminal%20portu%C3%A1rio%20da%20Alemao.>>. Acesso em: 13 Out. 2022.

FREITAS, J. **A interpretação sistemática do Direito**. São Paulo: Malheiros, 1995.

GILLESSEN, J. **Introdução histórica ao direito**. Coimbra: Calouste Gulbenkian, 1989.

MAXIMILIANO, C. **Hermenêutica e Aplicação do Direito**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1919.

MENDES, G. F.; COELHO, I. M.; BRANCO, P. G. G. **Curso de direito constitucional**. São Paulo: Saraiva-IBDP, 2007.

MORA-DONATTO, C. **El valor de la constitución normativa**. México: Universidad Autónoma nacional de México, 2002.

NEVES, M. **Transconstitucionalismo**. São Paulo: WMF, 2012.

ONU. COP-15 cria fundo para alcançar compromissos com biodiversidade. **Onu news**, 2021. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2021/10/1766462>>. Acesso em: 13 out. 2022.

SARLET, I. W.; MARINONI, L. G.; MITIDIERO, D. **Curso de direito constitucional**. São Paulo: Saraiva, 2019.

SILVA, J. A. D. **Curso de direito constitucional positivo**. 21. ed. ed. São Paulo: Malheiros, 2002.

SILVA, V. A. D. **Direitos Fundamentais. Conteúdo essencial, restrições e eficácia**. 2. ed. ed. São Paulo: Malheiros, v. 2. tiragem, 2011.

STF - ADI 2609 RJ. ADI 2609 RJ. **Jusbrasil jurisprudência**, 2015. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/864027225/acao-direta-de-inconstitucionalidade-adi-2609-rj>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - ADI 6650 SC. AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE 6.650 SANTA CATARINA. **Jusbrasil Jurisprudência**, 2021. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/1203199122/acao-direta-de-inconstitucionalidade-adi-6650-sc-0111656-7220201000000/inteiro-teor-1203199189>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - ADPF 747 DF. STF - ADPF: 747 DF 0104368-73.2020.1.00.0000. **Jusbrasil Jurisprudência**, 2021. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/1349252288/arguicao-de-descumprimento-de-preceito-fundamental-adpf-747-df-0104368-7320201000000>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - ADPF 749 DF. STF - ADPF: 749 DF. **Jusbrasil jurisprudência**, 2018. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/1349252300/arguicao-de-descumprimento-de-preceito-fundamental-adpf-749-df>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - ADPF 825 DF. Supremo Tribunal Federal STF - ARGUIÇÃO DE DESCUMPRIMENTO DE PRECEITO FUNDAMENTAL: ADPF 825 DF. **Jusbrasil Jurisprudência**, 2021. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/1328209717/arguicao-de-descumprimento-de-preceito-fundamental-adpf-825-df>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - MS 22.164. Mandado de Segurança 22.164, de 30 de outubro de 1995. **STF e a Constituição**, 1995. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/jurisprudencia/IT/frame.asp?PROCESSO=22164&CLASSE=MS&cod_classe=376&ORIGEM=IT&RECURSO=0&TIP_JULGAMENTO=M>. Acesso em: 01 mai. 2022.

STF - MS 22164 SP. Supremo Tribunal Federal STF - MANDADO DE SEGURANÇA: MS 22164 SP. **Jus Brasil - Jurisprudência**, 1995. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/745049/mandado-de-seguranca-ms-22164-sp>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF - RE 134297 SP. Supremo Tribunal Federal STF - RECURSO EXTRAORDINÁRIO: RE 134297 SP. **Jurisprudência Jusbrasil**, 1995. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/14703930/recurso-extraordinario-re-134297-sp>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF ADC 42 DF. Supremo Tribunal Federal STF - AÇÃO DECLARATÓRIA DE CONSTITUCIONALIDADE: ADC 42 DF 0052507-87.2016.1.00.0000. **Jusbrasil Jurisprudência**, 2018. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/1368565698/acao-declaratoria-de-constitucionalidade-adc-42-df-0052507-8720161000000>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF ADI 3937 SP. AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE 3937 SP. **STF processo detalhes**, 2017. Disponível em: <<https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=2544561>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

STF ADI 4029 DF. AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE 4.029 DISTRITO FEDERAL. **A Constituição e o STF**, 2012. Disponível em: <<https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=2227089>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

STF ADI 5547 DF. AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE 5.547 DISTRITO FEDERAL. **A Constituição e o STF**, 2020. Disponível em: <<https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=754018723>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

STF BRASIL - ADPF 708. ADPF 708 de 04 de Julho de 2022. **STF**, 28 SET. 2022. Disponível em: <<https://jurisprudencia.stf.jus.br/pages/search/sjur470395/false>>.

STF MC ADPF 656 DF. MEDIDA CAUTELAR NA ARGUIÇÃO DE DESCUMPRIMENTO DE PRECEITO FUNDAMENTAL 656 DISTRITO FEDERAL. **A Constituição e o STF**, 2020. Disponível em: <<https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=753655549>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

UN - ENVIRONMENTAL LAW. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment, Rio Declaration on Environment and Development. **Audiovisual Library of International Law**, 2022. Disponível em: <<https://legal.un.org/avl/ha/dunche/dunche.html>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

UN. UN - Digital Library - UN - Digital Library. **UN - Digital Library**, 1968. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/729430?ln=en>>. Acesso em: 02 mai. 2022.

UN. UN - Problems of the human environment : report of the Secretary-General. **UN - Digital Library**, 1969. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/729455?ln=en>>. Acesso em: 02 mai. 2022.

UN. Declaration on the Right to Development. **Audiovisual Library of International Law**, 1982. Disponível em: <<https://legal.un.org/avl/ha/drd/drd.html>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

UN. Advance copy of Nusa Dua Declaration and decisions adopted by the eleventh special session of GC/GMEF. **UNEP**, 2010. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/node/10805>>. Acesso em: 13 Out. 2022.

UN. Marcos ambientais: Linha do tempo dos 75 anos da ONU. **UN - Environment programme**, 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/news-and-stories/story/environmental-moments-un75-timeline>>. Acesso em: 02 mai. 2022.

UN-REDD. THE PROGRAMME. **UN-REDD-PROGRAMME**, 2022. Disponível em: <<https://www.un-redd.org/about/programme>>. Acesso em: 13 OUT. 2022.

