

Revista internacional revisada por pares que contiene resultados originales de investigación en todas las áreas de las ciencias para el Cambio Climático

An international, peer-reviewed journal that contains original research findings in all areas of science for Climate Change.

REVISTA

JAINA



COSTAS Y MARES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Vol. 6 (1) 2024



ISSN :0188-4700

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático, es una publicación internacional dedicada al estudio de todos los aspectos relacionados con el conocimiento científico para el cambio climático a nivel internacional, regional, nacional y local. El uso y la conservación de los recursos costeros y marinos, incluyendo recursos de ecosistemas dulceacuícolas, requieren de un enfoque multidisciplinario, desde las ciencias naturales hasta las ciencias físicas, químicas, así como del análisis político, económico y social.

DIRECTORIO EDITORIAL

Editor en Jefe / Editor in Chief

Dr. Yassir Edén Torres Rojas

Editores Asociados / Associate Editors

Dra. Claudia M. Agraz Hernández
Dr. Rodolfo Enrique del Río Rodríguez
Dr. Ricardo Dzul Caamal
Dr. Maurilio Lara Flores
Dr. Edgar F. Mendoza Franco
Dr. Gregorio Posada Vanega
Dra. Evelia Rivera Arriaga
Dr. Jaime Rendón Von Osten
Dra. Beatriz Edith Vega Serratos

Coordinación Editorial / Editorial Coordinator

ME Jorge Gutiérrez Lara

Diseño Gráfico

DG Juan M. Matú Fierros

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático, es una publicación con dos números anuales. Es una publicación editada por la Universidad autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar S/N entre Calle 20 y Juan de la Barrera. Col. Buenavista. CP 24039. Tel. +52(981) 8119800; <https://jainacc.uacam.mx>. Editor responsable: Dr. Yassir edén Torres Rojas. ISSN 0188-4700 Universidad Autónoma de Campeche Av. Agustín Melgar S/N entre Calle 20 y Juan de la Barrera. Col. Buenavista. CP 24039. fecha de última modificación 15 de junio de 2019.

COMITÉ EDITORIAL / EDITORIAL BOARD

Dr. Francisco Arreguín

CICIMAR-IPN, México

Dr. Luis Amado Ayala Pérez

UAM-Xochimilco, México

Dr. Milton Azmus,

Universidade de São Paulo,
Brasil

Dr. Isaac Azuz-Adeath

CETYS-universidad, México

Dr. Ángel Campa Córdova

CIBNOR, México

Dra. Sandra Cassotta

Aalborg University, Dinamarca

Dr. Martha I. Espejel Carbajal

UABC, México

Dra. Julia Fraga

CINVESTAV-Mérida, México

Dr. Daniel Geartner

Institute of Research
for Development

Dr. Pierre Marie Kaktcham

Université de Dschang,
Camerún

Dr. Basilio Lara Chávez

UABC, México

Dr. Antonio Luna González

CIIDIR-IPN, México

Dr. David J. Marcogliese

McGill University, Canadá

Dr. Andrés Martínez-Aquino

UNAM, México

Dr. Eduardo Mendes da Silva

Universidade de Bahia, Brasil

Dr. Edgar Mendoza Baldwin

UNAM, México

Dr. Adrián Quintero Gutiérrez

IPN, México

Dra. Silvia Salas

CINVESTAV-Mérida, México

Dr. Guillermo Salgado

UNAM, México

Dr. Alfonso V Botello

UNAM, México

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

esta soportado por:

OJS

Open Journal System

...en este número

- Strategies used for knowledge dissemination and outreach in a renewable energy project**
Estrategias utilizadas para la difusión y divulgación del conocimiento en un proyecto de energía renovable 5
G. Posada Vanegas, R. E. Torres Celbán, J. Gutiérrez, V. Chávez, B. E. Vega Serratos y R. Silva
- Ictiofauna y calidad del agua en el sitio ecoturístico “El Remate” Campeche, Mexico: muestreo prospectivo antes del Tren Maya**
Ichthyofauna and water quality at the ecotourism site “El Remate” Campeche, Mexico: prospective sampling before the Mayan Train 15
A. G. Escamilla Carpizo, A. Gregorio Cortes, F. J. Gómez Criollo, C. M. Agraz Hernández, Y. E. Torres Rojas y G. G. Uc Maldonado
- Captura del pulpo en Campeche desde una perspectiva socioeconómica**
Capture of the octopus in Campeche from a socioeconomic perspective 23
J. LEk León, L.D. Manzanero Vázquez, S.Y. Méndez Ortiz, D. A. Noh Ortega, I. Oropeza Ávila, A.J. Patrón Cach, O.B. Rodríguez Guerrero, Y.A. Sánchez Zapata, A.A. Sosa Pech, E. Rivera-Arriaga y A.C. Peña-Puch
- Impacto socioambiental de la pesquería del pulpo maya en San Francisco de Campeche**
Socio-environmental impact of Mayan octopus fishery in San Francisco de Campeche 39
F. Cahuich Poot, Y. Cahuich Rodríguez, Á. Chan Allil, M. Colli de Dios, D. Contreras Bolaños, D. España Ake, E. Muñoz Villasis, C. Ramírez Cruz, E. Rivera-Arriaga y A.C. Peña-Puch

Efecto del uso de harina de plátano dominico (<i>Musa simmonds</i>) y tapioca (<i>Manihot esculenta</i>) como fuente de carbono en el cultivo de Barbo tigre (<i>Puntius tetrazona</i>) en sistema biofloc Effect of using Dominican plantain (<i>Musa simmonds</i>) and tapioca (<i>Manihot esculenta</i>) flour as a carbon source in the cultivation of Tiger barbel (<i>Puntius tetrazona</i>) in a biofloc system	55
<i>S. M. Heredia-Fernández, M. del C. Monroy-Dosta, D. L. Desentis-Pérez, P. Negrete-Redondo, J. A. Mata-Sotres y J. A. Ramírez-Torrez</i>	
Una propuesta para el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) del Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco” (Sureste Mexicano) como ecosistema vulnerable A proposal for Ecosystem-Based Management (EBM) of the protected natural area “Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco” (Southern Mexico) as a vulnerable ecosystem	69
<i>L.D. Martínez Morales y E.F. Mendoza Franco</i>	
Cambio climático y plaguicidas: el caso del glifosato Climate change and pesticides: The case of glyphosate	85
<i>M. M. Borges-Ramírez, R. Dzul-Caamal y J. Rendón-von Osten</i>	
Análisis FODA de la apicultura en la península de Yucatán SWOT analysis of beekeeping in the Yucatan Peninsula	97
<i>I. M. Canepa-Pérez, F. I. Escamilla-De La Luz, M. E. López-Ponce, O. G. Álvarez-Juárez, y R. Dzul-Caamal</i>	
Plan de manejo basado en ecosistemas para el santuario Chenkan, Campeche Ecosystem based management plan for the Chenkan Santaury, Campeche	113
<i>Y. Avila Ortega, B.E. Vega Serratos y G. Posada Vanegas</i>	

Posada Vanegas, G., Torres Celbán, R.E., Gutiérrez, J., Chávez, V., Vega Serratos, B.E., Silva, R. 2024. Strategies used for knowledge dissemination and outreach in a renewable energy project. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 5-14. doi 10.26359/52462.0601



Strategies used for knowledge dissemination and outreach in a renewable energy project

Estrategias utilizadas para la difusión y divulgación del conocimiento en un proyecto de energía renovable

Gregorio Posada Vanegas^{1,}, Rosa Elena Torres Celbán¹, Jorge Gutiérrez¹, Valeria Chávez², Beatriz Edith Vega Serratos¹, Rodolfo Silva²*

¹Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

²Instituto de Ingeniería,
Universidad Nacional Autónoma de México

* autor de correspondencia: gposadav@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0601

Recibido 06/junio/2024. Aceptado 20/septiembre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Abstract

This work describes the actions carried out by participants of the Mexican Center for Innovation in Ocean Energy project (CEMIE-Océano) to disseminate their advances and results, to the general public and to the scientific community. The project was set up to assess the energy potential in Mexican coastal areas related to waves, tides and currents, and salinity and thermal gradients, and also to investigate their expected environmental and social impacts. The main actions by the CEMIE-Océano dissemination, outreach and press area, 2017 - 2023, were the design, construction and administration of the project website, the regular publication of activities and major achievements on social media via Facebook and Twitter, and the editing of 28 scientific books and nine editions of a biannual newsletter. Eight work meetings, three conferences and a range of science dissemination seminars were also organized. With the strategies presented in this work, for a value close to 3% of the total project budget, the participation of all the collaborators was achieved. In addition, the CEMIE-Océano project is widely recognised within the community of scientists from Mexico and Latin America, and others interested in renewable energies and energy transition issues.

Keywords: CEMIE-Oceano project, ocean energy, dissemination, outreach.



Social Impact

This paper aims to address the dissemination and disclosure of the strategies and results obtained by the Mexican Center for Ocean Energy Innovation (Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, CEMIE-Océano), the most important research project on marine renewable energies in Mexico, between 2017 and 2023. This project was framed within the federal strategy (LTE, 2015) to evaluate Mexico's renewable energy potential, with similar projects being CEMIE-Solar, CEMIE-Wind, CEMIE-Geo and CEMIE-Biofuels, all of which were developed through research consortiums of public and private universities, companies and government agencies.

Fourty three institutions and 840 people have participated in this project, some 500 students from bachelor to doctoral level, 250 scientists (professors, researchers and contracted staff), and about 90 people responsible for the financial operation of the project. The work of universities, government and private initiatives was coordinated by the Engineering Institute of the National Autonomous University of Mexico (Instituto de Ingeniería, UNAM), and has allowed the oceanographic and environmental conditions on Mexico's coasts to be evaluated, thus identifying the areas with most potential to host marine energy converter devices. From 2017 to 2023 the project was financed by the CONACyT-SENER (National Council of Science and Technology and the Mexican Ministry of Energy) mixed research fund. From the research, several devices and/or their components reached a Technology Readiness Level (TLR) 5, and important advances were made in the characterization of ocean energy converter devices, both numerically (*e.g.* Sosa, *et al* 2023), and through physical simu-

lation (*e.g.* Medina Rodríguez *et al.*, 2022; Villagomez *et al.*, 2023). Significant advances were also obtained related to the impact of marine renewable energies on the environment (*e.g.* Paredes *et al.*, 2019; Bernal-Camacho *et al.*, 2022; Martínez *et al.*, 2021), and recommendations related to the interconnection of renewable energies to the electrical grid (*e.g.* Olmedo-González, *et al.*, 2022) were produced.

In Mexico, there are major challenges related to electricity supply: energy-intensive areas do not generate their own energy, more than 2 million people do not have electricity from the grid in their homes and, regardless of the negative environmental effects, the nation's oil reserves are in steep decline. Although the production of electricity from renewable sources has slowed in recent years, marine sources are a feasible contribution to the national energy mix (Felix *et al.*, 2023).

The CEMIE-Océano project is organized in 2 groups of research lines: pillars and transversal lines. The pillars correspond to the renewable ocean energy sources: waves, tides and currents, thermal gradient and salinity gradient. The transversal lines are: ecology and environmental integration; materials, subsystems and components; grid integration and energy storage; physical and numerical simulation; business; human resource training and international collaboration; and dissemination, disclosure and press. Within the last line, the social impact of the project was evaluated through three main actions: (1) a web page and social networks, (2) the publication of books, and (3) the organization of events, both academic and for the general public, all of which are the focus of this paper.



Methodology

The line of work concerning dissemination, disclosure and press (DDP) has been coordinated by the EPOMEX Institute of the Autonomous University of Campeche and the Engineering Institute, UNAM. Society at large, as well as the project participants, has been informed of the progress of the 4 pillars and 8 transversal lines using 3 main channels.

The first corresponds to the design, construction, maintenance and updating of the website www.cemieoceanomx.com, and the administration of the social networks Facebook and Twitter FB/CEMIE-Océano and @cemieoceanomx. The design of the logo, signage, typography and choice of the project's own colors was part of this objective, and were used by the participants when preparing reports and presenting results at conferences or science dissemination events.

Secondly, publications were included in the DDP activities. The books edited by CEMIE-Océano were reviewed by the CEMIE-Océano editorial committee and have ISBN registration and DOI (unique object identifier). Those books published before the pandemic in March 2020, were published in print and electronically. The latter versions are hosted on the <https://www.cemieoceanomx.com/libros/libros.php> subpage. The biannual publication of the CEMIE-Océano newsletter, which is free of charge and available at <https://www.cemieoceanomx.com/revista.html>, is also part of this line of action.

The third DDP responsibility focused on the organization of annual work meetings and congresses in which project participants, on a biannual basis, presented partial results and planned activities for the following stages. This action also included the organization of academic forums and science dissemination days. These activities are fundamental, since all participants, regardless of the transversal line or pillar to which they belong, learn first-hand of the results and actions that others have developed, which has encouraged the exchange of opinions and multidisciplinary work.

The main part of CEMIE-Océano's dissemination strategy has been the website. All publications on the social networks Facebook and Twitter are redirected to this page. The website has 7 sections: About Us, Lines of Research, CEMIE-Océano A.C., Dissemination, Publications, CEMIE-Océano Kids and Contact. The publications section contains the six-monthly bulletins, data on the books developed as part of the project, as well as works in reviews and congresses, theses and academic events derived from the project's work. It serves as a repository for the CEMIE-Océano books and the newsletter, and also houses descriptive information on theses, book chapters and journal articles. The website allows the user to search for scientific publications under different parameters and then redirects them, through the DOI, to the official pages where the works are published.

The posts that have been made on social media are classified into two types. The first are related to specific activities; for example, the graduation of a student, or the publication of a book or an article in a journal. For these activities, the action that is disseminated has already been completed at the time the post is made, and what is sought is to communicate the results. Several of these posts have had a high impact; for example, the editing of the Marine Mammals and Electrical Grids in Mexico books. The second type of post is related to activities that take place over the course of several days; for example, international conferences, dissemination seminars, as well as the oceanographic cruises carried out in the Caribbean and the Pacific by staff from the areas of currents, ecology and thermal gradient. Given that these actions were of great interest, an exhaustive approach was applied to their dissemination. The strategy was to post three times a day generally, so that the activities could be followed almost in real time. During these activities, comments and questions by people visiting the social media profiles of the projects were responded to quickly. In all cases, this action pro-



duced an increase in the number of website visits, as well as in the interactions with followers on social media.

During the COVID 19 pandemic, March 2020 - August 2021, the 1st CEMIE-Océano International Congress (August 2020) was held virtually, as well as the Virtual Workshop on Ocean Energy Sources 2021 sources (June 21 - 25, 2021), for which websites linked to the main page were developed. These pages allowed the registration of participants, interaction through virtual meetings, as well as access to materials and proceedings of each event. The experience acquired for these meetings have been replicated for subsequent CEMIE-Océano events, which, were held in hybrid format, with their own website to concentrate all the related information. Intensive dissemination actions have also been implemented for users who participate virtually, which includes speakers being requested to record their presentations as a video,

enabling those participating remotely to view the conferences afterwards, in the event of problems with internet connections. During these events, there is also someone from DDP in charge of monitoring social media to communicate questions and channel them directly to the speakers.

The CEMIE-Océano project began in January 2017 and, although its financing by the SENER-CONACyT fund ended in November 2022, the DDP line is still active, since large amounts of funding is not needed for the maintenance and operation of the website and its social networks, electronic book editing and publishing. These funds come from the non-profit CEMIE-Océano Civil Association. Once the objectives of the project proposed to the SENER-CONACyT fund had been met, this was the means selected by the project participants to continue with research and dissemination activities related to marine renewable energies in Mexico.

Implications

The website has been the means of dissemination to which all CEMIE-Océano activities are As of November 2022, when government funding ended, the page had had more than 159,000 visitors. Figure 1 shows the distribution February 2017 - November 2022. 76% of the users were from Mexico, 8.6% from the United States, 2.8% from Colombia, while users from France, Brazil, the United Kingdom, and Peru made up a further 1 %. The Facebook account has 3,340 friends, 50.3% of whom are women and 49.7% men. The Twitter account had 628 followers. Both social networks had 706 publications, obtaining a total reach on Facebook of 783,861, and on Twitter 305,854, interactions.

The events published with greatest impact on Facebook were the 8th International OTEC Symposium in January 2021 and the 2nd International CEMIE-Océano Congress in August 2022, this event also had the greatest impact on Twitter, with

17,980 impressions. It is worth noting that these social networks were used to disseminate only CEMIE-Océano's own activities or those of similar renewable energy organizations or projects; care was taken not to disseminate news or publications that were not related to the objectives of the project.

Regarding the theses database (<https://cemieoceanomx/tesis.php>), in the 5 years of the project, in 25 different institutions, 115 theses were registered, of which 59% correspond to undergraduates, 27% to a Master's degree, 16% to a Doctorate and 1% to specialization level. The articles and book chapters data base (<https://cemieoceanomx/articulos.php>) includes 127 articles that were published from 2017 – 2023. Figure 2 shows the distribution of the publications for each of the research line of the project.

Nine issues of the CEMIE-Océano newsletter were published in <https://www.cemieoceanomx/revista.html>. This bulletin describes the activities

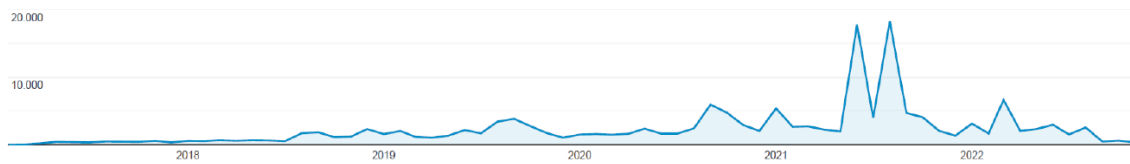


Figura 1. Figure 1. Number of visits to www.cemioceano.mx.

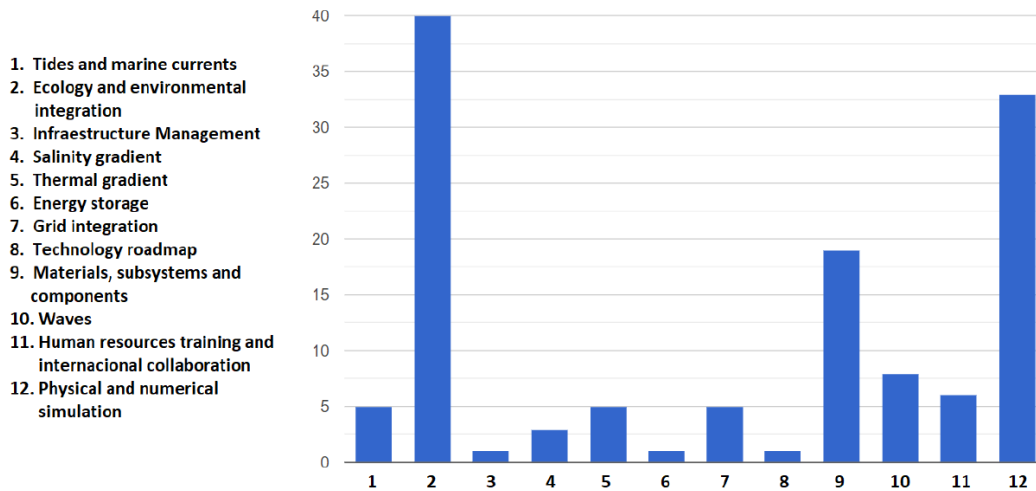


Figure 2. Distribution of published articles by line of work, CEMIE-Océano project.

of the participants, and also has articles of scientific dissemination that explain simply the findings obtained by the students and researchers involved in the project.

In addition to these means, the bulletin and books were also disseminated via mass mailings to the participants of the project, using tools such as MailChimp. The total number of downloads of the bulletin was 5,232, with issue 8 having the highest number (708).

The CEMIE-Océano books are store in <https://cemioceano.mx/libros/libros.php>. These books have been aimed at anyone interested in learning about marine renewable energies as well as at the scientific community.

The original proposal was to publish 7 books, yet by August 2023, 28 books have been published. Thanks to the ISBN and DOI that are linked to the CEMIE-Océano website, it is possible to know,

on a routine basis, the number of visits to, and downloads of, these products. Table 1 shows the titles of the books, their date of publication, the line of work to which they belong and the number of downloads. The most successful book published was the Atlas of Marine Mammal Distribution and Abundance in Mexican Waters (Heckelt *et al.*, 2018). Books related to ecology and environmental impact are the most numerous, followed by books in the lines of dissemination, outreach and press, thermal gradient and Grid Interconnection. Figure 3 shows the books published between 2017 and 2023, all the books are in Spanish except 8, which is in English.

To improve the dissemination of information on marine renewable energies across more sectors of the population, 20 high resolution infographics were published, covering all the lines of work in the project. These can be downloaded free of

**Table 1.** Books published in the CEMIE-Océano project.

No	Title	Date	Downloads
1	Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)	12/06/2017	89
2	Grid Interconnection and Energy Storage Systems	12/19/2017	93
3	Atlas of the Impact of the Ocean on Mexico's Climate	09/12/2018	123
4	Atlas of the Distribution and Abundance of Marine Mammals in Mexico	12/10/2018	2165
5	Electricity Grids: Wholesale Electricity Market in Mexico	06/21/2019	1299
6	Impact of the Ocean on Mexico's Bioclimate	04/27/2020	274
7	Energy from the Saline Gradient	09/21/2020	535
8	Atlas of Marine Mammal Distribution and Abundance	09/24/2020	6209
9	Foundation Design for Marine Turbines in Rocky Soils	03/12/2021	406
10	Birds of the Land of Swallows: Cozumel Island	06/18/2021	443
11	Impact of Sea Breeze and Wind on the Climate of Mexico	06/25/2021	350
12	1er CEMIE-Océano Congress Abstracts	24/08/2021	345
13	Business Plan Focused on Research and Development Projects	10/05/2021	382
14	Guide for the Development of Life Cycle Analysis of Ocean Energies	01/11/2022	469
15	Climatology of Tropical Cyclones in Mexico	01/12/2022	360
16	Phytoplankton Catalog of Coastal Systems of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea	03/16/2022	470
17	Terrestrial Vertebrates of Cozumel Island, Quintana Roo: Amphibians	07/04/22	336
18	Wave Power Energy in the Veracruz Coast, Mexico. A Geological-Geomorphological Evaluation of Suitable Sites for the Siting of Engineering Prototypes.	07/12/22	297
19	2nd International Conference on Marine Energy CEMIE-Océano: Abstracts	08/15/2022	430
20	Current Status of Current Energy Devices	08/12/2022	305
21	Workshop on Technology Based Companies (TBC) and Business Models at CEMIE-Océano	09/09/2022	257
22	Spatial Distribution of the Energy Resource by Thermal Gradient in Mexican Seas	10/04/2022	305
23	Impact of the Ocean on the Climate of Coastal Zones in Mexico	10/18/2022	291
24	Environmental Assessment Methodology for Ocean Technologies	10/19/2022	254
25	Use of the Quality Function Deployment (QFD) Methodology for New Product Development: Nitriding with Stainless Steel Pastes to Increase Corrosion and Wear Resistance as a Case Study	11/29/2022	493
26	Technology Mapping Applied to New Materials Development: Nitriding of Stainless Steel Pastes as a Case Study	11/29/2022	309
27	Catalog of Aquatic Birds of the Ría Lagartos Lagoon	04/01/2023	355
28	Energy Potential of Marine Currents in Mexican Seas	31/01/2023	263

charge from the website <https://cemieoceano.mx/infografias.html>. The total number of visits to this page has been 578.

Table 2 shows the type of events arranged, whether face-to-face, virtual or hybrid, the number of participants, the specific actions carried out by the DDP line and, if applicable, the link to where

the information or proceedings of the event can be downloaded.

We believe that the CEMIE-Océano project and its results have been successful and can be replicated. During the project, a dissemination and communication strategy was developed for both technical activities and for those of interest to the

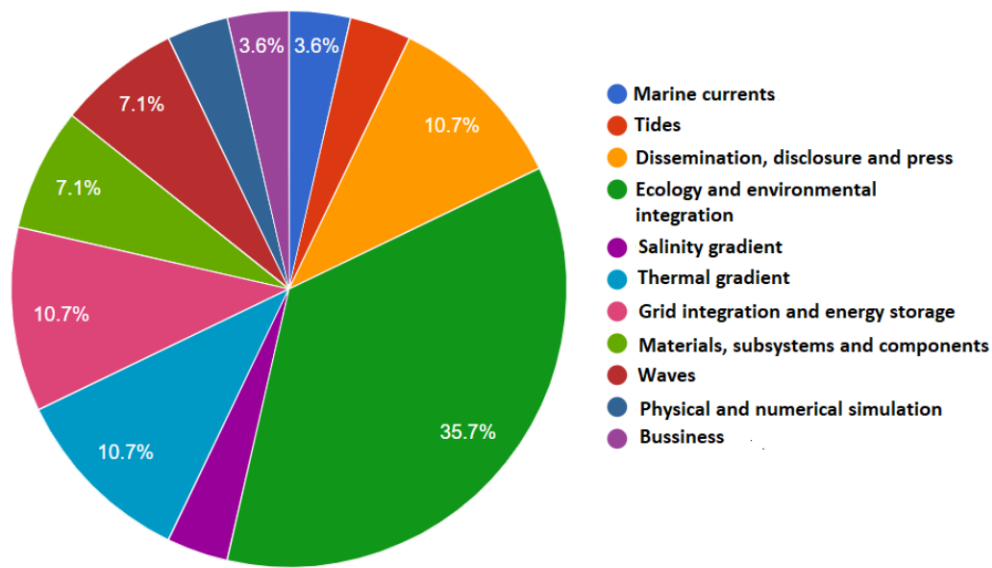


Figure 3. Books published by the CEMIE-Océano project for each line of research.

Table 2. Congresses and workshops held during the CEMIE-Océano Project.