CAPÍTULO 11

ANÁLISE DA VARIABILIDADE AMBIENTAL DA CHUVA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA GAÚCHA, MINAS GERAIS

Evaldo de Paiva Lima

Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Endereço: Rua Antônio Falcão, 402 - Boa Viagem, Recife – PE, Brasil
E-mail: evaldo.lima@embrapa.br

Givanildo de Gois

Doutor em Ciência Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituição: Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR
Endereço: Prédio do CEGEA, Bloco 1T, Sala 18, Campus - BR 364, Km 9,5 - Sentido Acre, Porto Velho – RO, Brasil
E-mail: givanildogois@gmail.com

Fabrizio do Nascimento Garritano

Mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Endereço: Prédio do CCMN, Bloco I, Sala 20 - Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ, Brasil
E-mail: fkbgarritano@hotmail.com

RESUMO: Os objetivos deste estudo são: i) verificar a variabilidade anual e mensal da chuva, e ii) avaliar a ocorrência do Índice de Precipitação Padronizada, nas escalas de tempo de três (SPI-3) e doze (SPI-12) meses, no município de Chapada Gaúcha, MG. Foi utilizada uma série de 26 anos (1990-2015) de dados de precipitação coletados numa propriedade rural. O SPI-3 representou os trimestres de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e, outubro a dezembro, e o SPI-12 representou os meses de janeiro a dezembro. A análise descritiva e exploratória da série temporal de chuva permitiram identificar a ocorrência de chuvas inferiores as medianas nos meses de janeiro e novembro, e que a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a março, indicando uma baixa variabilidade temporal mensal da chuva no município. Entretanto, a utilização do índice SPI para diferentes escalas permitiu identificar que existe o predomínio da classe “próximo da normal” na distribuição trimestral (SPI-3) e anual (SPI-12). Na escala trimestral (SPI-3), considerando o período entre julho e setembro, houve o maior número de eventos da classe “extremamente seco”.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros Estatísticos; Índice De Seca; SPI; Cerrado.

ABSTRACT: The objectives of this study are: i) to verify the annual and monthly variability of the rain, and ii) to evaluate the occurrence of the Standardized Precipitation Index, in the time scales of three (SPI-3) and twelve (SPI-12) months, in the municipality of Chapada Gaúcha, MG. A series of 26 years (1990-2015) of precipitation data collected on a rural property was used. The SPI-3 represented the quarters from January to March, April to June, July to September, and October to December, and the SPI-12 represented the months from January to December. The descriptive and exploratory analysis of the rainfall time series allowed us to identify the occurrence of rainfall below the median in the months of January and November, and that the rainy season occurs between the months of October to March, indicating a low monthly temporal variability of rainfall in the municipality. However, the use of the SPI index for different scales made it possible to identify that there is a predominance of the “close to normal” class in the quarterly (SPI-3) and annual (SPI-12) distribution. On the quarterly scale (SPI-3), considering the period between July and September, there was the highest number of events in the “extremely dry” class.

KEYWORDS: Statistical Parameters; Drought Index; SPI; Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

A seca é um evento climático que faz parte da variabilidade do clima, podendo ocorrer em praticamente todas as zonas climáticas da Terra, e apresenta características distintas de uma região para a outra. Esse evento climático compromete, por exemplo, o abastecimento de água, o planejamento agrícola e a dessedentação animal e, portanto, dada a sua severidade, pode acarretar prejuízos socioeconômicos e ambientais. O monitoramento da frequência, duração e intensidade da seca é essencial na aplicação de medidas de mitigação de seus efeitos.

A literatura documenta diversas metodologias para quantificar os índices de seca, porém um dos índices mais utilizados na investigação da ocorrência e magnitude das secas é o Índice de Precipitação Padronizada (*Standardized Precipitation Index* – SPI, em inglês), que foi proposto por McKee *et al.* (1993, 1995).

O Índice de Precipitação Padronizada é uma ferramenta capaz de quantificar e monitorar a seca em diferentes escalas de tempo e suas características como a intensidade, magnitude e frequência (Lyra *et al.*, 2017). Gois *et al.* (2015) comentam que é um dos métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para caracterizar as anomalias de chuva no Brasil. Segundo Kim *et al.* (2014), os resultados decorrentes da aplicação do índice SPI indica condições de seca ou umidade excessiva e corresponde a uma informação essencial para o gerenciamento de recursos hídricos.

Oliveira-Júnior *et al.* (2018) mostraram a eficácia do índice SPI para compreender a dinâmica espacial das secas intensas no estado do Rio de Janeiro em diferentes anos hidrológicos e sob a influência do modo de variabilidade climática El Niño-Oscilação Sul (ENOS) na categoria super forte.

Baseado no exposto, os objetivos principais deste estudo são: i) verificar a variabilidade anual e mensal da chuva, e ii) avaliar a ocorrência do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), nas escalas de tempo de três (SPI-3) e doze (SPI-12) meses, para a condição climática do município de Chapada Gaúcha, MG.

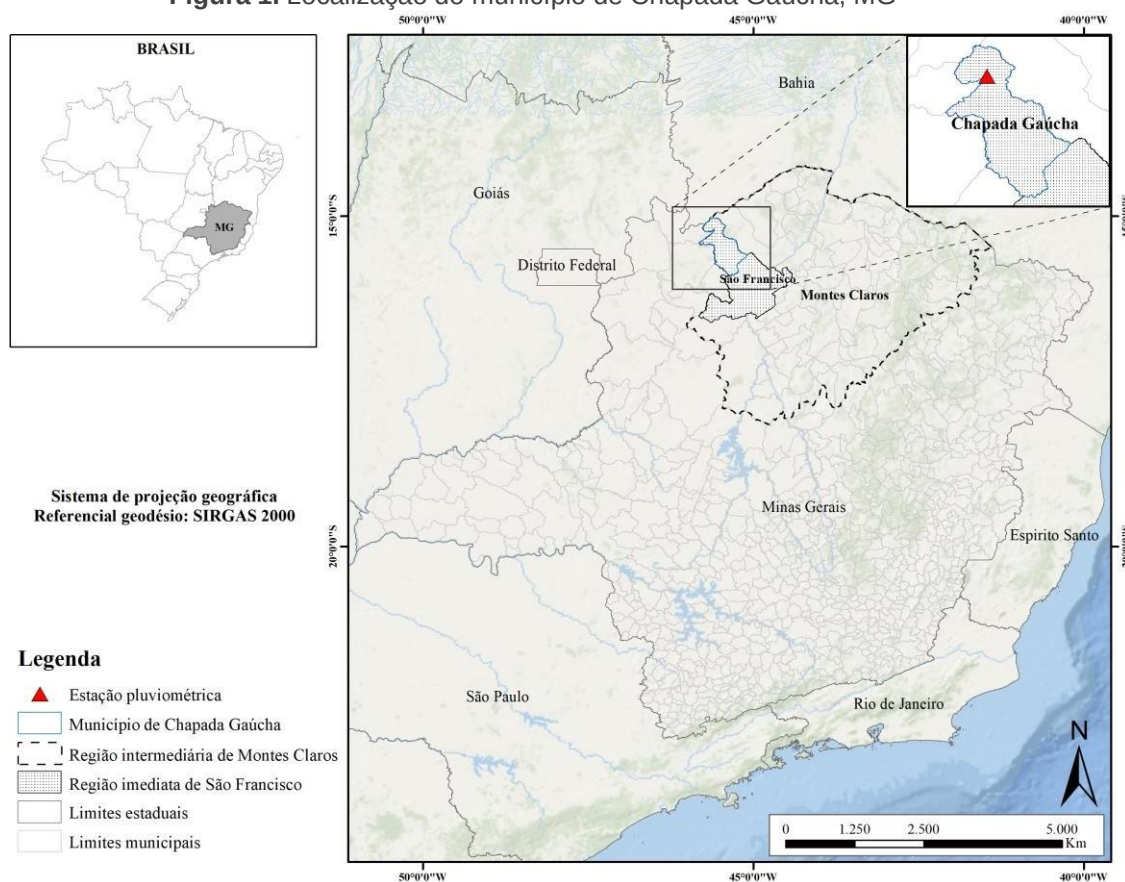
2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende uma propriedade rural localizada no município

de Chapada Gaúcha, MG, sendo que esse município pertence à Região Geográfica Intermediária de Montes Claros e à Região Geográfica Imediata de São Francisco (Figura 1). O município de Chapada Gaúcha possui área de 3.255,19 km² e uma população estimada de 14.217 habitantes em 2021, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os limites do município são: Formoso, Arinos, Urucuia, Pintópolis, São Francisco, Januária, em Minas Gerais; e Cocos, na Bahia. Segundo Nimer (1989), a região apresenta dois tipos climáticos, o tropical quente semiúmido, com média de 4 a 5 meses secos, e o semiárido, com média de 6 meses secos durante o ano.