No	Number	Type	Participants	DDP actions	Link
1	1st International CEMIE-Océano Congress	Congress	450 virtual	Website, dissemination, logistics	https://congresointernacional.cemieoceano.mx/
2	2nd International CEMIE-Océano Congress	Congress	Hybrid: 85 face-to-face, 30 virtual	Website, dissemination, logistics	https://2docongresointernacional.cemieoceano.mx/index.php
3	AMIP Special Session 2017	Special Session	Hybrid: 8 face-to-face	logistics, dissemination	https://www.cemieoceano.mx/AMIP.html
4	Virtual Workshop on Ocean Energy Sources 2021	Workshop	735 virtual	Website, logistics, dissemination	https://cemieoceano.mx/tallervirtual/index.html
5	OTEC Congress	Congress	80 virtual	Website	https://otecsymposium2020.cemieoceano.mx/
5	3rd International CEMIE-Océano Congress	Congress	80 face-to-face	Website, dissemination	https://3ercongresointernacional.cemieoceano.mx/index.php

general public, based on three actions: website and social networks, publication of a newsletter, infographics and books, and organization of meetings and congresses, with the website being the central action that supports the other activities due to its accessibility, as well as the large amount of informa-

tion that can be stored. This ranges from technical books to predominantly visual information such as infographics and includes the social networks Facebook and Twitter, which facilitate interaction between users and project participants. As stated in earlier this work, the interest of society, identified



through the increase in the number of visits to the website, interactions in social networks and consultation and downloading of academic products for each stage of the project, leads us to believe that

the project and its results have been a successful and replicable project for the general population and for the scientific community in Mexico and Latin America.

Acknowledgements

This research was funded by Fondo CONACYT-SENER/Sustentabilidad Energética through the Centro Mexicano de Inovación en Energías del Océano (CEMIE-Océano), grant number 249795.

References

- Bernal-Camacho, D.F.; Fontes, J.V.H.; Mendoza, E. A Technical Assessment of Offshore Wind Energy in Mexico: A Case Study in Tehuantepec Gulf. *Energies* 2022, 15, 4367. <https://doi.org/10.3390/en15124367>
- Felix Delgado, A., Mendoza-Baldwin, E., Chávez, V., Silva, Casarín R. 2023 *Energía marina*. p. 405-428. En; Rivera-Arriaga E., Azuz-Adeath, I. (eds). *La Década del Océano en México 2021-2030: La Ciencia que Necesitamos*. RICOMAR, Universidad Autónoma de Campeche. 472 p. ISBN 978-607-8907-12-0. <https://doi.org/10.26359/EPOMEX01202314>
- Heckel, G, Scharum Urrutia, Y., Ruiz Mar, M.G, Gorter, U, 2020, *Atlas of Marine Mammal Distribution and Abundance in Mexican Waters*, Universidad Autónoma de Campeche, ISBN 978-607-844-41-0, <https://doi.org/10.26359/epomex.cemie022018>
- LTE, 2015, *Ley de Transición Energética*, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5463923#:~:text=La%20Ley%20de%20Transici%C3%B3n,competitividad%20de%20los%20sectores%20productivos.
- Martínez, M.L., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Silva, R., Moreno-Casasola, P., Mendoza-González, G., López-Portillo, J., MacGregor-Fors, I., Heckel, G., Hernández-Santana, J.R., García-Franco, J.G., Castillo-Campos, G., Lara-Domínguez, A.L., A systemic view of potential environmental impacts of ocean energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 2021, 111332, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111332>
- Medina Rodríguez, A.A.; Posada Venegas, G.; Silva Casarín, R.; Mendoza Baldwin, E.G.; Vega Serratos, B.E.; Puc Cutz, F.E.; Mangas Che, E.A. Experimental Investigation of the Hydrodynamic Performance of Land-Fixed Nearshore and Onshore Oscillating Water Column Systems with a Thick Front Wall. *Energies* 2022, 15, 2364. <https://doi.org/10.3390/en15072364>
- Olmedo-González, J.; Ramos-Sánchez, G.; Garduño-Ruiz, E.P.; González-Huerta, R.d.G. Analysis of Stand-Alone Photovoltaic-Marine Current Hybrid System and the Influence on Daily and Seasonal Energy Storage. *Energies* 2022, 15, 468. <https://doi.org/10.3390/en15020468>
- Paredes, M.G.; Padilla-Rivera, A.; Güereca, L.P. Life Cycle Assessment of Ocean Energy Technologies: A Systematic Review. *J. Mar. Sci. Eng.* 2019, 7, 322. <https://doi.org/10.3390/jmse7090322>
- Sosa, C.; Mariño-Tapia, I.; Silva, R.; Patiño, R. Numerical Performance of a Buoy-Type Wave Energy Converter with Regular Short Waves. *Appl. Sci.* 2023, 13, 5182. <https://doi.org/10.3390/app13085182>
- Villagómez-Reyes, E.; Mendoza, E.; Silva, R. Improving the Efficiency of the Blow-Jet WEC. *Energies* 2023, 16, 3553. <https://doi.org/10.3390/en16083553>



Escamilla Carpizo, A.G., Gregorio Cortes, A., Gómez Criollo, F.J., Agraz Hernández, C.M., Torres Rojas, Y.E., Uc Maldonado, G.G. 2024. Ictiofauna y calidad del agua en el sitio ecoturístico “El Remate” Campeche, Mexico: muestreo prospectivo antes del Tren Maya. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 15-22. doi 10.26359/52462.0602



Ictiofauna y calidad del agua en el sitio ecoturístico “El Remate” Campeche, Mexico: muestreo prospectivo antes del Tren Maya

Ichthyofauna and water quality at the ecotourism site “El Remate” Campeche, Mexico: prospective sampling before the Mayan Train

A. G. Escamilla Carpizo, A. Gregorio Cortes, F. J. Gómez Criollo,
C. M. Agraz Hernández, Y. E. Torres Rojas, G. G. Uc Maldonado*

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: al046441@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0602

Recibido 05/marzo/2024. Aceptado 9/septiembre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

Se realizó un muestreo prospectivo puntual durante la temporada de lluvias donde se midió la calidad del agua (nutrientes como: Nitritos, Sulfatos, Fosfatos y Amonio) y la comunidad de peces(ictiofauna) por medio de metodología UVC (censo visual subacuático), en el sitio ecoturístico “El Remate” el cual está ubicado en el municipio de Calkiní, Campeche, en donde se espera un aumento del turismo derivado del megaproyecto “Tren maya”. Las pruebas de calidad del agua no reflejaron un impacto antrópico significativo en el cuerpo de agua y la ictiofauna presentó características ecológicas similares a lo reportado por Torres-Castro *et al.* (2009) aunque la cantidad de especies reportadas disminuyó. Los resultados de este estudio se proponen como referencias ecológicas para continuar con el monitoreo de este ecosistema y así atender la incertidumbre sobre el impacto del aumento de la afluencia turística en ecosistemas de este tipo.

Palabras clave: metodología UVC, calidad del agua, impacto antrópico, Campeche.

Abstract

TA prospective punctual sampling was carried out during the rainy season where the quality of the water (nutrients such as: nitrites, sulfates, phosphates and ammonium) and the fish community (ichthyofauna) were measured by means of UVC methodology (underwater visual census), in the ecotourism site “El Remate” which is located in the municipality of Calkiní, Campeche, where an increase in tourism is expected from the “Mayan Train” megaproject. Water quality tests did not reflect a significant anthropic impact on the water body and the ichthyofauna presented ecological characteristics similar to those reported by Torres-Castro *et al.* (2009), although the number of reported species decreased. The results of this study are proposed as ecological references to continue monitoring this ecosystem and thus address the uncertainty about the impact of the increase in tourist influx on ecosystems of this type.

Keywords: UVC methodology, water quality, anthropic impact, Campeche.



Introducción

En México, los proyectos urbanos y el turismo son fuentes importantes de empleo, generando un total de 848,000 millones de pesos al año (Fondo Nacional de Fomento al Turismo, 2023). Sin embargo, la construcción de proyectos turísticos cerca de áreas naturales genera gran controversia ante la posible perturbación de la estabilidad de los ecosistemas si no se gestionan de manera sostenible (Boege *et al.*, 2010).

La generación de infraestructura puede ocasionar un incremento de la afluencia humana a lugares turísticos (Morales y Maza, 2019); y si los servicios públicos como el tratamiento de aguas residuales, disposición de residuos sólidos no crecen al mismo ritmo, las descargas directas de estas aguas en zonas kársticas pueden ocasionar alteraciones en la calidad del agua y en la estructura y función de los ecosistemas cercanos (Batllori y Canto, 2022).

Tal es el caso de “El Remate”, el cual es un sitio ecoturístico ubicado en un afloramiento de agua dulce (ojo de agua) de la Reserva de la Biósfera de Los Petenes. El sitio no cuenta con regulación de visitantes para no sobrepasar su capacidad de carga (Gobierno de Calkiní, 2023). Al impacto anterior, se suma la influencia de zonas agrícolas y urbanas, y el reciente establecimiento de una estación del Tren Maya (específicamente en el municipio de Calkiní) dado que no cuenta con tecnificación adecuada para disposición de residuos (Jouault *et al.*, 2021; Plataforma Nacional de Transparencia, 2024), se

desconoce el efecto que pueden tener las actividades relacionadas con el Tren Maya en el sitio.

Dicho lo anterior, es de relevancia conocer el estado de la calidad del agua (nutrientes como: Nitritos, Sulfatos, Fosfatos y Amonio) y biodiversidad antes del aumento de la afluencia turística esperada por el Tren Maya, con el fin de comprender el impacto de las actividades humanas en ecosistemas caso específico “El Remate”.

Los estudios ecológicos como monitoreo de factores ambientales, diversidad y relaciones tróficas, son una herramienta adecuada para diagnosticar el estado de los ecosistemas (SER, 2004). Y en ecosistemas acuáticos, los peces (ictiofauna) suelen ser el grupo más representativo por su riqueza, distribución y abundancia (Lara-Domínguez *et al.*, 2012a). Por lo tanto, conocer los factores ambientales y la comunidad de peces en el Remate, puede brindarnos una idea inicial del estado ecológico del sitio.

El presente estudio es resultado de un muestreo prospectivo, que tiene como objetivo iniciar con la generación de referencias ecológicas sobre el estado actual de “El Remate”, para lo cual se midieron parámetros bióticos (especies de peces) y abióticos (nutrientes como: Nitritos, Sulfatos, Fosfatos y Amonio) para el posterior diseño de un muestreo basado en el ecosistema que permita el monitoreo para comprender la incertidumbre de ecosistemas presentes dentro de áreas naturales protegidas.

Metodología

El sitio ecoturístico “El Remate” (figura 1) se encuentra ubicado en el km 14 de la carretera Calkiní - Isla Arena, en la comunidad de Tankuché, municipio de Calkiní, Campeche, México (20° 32' 4.4628" N, 90° 22' 13.3032" O).

El muestreo se realizó en el área delimitada para el uso turístico; este polígono es irregular y cuenta con un largo de 49.6m y un ancho de 23.5m en la

parte profunda y 10m en la parte somera (figura 2).

Para los factores abióticos, se colectaron muestras de agua (20ml) en 12 puntos (figura 3) aleatorios distribuidos por el ojo de agua para su posterior análisis. En laboratorio, se realizaron análisis de los nutrientes, siguiendo las metodologías de las normas mexicanas para nitritos (NMX-AA-099-SCFI-2021la), fosfatos (NMX-AA-029-SCFI-2001,



sulfato (NMX-AA-074-SCFI-2014) y amonio (NMX-AA-026-SCFI-2010).

Para la diversidad de la ictiofauna, se realizaron 8 transectos (figura 4) de 10 metros durante 10 minutos por medio de buceo libre y se utilizó una cámara de smartphone (OPPO Reno5 lite) con funda sumergible de tipo sobre, para registrar las especies de ictiofauna con una adaptación de la metodología UVC (censo visual subacuático) pro-

puesto por Andrew & Thompson (1996); además se realizaron capturas con una red telescópica de malla fina.

De los individuos capturados, se tomaron datos biométricos como: longitud total, longitud caudal, (ictiómetro) alto y ancho de la boca (vernier marca Truper, modelo CALDI-6MP), peso (báscula marca Ohaus, serie Scout, modelo STX6201 con resolución de 0.1 gr.).

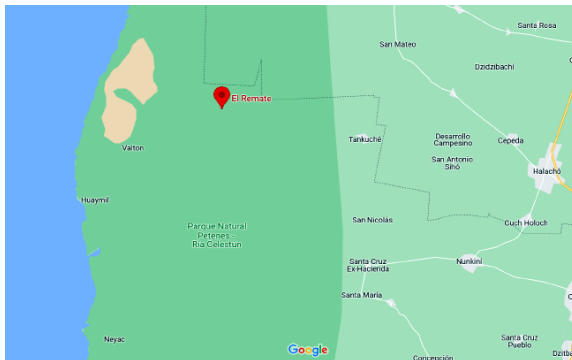


Figura 1. Ubicación geográfica de "El Remate" (Google Maps).



Figura 2. Dimensiones del cuerpo de agua principal del Remate Esquemas en fotografía de creación propia, fotografía base Felipe Gomez (2016).

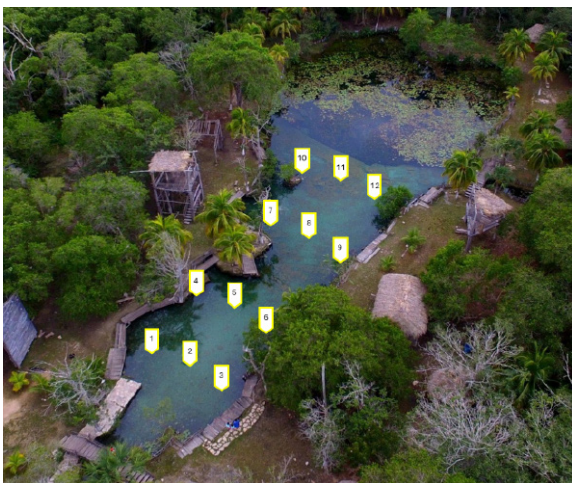


Figura 3. 12 estaciones de muestreo para calidad del agua. Esquemas en fotografía de creación propia, fotografía base Felipe Gomez (2016).



Figura 4. Transectos de buceo, líneas continuas y líneas punteadas para distinguir entre transecto; las etiquetas de número distinguen cada transecto. Esquemas en fotografía de creación propia, fotografía base Felipe Gomez (2016).



Se analizó e identificó el contenido estomacal de las especies capturadas por medio de análisis visual con un estereoscopio marca Leica, modelo Zoom

2000 con la finalidad de registrar una posición trófica referente de la especie a través del índice de Christensen y Pauly, (1992).

Resultados

Nutrientes en el agua

Los valores de nitritos, fosfatos y amonio de 12 muestras de agua (tabla 1) cumplieron con el máximo permisible de la normativa mexicana (<1 mg/L) (tabla 2), a excepción de una muestra tomada por la mañana (ID 2), la cual sobrepasó los límites permisibles, sobre todo en nitritos.

Ichtiofauna

Se registraron 9 especies en todo el sitio de las familias Cichlidae, Characidae, Poeciliidae, y Belonidae, siendo Cichlidae la que tuvo mayor número de especies y Characidae con mayor número de individuos (tabla 3).

Tabla 1. Nutrientes en el agua; ID= numero de muestra, M= mañana, MD = medio día, T= tarde; mg/l = miligramo por litro.

Fecha de colecta	ID	Hora	N mg/l	Fosfato mg/l	Sulfato mg/l	Amonio mg/l
10/10/23	1	M	0.16	0.11	200.82	0
10/10/23	2	M	1.98	1.5	118.85	1.2
10/10/23	3	M	0	0	36.88	0
10/10/23	4	M	0.07	0.29	77.86	2.08
10/10/23	5	MD	0.07	0.07	241.80	0
10/10/23	6	MD	0.04	0.07	77.86	0
10/10/23	7	MD	0.05	0.03	0	0.09
10/10/23	8	MD	0.04	0	0	0
10/10/23	9	T	0	0.10	0	0.34
10/10/23	10	T	0.21	0	241.80	0.11
10/10/23	11	T	0.11	0.18	118.85	0
10/10/23	12	T	0.25	0	159.83	0
10/10/23	13	T	0.25	0.18	118.85	0.14

Tabla 2. Límites máximos permisibles de nutrientes de acuerdo con las mexicanas para nitritos (NMX-AA-099-SCFI-2021a), fosfatos (NMX-AA-029-SCFI-2001, sulfato (NMX-AA-074-SCFI-2014) y amonio (NMX-AA-026-SCFI-2010).

Nutriente	Límite máximo permisibles
Nitritos	1 mg/L
Fosfatos	1 mg/L
Sulfatos	250 mg/L
Amonio	1 mg/L.



Con relación a abundancias, *Astyanax altior* es la más representada con un total de 1159 individuos, seguida de *Poecilia mexicana* con 102 individuos; y *Cichlasoma salvini* con 10.

De acuerdo con los índices ecológicos, el índice de equidad de Pielou J' fue de 0.32, lo que indica ausencia de uniformidad, relacionado con la alta presencia de *A. altior*. El índice de Shannon Wiener ($H' = 0.31$) indicó una baja diversidad en el sitio.

En cuanto a distribución, las especies más abundantes *A. altior* y *Poecilia mexicana* estuvieron presentes en todos los transectos, de los cuales, 4 y 5

contuvieron mayor cantidad de individuos de *A. altior*. Por otro lado, *P. velifera* estuvo presente solo en los transectos con menor profundidad (1,2,7 y 8). En el caso de *Thorichthys meeki* fue observado en parejas solo en transectos con variedad de escondrijos como ramas y vegetación. (2,3,5y6).

Con relación al contenido estomacal, *A. altior* fue la única especie con registro de contenido, encontrando grupos taxonómicos como algas, larvas de insectos, flores y frutos (tabla 4), lo que, de acuerdo con el porcentaje de cada ítem, generó que se le atribuyera una posición trófica característica de un consumidor primario (PT=2.31).

Tabla 3. Especies de ictiofauna registradas en "El Remate", Campeche.

Especies	Transecto								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Astyanax altior</i>	67	48	116	221	253	145	98	211	1159
<i>Poecilia mexicana</i>	12	7	9	3	20	11	8	32	102
<i>Poecilia velifera</i>	7	2	0	0	0	0	3	12	24
<i>Thorichthys meeki</i>	0	5	2	0	6	4	0	6	23
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	0	3	0	7	3	0	0	6	19
<i>Cichlasoma salvini</i>	0	0	3	0	0	7	0	0	10
<i>Belonesox belizanus</i>		3	0	1	5	0	0	3	12
<i>Vieja sypila</i>	0	0	2	6	0	0	0	5	13
<i>Phallochanna weatheri</i>	0	0	4	11	5	0	0	0	20

Tabla 4. Ítems y su porcentaje representativo contenidos en estómagos de *A. altior* capturados en "El Remate".

Contenido estomacal de <i>Astyanax altior</i>					
Estómagos	Algas filamentosas	Flores y frutos	Restos de pez	Restos de insectos	Gasterópodos
<i>A. altior</i> 1	0.85	0.1	0.05	0	0
<i>A. altior</i> 2	0	0	0	1	0
<i>A. altior</i> 4	0.7	0.3	0.05		0
<i>A. altior</i> 5	0	0.9	0	0.05	0
<i>A. altior</i> 6	0.8	0	0	0	0.2
<i>A. altior</i> 7	0.8	0.2	0	0	0
<i>A. altior</i> 8	0.8	0	0	0	0.2
<i>A. altior</i> 9	0.8	0.15	0	0	0.05
<i>A. altior</i> 10	0	0	0.1	0.9	0



Discusión

En cuanto a la calidad del agua, se detectaron valores elevados de nutrientes en una muestra, (nitritos, fosfatos y amonio) durante las primeras horas del día. Es difícil atribuir estos resultados a una causa específica con un muestreo tan puntual, por lo que, debería realizar análisis de parámetros fisicoquímicos del agua tomando en cuenta el comportamiento hidrodinámico del sitio (Batllori y Canto, 2022).

Aunado a lo anterior, las 12 muestras restantes salieron por debajo de los límites establecidos en las normas mexicanas, por lo que podemos señalar que las referencias de agua durante la temporada de lluvias del 2023 no indican una alteración antrópica en el ecosistema.

Con respecto a la ictiofauna, Torres-Castro *et al.* (2009) reportan en “El Remate” un total de 20 especies, mientras que en el presente estudio se encontró solo 9 especies. Es de llamar la atención la disminución de 11 especies. Sin embargo, al ser un solo muestreo se recomienda realizar monitoreos más constantes, que permitan eliminar la incertidumbre del motivo de la reducción de especies registrada en el presente estudio.

La especie dominante fue la sardinita yucateca, (*A. altior*), La media de la longitud de los indivi-

duos es de 8 cm, lo que de acuerdo con Fricke *et al.* (2020), corresponde con el estado juvenil.

A. altior presentó una posición trófica de consumidor primario (2.31), diferente a la que menciona Schmitter-Soto *et al.* (2002) de consumidor secundario ante la disponibilidad de larvas y copépodos en su dieta. Por otro lado, Fricke *et al.* (2020) reporta el comportamiento de consumidor primario de *A. altior* en estado juvenil.

Los individuos capturados de *A. altior* se caracterizan por ser consumidores primarios juveniles, los cuales tienden a cumplir una función de regular las poblaciones de productores primarios evitando eventos de nitrificación, así como nodos claves en el flujo de energía en el ecosistema. Por lo tanto, la especie puede ser considerada clave en la resiliencia de “El Remate” como ecosistema dentro de un ANP.

Al comparar la ictiofauna y calidad del agua, Barreto *et al.* (2013) y Schmitter-Soto *et al.* (2002), mencionan que un aumento en la concentración de nutrientes podría alterar la composición y los niveles tróficos de peces al modificar la disponibilidad de recursos.

Conclusión

En los resultados de calidad del agua, en este estudio, “El remate” no presentó signos de afectaciones que puedan ser atribuidas a un impacto antrópico directo.

En cuanto a la ictiofauna, hubo una disminución de especies con respecto a la presente una década atrás, sin embargo *A. altior* no ha dejado de ser la especie dominante y su población se encuentra dominada por juveniles. Cabe señalar la importancia de esta especie y su sensibilidad ante los cambios en

la concentración de nutrientes, como bioindicador de la estabilidad de este ecosistema.

Las características observadas en el presente estudio nos sirven como referencias ecológicas para comparar el estado de “El Remate” y otros ecosistemas de características similares; los cuales deben monitorearse para conocer su estado durante y después de los impactos de megaproyectos como “El Tren Maya”.



Referencias:

- Barreto, *t al.* (2013). Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopedia Biósfera*, 9(16), p. 2179
- Boege, K., Castillo A., García, A., Vega, J., Miranda, Á., Ruiz A. and Rueda, R. (2010). Dictamen técnico de la manifestación de impacto ambiental del proyecto de desarrollo turístico “zaíro”: identificación de posibles impactos a las áreas naturales protegidas de la región. México
- Battlori, E., & Canto, S. (2022). Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero kárstico en Yucatán, considerando las Anomalías Gravimétricas de Bouguer. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 74(1), e130921. Epub 02 de mayo de 2023. <https://doi.org/10.18268/bsgm2022v74n1a130921>
- Cappo, M., Harvey, E., Malcolm, H., & Speare, P. (2003). Potential of video techniques to monitor diversity abundance and size of fish in studies of marine protected areas. In ‘Aquatic Protected Areas – What Works Best and How Do We Know’. (Eds J. P. Beumer, A. Grant and D. C. Smith.) pp. 455–464. (World Congress on Aquatic Protected Areas Proceedings: Cairns, Qld)
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N. and Van der Laan, R. (2020) Eschmeyer’s Catalog of Fishes Genera, Species, References. Versión 2020
- Fondo Nacional de Fomento al Turismo. (02 de octubre de 2023). Tren Maya, tramo 2: concluida la vía de 234 km en Campeche: Lozano Águila. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/foratur/prensa/tren-maya-tramo-2-concluida-la-via-de-234-km-en-campeche-lozano-aguila?idiom=es>
- Gobierno de Calkiní. (Consultado el 19 de noviembre de 2023). Gobierno de Calkiní. Obtenido de El Remate: <https://calkini.gob.mx/turismo/remate/>
- Halford, Andrew & Thompson, A.. (1996). Visual Census Surveys of Reef Fish.
- Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales. (n.d.). Plataforma Nacional de Transparencia. <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/es/>
- Jouault, S. (2021). La privatización de los cenotes en el traspas yucateco de Cancún-Riviera Maya. *Investigaciones geográficas*, (104), e60369. Epub 20 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.14350/rig.60369>
- Lara-Domínguez, A. L., Contreras-Espinosa, F., Castañeda-López, O., Barba-Macías, E., & Pérez-Hernández, M.A. (2011a). Lagunas costeras y estuarios. In A. Cruz-Angón (Ed.). *La Biodiversidad en Veracruz: Estudio del Estado* (pp. 301-317). México: CONABIO.
- Marina, Tomás I., & Saravia, Leonardo A. (2022). Una revisión de los efectos de los cambios ambientales antropogénicos en las interacciones tróficas de cuatro ecosistemas marinos entre los 45° y 62° S. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 50, 12. Argentina.
- Murphy, H. M., and Jenkins, G. P. (2010). Observational methods used in marine spatial monitoring of fishes and associated habitats: a review. *Marine and Freshwater Research* 61, 236–252.
- Morales, J., & Maza, M. (2019). Afluencia de turismo extranjero en Ecuador año 2017. *Espíritu Emprendedor TES*, 3(2), 69-89.
- Schmitter-Soto, J. J. Comin F. A., E. Escobar-Briones, J. Herrera-Silveira, J. Alcocer, E. Suárez-Morales, M. Elías-Gutiérrez, V. Díaz-Arce, L.E. Marín, B. Steinich Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatán Peninsula (SE Mexico)
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Torres-Castro, Ivette Liliana, Vega-Cendejas, María Eugenia, Schmitter-Soto, Juan Jacobo, Palacio-Aponte, Gerardo, & Rodiles-Hernández, Rocío. (2009). Ictiofauna de sistemas cárstico-palustres con impacto antrópico: los petenes de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 57 (1-2), 141-157. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000100014&clng=en&tlng=es.