Para o presente estudo foram utilizados dados de precipitação de uma propriedade rural, cuja coordenadas geográficas da estação pluviométrica utilizada na coleta são: 15°11'51,0" Sul e 45°34'48,6" Oeste. A série de precipitação possui 26 anos de dados e foi coletada no período de 1990 a 2015.

Figura 1. Localização do município de Chapada Gaúcha, MG



2.1 Consistência da série temporal de dados de chuva

Após verificada a ausência de falhas na série temporal realizou-se a estatística descritiva da série por meio dos seguintes parâmetros: média ($\bar{x}$), mediana (Md), desvio padrão (D_P), valor mínimo (Vmi) e máximo (Vma), amplitude total (At), limite inferior (Li) e superior (Ls), coeficiente de variação (CV), quartil inferior (Q_1) e superior (Q_3), amplitude interquântica (AIQ). Também são apresentados gráficos de caixa (*boxplot*) nas escalas mensal e anual. Todas as análises estatísticas foram feitas no *software* R versão 4.1.1 (R Development Core Team, 2021).

2.2 Cálculo do índice de precipitação padronizada

Esse índice é baseado na metodologia proposta por McKee et al. (1993, 1995) e quantifica o déficit ou o excesso de chuva em multi escala temporal. O SPI foi determinado nas escalas de tempo de três (SPI-3) e doze (SPI-12) meses. O SPI-3 representou os trimestres de janeiro a março (Jan-Mar), abril a junho (Abr-Jun), julho a setembro (Jul-Set) e, outubro a dezembro (Out-Dez), eo SPI-12 representou os meses de janeiro a dezembro (Jan-Dez).

O primeiro procedimento para o cálculo do SPI é a determinação da probabilidade de distribuição de frequência da série histórica pluviométrica, a qual é calculada por meio da distribuição Gama incompleta. A função normal inversa (Gaussiana) é aplicada a essa probabilidade.

A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade (FDP), conforme Equação (1):

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

em que, $\alpha > 0$ = parâmetro de forma (adimensional); $\beta > 0$ = parâmetro de escala (mm); $x > 0$ = total de precipitação (mm); $\Gamma(\alpha)$ = função gama, que é definida pela Equação 2:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

Os parâmetros e a função de densidade de probabilidade gama foram ajustados para distribuição de frequência dos totais de precipitações pluviais. Foram calculados os parâmetros de forma e escala, respectivamente, α e β , da função de

densidade de probabilidade gama estimados na escala de tempo mensal e anual. Segundo Thom (1966) e Assis et al. (1996), o método da máxima verossimilhança é o mais indicado para as estimativas dos parâmetros de α (Eq. 3) e β (Eq. 4):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (4)$$

em que, A é definido pela Equação 5:

$$A = \text{Ln}(\bar{X}) - \frac{1}{N} \sum \text{Ln}(X) \quad (5)$$

em que, $\bar{X}$ = média aritmética da precipitação pluvial (mm); Ln = logaritmo neperiano e N = número de observações de precipitação.

Os parâmetros de forma e escala, foram calculados para encontrar a probabilidade cumulativa (Equação 6) de um evento de precipitação observado para a escala de tempo anual.

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (6)$$

Substituindo $t = x/\beta$, a Eq. 6 transforma-se na função gama incompleta (Eq. 7):

$$F(\beta t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^{\beta t} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (7)$$

Desde que a função gama é indeterminada para $x = 0$ e uma distribuição de precipitação pode conter zeros, a probabilidade cumulativa toma o seguinte aspecto (Equação 8):

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0) G(x) \quad (8)$$

em que, P_0 = probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros); $G(x)$ = distribuição cumulativa teórica, onde os parâmetros são estimados em dias chuvosos.

A distribuição de probabilidade cumulativa $F(x)$ é transformada em uma distribuição normal para a variável Z aleatória, com média zero e variância um, onde a variável Z é correspondente ao valor do SPI. As probabilidades cumulativas empíricas foram bem desenvolvidas por Panofsky e Brier (1958), onde os dados de precipitação estão ordenados em ordem crescente de magnitude de forma que os valores são baixos, o tamanho da amostra é dado pela Equação 9:

$$P_0 = \frac{m}{n+1} \quad (9)$$

em que, m = número de ordem dos valores de zero em uma série climatológica; n = tamanho da amostra.

Uma vez que, seria desnecessário reproduzir vários gráficos para cada localidade e cada ano para todas as estações nas escalas de tempo e durante cada mês, o valor de SPI ou Z é obtido facilmente pela aproximação matemática desenvolvida por Abramowitz e Stegun (1965), a qual converte a probabilidade cumulativa em uma distribuição normal a variável Z . Em que, Z é definido pelas Equações 10 e 11:

$$Z = \text{SPI} = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \text{ para } 0 < F(x) \leq 0,5 \quad (10)$$

$$Z = \text{SPI} = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \text{ para } 0,5 < F(x) \leq 1 \quad (11)$$

Sendo t definido pelas Equações 12 e 13:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(F(x))^2} \right]}, \text{ para } 0 < F(x) \leq 0,5 \quad (12)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1 - (F(x))^2} \right]}, \text{ para } 0,5 < F(x) \leq 1 \quad (13)$$

em que, $C_0 = 2,515517$; $C_1 = 0,802853$; $C_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; e $d_3 = 0,001308$.

Os cálculos dos valores do SPI na escala de tempo anual para o município de Chapada Gaúcha, MG, foram classificados conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), segundo McKEE et al. (1993, 1995)

SPI	Classe
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo da normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

2.3 El niño-oscilação sul

O *Oceanic Niño Index* (ONI) é uma medida da variabilidade do ENOS (Terassi et al., 2018). Os períodos quentes (vermelhos) e frios (azuis) são baseados em um limiar de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para uma média mensal de três meses de anomalias da TSM, por meio da *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* (ERSST) versão 5 na região Niño 3.4 (5°N - 5°S , 120° - 170°W), com base em períodos de 30 anos atualizados a cada 5 anos (Tabela 2).

As informações sobre as fases do ENOS foram obtidas na base de dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration / Climate Prediction Center* (NOAA/CPC), conforme National Oceanic and Atmospheric Administration (2019).

Tabela 2. Valores médios do ONI, com base em um limite de $\pm 0,5$ °C da TSM do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4, para 3 meses consecutivos de TSM nos anos de El Niño, La Niña e Neutro classificados, respectivamente, como quente (vermelho), frio (azul) e neutros (preto) no período de 1990 a 2015

Anos	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5
1992	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1
1993	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1
1995	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0
1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0,0	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4	1,6
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1,0	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,0
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6

Fonte: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Característica da precipitação mensal e anual

A análise descritiva da chuva, no município de Chapada Gaúcha, MG, apresenta a ocorrência de chuvas inferiores as medianas (Md) nos meses de janeiro e novembro, porém a situação contrária, com médias superiores as medianas, foi observada nos meses de fevereiro a outubro, e dezembro (Tabela 3). Nos meses de abril a outubro foram observados valores mínimos iguais a zero, e nos meses de fevereiro e novembro os valores foram máximos (Vma), respectivamente, 520,00 e 525,00 mm.

Os meses mais secos do ano apresentaram elevados coeficientes de variação

(CV), sendo maio (144,17%), junho (354,32%), julho (509,90%), agosto (307,82%) e setembro (202,87%), indicando uma alta variabilidade temporal das chuvas. Entretanto, nesse mesmo período, o desvio padrão (Dp) apresentou os menores valores, variando entre 2,16 mm (julho) e 41,04 mm (setembro). Vale destacar que, os meses de novembro (42,44%) e dezembro (43,73%) apresentarem os menores CV, que coincidem com os meses de maiores médias históricas (274,81 e 276,15 mm, respectivamente).

Foram observados valores iguais a zero para os quartis inferior (Q1) e superior (Q3), e consequentemente da amplitude interquartílica (AIQ), nos meses de junho, julho e agosto, que estão entre os meses mais secos do ano. Entretanto, valores elevados da AIQ foram observados nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro.

Tabela 3. Estatística descritiva dos parâmetros: média ($\bar{x}$), mediana (Md), valor mínimo (Vmi) e máximo (Vma), amplitude total (At), limite inferior (Li) e superior (Ls), coeficientes de variação (CV), desvio padrão (Dp), quartil inferior (Q₁) e superior (Q₃), amplitude interquartilica (AIQ) da série temporal de chuva no período de 1990 a 2015 no município de Chapada Gaúcha, MG

Meses	$\bar{x}$	Md	Valores			Limites	
			Vmi	Vma	At	Li	Ls
			(mm)				
Jan	224,88	238,50	42,00	492,00	450,00	-198,00	638,00
Fev	210,81	180,00	40,00	520,00	480,00	-116,50	531,50
Mar	239,08	235,50	5,00	445,00	440,00	-12,50	479,50
Abr	83,69	66,50	0,00	292,00	292,00	-81,63	223,38
Mai	19,88	0,00	0,00	112,00	112,00	-59,25	98,75
Jun	2,08	0,00	0,00	29,00	29,00	0,00	0,00
Jul	0,42	0,00	0,00	11,00	11,00	0,00	0,00
Ago	2,31	0,00	0,00	30,00	30,00	0,00	0,00
Set	20,23	3,50	0,00	197,00	197,00	-34,88	58,13
Out	112,27	101,00	0,00	320,00	320,00	-116,38	304,63
Nov	274,81	285,00	49,00	525,00	476,00	-54,75	583,25
Dez	276,15	271,50	66,00	472,00	406,00	-109,50	656,50

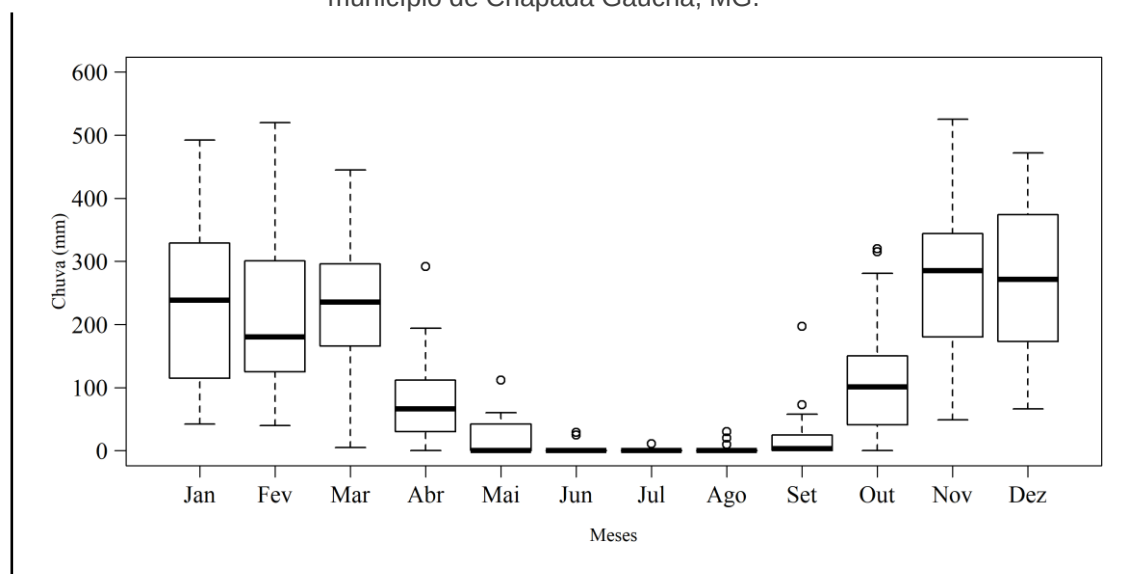
Meses	CV	Dp	Quartis		AIQ
			Q ₁	Q ₃	
			(mm)		
Jan	55,32	124,40	115,50	324,50	209,00
Fev	56,43	118,95	126,50	288,50	162,00
Mar	51,28	122,60	172,00	295,00	123,00
Abr	78,49	65,69	32,75	109,00	76,25
Mai	144,17	28,67	0,00	39,50	39,50
Jun	354,32	7,36	0,00	0,00	0,00
Jul	509,90	2,16	0,00	0,00	0,00
Ago	307,82	7,10	0,00	0,00	0,00
Set	202,87	41,04	0,00	23,25	23,25
Out	85,07	95,51	41,50	146,75	105,25
Nov	42,44	116,63	184,50	344,00	159,50
Dez	43,73	120,75	177,75	369,25	191,50

Em relação a análise exploratória da chuva mensal (Figura 2), observa-se que a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a março, indicando uma baixa variabilidade temporal mensal da chuva no município de Chapada Gaúcha, MG. Porém, nos meses de abril a setembro (estação seca) foi observada uma elevada variabilidade das chuvas na região. Destaca-se a presença de *outliers*, principalmente, durante a estação seca no período de estudo. Gois et al. (2019) também registraram *outliers* durante a estação seca e ressaltam que a variabilidade de sistemas meteorológicos em multiescala, tais como: circulações das brisas vale/montanha, convecção local, Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Sistemas Frontais

(SF), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Alta da Bolívia (AB), contribuem para o surgimento de *outliers* nas séries temporais de chuva.

Os resultados obtidos nesse estudo foram semelhantes aos obtidos por Gois et al. (2019) no município de Resende, RJ, para os meses de maio a agosto (período seco). Em que, os menores acumulados de chuva foram superiores à mediana, registradas no intervalo entre 23,1 e 45,5 mm, respectivamente. Destaque para a maior assimetria positiva observada na estação seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março). O mês de janeiro sobressaiu em relação aos demais meses do ano, com assimetria negativa quanto à chuva, isso se deve à elevada altitude da região, e índices pluviométricos altos, que compreendem o período de transição entre as estações da primavera e do verão, ressaltando-se a importância dos sistemas meteorológicos que atuam na geração de chuvas no estado do Rio de Janeiro, como a ZCAS, convecção local, CCM e SF, principais mecanismos formadores de chuva (Kodama, 1993; Carvalho et al., 2002; Zandonadi et al., 2015).