Ek León, J.L., Manzanero Vázquez, L.D., Méndez Ortiz S.Y., Noh Ortega D.A., Oropeza Ávila I., Patrón Cach A.J., Rodríguez Guerrero O.B., Sánchez Zapata Y.A., Sosa Pech A.A., Rivera-Arriaga E., Peña-Puch A.C. 2024. Captura del Pulpo en Campeche desde una perspectiva socioeconómica. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 23-38. doi 10.26359/52462.0603



Captura del pulpo en Campeche desde una perspectiva socioeconómica

Capture of the octopus in Campeche from a socioeconomic perspective

J. LEk León^{1,}, L.D. Manzanero Vázquez¹, S.Y. Méndez Ortiz¹, D.A. Noh Ortega¹,
I. Oropeza Ávila¹, A.J. Patrón Cach¹, O.B. Rodríguez Guerrero¹,
Y.A. Sánchez Zapata¹, A.A. Sosa Pech¹, E. Rivera-Arriaga², A.C. Peña-Puch²*

¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche

²Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: al072539@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0603

Recibido 12/marzo/2024. Aceptado 9/agosto/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

El estudio se llevó a cabo en San Francisco de Campeche para analizar la pesquería de pulpo rojo (*Octopus maya*). Se realizó una revisión de literatura especializada, seguida de la aplicación de encuestas con preguntas cerradas y abiertas a pescadores locales en el muelle “7 de agosto”. Se recopilaron datos sobre características económicas, métodos de pesca y horarios. Se analizaron las respuestas y se compararon los datos de pesca de pulpo desde 2019 al 2022 descargando información de CONAPESCA. Los resultados revelaron que el 100 % de los pescadores encuestados pescan *O. maya*, el 44 % está afiliado a cooperativas, el 67 % no realiza actividades económicas adicionales, y el 45% alquila embarcaciones. Se observaron patrones en los horarios y meses de pesca. El análisis de datos de CONAPESCA mostró variaciones en la captura de pulpo a lo largo de los años. En cuanto a la caracterización se encontró que el 44 % están afiliados a una cooperativa pesquera, el 67% no realiza actividades económicas adicionales a la pesca. El 45% renta la embarcación, es decir, no es propietario, generalmente llevan 2 personas en la lancha, sin embargo, uno de los entrevistado mencionó llevar hasta 6 tripulantes. Además, el uso del combustible es un factor importante para que el pescador pueda realizar su actividad, la cantidad que se requiere va desde 40 L a los 80 L. Por último, la distancia en el recorrido de las embarcaciones puede llegar hasta las 50 millas náuticas.

Palabras clave: Pesca de pulpo, sobrepesca, pesquera artesanal.

Abstract

The study was carried out in San Francisco de Campeche to analyze the *Octopus maya* fishery. Specialized literature was review followed by surveys with open and closed questions to local fishermen at the “7 de Agosto” pier. Data on economic characteristics, fishing methods and schedules were collected. The responses were analyzed and octopus fishing data of the years 2019-2022 were compared by downloading information from CONAPESCA. Results revealed that 100% of the fishermen surveyed fish *Octopus maya*, 44% are affiliated to cooperatives, 67% do not carry out other additional economic activities, and 45% rent boats. Patterns were observed in fishing times and months. CONAPESCA data analysis showed variations in octopus captures over the years. Regarding the characterization, it was found that 44% are affiliated with a fishing cooperative, and 67% do not engage in economic activities other than fishing. Additionally, 45% rent their boats, meaning they are not owners. Typically, there are 2 people on the boat, although one interviewee mentioned carrying up to 6 crew members. Furthermore, fuel usage is a crucial factor for fishermen to carry out their activities, with the required amount ranging from 40 to 80 liters. Finally, the distance covered by the boats can reach up to 50 nautical miles.

Keywords: *Octopus maya*, overexploitation, artisanal fishing.



Introducción

El pulpo, *Octopus maya* (Cephalopoda), es un componente esencial tanto en la alimentación como en la cultura de los residentes de la Península de Yucatán. Conocido por los mayas como “box kay” o “pez raíz”, este molusco ha sido un elemento tradicional en su gastronomía (DOF, 2014). La singularidad del pulpo maya resalta su valor ecológico y su exclusividad en la región, lo que incrementa su importancia para la conservación y su atractivo en el mercado (Chan, 2021).

Entre 1998 y 2008, el estado de Yucatán lideró la captura del pulpo maya, representando el 70 % del total, seguido por Campeche con un 20% y Quintana Roo con el 10 % restante (DOF, 2014). Sin embargo, la captura ilegal supone un riesgo crítico para la supervivencia de esta especie. El pulpo maya se caracteriza por un ciclo vital corto, de apenas uno a un año y medio, y debe alcanzar un tamaño adulto antes de ser apto para la pesca (Medina Quej, 2021). Este organismo marino habita en zonas poco profundas y cuevas del lecho marino cárstico o entre formaciones coralinas, distribuyéndose hasta una profundidad de 32 brazas (aproximadamente 60 metros) (Solís-Ramírez & Chávez, 1986).

El pulpo maya tiene la capacidad de liberar tinta y exhibir comportamientos miméticos notables cuando se siente amenazado (Solís-Ramírez, 1997). Similar a los adultos, los pulpos juveniles cazan activamente utilizando sus tentáculos para capturar presas y se mantienen en estado de alerta, escondiéndose cuando no están en búsqueda de alimento. Estos jóvenes son igualmente hábiles en la liberación de tinta y en la alteración de la colora-

ción y textura de su piel para camuflarse (Solís-Ramírez, 1997). La práctica de gareteo en la pesca, prevalente en la Península de Yucatán, se considera sostenible ya que tiende a capturar más machos que hembras, especialmente porque las hembras después de la puesta de huevos tienden a reducir su ingesta de alimentos (Pérez, 2006).

El pulpo maya, conocido localmente como pulpo rojo, representa el recurso pesquero más valioso en las costas de Campeche. Durante la última década, se ha reportado una captura anual promedio de aproximadamente 19 000 toneladas (Arreguín, 2019). Tradicionalmente, la pesca de esta especie se realiza en embarcaciones menores, denominadas “alijos”, que pueden ser lanchas motorizadas o no, con una longitud máxima de 3 metros, operando en aguas someras utilizando técnicas como la “jimba”, que consiste en una caña con cable y un cangrejo vivo como cebo (Arreguín, 2019).

La temporada oficial para la pesca del pulpo rojo abarca desde el 1 de agosto hasta el 15 de diciembre anualmente, conforme al Acuerdo emitido por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural el 16 de marzo de 1994. La Norma Oficial Mexicana NOM-008-SAG/PESC-2015, publicada el 13 de abril de 2016, regula la captura de pulpo en aguas federales del golfo de México y mar Caribe, y especifica que la Secretaría comunicará las cuotas de captura y otras medidas de manejo a través de un Acuerdo en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2015). Este artículo tiene como fin describir la actividad pesquera del pulpo maya realizada por los pescadores del muelle 7 de agosto en San Francisco de Campeche.

Antecedentes

El *Octopus maya*, endémico de la península de Yucatán, es una especie distintiva cuya presencia exclusiva en esta área le otorga un importante valor ecológico y comercial. No obstante, la pesca ilegal

se ha identificado como una amenaza considerable para su supervivencia (La jornada maya, 2021). En las aguas del golfo de México y el mar Caribe, el pulpo representa la segunda pesquería más grande



en términos de volumen, con un total de 45,069 toneladas desembarcadas (CONAPESCA, 2021). A nivel local, nacional e internacional, el pulpo es altamente demandado, contribuyendo significativamente a la economía y al empleo, siendo especialmente vital para la flota ribereña en Campeche y para la flota de pequeña escala e industrial en Yucatán. La pesca de esta especie implica la captura de (*Octopus maya* y *O. vulgaris*), distribuyéndose la flota a lo largo de los tres estados peninsulares. Yucatán lidera la captura de *O. maya* con 29,605 toneladas, seguido por Campeche con 15 102 toneladas y Quintana Roo con 328 toneladas (CONAPESCA, 2021).

La pesca en Yucatán se caracteriza por una flota robusta dedicada a la captura de diversas especies, contrastando con la práctica de pesca artesanal predominante en Quintana Roo ("La jornada maya", 2021). Según De la Cruz Briceño *et al.* (2020), la pesca constituye una actividad esencial para la subsistencia y la economía de las comunidades costeras a nivel global (FAO, 2018). No obstante, los puertos pesqueros enfrentan retos significativos en la comercialización de sus productos, impactando negativamente a las empresas pesqueras de pequeña y mediana escala, así como a los pescadores artesanales y sus familias.

De la Cruz Briceño *et al.* (2020) destacan que, durante el primer trimestre de 2020, las empresas pesqueras de Champotón, Campeche, experimentaron dificultades en la venta de pulpo, vendiendo principalmente a intermediarios en las playas para reducir costos de transporte, lo que repercutió en precios reducidos para los pescadores. Estos intermediarios luego trasladan el producto a bodegas en Puerto Progreso y Mérida, Yucatán, donde se vende mayormente congelado y entero, para su posterior distribución a mercados tanto nacionales

como internacionales, alcanzando precios más elevados en lugares como Quintana Roo (Coronado *et al.*, 2020; Crespo Guerrero & Jiménez Pelcastre, 2017). De la Cruz Briceño *et al.* (2020) menciona que los principales desafíos comerciales que las empresas pesqueras enfrentan son: la falta de infraestructura para garantizar la calidad y seguridad sanitaria de los productos, la presencia de numerosos intermediarios y el desconocimiento para vender sus productos en los mercados internacionales.

Investigaciones realizadas por el gobierno mexicano en Campeche han revelado la importancia del pulpo maya como recurso pesquero de gran demanda a diferentes escalas. Cabrera *et al.* (2012) destacaron que existen variaciones significativas en la proporción de pulpos que no satisfacían los requisitos legales de tamaño, variando según la flota. Por ejemplo, en Campeche, el 40 % de los pulpos capturados eran menores al tamaño mínimo legal de 11 cm LM, en contraste con el 19 % en Yucatán. Además, se observó que los pulpos desembarcados en Champotón eran generalmente más pequeños que aquellos en Isla Arena. Un patrón similar se registró en Yucatán, con tamaños menores en Celestún y mayores en Río Lagartos, sugiriendo una tendencia migratoria de los pulpos de oeste a este.

Hernández-Sánchez y de Jesús-Navarrete (2010) observaron que la relación hembras a machos en las capturas fue de 0.89:1 en Campeche y de 0.93:1 en Yucatán, sugiriendo que las variaciones biogeográficas como la profundidad del mar, la vegetación, las corrientes marinas y la disponibilidad de refugios, así como las técnicas de pesca empleadas, podrían influir en la estructura de las capturas. Además, analizaron cómo estas diferencias afectan la conservación y la sostenibilidad de la pesquería, tomando en cuenta el tamaño de los pulpos capturados.



Metodología

Como primer paso se realizó una búsqueda de literatura especializada para tener un mayor contexto sobre el tema y de esta manera tener una visión objetiva sobre la recolección de nuestros datos, así como también tener un conocimiento sobre la pesquería de pulpo en Campeche.

Se realizaron encuestas con preguntas abiertas y cerradas para recolectar datos locales sobre la pesquería de *O. maya* en el muelle “7 de agosto” con los pescadores artesanales. En la encuesta se preguntaban cosas como características económicas de la pesquería, características del pescador y características de la pesca (métodos de captura, horarios, fechas, etc.). Posteriormente, se hizo un análisis de similitud de respuestas para delimitar la variedad de respuestas obtenidas y adquirir una mayor precisión al momento de hacer el análisis estadístico. Una vez realizado el análisis se comparó los horarios en los que practicaban la pesca, también se realizó

un gráfico para ver los valores máximos y mínimos del promedio de captura que se realizaba por viajes.

Para comparar los datos de la pesca de pulpo durante 2019, 2020, 2021 y 2022 tuvimos que descargar los datos de la producción pesquera de esos años, en la página de “Datos abiertos de México”; los datos de la CONAPESCA se descargaron en un documento de Excel. Con el documento descargado seleccionamos todos los datos y con la función “Cat” creamos una tabla. Con esta tabla lo que se logra hacer es delimitar nuestra muestra, debido a que en el documento se muestran datos de la pesca de distintos estados y de distintas especies capturadas. Una vez delimitados nuestros datos (Campeche y Pulpo maya) comparamos el total del peso total de pulpo desembarcado en los años anteriormente mencionados, así como también los meses de agosto a diciembre. Finalmente, realizamos gráficas para comparar entre años.

Resultados

Características del pescador

Después de haber realizado la encuesta a 9 pescadores el día 21 de octubre de 2023, se observó que un 100 % de los pescadores encuestados pescan *O. maya*. En la figura 1.1 Se observa que el 44 % están afiliados a una cooperativa pesquera, el 56 % restante no lo está.

Respecto a la distribución de actividades económicas alternativas de los pescadores, el 67 % no realiza actividades económicas adicionales a la pesca, el otro 33 % si las realizan (figura 2).

En la distribución de la propiedad de las embarcaciones, el 45% renta la embarcación con la que pesca, el 33% es propietario, mientras que el 22%, prefirió no contestar (figura 3).

Características de la pesquería

Se preguntó acerca del horario que los pescadores tienen determinado para empezar su pesca, como

también cuáles fueron las ventajas que ellos toman en cuenta para salir a pescar. Ellos mencionaron que en el horario de las mañanas han observado que salen los pulpos a alimentarse lo cual es una gran ventaja para el pescador. Comentaron que hay una fecha donde más abunda y realizan su pesca es en la temporada, que inicia desde Agosto al 15 de Diciembre, después de estas fechas ya no es permitido pescar porque empieza el periodo de la veda.

Con los datos de la CONAPESCA se graficaron las capturas para observar el total de toneladas de *Octopus maya* extraído en los distintos años (2019, 2020, 2021 y 2022). Los resultados fueron los siguientes:

Se puede observar que en 2019 el mes en el que tuvo una mayor captura fue en octubre en donde se registró un total de 675.297 toneladas y una cifra total al final del año de 2076.087 toneladas de pulpo (figura 4).

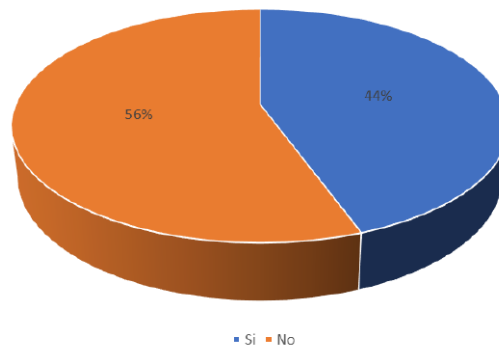


Figura 1. Distribución de pescadores afiliados a una cooperativa.

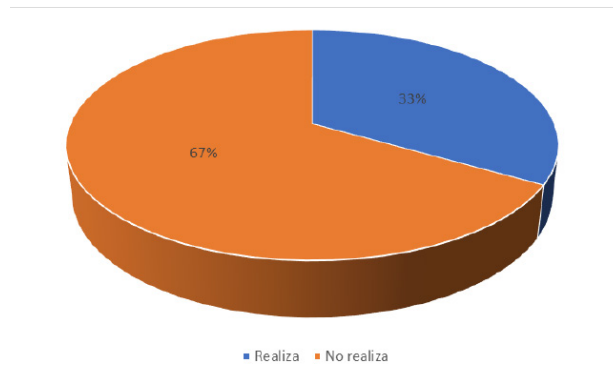


Figura 2. Distribución de actividades económicas alternativas de los pescadores.

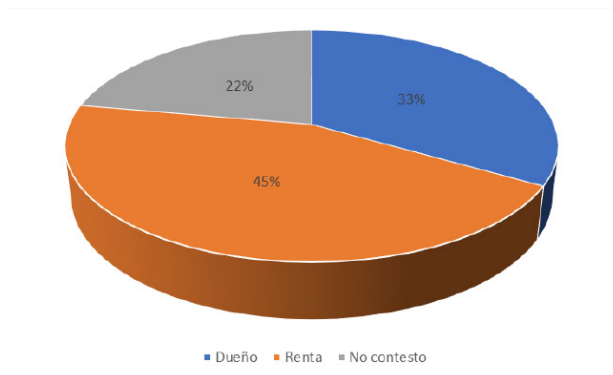


Figura 3. Distribución de la propiedad de las embarcaciones.

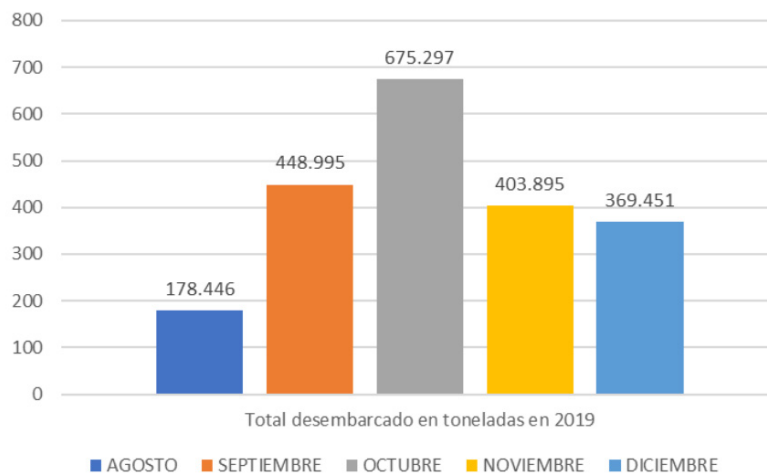


Figura 4. Peso total capturado en 2019. Elaboración propia basado en CONAPESCA..

La figura 5 del año 2020 muestra lo que a diferencia del año anterior, el mes con mayor captura de pulpo fue en diciembre teniendo un total de 745.564 toneladas, la disminución de captura en los meses de agosto y octubre podría ser debido a que en ese año se dio el confinamiento del COVID-19. En este año se capturó un total de 2482.065 toneladas de pulpo (Tabla 2).

Gracias a la figura 6 del año 2021 se pudo observar que hubo un incremento en la captura del pulpo en todo el año esto debido a que en esas fechas tuvo fin el confinamiento por COVID-19 lo que provocó que los pescadores pudieran volver a sus oficios. Los meses en donde hubo una mayor captura fueron 1026.4791 toneladas en octubre y 1162.21436 toneladas en noviembre. En este año la cifra total desembarcado fue de 3969.61 toneladas (tabla 3).

En el año 2022 hubo una disminución pequeña con respecto al año anterior aunque esta disminución es mínima siendo solo de 200 toneladas menos. En este año los meses en donde hubo una mayor captura fueron Noviembre con 1203.12 toneladas y Octubre con 920.48 toneladas (figura 7).

En una comparación a gran escala el año en el que hubo mayor captura fue el 2021 con un total

Tabla 1. Peso total capturado en 2019. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Mes	Total desembarcado en toneladas en 2019
Agosto	178.446
Septiembre	448.995
Octubre	675.297
Noviembre	403.895
Diciembre	369.451
Total	2076.084

Tabla 2. Peso total capturado en 2020. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Mes	Total desembarcado en toneladas 2020
Agosto	225.164
Septiembre	460.053
Octubre	479.224
Noviembre	572.06
Diciembre	745.564
Total	2482.65

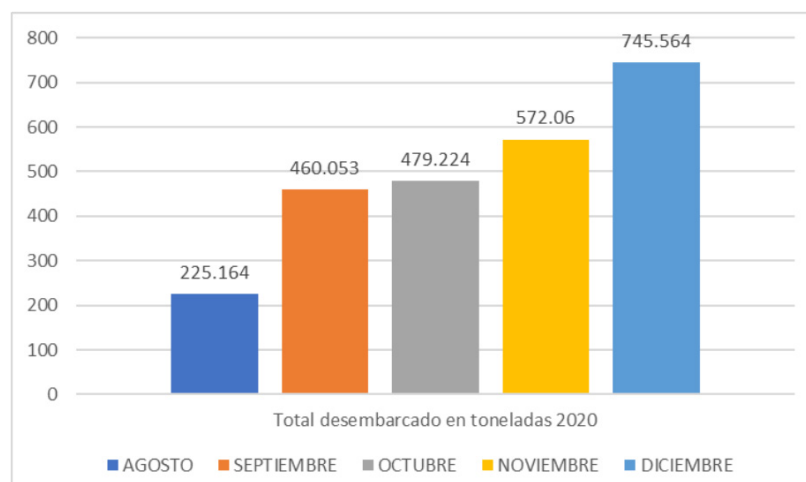


Figura 5. Peso total capturado en 2020. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

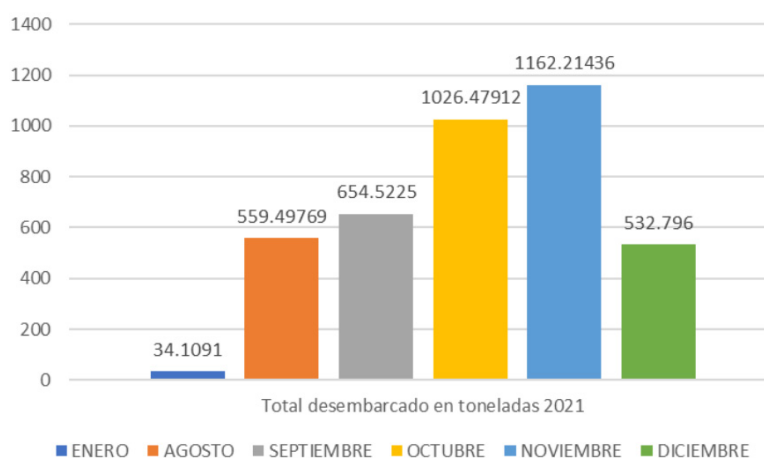


Figura 6. Peso total capturado en 2020. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Tabla 3. Peso total capturado en 2021.
Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Mes	Total desembarcado en toneladas 2021
Enero	34.1091
Agosto	559.49769
Septiembre	654.5225
Octubre	1026.47912
Noviembre	1162.21436
Diciembre	532.796
Total	3969.61877

Tabla 4. Peso total capturado en 2022.
Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Mes	Total desembarcado en toneladas 2022
Enero	8.843
Agosto	380.242
Septiembre	623.241
Octubre	920.483
Noviembre	1203.126
Diciembre	568.212
Total	3704.147

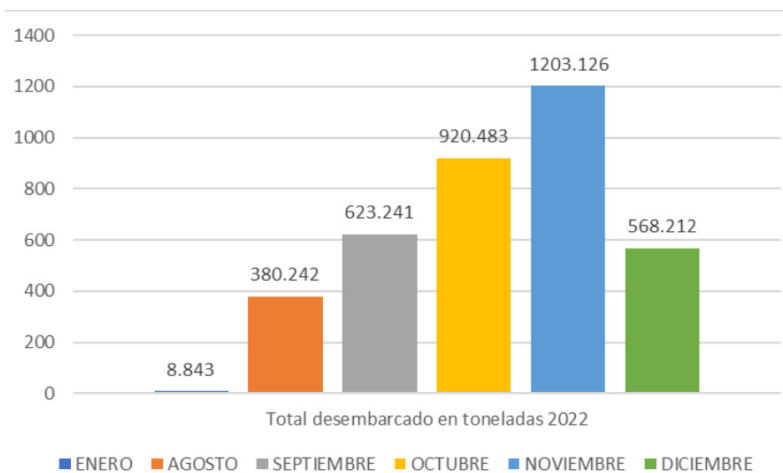


Figura 7. Peso total capturado en 2022. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

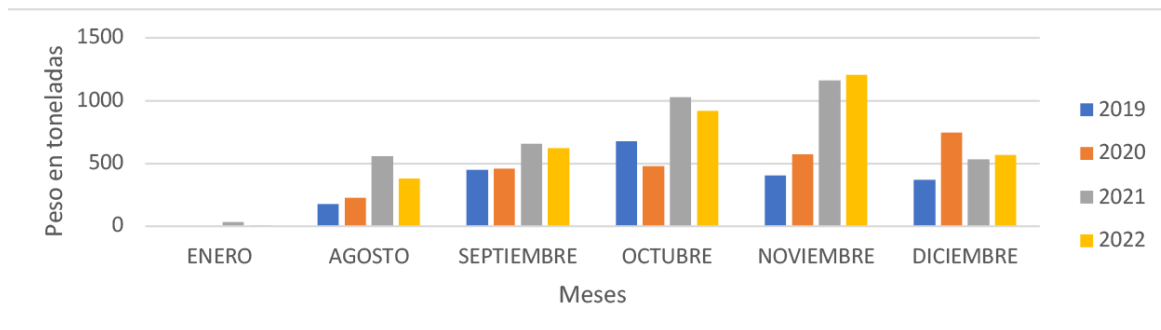


Figura 8. Peso total capturado en los últimos 4 años junto con los meses. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

de 3969.61 toneladas (figura 8). En estos últimos 4 años se capturó un total de 12231.91 toneladas de pulpo y los meses en los que más se capturó fueron en octubre y noviembre (tabla 5 y figura 9).

Caracterización económica del pescador

Se preguntó acerca de los kilos de pulpo que capturan, el horario y los días que ellos le dedican a su actividad como también el número total de horas que se hacen a la semana o los días que trabajan. En las siguientes figuras se aprecian gráficamente los resultados obtenidos de los promedios de captura y las horas trabajadas. En la figura 10 se estima que el pescador dos obtuvo la cantidad aproximada de

Tabla 5. Peso total capturado en los últimos 4 años. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

Año	Total de toneladas
2019	2076.084
2020	2482.065
2021	3969.61877
2022	3704.147
Total	12231.91477

40 kilos capturados, mientras que hubo una similitud entre los pescadores tres, cuatro y cinco con 10 kilos y los pescadores seis, siete y ocho fueron las capturas más pequeñas.

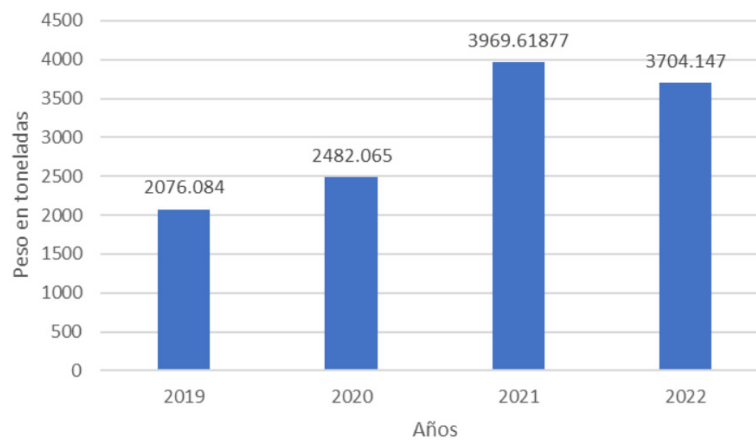


Figura 9. Peso total capturado en los últimos 4 años. Elaboración propia basado en CONAPESCA.