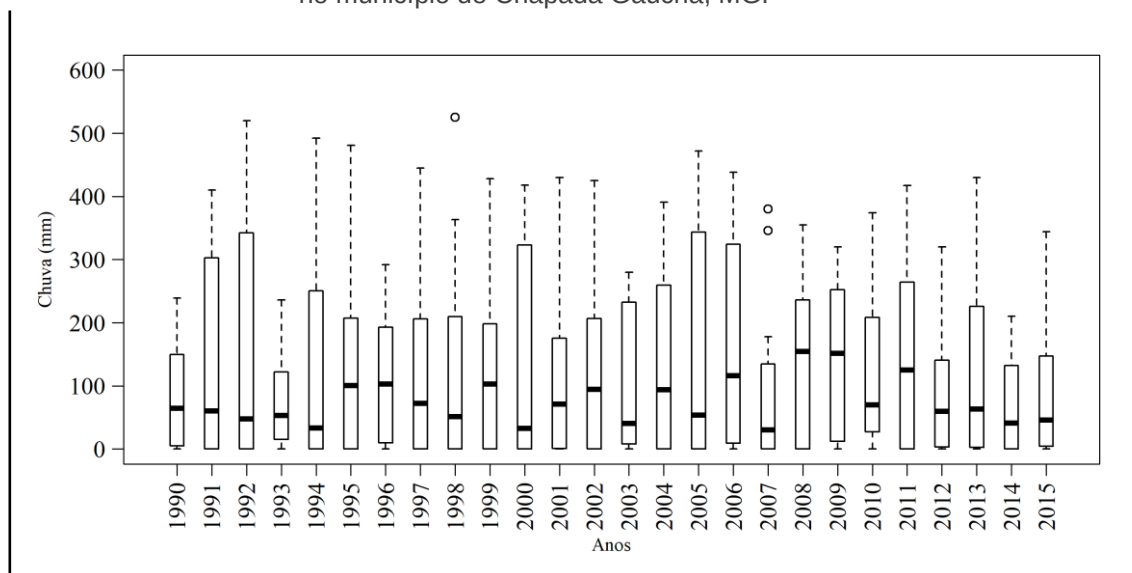
Figura 2. Boxplot (valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, valor máximo e, em alguns meses, *outliers* “circunferências”) da chuva mensal (mm), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.



Na análise exploratória anual da chuva no município de Chapada Gaúcha, MG (Figura 3), observa-se uma alta variabilidade da mediana da chuva ao longo da série temporal, sendo as mais elevadas nos anos, consecutivos, de 2008 e 2009. Além de que, as medianas apresentaram valor superior ao primeiro quartil (Q_1) e inferior ao terceiro quartil (Q_3). A amplitude interquartílica (AIQ) foi superior a 300 mm nos anos

de 1991, 1992, 2000, 2005 e 2006. Houve também a presença de *outliers* nos anos de 1998 e 2007.

Figura 3. Boxplot (valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, valor máximo e, em alguns anos, *outliers* “circunferências”) da variabilidade anual da chuva (mm), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.



Na Figura 4 observa-se a chuva acumulada anual para Chapada Gaúcha, MG. A chuva média anual, no período de 1990 a 2015, foi de 1.466,62 mm (linha tracejada vermelha). De forma geral, observa-se que a chuva acumulada anual foi bastante variável e foi inferior a 1.000 mm somente em dois anos da série temporal (1993 e 2014). Entretanto, quatorze anos da série (1991, 1992, 1994, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2013), que representam aproximadamente 54% dos anos da série desse estudo, apresentaram a chuva acumulada anual superior a média anual.

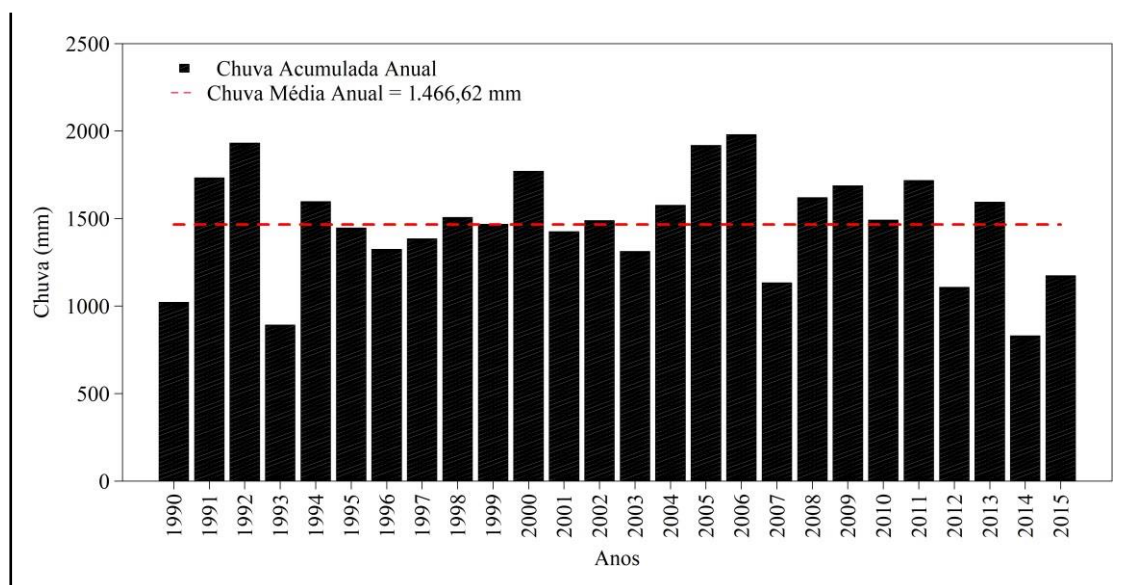
Procurou-se relacionar os anos em que a chuva acumulada esteve acima da média com as informações que apresentam as intensidades dos eventos de El Niño e La Niña, baseados nos valores médios do ONI (Tabela 2). Segundo o Golden Gate Wheeler Service (2021), os anos de 2004-2005 e 2006-2007 foram classificados como El Niño fraco; os anos de 1994-1995, 2002-2003 e 2009-2010 como El Niño moderado; 1991-1992 como El Niño forte; e 1997-1998 como El Niño muito forte. Entretanto, os anos de 2000-2001, 2005-2006 e 2008-2009 foram classificados como La Niña fraca; 2011-2012 como La Niña moderada; e os anos de 2007-2008 e 2010-2011 como La Niña forte.

Observou-se que o comportamento foi diverso e não foi possível estabelecer

como, por exemplo, as intensidades dos eventos de El Niño forte (1991-1992), El Niño muito forte (1997- 1998) e La Niña forte (2007-2008 e 2010-2011) influenciaram a chuva acumulada acima da média no município de Chapada Gaúcha, MG. Entretanto, Grimm *et al.* (2000) complementam dizendo que eventos de El Niño e La Niña influenciam de forma significativa a chuva em escala sazonal nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, principalmente nas estações da primavera e outono.