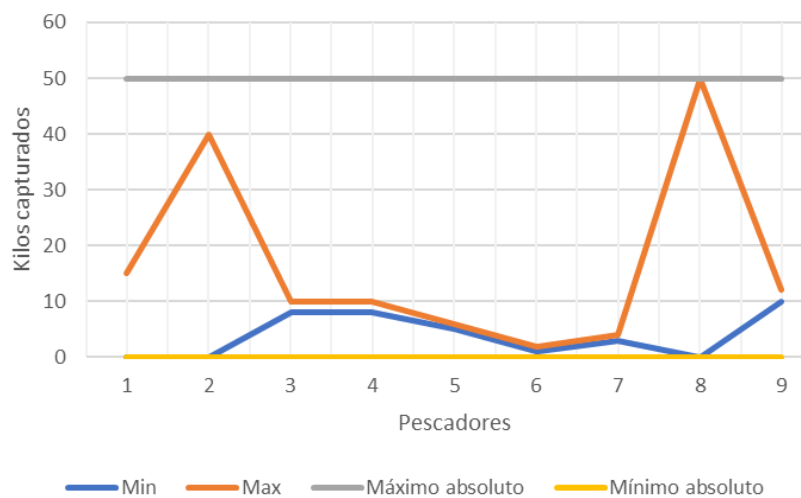


Figura 10. Promedio de capturas de los viajes de cada pescador.

Con respecto a las horas trabajadas no significa que entre más horas se hagan en la pesca van a obtener una cantidad alta de pulpos. El pescador ocho, trabaja el mínimo de horas con 12, y el pescador tres menciona que labora 62 horas a la semana (figura 11).

En la figura 12 se muestra el número de pescadores que van en las embarcaciones y con ello nos ayuda a determinar si eran pescadores o buzos. La mayoría de los entrevistados llevan 2 personas en

la lancha, sin embargo, el pescador seis lleva 6 tripulantes.

El uso del combustible es un factor importante para que el pescador pueda realizar su actividad, se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a la encuesta, en la figura 13 se observa que la mínima cantidad que se puede necesitar es de 40 L y el máximo volumen llega a alcanzar los 80 L.

En la figura 3.5 se observa la distancia que llegaban a recorrer los pescadores en sus embarcacio-

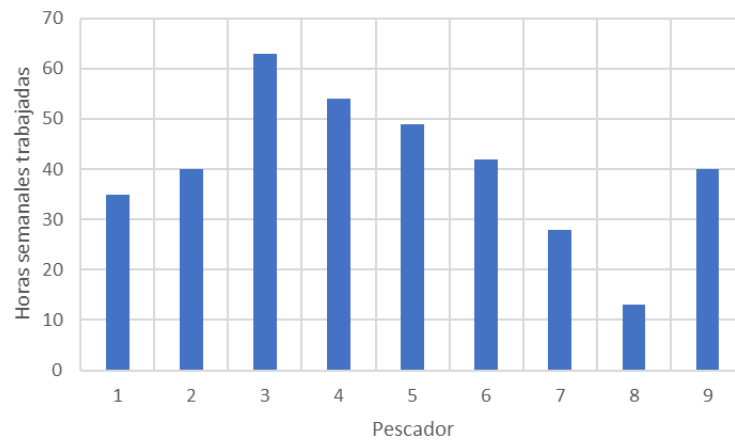


Figura 11. Total de horas de la actividad pesquera.

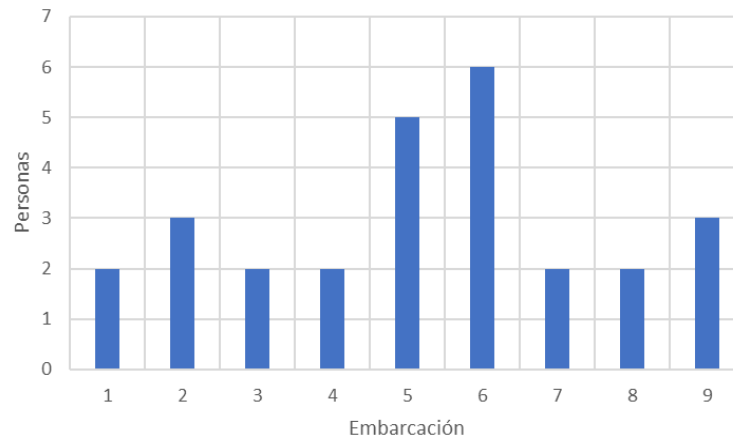


Figura 12. Número de pescadores de las embarcaciones.

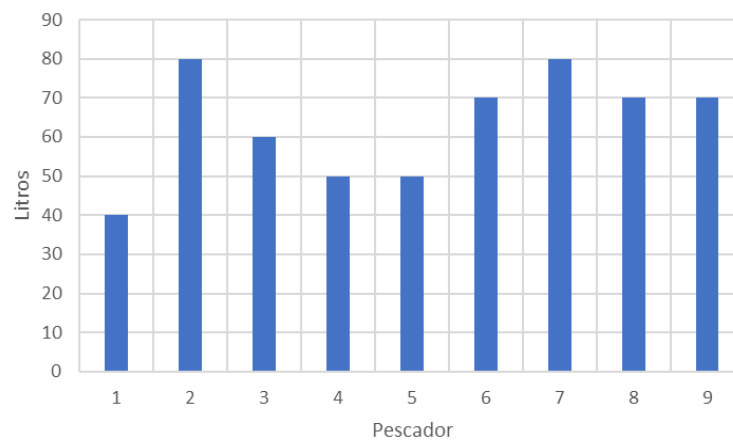


Figura 13. Cantidad de combustible utilizado en los viajes.

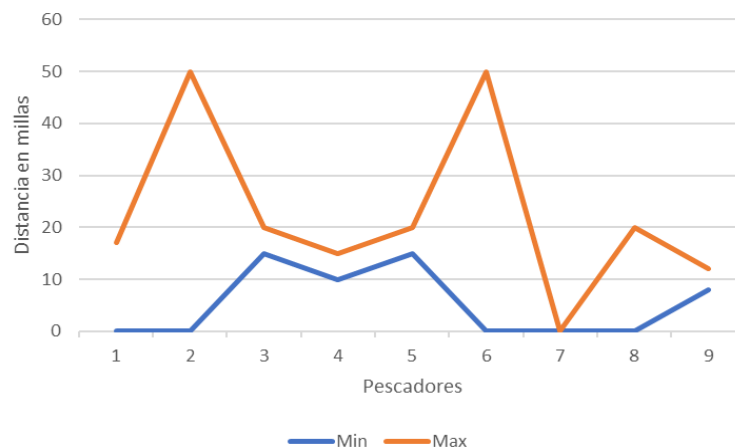


Figura 14. Distancia en millas del recorrido en cada viaje.

nes, donde las embarcaciones que menos recorrido hizo fueron la de los pescadores uno, siete y ocho, mientras que el mayor recorrido lo realizaron las embarcaciones de los pescadores dos y seis con una distancia de aproximadamente 50 millas.

Durante la encuesta nos comentaron que mayormente comercian en pescaderías del mismo estado y muy pocas veces lo hacen fuera de la península de Yucatán, el precio que los pescadores venden a las congeladoras varía mucho dependiendo de la tem-

porada, en nuestros datos recolectados observamos que como un precio mínimo fue de treinta pesos y un valor máximo de ciento cincuenta. Con respecto al precio que lo venden a personas externas es de cien a ciento cuarenta pesos. Según los resultados que obtuvimos en lo que gana un pescador varía dependiendo la cantidad de pulpo capturado, el cual no es un salario fijo y que todas las personas que van en la embarcación ganan lo mismo.

Discusión

La pesquería del pulpo maya, *O. maya* (Voss y Solís, 1966), es una actividad central para los pescadores del muelle del 7 de agosto en Campeche, México. Utilizando el método tradicional selectivo conocido como “garateo”, que implica el arrastre de líneas de monofilamento mientras la embarcación está a la deriva, los pescadores capturan esta especie, prefiriendo cebos como la jaiba (Voss y Solís, 1966). Esta técnica refleja la falta de actividades alternativas a la pesca para la mayoría de los pescadores, quienes comúnmente alquilan las embarcaciones utilizadas.

En términos de productividad, la pesca del pulpo maya ha mostrado fluctuaciones significativas. La pesca de pulpo en este muelle fue tan productiva que sólo en el año 2019 hubo una cifra total de 2 076.087 toneladas, en el 2020 el mes con mayor captura de pulpo fue en diciembre teniendo un total de 745.564 toneladas, la disminución de captura en el resto del año se cree es derivado del COVID-19 (CONAPESCA, 2021). Por otro lado, en el año 2021 la cifra total desembarcada fue de 3969.61 toneladas, esto debido a que se levantó el confinamiento por COVID. Luego en el 2022 el



peso total desembarcado fue de 3704.14 toneladas, lo cual es un gran incremento en la productividad.

En el estado de Campeche, hay 110 almacenes, 12 plantas de producción de hielo, así como 25 muelles y puntos de atracadero destinados a la pesca y procesamiento de pulpo (La jornada maya, 2021). Sin embargo, los pescadores del muelle 7 de agosto no tienen acceso estas instalaciones, ya que son privadas, por lo que suelen vender y procesar el producto por su cuenta.

La pesquería a lo largo del golfo de México ha ocupado un gran período en la pesquería de *O. maya* y el pulpo patón (*Octopus vulgaris*) siendo el primero el que más se pesca, no solo en el Golfo de México. El que más ha registrado capturas de pulpo de manera anual sería Yucatán, y específicamente en el estado de Campeche. Esto se podría deber al hecho de que una gran parte de la población se dedica a la pesca, también por el gran impacto económico que se lleva este estado desde hace generaciones por la gran cantidad de pulpo que hay en sus aguas (Salas et al., 2023).

Salas et al. (2008a) destacan que un predominante 93% de las capturas de pulpo en la región corresponden a las costas de Yucatán y Campeche. La pesca de pulpo en Campeche data de 1949, extendiéndose a Yucatán en la década de 1970. Desde 1979, Yucatán ha sido líder en la producción de pulpo, con cifras que oscilan entre 5 000 y 7 000 toneladas anuales. En 1996, la pesquería registró un récord al exceder las 25,000 toneladas,

aunque con fluctuaciones anuales significativas. En Campeche, la pesca de *O. maya* ha mostrado variaciones, con un pico de más de 7 000 toneladas en 2005 y movimientos alrededor de las 5 000 toneladas en otros años.

La variabilidad de la temperatura en las aguas de la plataforma continental de Yucatán es un factor determinante para comprender las variaciones en la captura del pulpo maya, afectando la distribución y migración de estos organismos, especialmente durante la reproducción (López Rosas et al., 2006). Las áreas con temperaturas ideales para la reproducción de *O. maya* se localizan en Sabancuy, Campeche, Sisal y frente a Río Lagartos en Yucatán. Además, la variabilidad anual en la pesca se ve influenciada por la operación de diversas flotas en Campeche y Yucatán, diferenciadas por su tamaño y tecnología (Salas et al., 2008b).

La flota de Campeche está compuesta por embarcaciones de menor tamaño, relativamente homogéneas en tecnología y método de operación, características que comparte con la flota de menor tamaño en Yucatán. El impacto principal de esta flota se centró principalmente en la explotación intensiva de organismos jóvenes en la población, especialmente la flota de menor tamaño del Estado de Campeche, donde estos organismos representaron el 40.0% de las capturas, en comparación con el 27% registrado en la flota de menor tamaño en Yucatán (Salas et al., 2008b).

Conclusiones

La totalidad de los pescadores entrevistados se dedican exclusivamente a la pesca del pulpo maya, una actividad que representa una fuente de ingresos estacional para ellos y sus familias. La disminución de esta especie no solo impacta negativamente a los pescadores y a la industria local, sino que también amenaza la viabilidad a largo plazo del empleo y la sostenibilidad pesquera (DOF, 2022). El pulpo maya es escaso en las costas de Campeche, lo que

lo convierte en un recurso valioso y limitado. Esta escasez se atribuye a la sobrepesca y al agotamiento de los recursos marinos, lo que podría exceder la capacidad reproductiva natural del pulpo y resultar en una reducción de las capturas. Existe un conflicto entre pescadores y buzos, acusando estos últimos de realizar pesca ilegal de la especie. Además, la ausencia de *O. maya* tiene implicaciones ambientales significativas, ya que juega un rol esencial en la sa-



lud de los ecosistemas marinos. A pesar de la información proporcionada por la última carta nacional pesquera (DOF, 2022), la disminución del pulpo puede tener efectos adversos en otras especies y en el ecosistema marino en su conjunto. Es importante destacar que *O. maya* también es un alimento crucial para especies de relevancia comercial, como el cazón, en la región de Campeche.

De acuerdo con entrevistas realizadas a pescadores locales, se reporta el hallazgo de dos a tres ejemplares de cierta especie marina por semana. Sin embargo, existe una notable desinformación sobre el valor comercial de estos ejemplares, resultando en su venta a precios reducidos y, por ende, en una ganancia marginal para los pescadores. Se observa que la mayoría de los pescadores no están asociados a cooperativas pesqueras, se identifica una necesidad de incrementar la educación ambiental, a través de charlas y cursos de certificación que promuevan prácticas de pesca sostenibles y seguras, evitando así la sobreexplotación y la potencial escasez de la especie en la región.

Los testimonios recabados sugieren que los buzos juegan un papel significativo en la explotación y disminución de la especie, lo que requiere una intervención activa por parte de las cooperativas. Además, se destaca que los pescadores de la especie *O. maya* tienden a operar en áreas próximas al malecón de la capital estatal y en las costas de Lerma, donde las temporadas de comercio y pesca aumentan la probabilidad de encontrar a la especie. Solo una minoría se aventura a zonas más distantes como Seybaplaya, Isla Arena o Sisal en Yucatán, en busca de mayores capturas de pulpo.

El *O. maya* es una especie muy solicitada en el estado y muchas veces no se aprecia el arduo trabajo que hay detrás de la misma, siendo así que las compradoras son las que reciben más ganancias que los pescadores, además de que actualmente la presencia de *O. maya* disminuyó con respecto a otros años, esto debido a lo que los pescadores denominan como “plaga” refiriéndose a los buzos quienes pescan desmedidamente a la especie durante todo el año sin que las autoridades vigilen y sancionen.

Referencias

- Arreguín, F. (2019). Climate change and the rise of the octopus fishery in the Campeche Bank, México, Regional Studies in Marine Science, Volume 32, 100852, ISSN 2352-4855, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485518306200?fr=RR-2&ref=pdf_download&rr=818b9cb3ebb1ac56
- Cabrera, M. A., Ramos-Miranda, J., Salas, S., Flores-Hernández, D., y Sosa-López, A. (2012). Análisis de la estructura poblacional del pulpo rojo (*Octopus maya*) en la península de Yucatán, México. Conference: Proc. Gulf Carib. Fish. Inst., Vol. 64
- Chan, I. (2021). Pulpo maya, exclusivo de la península de Yucatán con alto valor ecológico y comercial. La Jornada Maya. <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/171488/pulpo-maya-exclusivo-de-la-peninsula-de-yucatan-con-alto-valor-ecologico-y-comercial>
- CONAPESCA. (2021). Anuario Estadístico De Acuicultura Y Pesca De La Comisión Nacional De Acuicultura Y Pesca.
- CONAPESCA. (2023). <https://datos.gob.mx/busca/organizacion/conapesca>
- Coronado, E., Salas, S., Cepeda-González, M. F., y Chuenpagdee, R. (2020). Who's who in the value chain for the Mexican octopus fishery: Mapping the production chain. *Marine Policy*, 118, 104013. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104013>
- Crespo Guerrero, J. M., y Jiménez Pelcastre, A. (2017). Organización e impacto territorial de la actividad pesquera comercial ribereña en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún (México). *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 37(2), 297–324. <https://doi.org/10.5209/AGUC.57727>
- De la Cruz Briceño, K., Santos Valencia, R., & Morales Realpozo, J. A. (2020). La comercialización de la pesca artesanal: problemática en el puerto de Champotón, campeche. *Acalán Revista de la Universidad Autónoma del Carmen*. (111) 21-26.
- Diario oficial de la federación (DOF), 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables
- Diario Oficial de la Federación. (2014). ACUERDO por el que se da a conocer el Plan de Manejo Pesquero de pulpo (*O. Maya* y *O. Vulgaris*) del Golfo de México y Mar Caribe https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5338727&fecha=28/03/2014#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SAG/PESC-2015, Para ordenar el



- aprovechamiento de las especies de pulpo en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación. (2022). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la carta nacional pesquera, secretaría de agricultura y desarrollo rural. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5696337&fecha=21/07/2023#gsc.tab=0
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). El futuro de la alimentación y la agricultura. Vías alternativas hacia 2050, FAO, Roma (URL: <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>).
- Hernández-Sánchez, A., y de Jesús-Navarrete, A. (2010). Parámetros de crecimiento, mortalidad y tasa de explotación del pulpo *Octopus maya* en Holbox, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(3), 415–421. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572010000300006>.
- La Jornada Maya. (2021). Portada. <https://www.lajornadamaya.mx/>
- López Rosas, H., Moreno-Casasola, P., y Mendelssohn, I.A. (2006). Efectos de las perturbaciones experimentales en una marisma tropical de agua dulce invadida por la hierba africana *Echinochloa pyramidalis*. *Humedales*, 26 (2): 593-604
- Pérez, M., Burgos, R., Wakida-Kusunoki, A.T., Santos, J., Cervera, K., Espinoza, J.C., Mena, J.C., Cob E. y Medina, M. (2006). Evaluación de la población de pulpo *Octopus maya* en la Península de Yucatán. 2006. Informe de Investigación. Instituto Nacional de Pesca. CRIP-Yucalpetén. Doc. Interno.
- Salas, S., Cabrera, M. A., Coronado, E., Chable, A., Ramos-Miranda, J., Torres-Irineo, E., y Velázquez-Abundado, I. (2023). Typology of small-scale fisheries of the Yucatan peninsula, Mexico: Recognizing complexity of mixed fisheries in assessment and management Tipología de las pesquerías en pequeña escala de la península de Yucatán, México: Reconociendo. *Ciencia Pesquera*, 31(1), 89-114.
- Salas, S., Cabrera, M.A., Palomo, L., Bobadilla, F., Ortega, P., y Torres, E. (2008a). Plan de manejo y operación del comité de administración pesquera de escama y pulpo. Pesquería de pulpo y aspectos socioeconómicos. Informe Final. Gobierno del Estado de Yucatán SAGARPA-CO-NAPESCA.
- Salas, S., Cabrera, M.A., Palomo, L., y Torres, E. (2008b). Uso de indicadores para evaluar medidas de regulación en la pesquería de pulpo en Yucatán, dada la interacción de flotas. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61:111-121
- Sánchez-García, A. (2016) Estudio biológico -pesquero de *Octopus* spp. en el Complejo Lagunar Bahía Magdalena-Almejas, B.C.S., México, DOI: 10.13140/RG.2.1.4439.9125
- Solís-Ramírez, M.J., y Chávez, E.A. (1986). Evaluación y régimen óptimo de pesca del pulpo de la Península de Yucatán. *Anal. Inst.Cienc. Mar. y Limnol.* UNAM
- Solís, M.J., Arreguín-Sánchez F., y Seijo, J.C. (1997). Pesquerías de cefalópodos. P 61-80. In: Flores- Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo J.C., y Arreguín-Sánchez, F. Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. EPOMEX Serie Científica 7. México.



Cahuich Poot, F., Cahuich Rodríguez, Y., Chan Allil, Á., Colli de Dios, M., Contreras Bolaños, D., España Ake, D., Muñoz Villasis, E., Ramírez Cruz, C., Rivera-Arriaga, E., Peña-Puch, A.C. 2024. Impacto socioambiental de la pesquería del pulpo maya en San Francisco de Campeche. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 39-54. doi 10.26359/52462.0604



Impacto socioambiental de la pesquería del pulpo maya en San Francisco de Campeche

Socio-environmental impact of Mayan octopus fishery in San Francisco de Campeche

F. Cahuich Poot¹, Y. Cahuich Rodríguez¹, Á. Chan Allil¹, M. Colli de Dios^{1,},
D. Contreras Bolaños¹, D. España Ake¹, E. Muñoz Villasis¹, C. Ramírez Cruz¹,
E. Rivera-Arriaga², A.C. Peña-Puch²*

¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche

²Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: al064213@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0604

Recibido 12/marzo/2024. Aceptado 9/agosto/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

La pesquería del pulpo maya en el Golfo de México enfrenta grandes desafíos. A pesar de los esfuerzos por implementar prácticas sostenibles, la sobreexplotación de la pesquería ha generado problemáticas socioambientales en la Península de Yucatán. El pulpo rojo (*Octopus maya*) tiene un ciclo de reproducción único, sin etapa larval, donde las hembras mueren tras cuidar los huevos, lo que aumenta la mortalidad natural y complica el control de la pesca. Aunque es un recurso vital y apreciado en la gastronomía local, el Estado de la pesquería amenaza su existencia. El objetivo de esta investigación es conocer el impacto socioambiental de la pesquería del pulpo en Campeche, conocer las características de las pesquerías, los pescadores, la economía de los pescadores y las organizaciones involucradas. La investigación destaca la importancia de la participación en el manejo de la pesquería del pulpo y el desarrollo de estrategias que disminuyan la vulnerabilidad económica de los pescadores. Los resultados subrayan la necesidad de prácticas sostenibles y una gestión adecuada de los recursos marinos.

Palabras clave: sobrepesca, pesquería de pulpo, Campeche.

Abstract

The Maya octopus' fishery in the Gulf of Mexico faces significant challenges. Although efforts to implement sustainable practices, overexploitation has occasioned socio-environmental issues in the Yucatán Peninsula. The red octopus (*Octopus maya*) has a unique reproductive cycle, lacking a larval stage, where females die after caring for their eggs, increasing natural mortality and complicating fishery management. Although it is a vital and cherished resource in local cuisine, the state of the fishery threatens its existence. This research aims to understand the socio-environmental impact of the octopus' fishery in Campeche, examining the characteristics of the fisheries, the fishers, their economy, and the involved organizations. The study highlights the importance of participation in fishery management and the development of strategies to reduce the economic vulnerability of fishers. The results underscore the need for sustainable practices and proper marine resource management.

Keywords: Overfishing, octopus' fishery, Campeche.



Introducción

En Campeche, la pesca es una de las actividades más comunes y tradicionales del Estado. Cuenta con un litoral de 523 km, lo cual representa 3.8 % del total de México (Borello *et al.*, 2010). Se encuentra entre los 10 estados con mayor producción pesquera de México, la mayor parte de sus pesquerías (53 %) se encuentran en el máximo rendimiento sostenible, entre ellas, la de jurel, pulpo (aunque en la CNP de 2022 menciona que se encuentra en deterioro), jaiba y camarón siete barbas (Carta Nacional Pesquera, 2012; Carta Nacional Pesquera, 2018). Una de las pesquerías que destaca es la de pulpo, ésta se compone por dos especies: pulpo rojo (*Octopus maya*) y al pulpo patón (*Octopus vulgaris*). El pulpo rojo aporta la mayor parte de las capturas con un 62% del total (Castilla-Ventura y López-Rocha, 2010).

El pulpo maya es un pulpo holobentónico, endémico de las aguas someras del banco de Campeche, en el sureste del golfo de México. Desde el punto de vista biológico, *O. maya* presenta importantes diferencias con otras especies. No hay larvas planctónicas; las hembras depositan huevos dentro de cuevas y los cuidan. Después de siete a nueve semanas, se produce la eclosión y aparecen nuevos individuos como pulpos juveniles, que se convierten casi de inmediato en depredadores activos. Sin embargo, durante el mes de eclosión, las hembras no están disponibles para pescar, mueren de hambre después de la eclosión. Se restringe el buceo como técnica de pesca, debido a que no existe control sobre la captura de hembras maduras, y se tiene alto riesgo de mortalidad de huevos que quedaron desprotegidos (Arreguín-Sánchez, 2019).

En la actualidad, la explotación de pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) está sujeta a regulaciones establecidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-008-PESC-1993 (DOF, 1993). Esta normativa tiene como objetivo ordenar el manejo de las especies

de pulpo en las aguas de jurisdicción federal del golfo de México y el mar Caribe. Además, se rige por el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2005, el cual impone períodos de veda para la pesca de ambas especies de pulpo en las aguas de jurisdicción federal a lo largo de los litorales de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. El periodo de veda se extiende del 16 de diciembre al 31 de julio de cada año (Ramos *et al.*, 2013).

En las últimas décadas, las capturas anuales promediaron aproximadamente 19,000 toneladas que se obtienen entre agosto y diciembre. Los autores documentaron evidencias de variaciones ambientales asociadas al cambio climático, particularmente el efecto de un cambio de régimen que se observó en varias variables ambientales (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2019). Los desembarques llegaron a representar aproximadamente el 40 % de la producción total (Salas *et al.*, 2008).

En la actividad pesquera correspondiente, se distinguen dos tipos de flotas: la flota menor, también conocida como artesanal y la flota de mediana altura. La primera, de mayor cantidad, lleva a cabo operaciones a lo largo de todo el litoral de Campeche, Yucatán y el norte de Quintana Roo, incluyendo la flota que realiza pesca en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Por otro lado, la flota de mediana altura en Yucatán se concentra principalmente en el puerto de Progreso (DOF, 2022). Por último, la pesquería de pulpo es una de las más importantes del país ya que muchas comunidades rurales y urbanas se benefician de este oficio. El Plan de Manejo Pesquero del pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) del golfo de México y mar Caribe tiene como objetivo el desarrollo integral y armónico de la pesquería, considerando aspectos de corte social, ecosistémico y productivo de la pesquería (Martínez, 2014).