Não podemos deixar de mencionar também que a chuva no município em questão está associada a variabilidade de sistemas meteorológicos em multiescala, a exemplo dos citados anteriormente.

Figura 4. Chuva acumulada anual (mm), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.



3.2 Índice de precipitação padronizada na escala trimestral e anual

A Figura 5 apresenta a distribuição anual do Índice de Precipitação Padronizada na escala de três meses (SPI-3), de janeiro a março, para Chapada Gaúcha, MG, no período de 1990 a 2015. Também utilizou-se linhas tracejadas na cor azul para destacar os anos que foram extremamente seco ($\leq -2,00$) ou extremamente úmido ($\geq 2,00$). Dessa forma, observa que não houveram anos extremamente secos ou úmidos no município em estudo. Apenas dois anos (1994 e 2000) foram considerados muito úmidos, e quatro anos (1992, 2004, 2005 e 2011) foram moderadamente úmidos, que representa uma frequência relativa de 7,69% e

15,38%, respectivamente. Quinze anos(1990, 1991, 1995, 1997, 1998, 1999, 2002, 2003, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012 e 2013), que representa uma frequência relativa de 57,69% dos anos da série, foram classificados na classe “próximo da normal”. Entretanto, quatro anos da série (1993, 1996, 2001 e 2014) foram classificados como moderadamente seco, e apenas um (2015) como muito seco. Para esta série, o número de eventos moderadamente úmidos coincidiu com o número de eventos moderadamente seco. A Tabela 4 apresenta a frequência absoluta, em cada uma das classes, nas escalas de tempo de três (SPI-3) e doze (SPI-12) meses no município de Chapada Gaúcha, MG. De forma geral, observa-se que a classe “próximo da normal” apresentou o maior número de eventos nas escalas de tempo de três e doze meses.

Figura 5. Distribuição anual do SPI-3 (Jan-Mar), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.

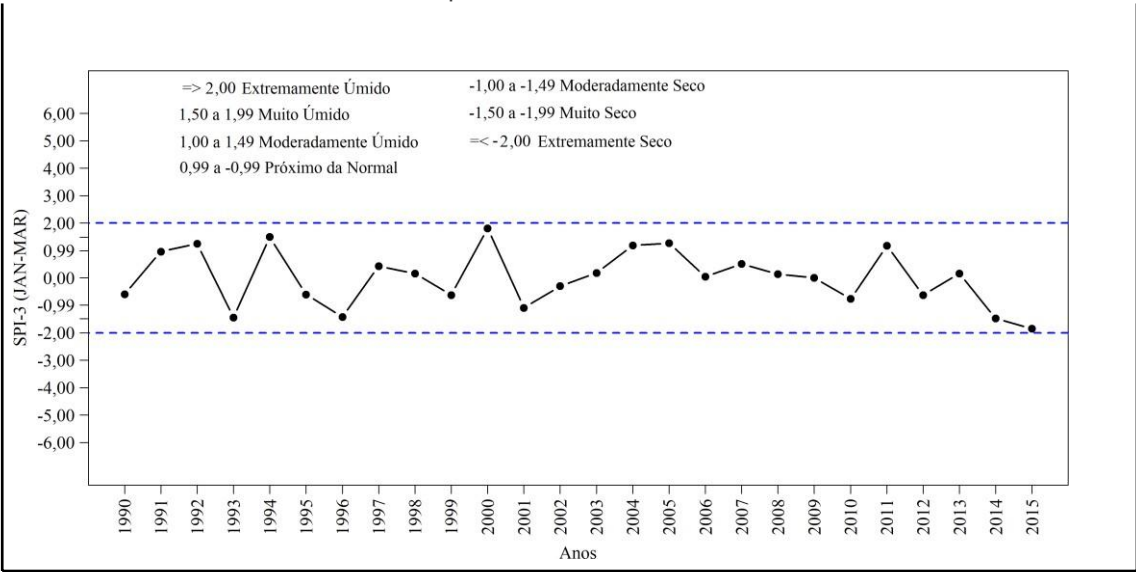


Tabela 4. Frequência absoluta, em cada uma das classes, nas escalas de tempo de três (SPI-3) e doze (SPI-12) meses no município de Chapada Gaúcha, MG

SPI	SPI-3 (Jan-Mar)	SPI-3 (Abr-Jun)	SPI-3 (Jul-Set)	SPI-3 (Out-Dez)	SPI-12 (Jan-Dez)
≥ 2	0	1	1	0	0
1,50 a 1,99	2	1	0	1	1
1,00 a 1,49	4	1	4	2	2
0,99 a -0,99	15	19	11	18	18
-1,00 a -1,49	4	2	0	3	2
-1,50 a -1,99	1	1	0	1	1
$\leq -2,00$	0	1	10	1	2
Total	26	26	26	26	26

A distribuição anual do SPI-3 é apresentada de abril a junho (Figura 6), de julho a setembro (Figura 7), e de outubro a dezembro (Figura 8) para Chapada Gaúcha, MG. Observa-se que, o índice SPI-3 reflete a distribuição sazonal e interanual da chuva, no município de Chapada Gaúcha, MG, para todos os trimestres. De maneira geral, verificou-se na Figura 6 e na Tabela 4 o maior número de eventos na classe “próximo da normal”, com um total de dezenove eventos (1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014), que representaram uma frequência relativa de 73,08%. Na Figura 6 observou-se também um evento moderadamente seco (1992 e 1998), um evento muito seco (2000) e um extremamente seco (1990). O trimestre de julho a setembro (Figura 7) apresentou o maior número de eventos na classe “extremamente seco”, com um total de dez eventos (1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2005, 2007, 2011 e 2014), que representaram uma frequência relativa de 38,46%. Observou-se os valores médios do ONI do trimestre “JAS” (Tabela 2) para verificar se o comportamento era de ano neutro, de El Niño ou La Niña. Dos anos em que o SPI-3 (Jul-Set) esteve classificado como extremamente seco três ocorreram em ano neutro [1994 (0,4), 2005 (-0,1) e 2014 (0,1)], um foi de El Niño [1997 (1,9)] e seis foram em ano de La Niña [1995 (-0,5), 1998 (-1,1), 1999 (-1,1), 2000 (-0,5), 2007 (-0,8) e 2011 (-0,6)], que corresponderam 60% dos eventos. Embora o SPI-3, no trimestre em questão, caracterize o município como sendo seco, ainda conseguiu registrar um evento extremamente úmido (2008) e quatro moderadamente úmidos (1990, 1993, 2002 e 2010). Para o período de 1990 a 2015, não foram identificados eventos nas classes “muito úmido”, “moderadamente seco” e “muito seco” na região de estudo (Figura 7). Na Figura 8, observou-se três eventos moderadamente seco (1990, 2012 e 2014), um muito seco (1993) e um evento extremamente seco (2007).

Figura 6. Distribuição anual do SPI-3 (Abr-Jun), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.