Antecedentes

La pesca del pulpo es una de las pesquerías más importantes en México, es la décimo primera en términos de volumen (2018) y la cuarta en términos monetarios. La actividad pesquera en el estado de Campeche es diversa y compleja; en ésta, se encuentran involucrados alrededor de 12 000 pescadores que trabajan en las costas del estado. Sin embargo, durante la temporada de pesca y captura del pulpo se añaden cerca de 10,000 pescadores de los cuales gran parte son pescadores de los estados vecinos (Tabasco, Chiapas, Yucatán y Veracruz) o personas que se dedican a otras actividades en el resto del año (Rosales Raya & Fraga Berdugo, 2019).

En la actualidad la captura del pulpo se realiza principalmente con embarcaciones menores en el litoral de Campeche, Yucatán y Norte de Quintana Roo (SADER, 2017). La explotación del pulpo en México tuvo inicio en las aguas cercanas al puerto de Campeche, donde se registró una captura de 50 toneladas en 1949. Durante la década de los sesenta, la pesca se extendió a los puertos de Seybaplaya y Champotón y la captura se incrementó significativamente, alcanzando las 1 321 toneladas en 1965. En 1970, debido a la disminución de la pesca en Campeche, los pescadores exploraron las aguas de Celestún, incorporando a Yucatán a la actividad pesquera con una captura de 304 toneladas. Fue así como se inició formalmente la explotación de esta especie en la región (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1987; Solís-Ramírez, 1962; 1967; 1991; 1994; Solís-Ramírez *et al.*, 1997).

Los pulpos, se caracterizan por ser carnívoros desde las primeras fases de vida y por poder reproducirse tan solo una vez en su vida. El *Octopus maya* tiene un ciclo de vida corto, alrededor de uno a dos años, siendo la temperatura del agua de mar, uno de los factores principales que determina su distribución geográfica (Rosas, 2010).

Chávez (1998) menciona que la pesquería de pulpo en la sonda de Campeche constituía más del 95 % de la producción nacional, destacando que

los rendimientos alcanzaron un pico de 15,000 toneladas en 1991. En el año 2020, se pescaron 25,416 toneladas de pulpo en México, siendo el 100 % de esta cantidad obtenido mediante la pesca de captura salvaje. Del total, el 92 % fue capturado en los estados de Yucatán y Campeche. Se registró una disminución del 33% en la captura total en comparación con el año 2019. La continua disminución de las poblaciones de pulpo ha generado un interés creciente en la práctica de la acuicultura intensiva de esta especie (Aquatic Life Institute, 2023).

En la tabla 1 se observa que la flota de mediana altura de la pesquería de pulpo maya se encuentra en Yucatán y Quintana Roo, en total hay 465 barcos con igual número de permisos, 4,745 pescadores, 4 874 alijos (pequeños botes sin motor) y 9 262 jimbas (varas de bambú). Yucatán presenta el 96.1 % del total de permisos y embarcaciones de mediana altura. Por otra parte, la flota menor o de pequeña escala opera en los tres Estados de la península de Yucatán para la captura de pulpo maya, se compone por 5,681 embarcaciones con 1 872 permisos, 13 757 pescadores, 8 728 alijos y 15 897 jimbas. Es decir, se tiene en promedio 3 embarcaciones por permiso de pesca, 7.3 Pescadores por embarcación, y 1.5 alijos por embarcación. Además, la pesquería de pulpo de pequeña escala se distribuye de la siguiente manera: en Yucatán el 56.1% de los permisos y 65.7 % de las embarcaciones menores, Campeche el 42.6 % de los permisos y 28.3 % de las embarcaciones menores, y en Quintana Roo solo el 1.3 % de los permisos y 6.0 % de las embarcaciones menores (DOF, 2022).

La Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) menciona que el 2021 la pesquería de pulpo registró a nivel nacional a 46 861 toneladas, de los cuales el 63.2 % se captura en Yucatán y el 32.2 % en Campeche.

Entre 2012 y 2021 ha registrado en promedio 10,590 toneladas anuales, la captura mas baja se registró en 2014 con 8 434 toneladas y

**Tabla 1.** Datos de CONAPESCA sobre la pesquería de pulpo.

Estado		Yucatán	Campeche	Quintana Roo
Flota de mediana altura	Embarcaciones	447		18
	Permisos	447		18
	Pescadores	4,470		275
	Alijos	4,700		174
	Jimbas	8,900		362
Flota de pequeña escala	Embarcaciones	3,733	1,605	343
	Permisos	1,050	798	24
	Pescadores	10,000	3,210	547
	Alijos	7,466	1,248	14
	Jimbas	11,200	4,076	621

la mas alta fue en 2021 con 5,102 t (CONAPESCA, 2021).

Aunque las capturas de península de Yucatán registren un incremento en la última década, esto se ha relacionado principalmente con el aumento del esfuerzo pesquero por la presión de la demanda

sobre la pesquería de pulpo que ha promovido la pesca ilegal en la región (Coronado *et al.*, 2020). Respecto la salud de las poblaciones el Estatus de la pesquería de pulpo (*Octopus maya*) se encuentra en deterioro, es decir, no se debe incrementar el esfuerzo pesquero (DOF, 2022).

Metodología

El primer paso de esta investigación consistió en realizar una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con la pesca de pulpo en la región de San Francisco de Campeche, Campeche. Se consultaron fuentes académicas, informes gubernamentales, publicaciones especializadas y otros recursos relevantes. La presente revisión bibliográfica se realizó mediante la consulta de diversos artículos obtenidos de portales y sitios web, incluyendo también tesis doctorales.

Además, se recibió asesoramiento especializado que enriqueció la comprensión del tema en estudio. Este proceso permitió diseñar una entrevista semi estructurada, orientada a recopilar información directamente de los pescadores locales. La entrevista fue diseñada mediante preguntas abiertas y cerradas a un grupo representativo de pescadores artesanales en el muelle de San Román, Campeche. La elección de este lugar se basó en su importancia como centro de actividades pesqueras en la región.

Se procuró garantizar la representatividad de la muestra, considerando diversidad en la edad, experiencia y enfoque de pesca de los participantes. La encuesta se estructuró en tres secciones que consisten en Características del pescador, de la pesquería y la caracterización económica (tabla 2).

De igual manera entrevistamos al personal del Instituto de Pesca y Acuicultura de Campeche para obtener a mayor detalle la información sobre los pescadores locales.

Seguidamente a la recolección de datos a través de las encuestas, se accedió a la base de datos de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) para obtener información cuantitativa sobre la producción pesquera de pulpo en San Francisco de Campeche. Se extrajeron datos relevantes correspondientes al período entre 2019 y 2022.

Los datos recopilados a través de las encuestas y los datos secundarios descargados de CONA-

**Tabla 2.** Estructura de la encuesta.

Características de la entrevista	Secciones
Características del pescador	En esta sección, se recopiló información sobre la edad, experiencia en la pesca, métodos de pesca utilizados y conocimientos tradicionales.
Características de la pesquería	Ubicación de las áreas de pesca, las temporadas de pesca, las especies de pulpo capturadas y las prácticas de manejo sostenible.
Caracterización económica de la pesca de pulpo	Esta sección se enfocó en aspectos económicos, incluyendo los costos operativos, los ingresos generados por la pesca de pulpo.

PESCA (2023) se procesaron y organizaron en un programa de hojas de cálculo, como Microsoft Excel. Se clasificaron por categorías específicas, tales como peso desembarcado, peso vivo y valor monetario. Se realizaron cálculos estadísticos y análisis descriptivos para identificar tendencias y patrones en la con el objetivo de presentar los hallazgos de

manera clara y visual, se crearon gráficas de barras y otros gráficos pertinentes, estos gráficos permiten comparar y visualizar los valores de las distintas categorías a lo largo de los cuatro años, proporcionando una representación efectiva de la evolución de la pesca de pulpo en la región.

Resultados

Se aplicaron siete entrevistas semi estructuradas como parte de un estudio piloto, dirigida a pescadores permisionarios, libres y artesanales del Muelle San Román en la ciudad de San Francisco de Campeche el 21 de octubre del 2023.

Características del pescador

De los pescadores entrevistados, la mayoría (el 86 %) pesca pulpo y solo el 14 % se dedica a la pesca de otras especies marinas. El 71.4 % tardan al menos 24 horas capturando pulpo y solo el 28.6 % tardan al menos 11 horas pescando. De los pescadores entrevistados capturan al día entre 1.5 kg hasta un máximo de 50 kg, sin embargo, los pescadores comentaron que depende de la temporada, el clima y el estado en el que se encuentran. Los pescadores entrevistados de los pescadores entrevistados tienen en promedio un gasto de gasolina diaria de \$ 902.8, sin embargo, esto varía por usuario el rango de gastos que va desde \$150 hasta \$ 2 400 pesos mexicanos. El 57.1 % de los entrevistados no realizan actividades adicionales a la pesca, el 28.6 % realiza otra actividad (sin especificar) y solo el

14.3 % realiza albañilería. Estas actividades se realizan cuando hay mal tiempo y no pueden salir a capturar pulpo.

Características de la pesquería

En las entrevistas realizadas a los pescadores, todos estuvieron de acuerdo en que la temporada de pulpo se extiende desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre. En las entrevistas realizadas, la mayoría de los pescadores indicaron que se necesita mínimo un solo hombre para la pesca de pulpo, mientras que el máximo de hombres que se pueden necesitar es de hasta cuatro hombres. Únicamente solo un entrevistado respondió que puede variar según las circunstancias.

De acuerdo con los resultados de las entrevistas, se pudo observar que un 43 % de los entrevistados afirmaron que su única fuente de ingresos proviene de la captura de pulpo. Un 29 % de los entrevistados no proporcionaron una respuesta y, finalmente, un 28% respondieron que la pesca de pulpo no es su única fuente de ingresos (figura 1).

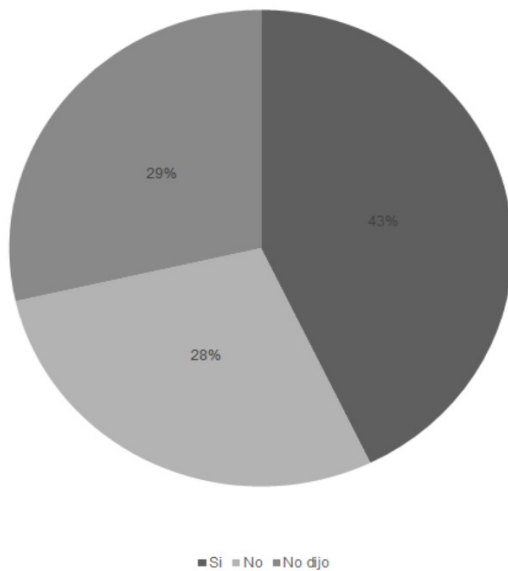


Figura 1. Pescadores cuya principal fuente de ingresos es la captura de pulpo.

De entre los entrevistados, el 43 % emplea cebos para la pesca de pulpo, mientras que un 22 % prefiere utilizar plomos, un 14 % opta por las jimbas, un 7 % recurre a los bolsos, otro 7 % confía en las redes, y finalmente, otro 7 % utiliza sedales en sus técnicas de pesca de pulpo (Figura 2).

El 71 % de los pescadores opta por vender el pulpo fresco sin almacenarlo, mientras que el restante 29% decide conservarlo en hielo. El 72 % mostró su apoyo a la norma, mientras que un 14 % prefirió no dar una respuesta, y otro 14 % indicó que no tenía conocimiento sobre el tema.

Valor y volumen de captura

Utilizando los datos mensuales de CONAPESCA entre el 2019 y 2022 se pudo determinar el peso total de pulpos capturados vivos y desembarcados, y las ganancias totales registrados en la oficina de pesca de la ciudad de Campeche.

En la figura 3 observamos que, en el año 2019, el mes con mayor de peso de pulpo maya desembarcado fue octubre, llegando a la cifra de 682.065 toneladas. También tuvo el mayor índice de peso vivo del pulpo maya, llegando a la cantidad de 683 toneladas.

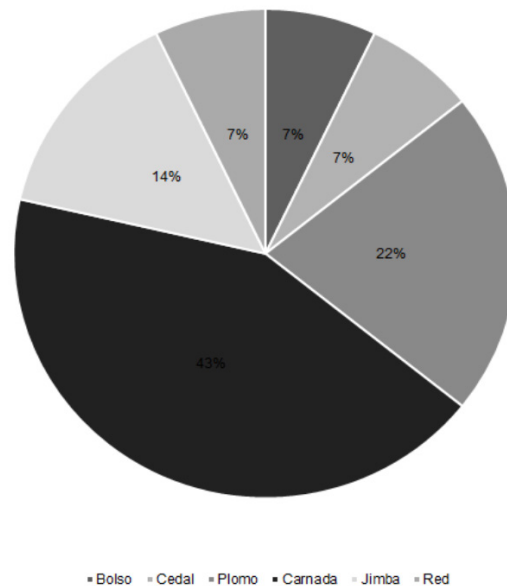


Figura 2. Tipos de artes que usan para la captura de pulpo..

Además, se observa que también en 2019, octubre registró el mayor ingreso de \$30,828,505 pesos con la venta de pulpo maya, marcando el registro más alto del año (figura 4).

En el 2020 la mayor cantidad de peso desembarcado se registró en diciembre, llegando a la cifra de 745.564 toneladas. En la figura 5 podemos visualizar que el mes de diciembre obtuvo la mayor cantidad de peso vivo para el pulpo maya, alcanzando la cantidad de 746.225 toneladas.

En 2020 se generó la mayor cantidad de ganancias por la captura del pulpo maya fue en diciembre con \$64 880 806 pesos (Figura 6).

Para el 2021 mayor peso desembarcado ocurrió en octubre con 1 709.33562 toneladas (figura 7). Así también el mes de octubre se exhibió el peso vivo más elevado de pulpo maya, alcanzando la cifra de 1 709.33562 toneladas.

Sin embargo, en 2021 los mayores ingresos por la pesca de pulpo maya se realizaron en noviembre, alcanzando la cifra de \$123 626 934.83 pesos (figura 8).

En 2022 el mes de noviembre concentra el mayor volumen de peso desembarcado, alcanzando la cifra de 1 204.306 Toneladas. En el mismo año

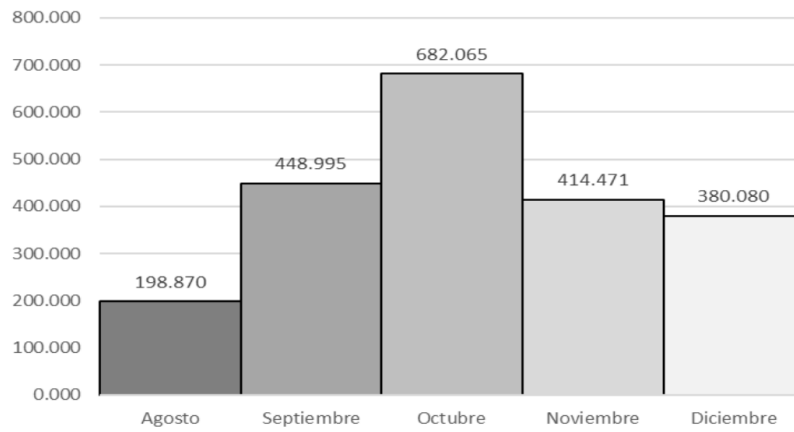


Figura 3. Peso desembarcado en toneladas de pulpo maya durante la temporada de 2019.

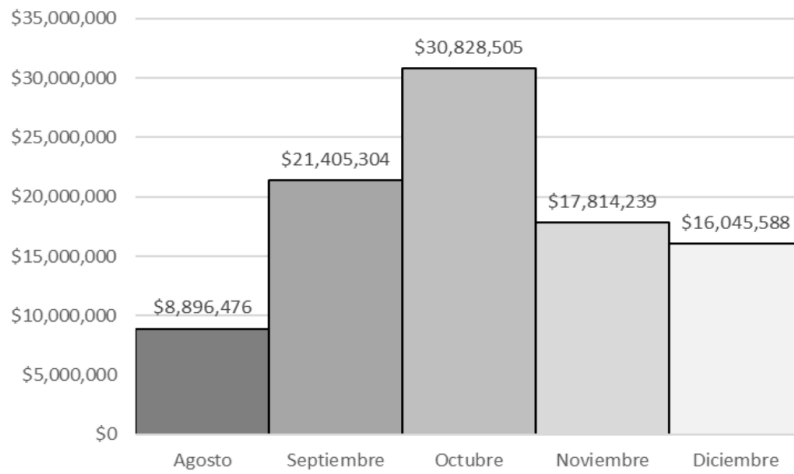


Figura 4. El valor de la captura de pulpo maya en la temporada de 2019.

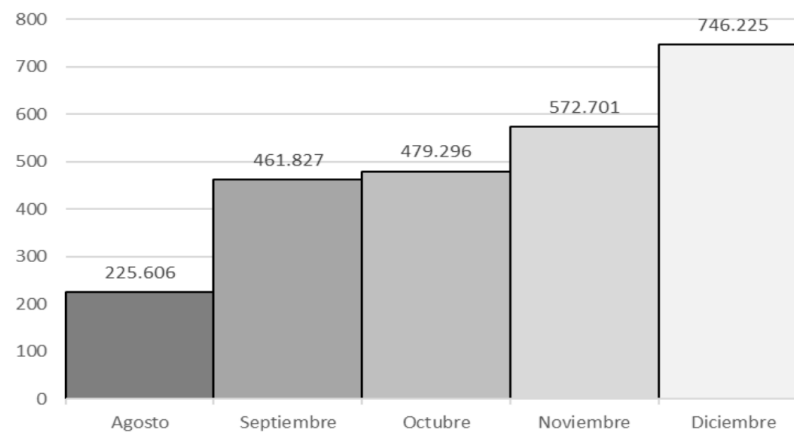


Figura 5. Peso vivo total en toneladas de pulpo maya capturado en la temporada de 2020.

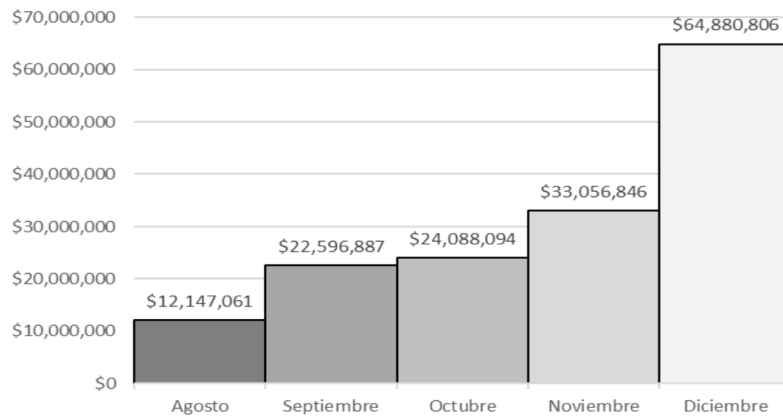


Figura 6. El valor de la captura de pulpo maya en la temporada de 2020.

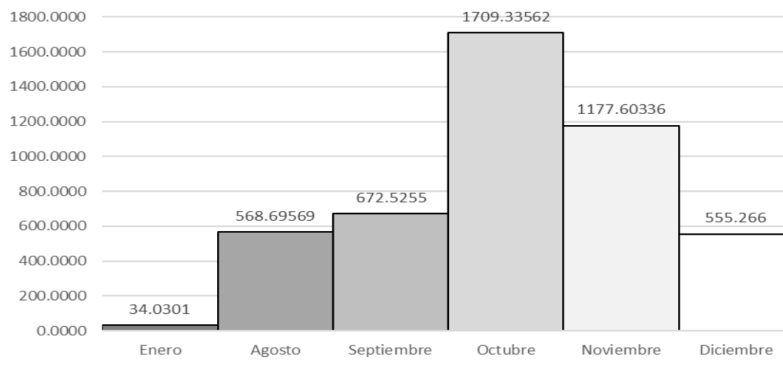


Figura 7. Peso desembarcado en toneladas de pulpo maya en la temporada de 2021.

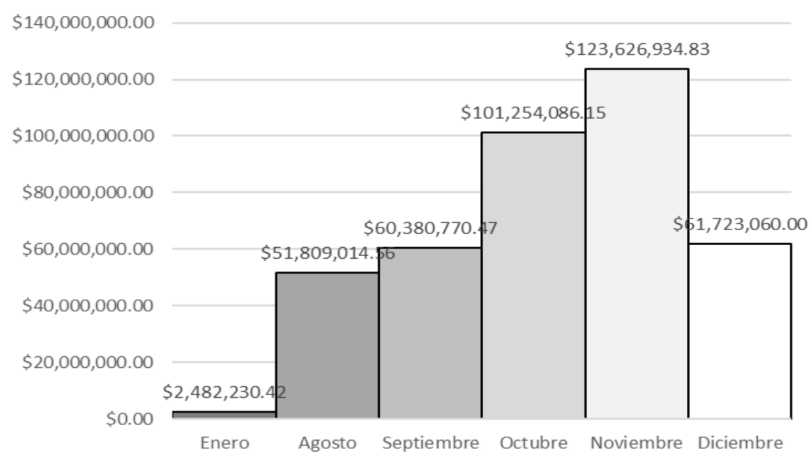


Figura 8. El valor de la captura de pulpo maya en la temporada de 2021.



noviembre también fue el que suma la mayor cantidad de peso vivo de pulpo maya llegando a la cantidad de 1205.863 toneladas (figura 9).

En la figura 10 podemos visualizar que en 2022 el mes que generó mayor cantidad de ganancias fue el de noviembre, llegando a un monto de \$135 643 299.00 pesos mexicanos.

En la tabla 3 se observa que el año que generó la mayor cantidad de volumen desembarcado fue el 2021, llegando a la cifra de 4 717.4563 toneladas. No obstante, en el 2022 se obtuvo una ganancia de \$408 651 427.00 pesos, marcando la cifra más alta

registrada en estos últimos cuatro años por la captura de pulpo maya. Además, el Precio por tonelada ha aumentado anualmente durante este periodo en 2021 fue de \$44 712, en 2022 con \$63 161, para 2023 fue de \$85 062 y en 2024 con \$109 803.

Caracterización económica de la pesquería del pulpo.

De los entrevistados, un 83 % respondieron que venden todo su producto directamente a los proveedores y un 17 % respondieron que no se involucran en la venta del recurso. Los pescadores artesa-

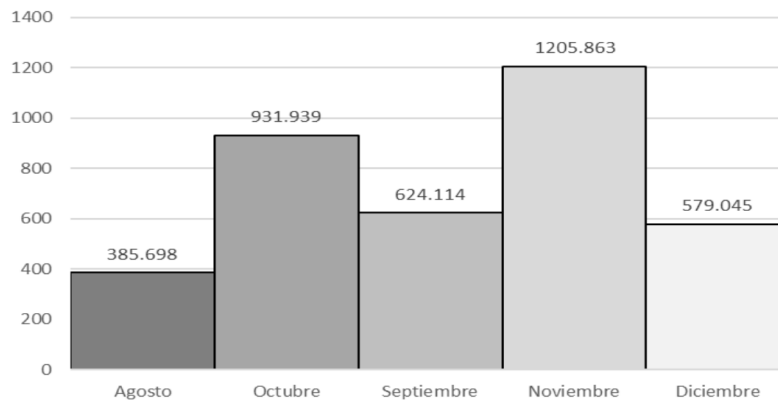


Figura 9. Peso vivo en toneladas de pulpo maya en la temporada de 2022.

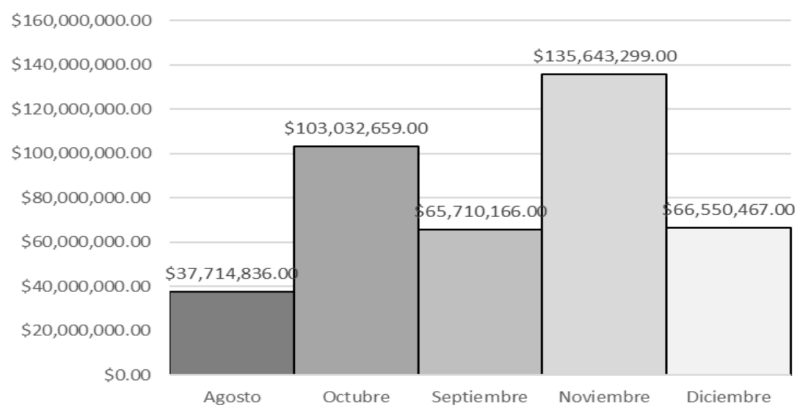


Figura 10. El valor de la captura del pulpo maya en la temporada del 2022.

**Tabla 3.** Volumen y valor de la captura de pulpo maya entre 2019-2022.

Año	Peso desembarcado en toneladas	Valor de la captura en pesos
2019	2124.481	\$ 94,990,112
2020	2482.065	\$ 156,769,694
2021	4717.4563	\$ 401,276,096
2022	3721.676	\$ 408,651,427

nales consiguen sus capturas cerca de la costa, pero otros deben ir mar adentro y alejarse de la costa. Según los resultados obtenidos en las entrevistas, los pescadores se adentran a una distancia que puede variar; ésta va desde unos pocos metros dentro de la costa, hasta adentrarse varios kilómetros en el mar, con un intervalo de 12 a 80 km mar adentro.

Respecto al costo de la pesca de pulpo a los entrevistados, las respuestas fueron variadas, mientras que algunos no tenían esa información, otros nos dieron un aproximado de cuánto es el costo de la pesca del pulpo, los cuales, según los resultados; los precios varían, desde \$100 a los \$7 500 pesos. Pero con los datos recabados llegamos a formular un promedio el cual es de \$2 518 pesos mexicanos destinados a la captura de pulpo. Acerca del precio del pulpo que éstos manejan en el mercado, mientras que unos prefirieron no responder y mantenerlo como información confidencial; otros entrevistados dieron un precio que se dividen en un mínimo siendo estos precios alrededor de \$60 y \$70 pesos. Mientras que los precios máximos rondan entre los \$80 y \$390 pesos. Respecto a la frecuencia con la que salían a pescar pulpo, teniendo de un mínimo de una a tres veces por semana y un máximo de dos a siete veces por semana.