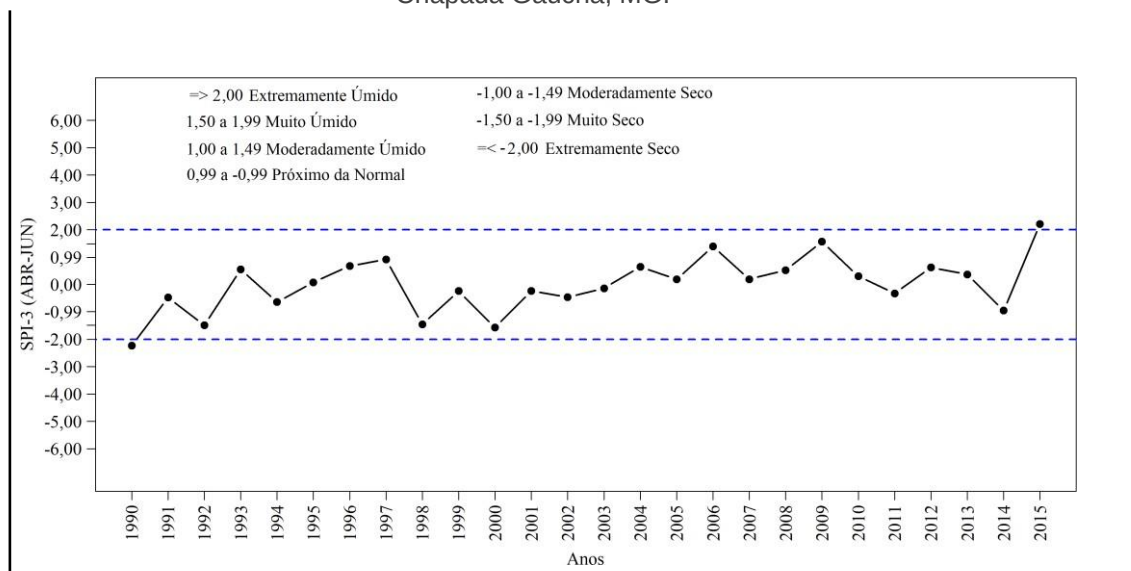


Figura 7. Distribuição anual do SPI-3 (Jul-Set), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.

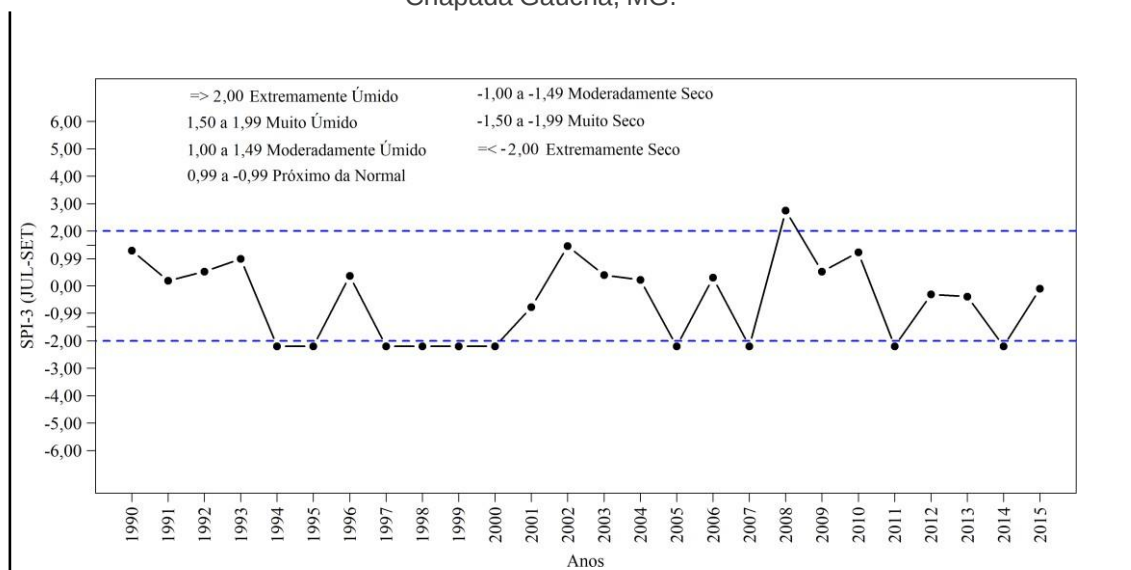
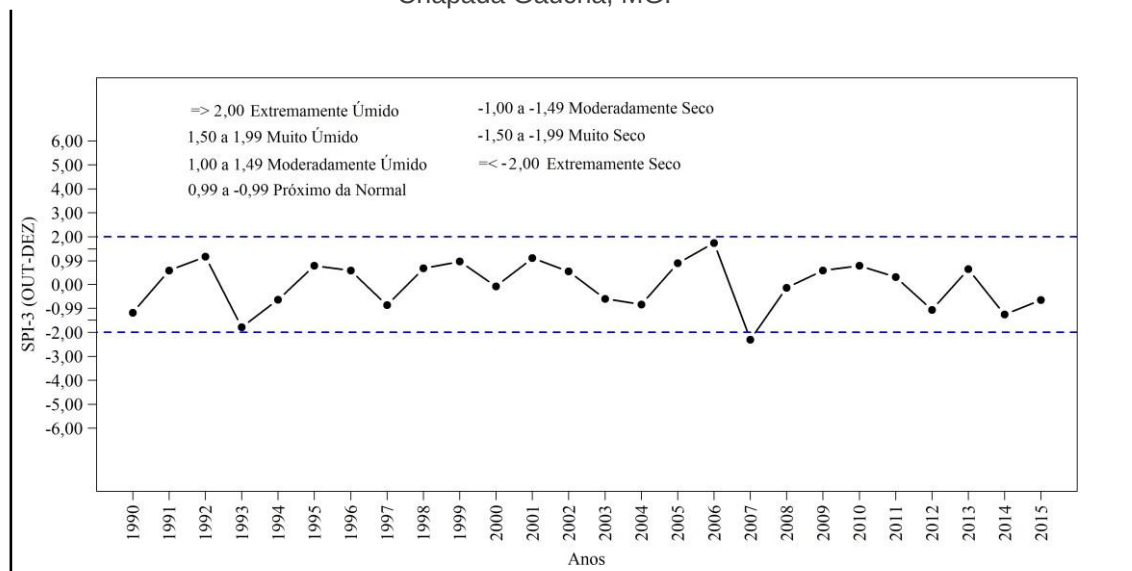


Figura 8. Distribuição anual do SPI-3 (Out-Dez), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.

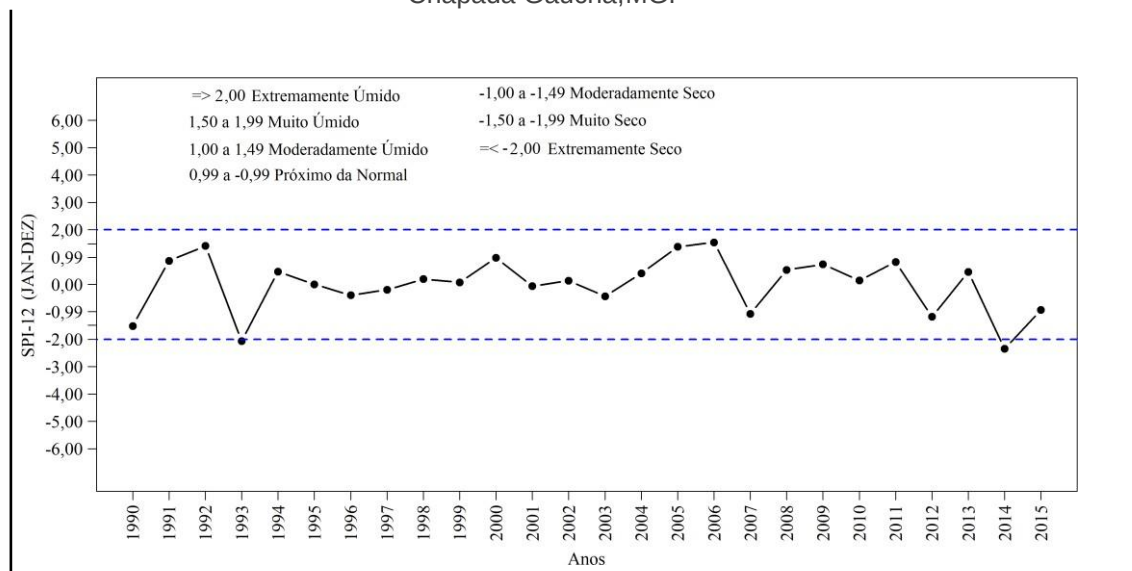


A Figura 9 apresenta a distribuição anual do Índice de Precipitação Padronizada na escala de doze meses (SPI-12), de janeiro a dezembro, para o município de Chapada Gaúcha, MG, no período de 1990 a 2015. Da mesma forma, também utilizou-se linhas tracejadas na cor azul para destacar os anos que foram extremamente seco ($\leq -2,00$) ou extremamente úmido ($\geq 2,00$).

Observa-se que não houveram anos extremamente úmidos no município em estudo. Apenas um ano (2006) foi considerado muito úmido, e dois anos (1992 e 2005) foram moderadamente úmidos, que representa uma frequência relativa de 3,85% e 7,69%, respectivamente. Observou-se também dois eventos moderadamente seco (2007 e 2012), um muito seco (1990) e dois eventos extremamente secos (1993 e 2014).

Dezoito anos (1991, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013 e 2015), que representa uma frequência relativa de 69,23% dos anos da série, foram classificados na classe “próximo da normal”, sendo onze anos consecutivos (1994-2004). Terassi et al. (2019) avaliaram a aplicação do índice SPI, em uma série histórica de 1976 a 2012, nas escalas anual, semestral, trimestral e mensal para a vertente paranaense da bacia hidrográfica do rio Itararé (BHRI). Os resultados dos índices SPI-12 mostraram que 71,1%, dos anos da série histórica da BHRI, foram próximo da normal.

Figura 9. Distribuição anual do SPI-12 (Jan-Dez), para o período de 1990 a 2015, no município de Chapada Gaúcha, MG.



4. CONCLUSÃO

A análise descritiva da série temporal de chuva no município de Chapada Gaúcha, MG, permitiu identificar a ocorrência de chuvas inferiores as medianas nos meses de janeiro e novembro, porém a situação contrária, com médias superiores as medianas, foi observada nos meses de fevereiro a outubro, e dezembro. Em relação a análise exploratória da chuva mensal, observa-se que a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a março, indicando uma baixa variabilidade temporal mensal da chuva no município. Entretanto, a chuva acumulada anual é bastante variável e os eventos de EL Niño e La Niña podem ter influência na variabilidade anual da chuva no município, porém suas relações precisam ser melhor estabelecidas.

Na utilização do índice SPI em diferentes escalas verificou-se que existe o predomínio da classe “próximo da normal” na distribuição trimestral (SPI-3) e anual (SPI-12) no município de Chapada Gaúcha, MG, com destaque para dezenove eventos, que corresponderam a 73,08%, no trimestre de abril a junho. No SPI-3, de julho a setembro, ocorreram dez eventos (38,46%) extremamente secos, mostrando que esse é o trimestre de maior susceptibilidade a seca na região de estudo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOWITZ, M.; STEGUN, I. A. (Ed.). **Handbook of mathematical functions: with formulas, graphs, and mathematical tables**. New York: Dover Publications, 1965. 1046 p.
- ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.
- CARVALHO, L. M. V.; JONE, C.; LIEBMANN, B. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 15, n. 17, p. 2377-2394, 2002.
- GOIS, G., DELGADO, R. C., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. Modelos teóricos transitivos aplicados na interpolação espacial do standardized precipitation index (SPI) para os episódios de El Niño Forte no Estado do Tocantins, Brasil. **Irriga**, v. 20, n. 2, p.371-387, 2015.
- GOIS, G.; FREITAS, W. K.; TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; PORTZ, A. Variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, p. 67-88, 2019.
- GOLDEN GATE WHEATER SERVICE. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2021. Disponível em: <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em 12 dez. 2021.
- GRIMM, A. M., BARROS, V. R., DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.
- KIM, C. J.; PARK, M. J.; LEE J. H. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 1, p. 61-80, 2014.
- KODAMA, Y. M. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontalzone, the SPCZ, and the SACZ), Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 70, n. 4, p. 813-835, 1993.
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; CUNHAZERI, G.; ZERI, M. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, n. 2, p. 157-171, 2017.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995, Dallas. **Proceedings...** Boston: American Meteorological Society, 1995. p. 233-236.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY,

8., 1993, Anhaeim. **Proceedings...** Boston: American Meteorological Society, 1993. p. 179-184.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 2019.
Disponível em:
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; TERASSI, P. M. B.; SILVA JÚNIOR, C. A.; BLANCO, C. J. C.; SOBRAL, B. S.; GASPARINI, K. A. C. Drought severity based on the SPI index and its relation to the ENSO and PDO climatic variability modes in the regions North and Northwest of the State of Rio de Janeiro - Brazil. **Atmospheric Research**, v. 212, n. 1, p. 91-105, 2018.

PANOFSKY, H. A.; BRIER, G. W. **Some applications of statistics to meteorology**. University Park: Pennsylvania State University, 1958. 224 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; GALVANI, E. Variabilidade do Índice de Precipitação Padronizada na região Norte do estado do Paraná associada aos eventos de El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 11-25, 2018.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; GALVANI, E.; SOBRAL, B. S.; BIFFI, V. H. R. Standardized Precipitation Index Aplicado à Identificação do Padrão das Chuvas na Vertente Paranaense da Bacia Hidrográfica do Rio Itararé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.34, n. 4, p. 557-571, 2019.

THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis**. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. 53 p. (WMO. Technical note, 81).

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). **Theoretical and Applied Climatology**, v.119, n. 1, p. 741-756, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

Evaldo de Paiva Lima: Possui Doutorado em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Mestrado em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), e graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Foi professor da Escola Técnica de Viçosa (ETEV), e professor Adjunto da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atuou como professor/orientador no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal Fluminense (PGEB/UFF), e coorientador no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (PGEAAmb/UFRRJ). Atualmente é pesquisador da Embrapa Solos/UEP Recife na área Uso Sustentável de Recursos Naturais, com participação nos Núcleos "Uso da Terra e Serviços Ambientais" e "Convivência Produtiva com a Seca".

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-81028-79-4.