En las entrevistas realizadas podemos observar el porcentaje de pescadores desechan su carga, siendo en su mayoría los pescadores que no desechan su carga 86 % y sólo una minoría que desecha su carga 14 %. Cuando los pescadores se adentran para la captura, estos pueden tardar varios días en el mar, por lo que requieren dinero para la compra de alimentos al momento de embarcar. Según los resultados obtenidos, tenemos que esto puede

variar, pueden ser de \$600 a \$2,500 pesos sólo en gastos para alimentos. El 50% de los entrevistados mencionó que sus consumidores más importantes son al público en general o usuarios locales, el 25 % de ellos mencionó que los consumidores más importantes son los proveedores y el 25 % restante no respondió.

Respecto a los riesgos a los que se enfrentan los pescadores el 54 % de los pescadores respondió “tiempos malos” como riesgo que enfrentan en su trabajo; 23 % mencionó a la marea, el 15 % problemas en la embarcación como desafío en la realización de su trabajo, finalmente el 8 % mencionó a los “barcos grandes” como mayor desafío. El 83 % de los entrevistados si notaron un cambio en la abundancia del pulpo mientras que el 17 % de los entrevistados respondió que solo a veces notan cambios en la abundancia del pulpo. El 43 % de los entrevistados cree que la escasez es un factor en los cambios de la pesca del pulpo, 29 % de ellos respondió el cambio climático como factor, 14 % la depredación como factor y por último las autoridades como factor con un 14 %.

En las afectaciones de las estaciones del año y condiciones climáticas en el desempeño de los pescadores, el 50 % de los encuestados respondió que afecta al producto, el 33 % de ellos no tiene conocimiento y el 17 % respondió que afecta a su economía.

Secretaría de Pesca y Acuacultura IMPESCA

De igual manera se realizó una entrevista a una trabajadora de la secretaría estatal de pesca y acuacultura (IMPESCA) con el fin de recabar datos.



En lo que respecta al número de pescadores artesanales en Campeche existen un número aproximado de 7 132. Existen alrededor de 45 cooperativas pesqueras en la Cd. de San Francisco de Campeche. De acuerdo con la funcionaria, solo hay 957 pescadores con sus respectivos permisos para la pesca de pulpo en el estado y en el municipio hay un total de 591.

En el estado de Campeche hay un total de 2,500 embarcaciones pulperas. En San Francisco de Campeche hay 591 embarcaciones y en Lerma hay un total de 226 embarcaciones pulperas. La cuota de la pesca de pulpo es de 18 955 Kg por temporada.

Los pescadores de pulpo cuentan con apoyos económicos como el “Apoyo de veda y baja captura” y la secretaría toma acciones para la protección del pulpo como la realización de campañas de protección en conjunto con las autoridades federales.

Discusión

La pesca del pulpo maya involucra cuestiones ambientales, culturales y económicas, según en el contexto mexicano, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) establece que los instrumentos de política pesquera, tales como los programas de ordenamiento y los planes de manejo, deben incorporar consideraciones tanto sociales como ecológicas (DOF, 2007). Existen pescadores que realizan la pesca de manera poco favorable ya que, para poder extraer a las hembras, los buzos usan productos como el cloro para sacarlas de su cueva y así poder capturarlas. Quienes defienden la captura del pulpo maya dicen que es cuestión cultural y tradicional ya que son fuentes de ingresos y sustento para muchas familias, aunque algunos siguen técnicas ancestrales y regulaciones establecidas para garantizar la preservación de la especie. Sin embargo, existen preocupaciones significativas sobre la sobrepesca y el impacto que la pesca excesiva podría tener en la población de pulpos mayas y en el equilibrio del ecosistema marino. La sobreexplotación de esta especie podría llevar a su disminución poniendo en riesgo no solo su extinción, sino la de otros organismos que dependen de ellos.

Como sabemos la pesca de pulpo implica el uso de artes como trampas y redes, estos pueden causar impactos negativos en la biodiversidad marina, aparte del pulpo otras especies marinas pueden ser capturadas de manera no regulada y esto afectaría a los ecosistemas marinos.

En la actualidad, en Campeche se han establecido planes de manejo pesquero para seis especies o conjuntos de especies, que incluyen caracoles, pulpo, pepino de mar, camarón siete barbas, robalo y mero. A pesar de esta diversidad de planes, muchos usuarios son los mismos, ya que tanto los permisionarios como las cooperativas tienen autorización para pescar al menos dos recursos pesqueros (Peña-Puch *et al.*, 2021).

Un segundo aspecto crucial que emerge de la investigación es la variabilidad en las capturas diarias de los pescadores. Desde un mínimo de 1.5 kg hasta un máximo de 50 kg, estas cifras reflejan la complejidad y dinamismo de la actividad. Sorprendentemente, solo un 1 % de los pescadores considera factores externos, como la temporada, el clima y las condiciones del entorno al determinar la cantidad de pulpo que capturan diariamente, esto es algo lógico, ya que los pescadores tienen que recorrer de 12 a 80 km mar adentro para poder realizar sus actividades, donde se pueden encontrar mayor número de ejemplares de mayor talla y la cantidad de captura pueda ser mayor (González *et al.*, 1998). Este descubrimiento resalta la necesidad de explorar más a fondo cómo estos factores ambientales afectan la pesca y cómo los pescadores se adaptan a estas condiciones cambiantes.

En cuanto a los costos operativos, la investigación revela una amplia variación en los gastos semanales de gasolina entre los pescadores entrevi-



tados. Desde un mínimo de 150 pesos mexicanos hasta un máximo de 2 400 pesos mexicanos, estos datos sugieren diferencias significativas en las estrategias y recursos utilizados en la pesca del pulpo. La falta de respuesta de uno de los pescadores también subraya la complejidad económica asociada con la actividad, ya que la ausencia de información puede deberse a diversas razones, como fluctuaciones en los costos o falta de registro detallado de gastos.

Otro aspecto relevante es la temporalidad de la pesca y el trabajo en equipo. Entre los pescadores entrevistados sobre la temporada de pulpo, mencionaron que se extiende desde agosto hasta diciembre, esto es algo que concuerda con otros estudios que mencionan que la veda comienza a partir del 16 de diciembre al 31 de julio (González *et al.*, 1998). Además, la mayoría de los pescadores indica que la pesca de pulpo generalmente requiere al menos un hombre, con un máximo de cuatro. Este dato resalta la importancia de la cooperación y coordinación en la pesca del pulpo, aspecto que podría ser comparado con estudios previos sobre dinámicas sociales en la pesca.

Otro aspecto para destacar son las técnicas de pesca, la investigación revela una diversidad de enfoques utilizados por los pescadores. Mientras que el 43 % emplean cebos para la pesca de pulpo, otras técnicas como plomos, jimbos, bolsos, redes y sedales también son utilizadas en diferentes proporciones. También podemos destacar que en la captura de esta especie solo se permite que tenga una talla mínima de 11 centímetros de longitud de manto, monera o cabeza y se prohíbe su captura mediante buceo con gancho o fisga (González *et al.*, 1998).

Otro estudio realizado en 1998 nos muestra un porcentaje de 36 % de la captura de pulpo en un periodo de 1992 a 1996, además en Champotón y en Campeche la longitud modal tiene menos de 11 centímetros (González *et al.*, 1998). Estos datos proporcionan una visión detallada de la variedad de métodos aplicados en la pesca del pulpo, lo que podría ser comparado con estudios sobre la eficacia y sostenibilidad de estas técnicas.

La pesca del pulpo maya en Campeche revela una dinámica compleja, marcada por la participación de 7 132 pescadores artesanales registrados, por lo que se piensa que la pesca del pulpo maya se ha convertido en una actividad importante a nivel socioeconómico en Campeche. La presencia de 45 cooperativas pesqueras en San Francisco de Campeche refleja una estructura organizativa que desempeña un papel clave en la gestión de la actividad pesquera y en la promoción de prácticas sostenibles.

La magnitud de la flota, compuesta por 2 500 embarcaciones pulperas en el estado, con 591 en San Francisco y 226 en Lerma, plantea preguntas sobre su capacidad para equilibrar la captura y la preservación del recurso. La necesidad de regulaciones específicas emerge como un tema crítico para salvaguardar la sostenibilidad.

En el periodo de 2020 y 2021 se registró un importante aumento en las capturas de pulpo que fue de 90.1 % en el volumen o peso desembarcado y del 156 % del valor de la captura. Esto se relaciona con la contingencia sanitaria covid-19 de 2020, ya que de detuvieron o minimizaron las actividades pesqueras a solo dos veces por semana, pero la falta de ingresos los presionó a recurrir a préstamos bancarios o buscar nuevas alternativas de ingresos (Pedroza-Gutiérrez *et al.*, 2021).

En respuesta a los desafíos, el gobierno ha implementado apoyos como el “Apoyo de veda y baja captura”, evidenciando esfuerzos por mitigar los impactos negativos en temporadas críticas. Sin embargo, la eficacia y el alcance de estos programas requieren evaluaciones continuas para asegurar una distribución equitativa de los beneficios entre los pescadores.

Por último, la investigación explora la actitud de los pescadores hacia normas y regulaciones, específicamente la norma de no pescar pulpo fuera de temporada. La mayoría, mostró su apoyo a esta norma, resaltando una conciencia compartida sobre la importancia de la gestión sostenible de los recursos marinos. Estos resultados podrían



ser contextualizados con investigaciones sobre la implementación y percepción de normativas pesqueras para entender los desafíos y oportunidades asociados con la gestión de la pesca del pulpo. En

México, la gestión de los recursos pesqueros continúa organizándose según especies o grupos de especies objetivo, sin una regionalización específica (Peña-Puch *et al.*, 2020).

Conclusión

La pesquería del pulpo en Campeche es una actividad fundamental que contribuye significativamente en la economía local y nacional. Campeche se destaca por ser uno de los principales productores de pulpo en México, siendo el *Octopus maya* una de las principales especies de la zona. Sin embargo, la explotación pesquera enfrenta desafíos y regulaciones destinadas a garantizar la sostenibilidad y conservación de la población de pulpo. El *Octopus maya* tiene un ciclo de vida y comportamientos reproductivos únicos, lo que requiere de medidas de manejo para evitar la sobreexplotación de la especie, por ello, algunas normativas y periodos de veda establecidos los cuales buscan regular la actividad pesquera y proteger la reproducción de la especie. Por otro lado, la pesca de pulpo es una fuente importante de ingresos para los pescadores pues en la Ciudad de Campeche el 80 % de los pescadores de-

penden de la pesquería de pulpo y al no tener otro trabajo estable se requiere la sobreexplotación de esta especie. Existen buceadores llamados “Patos” que buscan cazar especies como el *Octopus maya* con diferentes métodos no amigables al medio ambiente ni para las especies marinas.

El *O. maya*, a pesar de ser una especie significativa que cumple una función crucial en el ecosistema marino, requiere del desarrollo de medidas de conciencia, estrategias de protección y gestión. Es necesario que tanto los pescadores como la sociedad en general, junto con las autoridades competentes, aborden el asunto como una prioridad y no como una opción, puesto que una implementación efectiva de medidas de manejo sostenible ayudaría a garantizar la viabilidad a largo plazo de la pesquería de pulpo para las comunidades costeras de la región.

Referencias

- Arreguín-Sánchez, F. (2019). Climate change and the rise of the octopus fishery in the Campeche Bank, México. *Regional Studies in Marine Science*, 32(100852), 100852. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100852>
- Arreguín-Sánchez, F.J., Seijo J.C., Fuentes D., Solís-Ramírez M. (1987). Estado de conocimiento de los recursos pesqueros de la Plataforma de Yucatán y región adyacente. Contribuciones de Investigación Pesquera. Documento técnico 4: 1-41. Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigaciones Pesquera, Yucatapén
- Aquatic Life Institute. (2023). ¿Qué ocurre detrás de la investigación sobre cultivo de pulpos en México? — Aquatic Life Institute <https://ali.fish/blog/qu-ocurre-detras-de-la-investigacion-sobre-cultivo-de-pulpos-en-mxico>
- Botello, M., Villaseñor, R., y Rodríguez, F. (2010). Ordenamiento de pesquerías por recursos estratégicos de México. Castilla-Ventura, M.A. y López-Rocha, J.A. (2010). Tendencias de la producción pesquera de pulpo en la península de Yucatán y sus implicaciones en el manejo sustentable de la pesquería. XVII Congreso en Ciencia y Tecnología del Mar. Campeche, México. 31 de agosto – 3 de septiembre, 2010.
- Chávez, E. A. (1998). Estrategias óptimas de explotación del pulpo de la Sonda de Campeche, México. *Hidrobiológica*, 8(2), 97-105. CONAPESCA, <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera>
- CONAPESCA. (2021). Anuario Estadístico De Acuicultura y Pesca De La Comisión Nacional De Acuicultura y Pesca.
- CONAPESCA (2023), Producción pesquera. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera>
- Coronado, E., Salas, S., Cepeda-González, M. F., y Chuenpagdee, R. (2020). Who's who in the value chain for the Mexican octopus fishery: Mapping the production chain.



- Marine Policy*, 118(104013). <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104013>
- DOF, (2012). Carta Nacional Pesquera.
- DOF, (2018). Carta Nacional Pesquera, SAGARPA. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018&print=true
- DOF. (2007). Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación.
- DOF, (1993). Norma Oficial Mexicana NOM 008-PESC-1993 para ordenar el aprovechamiento de las especies de pulpo en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y mar Caribe.
- DOF, 2022. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la carta nacional pesquera, secretaría de agricultura y desarrollo rural. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5696337&fecha=21/07/2023#gsc.tab=0
- González y de la Rosa, M. E., Santos Valencia, J., y Solís Ramírez, M. J. (1998). Evaluación del pulpo (*Octopus Maya*) de la costa de Campeche, México. *AquaDocs, Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. <https://aquadocs.org/handle/1834/29082>
- Martínez, E. (2014). Tercera Sección Poder Ejecutivo Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. Gob.mx. <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/Planes-de-Manejo-Pesquero/Golfo/Plan-de-Manejo-Pesquero-de-Pulpo.pdf>
- Pedroza-Gutiérrez, C., Vidal-Hernández, L., y Rivera-Arriaga, E. (2021). Adaptive governance and coping strategies in the Yucatan Peninsula coasts facing COVID-19. *Ocean and Coastal Management*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105814>
- Peña-Puch, A., Pérez-Jiménez, J. C., & Espinoza-Tenorio, A. (2020). Advances in the study of Mexican fisheries with the social-ecological system (SES) perspective and its inclusion in fishery management policy. *Ocean & Coastal Management*, 185, 105065.
- Peña-Puch, A., Pérez-Jiménez, J. C., Munguía-Gil, A., y Espinoza-Tenorio, A. (2021). Sistemas socio-ecológicos como unidad de manejo: el caso de las pesquerías de Campeche, México. *Economía, sociedad y territorio*, 21(65), 113-145.
- Ramos Miranda, J., Hernández, D. F., López, A. S., Cordeiro, E. S., Rocha, J. L., Sánchez, F. A., González, A. R. (2013). Manual de indicadores y metodología para la aplicación del enfoque ecosistémico en las pesquerías de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. RNIIPA, COFUPRO, UAC.
- Rosales Raya, M. L., y Berdugo, J. E. F. (2019). Decision Making in the Campeche Maya Octopus fishery in two fishing communities. *Maritime studies*, 18(1), 91-101.
- Salas, S., Cabrera, M.A., Palomo, L., Bobadilla, F., Ortega, P., y Torres, E. (2008). Plan de manejo y operación del comité de administración pesquera de escama y pulpo. Pesquería de pulpo y aspectos socioeconómicos. Informe Final. Gobierno del Estado de Yucatán SAGARPA-CO-NAPESCA.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2017). Programa de fomento de la productividad pesquera y acuícola y sus componentes. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/08/07/1277/programa-de-fomento-la-productividad-pesquera-y-acuicola-y-sus-componentes.pdf>
- Solís, M.J., Arreguín-Sánchez F., y Seijo, J.C. (1997). Pesquerías de cefalópodos. P 61-80. In: Flores- Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo J.C., y Arreguín-Sánchez, F. Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. EPOMEX Serie Científica 7. México.
- Solís-Ramírez, M. J. (1962). Contribución al estudio del pulpo (*Octopus vulgaris*, Lamarck) de la Sonda de Campeche. *Trab. Divulg.* 3(24): 1-36.
- Solís-Ramírez, M. J. (1967). Aspectos biológicos del pulpo, *Octopus maya*, Voss y Solís. *Publ. I.N.I.B.P.* 18:1-90.
- Solís-Ramírez, M. J. (1991). Octopus fisheries in the Mexican waters of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. En: Roper, C.F.E., Sweeney, M. & Vecxhione M. Gilbert L (eds.). *Bull. Mar. Sci.* 49 (1- 2):667-668.
- Solís-Ramírez, M.J. (1994). Mollusca de la Península de Yucatán, México. Págs. 13-32. In Yañez-Arancibia, A. (ed.). Recursos Faunísticos del Litoral de la Península de Yucatán. Univ. Autón. Campeche. EPOMEX. Serie Científica, 2. Campeche.



Heredia-Fernández, S.M., Monroy-Dosta, M.C., Desentis-Pérez, D.L., Negrete-Redondo, P., Mata-Sotres, J.A., Ramírez-Torrez, J.A. 2024. Efecto del uso de harina de plátano dominico (*Musa simmonds*) y tapioca (*Manihot esculenta*) como fuente de carbono en el cultivo de Barbo tigre (*Puntius tetrazona*) en sistema biofloc. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 55-68. doi 10.26359/52462.0605



Efecto del uso de harina de plátano dominico (*Musa simmonds*) y tapioca (*Manihot esculenta*) como fuente de carbono en el cultivo de Barbo tigre (*Puntius tetrazona*) en sistema biofloc

Effect of using Dominican plantain (*Musa simmonds*) and tapioca (*Manihot esculenta*) flour as a carbon source in the cultivation of Tiger barbel (*Puntius tetrazona*) in a biofloc system

S. M. Heredia-Fernández², M. del C. Monroy-Dosta¹, D. L. Desentis-Pérez¹, P. Negrete-Redondo¹, J. A. Mata-Sotres¹ y J. A. Ramírez-Torrez^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana

²Universidad Simón Bolívar

* autor de correspondencia: jramirez@correo.xoc.uam.mx

doi 10.26359/52462.0605

Recibido 08/julio/2024. Aceptado 20/septiembre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres fuentes de carbono: melaza (Control), harina de tapioca y cáscara de plátano, para el desarrollo de un sistema biofloc en el cultivo del pez ornamental *Puntius tetrazona*. Para asegurar la formación de flóculos se mantuvo una relación C/N= 20:1 para cada una de las fuentes de carbono, considerando tres replicas por tratamiento. De acuerdo con los resultados, los parámetros ambientales presentaron fluctuaciones, sobre todo en las primeras tres semanas de cultivo, dentro de los intervalos óptimos para la especie. El crecimiento de los peces expresado como ganancia en biomasa no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero sí ($P < 0.05$) la longitud patrón. Las mayores tasas de crecimiento absoluto y específico se obtuvieron en cáscara de plátano y tapioca, en cuanto al FCA, la melaza presentó el valor más alto (0.91 g), seguido por tapioca con 0.27 g, y cáscara de plátano con 0.25 g. La supervivencia fue del 100% en el grupo de cáscara de plátano, seguida por tapioca, y melaza. Los Phyla de microfauna registrados en los grupos experimentales fueron, Ciliphora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, y Amoebozoa con variaciones entre tratamientos al largo del experimento. Los resultados del presente estudio demuestran el potencial de la cascará de plátano dominico como fuente de carbono en sistemas biofloc para el cultivo de peces de ornamentales, ofreciendo una opción de bajo costo que podría aumentar la rentabilidad de estos cultivos.

Palabras clave: Biofloc, barbo tigre, melaza, cáscara de plátano, tapioca.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of three carbon sources: molasses (Control), tapioca flour and banana peel, for the development of a biofloc system in the culture of the ornamental fish *Puntius tetrazona*. To ensure floc formation, a C/N ratio=20:1 was maintained for each of the carbon sources, considering three replicates per treatment. According to the results, the environmental parameters showed fluctuations, especially in the first three weeks of culture, within the optimal ranges for the species. Fish growth expressed as biomass gain did not show significant differences ($P > 0.05$) among treatments, but the standard length did ($P < 0.05$). The highest absolute and specific growth rates were obtained in plantain peel and tapioca, regarding the feed conversion factor, molasses had the highest value (0.91 g), followed by tapioca with 0.27 g, and banana peel with 0.25 g. Survival was 100% in the banana peel group, followed by tapioca, and molasses. The Phyla of microfauna recorded in the experimental groups were, Ciliphora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, and Amoebozoa with variations among treatments throughout the experiment. The results of the present study demonstrate the potential of using Dominican plantain hull meal as a carbon source for the development of ornamental fish cultures in biofloc, being an option that, due to its low cost, will increase the profitability of the cultures.

Key words: Biofloc, tiger barbel, molasses, banana peel, tapioca.



Introducción

En los últimos años, los sistemas de cultivo en tecnología biofloc (BFT) se han reconocido como una de las tecnologías más innovadoras para producir de manera fácil, económica y sostenible, organismos acuáticos de manera extensiva (Gálvez-Cantero *et al.*, 2022). El BFT consiste en la promoción de una comunidad constituida de microorganismos asociados entre sí en un sustrato suspendido o flotante llamado flóculo. El carbono orgánico de diversas fuentes estimula el desarrollo de estos flóculos ricos en comunidades microbianas fotosintéticas y heterótrofas que se encargan de metabolizar todos los desechos resultantes, mejorando la calidad del agua (Piñeros-Roldán *et al.*, 2020), lo que permite la producción de cultivos con altas densidades y la generación de una comunidad planctónica que sirve como alimento vivo complementario al alimento formulado (Souza *et al.*, 2018; Khanjani & Sharifina, 2020; Mugwanya *et al.*, 2021). Diversos estudios han demostrado que la fuente de carbono determina el desarrollo de la comunidad microbiana presente y el valor nutricional del mismo (Becerril, 2018; Bulnes, 2019) que impacta en la supervivencia y crecimiento de especies cultivadas, no solo para consumo humano si no también para especies ornamentales que han generado gran importancia económica en México (Alquicira, 2020). Entre las especies de ornato más cultivadas a nivel mundial, se encuentra *Puntius tetrazona* (barbo tigre) especie muy atractiva por sus coloraciones verdosas o plateadas con cuatro fran-

jas negras y aletas rojas, de fácil manejo y reproducción (Dalmau-Disla *et al.*, 2020). Si bien en la producción de peces y crustáceos en biofloc se han utilizado varias fuentes de carbono como la melaza, el bagazo de caña, la sacarosa, el acetato, entre otras (Ariza & Mujica, 2019), diversos autores han señalado la necesidad de incorporar otras fuentes de fácil adquisición y de bajo costo según la región en donde se desarrolla la acuicultura (Nguyen *et al.*, 2018; Ramírez-Núñez *et al.*, 2019; de Armas *et al.*, 2021; Eilious *et al.*, 2021). La cáscara de plátano dominico, *Musa simmonds*, es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio, es un residuo muy rico en carbohidratos, especialmente glucosa (Bilyartinus & Siswanto, 2021), además de ser rica en antioxidantes, manganeso, fibra, biotina y cobre (Zambrano, 2019). Por su parte, la tapioca es principalmente almidón extraído de la yuca, que tiene uso principal en la cocina mundial (Carnero y Meller, 2024), aunque ya ha sido utilizada en el desarrollo de BFT en la acuicultura (Collazos-Lasso *et al.*, 2022). Sin embargo, la cáscara de plátano es poco aprovechada en diversas regiones de nuestro país. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del uso de la harina de cáscara de plátano dominico, harina de tapioca y melaza en la supervivencia y crecimiento de *Puntius tetrazona*, así como las variaciones en la comunidad microbiana en un cultivo en biofloc

Métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. El diseño experimental fue en bloques con aleatorización interna (Montgomery, 2001), de acuerdo con Emerenciano *et al.* (2011). Se diseñó un sistema biofloc *in situ* de tipo “macro-

cosmo”, conformado por nueve acuarios de 50 L de capacidad, con aireación constante. Para inducir la formación de bioflóculos y el desarrollo de las comunidades microbianas se suministró una relación C/N=20:1 mediante la incorporación de las distintas fuentes de carbono (Avnimelech, 2012). Las fuentes de carbono experimentales fueron Me-



laza (BM, tratamiento control), harina de cascara de plátano dominico (BP) y tapioca (BT) a partir de las cuales se configuraron tres tratamientos, con tres réplicas cada uno.

Se determinó la relación de C:N de acuerdo con Emerenciano (2011):

Cálculo de Carbono (C) y Nitrógeno (N) presente en el sistema

$C = (\text{alimento suministrado (g)} \times \% 0.9 (\text{materia seca}) \times 0.7 (\text{asimilación})) / 2$

$N = (\text{alimento suministrado (g)} \times \% 0.9 (\text{materia seca}) \times 0.7 (\text{asimilación}) \times \% \text{ de proteína del alimento}) / (6.25 (\text{constante del nitrógeno}))$

Ajuste de la relación C:N a 20:1

El resultado de esta fórmula corresponde a la cantidad de carbono a agregar:

Relación C:N = $N \text{ calculado} \times 20 (\text{relación } 20:1) - C \text{ calculado}$

Cantidad de fuente de carbono a añadir

Fuente de carbono = $\text{cantidad de carbono a agregar} \times 100 \div \% \text{ de carbono presente en la fuente de carbono a emplear}$

Obtención de fuentes de carbono

La melaza (BM) se obtuvo a partir de 1 kg de piloncillo/compactado de azúcar de caña hervido en 150 mL de agua hasta obtener una consistencia similar a la miel. Las BP se obtuvo a partir de cáscaras de plátano secadas en horno a 40 °C (Thermolyne OvenSeries 9000) durante 24 h para posteriormente ser molidas hasta obtener una harina fina. La harina de tapioca (BT) se adquirió comercialmente (marca Bob's Red Mill®).

Cultivo de los organismos

Se obtuvieron 90 individuos de *Puntius tetrazona* en un centro productor de peces ornamentales de la Ciudad de México, con un peso inicial de 1.6 ± 0.4 g y longitud patrón de 3.5 ± 0.01 los peces se aclimataron durante 15 días. Posteriormente se distribuyeron de manera aleatoria en las unidades experimentales, sin que existiera diferencia significativa en la biomasa ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales. Los peces fueron alimentados con

dos raciones por día, con hojuelas para peces tropicales (Lomas®; proteína 44 %), de acuerdo con el 10% de su biomasa, durante 60 días.

Monitoreo de la calidad del agua

La evaluación de los parámetros de calidad de agua se realizó cada 15 días. Se midieron los valores de pH, nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) con el Freshwater Master Test Kit® (API®). Los sólidos sedimentables (SS) producidos por biofloc fueron medidos a partir de la tercera semana del experimento, y en lo sucesivo cada tercer día con un cono Imhoff (Emerenciano *et al.*, 2011).

Determinación de crecimiento y la supervivencia

Cada 15 días se obtuvo el peso y la longitud total de los organismos y se calculó la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE), (Espinoza *et al.*, 2020):

$TCA (\%) = (PF - PI) / t$

$TCE (\%/día-1) = ((\ln PF - \ln PI) / t) \times 100$

En donde: PI y PF son el peso y longitud inicial (I) y final (F) del período experimental, t es la duración en días, ln es el logaritmo natural.

También se calculó el factor de conversión alimenticia (FCA): $FCA = \text{Cantidad de alimento} / PF - PI$ (Alcarraz *et al.*, 2018).

La supervivencia se obtuvo con base en la siguiente fórmula: $\% \text{ Supervivencia} = (N^\circ \text{ final de peces vivos} / N^\circ \text{ inicial de peces vivos}) \times 100$.

Estructura de la comunidad microbiana

Se determinó la diversidad de fito y zooplancton presente en la suspensión del biofloc, para ello se analizó 1 mL del biofloc, fijado en lugol, mediante conteo directo en microscopio compuesto, acoplado a una cámara (Axio Cam®, Zeiss®). La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con Moreira y García (2010), Balsamo *et al.* (2019), Brusa *et al.* (2020), Needham y Needham (2021). En el caso de las microalgas, al final del experimento se transfirió 1 mL de muestra a una cámara Sed-



gewick-Rafter (Mestanza, 2022), y se contabilizó de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante.

Análisis estadístico

De acuerdo con el diseño experimental, a los datos obtenidos se les practicó la prueba de normalidad y homocedasticidad, para comprobar los supuestos de estadística paramétrica, una vez satisfecho dicho

criterio, se efectuó un análisis de varianza de una vía ($\alpha = 0.05$) de la biomasa y la longitud patrón de los peces entre los tres tratamientos (Zar, 2010). La diversidad alfa de microorganismos se determinó con el índice de Simpson y el índice de equitatividad de Simpson (Stiling, 2012). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico PAST ver 4.16c (Hammer, 2001)

Resultados

Calidad del agua

Al inicio del experimento los parámetros fisicoquímicos presentaron fluctuaciones, y a las tres semanas estos se estabilizaron, y en el caso del amonio disminuyó, y los SS se acumularon en mayor medida en el grupo de cáscara de plátano (figura 1).

Crecimiento de los peces

La ganancia en biomasa de los peces (figura 2A), no mostró diferencias significativas ($P = 0.32$), aunque la longitud patrón (figura 2B) mostró diferencias significativas ($P = 0.03$), entre la melaza y la tapioca. Las mayores tasas de crecimiento absoluto y específico se obtuvieron en BP y BT (figura 2C y 2D); mientras que la melaza tuvo el mayor valor de factor de conversión alimenticio (figura 2E). La supervivencia fue del 100 % en el grupo de cáscara de plátano, seguida por tapioca con 87.5 ± 1.5 , y melaza con 68.8 ± 4.1 (figura 2F).

Estructura de la comunidad microbiana

Los Phyla de microfauna registrados en los grupos experimentales fueron, Ciliophora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, y

Amoebozoa. Se pudieron identificar los siguientes géneros y especies de ciliados: *Aspidisca* sp., *Cinetochilum* sp., *Coleps* sp., *Euplotes euryostomus*, *Oxytricha* sp., *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*, *Peranema* sp., *Prorodon* sp., *Stentor* sp., *Stylonychia* sp., *Tachysoma* sp., *Tetrahymena* sp., y *Vorticella* sp.; de los cuales 14 estuvieron en BM, 11 en BP, y 13 BT. Se registraron dos especies de rotíferos en cada tratamiento (*Habrotrocha rosa*, *Lecane* sp.), mientras que el resto de los Phylum solo una especie en cada tratamiento, *Aeolosoma hemprichi*, *Pratylenchus* sp., *Catenulida* sp., *Chaetognotus* sp. y ameba desnuda.

El índice de diversidad de Simpson del zooplankton fue mayor en BM en las nueve semanas, cáscara de plátano tuvo la mayor diversidad de la segunda a la quinta semana, y tapioca las semanas uno. La equitatividad de las comunidades en cada grupo experimental, se corresponden en cada caso con la diversidad de especies.

La tabla 1 muestra la abundancia de fitoplancton registrado en el biofloc con tres fuentes de carbono, de los cuales cáscara de plátano presentó la mayor abundancia, seguido por melaza, y tapioca.

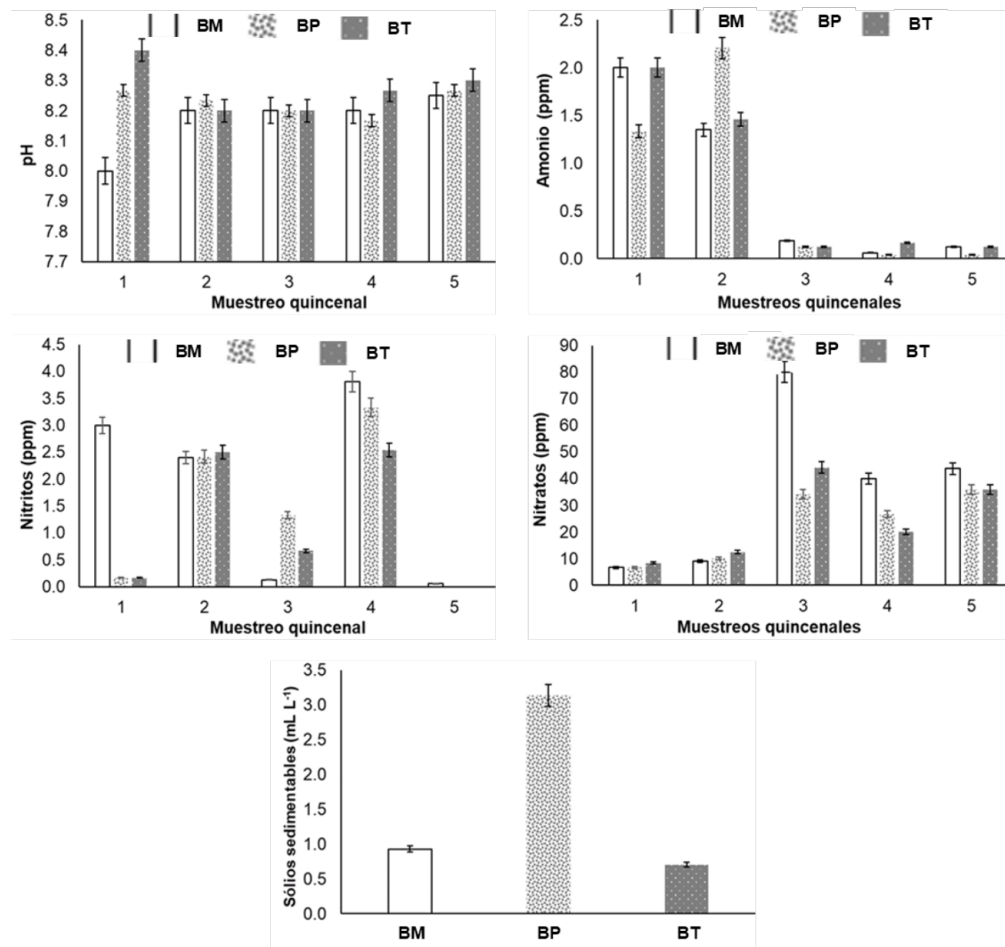


Figura 1. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos evaluados. A) pH, B) amonio, C) nitritos, D) nitratos, E) sólidos sedimentables. BM: biofloc con melaza; BP: biofloc con cáscara de plátano, BT: biofloc con tapioca. Cada valor representa el promedio de tres réplicas $\pm$ la desviación estándar.

Tabla 1. Abundancia (individuos mL⁻¹) de fitoplancton en el biofloc desarrollado con diferentes fuentes de carbono.

Género/Especie	Tratamiento		
	Melaza	Cáscara de plátano	Tapioca
<i>Chlorella</i> sp.	80	285	1 690
<i>Diatoma vulgaris</i>	70	90	
<i>Dunaliella</i> sp.	5 588	12 335	35 890
<i>Fragilaria pinnata</i>	928	840	
<i>Gomphonema parvulum</i>	83		
<i>Navicula</i> sp.	2528	4435	20
<i>Pinnularia</i> sp.		1 405	

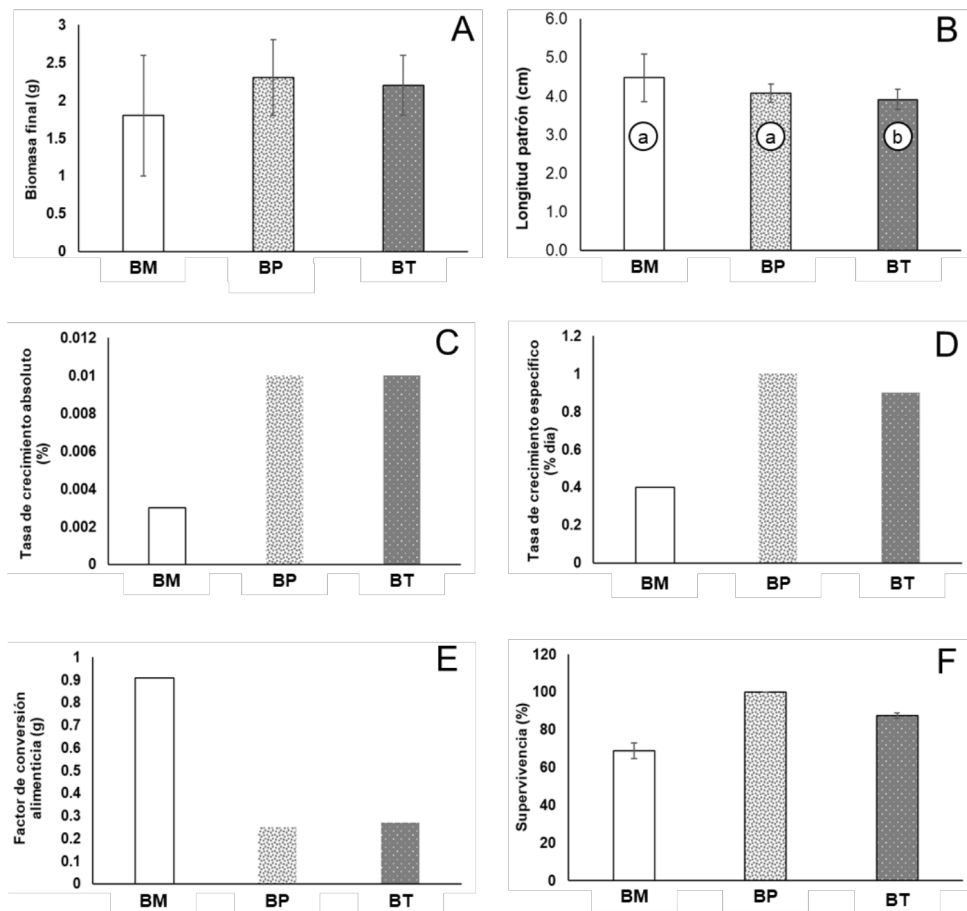


Figura 2. Comportamiento de los parámetros de producción de *P. tetrazona* cultivado en biofloc con tratamiento. BM: biofloc con melaza; BP: biofloc con cáscara de plátano, BT: biofloc con tapioca. Cada valor representa el promedio de tres réplicas $\pm$ la desviación estándar; cuando se indique, letras distintas dentro de la barra implican diferencias significativas.

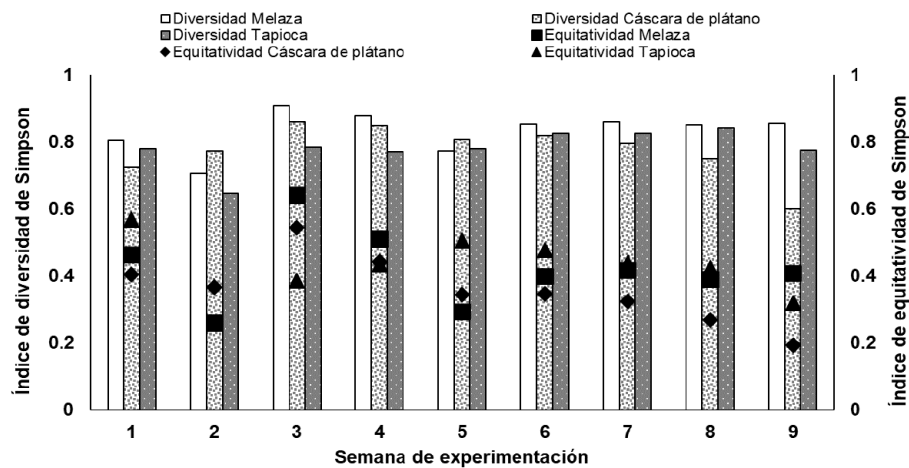


Figura 3. Comportamiento de los índices de diversidad y equitatividad de Simpson en los grupos experimentales con tres fuentes de carbono.



Discusión

En los últimos años la tecnología de biofloc ha sido aplicada continuamente en el cultivo de peces y crustáceos con grandes beneficios productivos, económicos y ambientales (Xu *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2021; Huarilloclla, 2022), donde la fuente de carbono es fundamental para la conformación de los flóculos, su tamaño, su cantidad, su composición nutricional y el plancton que se desarrolla (García-Ríos *et al.*, 2019). Si bien la melaza ha sido la fuente de carbono más usada, se requiere ampliar el uso de otras fuentes alternativas, de bajo costo y fácil adquisición sobre todo de aquellas que son subproducto de alguna industria y que son poco utilizadas.

Calidad del agua

Las condiciones de experimentación permitieron mantener los parámetros físicoquímicos en los niveles tolerables para el barbo tigre. En todos los tratamientos el pH se mantuvo en un intervalo de 8.0 a 8.4, en concordancia con Gálvez-Cantero *et al.*, (2022) y con Collazos-Lasso *et al.* (2022) y Tinh *et al.* (2020), quienes obtuvieron intervalos 7.2 a 8.6 en biofloc con melaza como fuente de carbono; mientras que con harina de tapioca fue de 7.9-8.5. Aunque, Vásquez (2020), señala que valores de 6 a 8, son recomendables para *P. tetrazona* y obtener buen crecimiento.

Los compuestos nitrogenados presentes en el biofloc son el resultado del metabolismo de las proteínas, así como del alimento no consumido (Dolomatov *et al.*, 2011), con una tendencia a la acumulación en ausencia de recambios de agua y ausencia de microorganismos que los metabolicen (Yan *et al.*, 2024), tomando en cuenta que el biofloc es un sistema de cero recambios, el incremento en la concentración de NH_4 , NO_2 , y NO_3 en la columna de agua es común en las primeras semanas de cultivo (Kim *et al.*, 2019). En este experimento se observaron variaciones a lo largo del estudio, especialmente en el primer mes de cultivo, con una disminución y/o estabilización al final. La regula-

ción de amonio se debe principalmente a la comunidad microbiana presente en el biofloc (Huang, 2020); este compuesto fue inicialmente alto, con una disminución al final del experimento. Incluso Ahmed *et al.* (2019), usaron el biofloc como tratamiento para disminuir los niveles de este compuesto. Respecto al nitrito, los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca llegaron a cero y la melaza fue inferior a 0.5, lo que concuerda con Sisa y Palacios (2019) y Abakari *et al.*, (2021), quienes mencionan incrementos frecuentes de este compuestos en los primeros 15 días de haber inoculado las unidades experimentales; normalmente, al final de ciclo de cultivo o del experimento, estos compuestos tienden a estabilizarse o disminuir debido a que la comunidad microbiana se establece, e incrementa la densidad de bacterias que puedan metabolizar estas especies nitrogenadas. El nitrato incrementó al final del experimento, esto se podría explicar por la baja abundancia de productores primarios, ya que ellos usan esta forma de nitrógeno como fuente de energía (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

Los sólidos sedimentables se refieren a los bioflóculos formados, los cuales varían en función de la fuente de carbono (Mendez *et al.*, 2021). Los valores de este parámetro fueron similares a los reportados por Mendoza *et al.* (2021) que oscilaron entre 2.1 y 5.5 ml L^{-1} . De acuerdo con Amparo (2019), los tratamientos con biofloc con bajos valores de SS forman flóculos pequeños, presentan microorganismos, principalmente ciliados. En este caso, los valores más altos se registraron en el tratamiento con cáscara de plátano, probablemente debido a que esta fuente de carbono es un subproducto sin procesar, con alto contenido de fibra (Espitia-Pérez *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2019), a diferencia de la melaza y la harina de tapioca; ya que los SS pueden representar una fuente de nutrientes, para peces omnívoros, así como para los microorganismos que pueden usar a los SS para producir nueva proteína microbiana que finalmente será consumida por los peces para aumentar su crecimiento.



Crecimiento y supervivencia

Con relación al crecimiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el grupo con cáscara de plátano obtuvieron los valores más altos, esto pudiera deberse a que esta harina contiene mayor cantidad de almidón que otras (García-Ríos *et al.*, 2019), lo que permite su fácil asimilación por los microorganismos dentro del sistema biofloc, y permitió la mayor formación de flóculos, los cuales sirven como alimento para los peces, mejorando su nutrición y crecimiento. Ekasari *et al.* (2019), obtuvieron resultados similares al comparar melaza y harina de tapioca, donde la melaza dio mejores resultados en la formación de flóculos y el crecimiento.

Considerando las tasas de crecimiento absoluto y específico, estos fueron mayores en los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca, juntos con los valores más bajos de FCA, ya que se refiere a la relación entre el alimento ofrecido, consumido, asimilado, y la generación de biomasa. De acuerdo con Zapata (2020), el FCA también es un indicador que determina la relación costo-beneficio del alimento en la actividad acuícola, ya que valores bajos de FCA corresponde a un mayor aprovechamiento del alimento en proporción a la generación de biomasa. En este sentido, el FCA del cultivo dependen de forma directa de la calidad, cantidad de alimento, frecuencia de alimentación, y de la calidad de agua durante el cultivo (Alcarraz *et al.*, 2018; Colque, 2020),

La supervivencia de los peces en el grupo con cáscara de plátano fue del 100 %, respecto de la melaza y la harina de tapioca, con 68.8 % y 87.5%, respectivamente. Esto puede deberse al contenido nutricional de la harina de cáscara de plátano ya que contiene potasio, vitamina B6 y calcio además es rica en antioxidantes, manganeso, fibra, biotina, y cobre (Arrelucea, 2019; Sani, 2023). En este sentido, fue el biofloc desarrollado con cáscara de plátano en donde hubo pocas variaciones, y bajas concentraciones de las tres formas nitrogenadas evaluadas, a diferencia de los tratamientos con melaza y tapioca, lo que pudo influir en la superviven-

cia de los peces. Las fluctuaciones de los compuestos nitrogenados causan estrés en los organismos cultivados, y baja supervivencia (Khanjani *et al.*, 2021).

Comunidad microbiana

Se identificaron siete Phyla planctónicos asociados a los flóculos en todos los tratamientos, fueron más abundantes y diferentes a los reportados por Ayazo-Genes *et al.* (2019) con melaza; estos autores mencionan que la abundancia de los microorganismos va a estar relacionados con la densidad de siembra, la fuente de carbono, el alimento y la especie cultivada. No se está manteniendo el orden de los resultados y el de la discusión

De entre los tratamientos solo se observaron diferencias en la cantidad de géneros observados en los ciliados, en cáscara de plátano se identificaron 11 géneros. Becerril-Cortés *et al.* (2018), compararon fuentes de carbono e identificaron entre siete y 10 especies, según la fuente adicionada; ya que los ciliados son un grupo común en el biofloc, y tienen un papel fundamental en las etapas larvales de los peces, debido a su contenido proteico, y a su alto contenido de esteroides (Kinach *et al.*, 2012). Además, los ciliados se encargan de controlar las poblaciones de bacterias, incluyendo patógenas, y son alimento del de niveles tróficos superiores (Hosain *et al.*, (2021), por lo que la riqueza puede ser baja.

En los tratamientos solo se presentó una especie de *anélido* *Aeolosoma hermprichi*, fue la harina de tapioca la de mayor abundancia, seguida por la melaza y cáscara de plátano. Aparicio-Simón *et al.* (2020) y Collazos-Lasso *et al.* (2022), también reportaron su presencia en biofloc con tratamiento de melaza. De acuerdo con Ayazo-Genes *et al.* (2019), la presencia de este grupo es de gran importancia debido a que tiene altos contenidos de proteína cruda y ácidos grasos esenciales.

Castro *et al.* (2018), reportaron la presencia de nemátodos en sus cultivos con biofloc, e indican que este grupo posee altos contenidos de proteína cruda, ácidos grasos esenciales y aminoácidos, así como ácidos grasos esenciales EPA y ARA (López *et*



al., 2021); lo que incrementa la disponibilidad de proteínas y lípidos (Kinach *et al.*, 2012). La presencia de este grupo de organismos indica que existe una estructura trófica estable, lo que normalmente se conoce como un biofloc maduro (Monroy *et al.*, 2013; Jiménez, 2020; Ibarra *et al.*, 2014). En el mismo sentido, la presencia de platelmintos es un indicador la estructura de la red trófica establecida, ya que es depredador de microalgas, gastrotricha y rotíferos (Amparo, 2019). En este caso los platelmintos se desarrollaron en las primeras semanas en los tratamientos de cáscara de plátano y tapioca, y en la cuarta semana en melaza; aunque el comportamiento de estos organismos es desconocido en el biofloc (Núñez, 2020).

En todos los tratamientos se identificaron tres géneros de microalgas *Dunaliella* sp., *Navicula* sp., y

Chlorella sp., de acuerdo con Aravind *et al.* (2021), lo que puede explicar el incremento de nitratos al final del experimento. Jiménez (2020), reporta que la presencia de microalgas mejora la calidad de agua con relación al amonio, los tratamientos con tapioca no solo presentaron el menor número de especies y abundancia, sino que también obtuvieron los valores más altos de amonio. Neira (2019), señala que el fitoplancton juega un papel fundamental en la red trófica, en la fijación de carbono y la producción de biomasa; aunque en biofloc no se busca tener un sistema autotrófico si es importante que no se anule en su totalidad el fitoplancton por la cantidad de lípidos que puede aportar, por lo que los sistemas mixotróficos son los más recomendables (Becerril-Cortés *et al.*, 2018)

Conclusión

La harina de cáscara de plátano, junto con la de tapioca, produjeron los mejores resultados en los parámetros evaluados, principalmente en los comuestos nitrogenados, y la supervivencia.

Referencias

- Abakari, G., Luo, G., y Kombat, E.O., 2021. Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 6 (5), 441-447.
- Ahmed, N.M., Flefil, N.S., Tayel, S.I., Mahmoud, S.A., Soliman, A-G., 2019. Biological treatment of ammonia using biofloc system for *Oreochromis niloticus* fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23: 639 – 657.
- Alcarraz, E., Tapia, M., Bustamante, A., Tapia, O., Wacyk, J., Escalona, V., 2018. Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. *Anales Científicos*, 79(1), 101-110.
- Alquicira, M., 2020. Interacción genotipo por sexo en largo patrón y de aleta caudal en *Poecilia reticulata* en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura en la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Amparo, A., 2019. Aplicación de la tecnología de biofloc (BFT) al cultivo de *Totoaba madonaldi*. Tesis de maestría del Centro de Investigación Científica y de Educación.
- Aparicio-Simón, B., Real-Moreno, E., Espinosa-Chaurand, D., García-Morales, R., Garza-Torres, R., Cortés-Sánchez, A. de J., Lora-Sánchez, D., y Maeda-Martínez, A., 2020. Giant bladder kelp (*Macrocystis pyrifera*) and maize (*Zea mays*) meals as nucleation sites for biofloc formation. *Aquaculture Reports*, 16.
- Aravind, R., Sandeep, K., y Panigrahi, A., 2021. Significance of microalgae, isolation and identification in biofloc culture system. Central Institute of Brackishwater Aquaculture.
- Ariza, F., Mujica, E., 2019. Tecnología Biofloc (BFT), una alternativa sostenible para el desarrollo de la acuicultura: Una revisión. *Rev. Ingeniería y Región*, 21.
- Arrelucea, E., 2019. Investigaciones actuales de la cáscara de plátano (*Musa* sp.), aplicaciones agroindustriales y bene-



- ficios. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology: A Practical Guidebook. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.
- Ayazo-Genes, J., Pertuz-Buelvas, V., Jiménez-Velásquez, C., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V., Prieto-Guevara, M., 2019. Comunidades planctónicas y bacterianas asociadas al cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Rev. MVZ Córdoba*, 24(2).
- Balsamo, M., d'Hondt, J., Grilli, P., 2019. Phylum Gastrotricha. *Torp and Covich's Freshwater Invertebrates*, 149-218.
- Becerril, D., 2018. Efecto sobre la composición nutricional de los bioflocos producidos, a partir de distintas fuentes de carbono (melaza, residuos de café y harina de arroz) en un sistema Biofloc. Tesis de Maestría de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Becerril-Cortés, D., Monroy-Dosta, M. del C., Coelho, M., Castro-Mejía, G., Schettino, B., Vela, G., 2018. Effect on nutritional composition of produced bioflocs with different carbon sources (molasses, coffee waste and rice bran) in Biofloc system. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 541-547.
- Bilyartinus, G., Siswanto, A., 2021. The effect of *Bacillus subtilis* on bioethanol production from banana (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) peels by using fermentation process. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3(2), 26-30.
- Brusa, F., Leal-Zanchet, A., Noreña, C., Damborenea, C., 2020. Phylum Platyhelminthes. *Torp and Covich's Freshwater Invertebrates*, 101-120.
- Bulnes, M., 2019. Uso de residuos de café para la promoción de zooplancton como alimento natural in situ y su efecto en el crecimiento de *Puntius conchonius* cultivado en Biofloc. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Carnero, E., Melero, M. (2023). Tapioca, un alimento nutritivo y versátil. <https://www.academianutricionydietetica.org/que-comer/tapioca/>
- Castro, G., Castro, J., Ramírez, J., Castro, A., 2018. Zooplankton growth in a Biofloc system with different carbon sources in a *Cyprinus carpio* culture. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(6), 253-258.
- Collazos-Lasso, L., Ueno-Fukura, M., Jiménez-Moreno, Y., Suárez-Contento, L., y Aya-Baquero, E., 2022. Establecimiento de biofloc de tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 69(3).
- Colque, R., 2020. Determinación del factor de conversión alimentaria y crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo diferentes densidades y niveles de alimentación en estanques artificiales en Llaullini, La Paz. *Aphapi*, 6(1), 1820-1838.
- Dalmáu-Disla, A., Torres-Pineda, P., de Jesús, N., 2020. Primer Reporte de la especie exótica *Puntigrus tetrazona* (Cypriniformes: Cyprinidae) para República Dominicana. *Novitates Caribaeae*, 16, 177-182.
- de Armas, A., González, E., Kafarov, V., Zumalacarregui, L., Oquendo, H., & Ramos, F., 2021. Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías. *Revista Universidad y Sociedad*, 13 (5), 565-573.
- Dolomatov, S.I., Shekk, P.V., Zukow, W., 2011. Features of nitrogen metabolism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 733-737. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9212-z>
- Eilious, Md., Nurul, S., Salleh, M., Arshad, A., Karim, M., Romano, N., 2021. Effect of salinity on growth, survival, and proximate composition of *Macrobrachium rosenbergii* post larvae as well as zooplankton composition reared in a maize starch based biofloc system. *Aquaculture*, 533.
- Ekasari, J., Setiawati, R., Ritonga, F.R., Setiawati, M., Suprayudi, M.A., 2019. Growth and health performance of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juvenile fed with graded levels of biofloc meal. *Aquaculture Research*, 1-10.
- Emerenciano, M., Ballester, E., Cavalli, R., y Wasielesky, W., 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, (19), 891-901.
- Espinoza, Í., Medina, M., Varela, E., 2020. Tecnologías Biofloc y recirculación de agua en crianza de Vieja Azul (*Ambloplites rupestris*). *Alternativas*, 21 (3), 25-32.
- Espitia-Pérez, P.J., Pardo-Plaza, Y.J., Montalvo-Puente, A.P. 2013. Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (*Musa ABB Simmonds*). *Acta Agronómica*, 62(3), 189-195.
- Gálvez-Cantero, L., Julián-Ricardo, M., Ramos-Sánchez, L., 2022. El biofloc en la acuicultura. *Cen. Az.*, 49 (2).
- García-Ríos, L., Miranda-Baeza, A., Coelho-Emerenciano, M.G., Huerta-Rábago, J. A., Osuna-Amarillas, P., 2019. Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 502, 26-31.
- Gómez, M.F.J., Bolado, G.V.E., Blasco, L.G., 2019. Compositional and antioxidant analysis of peels from different banana varieties (*Musa* spp.) for their possible use in developing enriched flours. *Acta Universitaria*, 29, e2260.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>
- Hernández-Pérez, A., Labbé, J.I., 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49: 157-173.
- Hosain, M., Amin, S., Arshad, A., Kamarudin, M., Karim, M., 2021. Effects of carbon sources on the culture of giant river prawn in biofloc system during nursery phase. *Aquaculture Reports*, 19.
- Huang, H.-H., 2020. Novel Biofloc Technology (BFT) for Ammonia Assimilation and Reuse in Aquaculture in situ. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.88993



- Huarilloclla, R., 2022. Efecto de la adición de biofloc como complemento alimenticio en el crecimiento de alevinos de *Oreochromis niloticus*, tilapia gris. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional de Moquegua.
- Ibarra, E., Rojas-García, C., León, R., 2014. Ensayo de un sistema artificial con sedimento para crecimiento de juveniles de *Litopenaeus vannamei*: evaluación de dos micro cohortes con participación de nemátodos y "bioflocs". *Revista La Técnica*, (12), 64-75.
- Jiménez, F., 2020. Cultivo hipertensivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) con biofloc inducido por bacterias probióticos, microalgas y macroalgas. Tesis de doctorado de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Khanjani, M., Sharifinia, M., 2020. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*, 1-15.
- Kim, J.-H., Kang, Y.J., Kim, K.I., Kim, S.K., Kim, J.-H., 2019. Toxic effects of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, and nitrate) on acute toxicity and antioxidant responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67: 73-78.
- Kinach, C., Wasielesky, W., Abreau, P., 2012. The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in BFT system. *Atlántica, Rio Grande*, 34 (1), 5-12.
- López, M., Seychelles, L., Hernández, L., Ayala-Aguilar, J., Mercier, L., 2021. Potencial del nemátodo *Panagrolaimus* sp. para reemplazar a la *Artemia*. *Recursos Naturales y Sociedad*, 7 (2), 47-60.
- Mendez, C.A., Morales, M.C., Merino, G.E., 2021. Settling velocity distribution of bioflocules generated with different carbon sources during the rearing of the river shrimp *Cryphiops caementarius* with biofloc technology. *Aquacultural Engineering*, 93.
- Mendoza, L., Pertuz-Buelvas, V., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V.J., Prieto-Guevara, M.J., 2021. Potencialidad del cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Orinoquia*, 25 (2), 25-39.
- Mestanza, K., 2022. Microalgas del humedal de Castilla-Piura. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional de Piura.
- Mestanza, K., 2022. Microalgas del humedal de Castilla-Piura. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional de Piura.
- Monroy, M.C.D., Lara, R.A., Castro, M.J., Castro, M.G., Emerenciano, M.G., 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, 511-520.
- Montgomery, D.C., 2001. Design and analysis of experiments, quinta edición. John Wiley and Sons Inc., Nueva York.
- Moreira, J., García, M., 2010. Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. Consejería de Medio Ambiente.
- Mugwanya, M.D., Mahmoud, K., F., Sewilam, H., 2021. Biofloc systems for sustainable production of economically important aquatic species: A review. *Sustainability*, 13 (13).
- Needham, J., Needham, P., 2021. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté.
- Neira, H., 2020. Determinación de la concentración media letal (CL50) en dispersantes de petróleo, mediante bioensayos en dos especies de fitoplancton de interés comercial. Tesis de ingeniería de la Universidad de Guayaquil.
- Nguyen, N.T.L., Chau, D., Baruah, K., Lundh, T., Kiessling, A., 2018. Spent brewer's yeast as replacement for fishmeal in diets for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), reared in either clear water or a biofloc environment. *Aquaculture Nutrition*, 25, 970-979.
- Núñez, A., 2020. Caracterización demográfica y alimentaria de dos especies de *Stenostomum* (Platelmintos): Estudios en campo y laboratorio. Tesis de posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pinho, S., Lima, J., David, L., Emerenciano, M., Goddek, S., Verdegem, M., Keesman, K., Portella, M., 2021. FLO-Cponics: The integration of biofloc technology with plant production. *Reviews in Aquaculture*, 14 (2), 647-675.
- Piñeros-Roldán, J., Gutiérrez-Espinosa, M., Coelho-Emerenciano, M., Lapa-Viana, M., 2020. Aireación en la tecnología biofloc (BFT): principios básicos, aplicaciones y perspectivas. *Revista Politécnica*, 16 (31), 29-40.
- Ramírez-Núñez, J., Castro-Mejía, G., Castro-Mejía, J., Castro-Castellón, A., 2019. Poblaciones de zooplancton en un sistema de biofloc con diferentes fuentes de carbono en un cultivo de *Cyprinus carpio*. Avances en el Conocimiento para la Producción Animal en el Trópico, 293.
- Sani, Ó., 2023. Caracterización físico-química de la biomasa de cáscara de plátano de la variedad *Musa paradisiaca* cavendish-musaceae como alternativa alimenticia en piensos para la alimentación animal. Tesis de ingeniería de la Universidad Técnica del Norte.
- Sisa, B., Palacios, P., 2019. Implementación de la tecnología Biofloc, como una alternativa sostenible para la piscicultura en el municipio de Valle del Guamuez, departamento del Putumayo, Colombia. Tesis de maestría de la Universidad de Manizales.
- Souza, J., Cardozo, A., Wasielesky, W., Abreu, P.C., 2019. Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) systems? *Aquaculture* 500, 443-450.
- Stiling, P.D., 2012. Species Diversity, in Marty Lange, y Kimberly Meriwether David (Eds.), *Ecology: Global insights & investigation*. Mc Graw Hill, New York, pp. 352-376.
- Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453, 169-175.
- Tinh, T., Hai, T., Verreth, J., Verdegem, M., 2020). Effects of carbohydrate addition frequencies in biofloc culture of Pacific white shrimp. *Aquaculture*.
- Vásquez, V., 2020. Desempeño zootécnico durante la pre-cría y levante del bocachico (*Prochilodus magdalenae*), en



- sistema biofloc (BFT), a diferentes densidades. Tesis de licenciatura de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Yan, Y., Zhou, J., Du, C., Yang, Q., Huang, J., Wang, Z., Xu, J., Zhang, M., 2024. Relationship between Nitrogen Dynamics and Key Microbial Nitrogen-Cycling Genes in an Intensive Freshwater Aquaculture Pond. *Microorganisms* 2024, 12, 266.
- Zambrano, J., 2019). Elaboración de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para utilizarlo en el engorde de pollo Broiler en combinación con 2 fuentes de proteína (torta de soya-harina de pescado). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.
- Zapata, K., 2020. Cultivo experimental de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en sistemas con recambio de agua y con tecnología biofloc. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, quinta edición. Prentice Hall, New Jersey. 947.



Martínez Morales, L.D., Mendoza Franco, E.F. 2024. Una propuesta para el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) del Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco” (Sureste Mexicano) como ecosistema vulnerable. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 69-84. doi 10.26359/52462.0606



Una propuesta para el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) del Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco” (Sureste Mexicano) como ecosistema vulnerable

A proposal for Ecosystem-Based Management (EBM) of the protected natural area “Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco” (Southern Mexico) as a vulnerable ecosystem

Leydi Diana Martínez Morales y Edgar Fernando Mendoza Franco

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: al075258@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0606

Recibido 13/julio/2024. Aceptado 23/septiembre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

Este artículo representa una revisión de los estudios que se han realizado en La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), Área Natural Protegida (ANP) con ecosistemas importantes donde viven una gran cantidad de especies de flora y fauna representativas del estado de Tabasco (sureste de México). La revisión revela que las actividades antrópicas que se desarrollan dentro y fuera de la Reserva como la ganadería, la urbanización, la contaminación por empresas privadas y la sobreexplotación de los recursos naturales degradan los hábitats que ahí se encuentran alterando los servicios ecosistémicos que ofrece. Por lo anterior, aquí se propone un Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) con estrategias encaminadas hacia la restauración y conservación de los recursos naturales de la RBPC.

Palabras clave: RBPC, contaminación, urbanización, sobreexplotación, MBE, restauración y conservación.

Abstract

This article represents a review of studies carried out in the Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC), a Protected Natural Area (ANP for its Spanish acronym) with important ecosystems of which a large amount of representative flora and fauna species of the Tabasco state (southern Mexico) are living. Present revision revealed that the anthropic activities that take place within and outside the Reserve, such as livestock farming, urbanization, pollution by private companies and the overexploitation of natural resources, degrade the habitats found there, altering the ecosystem services it offers. Therefore, here in an Ecosystem-Based Management is proposed (EBM) with strategies aimed at restoring and conserving the natural resources of the RBPC.

Keywords: RBPC, pollution, urbanization, over exploitation, EBM, restoration and conservation.



Introducción

México es un país megadiverso, ocupando el cuarto lugar en biodiversidad, con 32 estados que albergan entre el 10 % y 12 % de todas las especies del planeta. Sin embargo, la pérdida de hábitats por consecuencia de las actividades antrópicas como la deforestación, la ganadería, la contaminación, introducción de especies, el desarrollo industrial, entre otros (Jiménez-Sierra *et al.*, 2014), son factores que amenazan con la disminución de la biodiversidad. Así mismo, la pérdida de hábitats degrada los servicios ecosistémicos que ofrecen entre ellos el de abastecimiento, de regulación, de apoyo y culturales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2021).

Para proteger estos ecosistemas vulnerables la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) posee a las Áreas Naturales Protegidas (ANP), como un instrumento para conservar los ecosistemas y su biodiversidad. Actualmente se administran 226 ANP de carácter federal, de estos, 187 son áreas terrestres, 31 terrestre-marina y 8 marinas con una extensión total de 93 807 804 ha (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2024), dentro de las cuales se encuentra la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) en Tabasco, debido a su biodiversidad es el sitio de interés del presente artículo.

Tabasco es un estado del sureste mexicano con una gran biodiversidad, fundado desde el 29 de enero de 1824. Actualmente, su capital es la ciudad de Villahermosa, colinda al norte con el golfo de México, al este con Campeche, al sureste con el país de Guatemala, al sur con Chiapas y al oeste con Veracruz (SIAP, 2019).

Se divide en regiones productivas o sub regiones en las que se agrupan 17 municipios con características geográficas o productivas similares: la Sub Región Centro se compone por los municipios Centro (Villahermosa), Nacajuca y Jalpa de Méndez; la Sub Región Chontalpa con los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Cunduacán; la Sub Región Sierra integrada por

los municipios de Teapa, Jalapa y Tacotalpa; la Sub Región Pantanos conformada por los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, y por último, la Sub Región de los Ríos con los municipios de Emiliano Zapata, Balcan y Tenosique (Gobierno de Tabasco, 2024).

En la Sub Región Pantanos se ubica “la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla” al noroeste del estado de Tabasco, abarca parte de tres cuencas, al norte y centro de la reserva con el río Usumacinta, al este con la laguna de Términos y al sur y oeste con el río Grijalva. Esta región representa una de las cuencas más importantes de Mesoamérica por el volumen de descarga, la extensión de sus pantanos y humedales y por la riqueza biológica de su flora y fauna acuática (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2016). Sin embargo, esta área se considera como críticamente amenazada por asentamientos humanos y el desarrollo de industrias petroleras, contaminación, deforestación, ganadería extensiva, pesca desmedida, caza ilegal e incendios (Barba Macías *et al.*, 2014).

Por todo lo anterior, es importante revisar, implementar y/o actualizar los programas de manejo sostenibles en áreas críticas como “la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla”, ya que son hábitats que brindan importantes servicios ecosistémicos y que a consecuencia de actividades las antrópicas como la ganadería y la agricultura, en las que se utilizan agroquímicos como plaguicidas, herbicidas e insecticidas degradan el suelo de los ecosistemas al grado de afectar la biodiversidad y reducir sus beneficios ambientales (Medrano-Pérez *et al.*, 2021).

Con base en la recopilación de información de estudios realizados anteriormente en la RBPC, así como las leyes y regulaciones establecidas en materia ambiental, este artículo tiene como objetivo la formular una propuesta hacia el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) para la RBPC que presenta una gran riqueza de flora y fauna que es vulnerable por las actividades que practican las comunidades y las grandes industrias aledañas a la zona.



Metodología

Área de estudio

La zona de estudio es “la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla” ubicada en el estado de Tabasco, que abarca los municipios de Centla, Macuspana y Jonuta, limita al norte con el golfo de México en la desembocadura del río San Pedro y San Pablo y con la ciudad de Frontera, al este con el estado de Campeche, al oeste con el arroyo las Porfías y la carretera Villahermosa – Ciudad del Carmen y al sur con el río los Bitzales hasta su unión con el río Grijalva (INEC, 2000; Magaña-Alejandro *et al.*, 2021), (figura 1).

La metodología consiste en la recopilación y análisis de información sobre la RBPC, así como sus características biológicas, fisicoquímicas, geológicas, ecológicas, socioeconómicas incluyendo su marco legal y político para proponer un Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) considerando los as-

pectos arriba mencionados y los co-beneficios que brindara para la sociedad.

El Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) es un enfoque integrado el cual considera al ecosistema como un todo, incluyendo a los seres humanos (FAO, 2009; Fletcher *et al.*, 2010). Por tanto el MBE se basa de diversas herramientas como las ANP, las reservas marinas, el manejo adaptativo, el co-manejo, el manejo basado en la comunidad, el análisis de diversos actores de la sociedad, la modelación de ecosistemas, entre otros, que contribuyen a la realización de un manejo integrativo y en conjunto de un ecosistema para garantizar el uso sostenible de los recursos y la conservación a largo plazo de los servicios ecosistémicos que brinda así como la preservación de la flora y fauna que habita en el ecosistema para las futuras generaciones (Chornesky *et al.*, 2010, De Young *et al.*, 2008).



Figura 1. Mapa de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2023.



Resultados

El 6 de agosto de 1992 se consolidó “La reserva de la Biosfera Pantanos de Centla” como un Área Natural Protegida (ANP) (DOF, 1992), y desde 1995 es reconocida como sitio RAMSAR (humedales de importancia internacional), sitio North American Wetlands Conservation Act (NAWCA, por sus siglas en inglés) desde 1989, sitio Man And Biosphere (MAB, por sus siglas en inglés) y Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) desde 2006 (Macías *et al.*, 2015; Barba-Macías *et al.*, 2018), por su gran riqueza biológica que abarca el 12% de vegetación acuática y sub acuática de México (IREBIT, 1994).

Cuenta con una superficie de 302 704 ha, con una riqueza biológica que alberga casi el 12 % de la vegetación acuática y sub acuática de México, está representada en cuanto a flora por plantas vasculares distribuidas en 115 familias donde 731 especies son nativas, 64 introducidas y 18 cultivadas (Soria-Barreto *et al.*, 2018; Trinidad-Ocaña *et al.*, 2018) y la fauna con 255 especies de aves, 104 especies de mamíferos, 68 especies de reptiles, 72 especies de peces y 27 especies de anfibios (López-Jiménez *et al.*, 2020).

Características bióticas

La reserva se caracteriza por una biodiversidad representativa del territorio nacional que permite entender la dinámica del ecosistema y como interactúan entre sí para su funcionamiento.

Flora

La reserva tiene un total de 813 especies de 115 familias, pertenecientes a dos grupos taxonómicos que son los helechos representando un 3.01 % y las angiospermas con el 96.85 % (eudicotiledóneas con 69.77 %, monocotiledóneas con 25.17 %, magnólicas con 1.09% y el grupo basal ANA con 0.82 %) (Guadarrama y Ortiz, 2000; Soria-Barreto *et al.*, 2018; Trinidad-Ocaña *et al.*, 2018; López-Jiménez *et al.*, 2020).

Comunidades hidrófitas

Las comunidades hidrófitas ocupan la tercera parte de la región de los Pantanos de Centla debido a que son las formaciones mejor desarrolladas y extensas dentro del área, pero debido a actividades antropogénicas como la ganadería, las petroleras y los grandes proyectos hidráulicos en las cuencas altas y bajas de los ríos Usumacinta y Grijalva sufren

FLORA DE LA RBPC

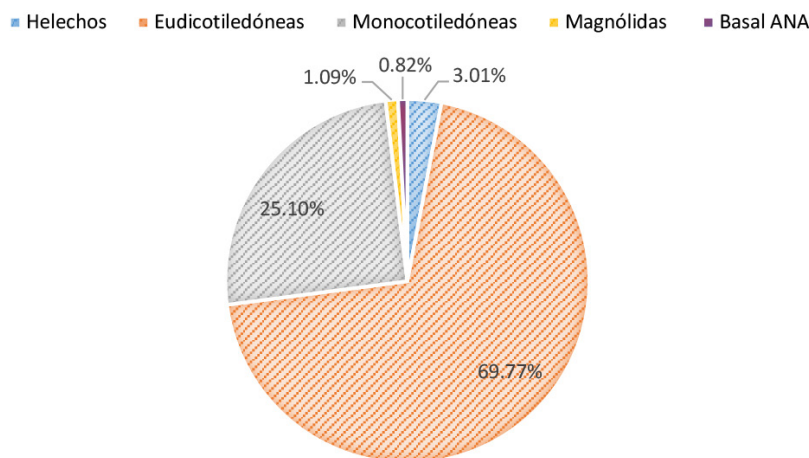


Figura 2. Flora representativa de la RBPC.



deterioro y pérdida del hábitat (López-Jiménez *et al.*, 2020).

Vegetación hidrófita emergente

La flora que se encuentra en la reserva se compone de hierbas con hábitos hidrofílicos o con alta resistencia a la inundación, siendo la más dominante *Thypa latifolia* asociada con *Cyperus articulatus* y *Cladium jamaicense*. Otras especies de vegetación hidrófita emergente que se encuentran en la reserva son *Hydrocotyle umbellatus*, *Fimbristylis spadiaceae*, *Eleocharis geniculata*, *Eleocharis cellulosa*, *Cyperus ligularis*, *Panicum maximum*, *Paspalum fasciculatum*, *Gynerium sagittatum*, *Eleusine indica*, *Rumex verticillatus*, *Mimosa pigra*, *Polygonum punctatum*, *Acrostichum aureum*, *Heliconia latispatha*, *Paspalum paniculatum* (De La Rosa Velázquez, 2016).

Vegetación hidrófita flotante

Este tipo de vegetación se concentra en zonas donde la profundidad del agua se convierte en limitante para las especies que se arraigan al sustrato, entre la especies de vegetación que se encuentran esta *Eichornia crassipes* (jacinto), *Lemna minor* (lenteja de agua), *Nymphaea ampla*, *N. odorata*, (hoja de sol), *Nelumbo lutea*, *Pistia stratiotes* (lechuga de pantano), *Nymphoides humboldtiana*, *Heteranthera* sp., *Cabomba* sp., y *Salvinia* sp., tienen amplia distribución en el área gracias a la acción del viento y la elevación del agua que las desplaza de un sitio a otro (INEC, 2000).

Otros estudios mencionan la presencia de morfoespecies de fitoplancton perteneciente a los grupos de Bacillariophyta con 22 taxones, Cyanoprokaryota con 11 taxones Ochrophyta con 1 taxon, de las cuales 36 son dulceacuícolas, cinco marinas, dos salobres y siete de distribución amplia para el sistema lagunar el Cometa perteneciente a la RBPC (Esqueda-Lara *et al.*, 2021).

Vegetación subacuática

El tipo de vegetación está asociada a las hidrófitas flotantes, entre las especies que se encuentran en el área están *Ceratophyllum demersum* (Sargazo),

Ceratophyllum echinatum y *Utricularia* sp., *Vallisneria americana* (cintilla) y *Potamogeton* sp (INEC, 2000).

Selva mediana subperennifolia

de *Bucida buceras* (Pukté)

La selva mediana o pukteal es una comunidad leñosa que se encuentra en la reserva como pequeños islotes entre la vegetación acuática con la que delimita naturalmente, se desarrollan en zonas planas con suelos de tipo Regosol y Fluvisol y con un clima cálido sub-humedo, se integra en un 30 % por especies caducifolias que se describirán a continuación por orden de dominancia (Macías *et al.*, 2015).

Estrato superior con especies de *Bucida buceras* (pukté), *Spondias mombin* (jobo), *Tebebuia rosea* (macuilis), *Lonchocarpus hondurensis* (gusano), *Vatairea lundellii* (amargoso), *Bursera simaruba* (palo mulato), *Calophyllum brasiliensis* (Barí), *Acacia* sp. (kantemó), *Albizia longipedata* (siete colmenas), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Diospyros digyna* (taucho), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrella odorata* (cedro) (INEC, 2000).

Estrato medio conformado por especies de *Sabal mexicana* (guano redondo), *Bactris balanoidea* (jahuacté), *thevetia abouai* y *erythrina* sp (INEGI, 2016).

Estrato bajo conformada mayormente por epífitas de la familia Bromeliaceae (*Aechmea bracteata*, *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia balbisiana*), Orchidaceae (*Laelia anceps*, *Catasetum* sp) y de la familia Cactaceae (*Stenocereus testudo*, *Hilocereus undatus*) (Secretaría de la Convención Sobre los Humedales, 2001).

Selva baja de *Haematoxylon campechanum* (Tintal)

El tintal se distribuye hacia el sur de la reserva a orillas del río Usumacinta, el río Bitzal y con mayor abundancia en los bordes de los ríos Naranjos e Isla verde, alcanzando una altura de 6 a 12 m, de igual manera hay presencia de Tintal en la región central de la reserva entre la selva mediana subperen-



nifolia y las comunidades hidrófitas (INEC, 2000; López-Jiménez *et al.*, 2020).

Manglar

El manglar presente en la RBPC se distribuye en el margen derecho del río Grijalva, se asientan sobre la llanura fluvial de sedimentos aluviales arcillo limosos, en suelos con una carga mayor de sedimentos. Entre las especies que se encuentran en la reserva están el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) a orillas de ríos y lagunas costeras de la RBPC donde es la más representativa, gracias a sus servicios ecosistémicos ayuda a controlar los efectos provocados por mareas y concentraciones altas de salinidad, el mangle prieto (*Avicennia germinans*) se encuentran detrás de la línea del mangle rojo en masas puras y formando en su mayoría bosques mixtos, el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) se encuentran en las zonas donde la salinidad es más baja como en la selva mediana subperennifolia (INEC, 2000; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2016).

Matorral de *Dalbergia brownii* (Mucal)

Es una especie característica, se asocia con el pukté, el manglar, el tinte y comunidades hidrófitas con las cuales crea enlaces, se localizan a orilla de los ríos y lagunas, aunque también se puede encontrar en tierra, conformado por especies de carácter ripario como el Tucuy (*Pithecellobium lanceolatum*) Cheleles (*Inga spuria* e *Inga fassicalix*), el gusano (*Lonchocarpus hondurensis*) y el palomillo (*Cithreoxylum hexangulare*) (INEC, 2000; Parkswatch, 2003).

Palmar de *Acoelorrhaphe wrightii* (Tasistal)

Se encuentran al sur de la Frontera, la mayor parte del año están enfangados lo que se debe a inundaciones constantes y la concentración de sales, se encuentra en pequeños manchones, con alturas que van de los 4 a los 5 metros con distancia entre manchones de 10 a 15 metros (INEC, 2000; Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2008).

Palmar de *Sabal mexicana* (Guanal)

Vegetación de la familia Arecaceae, prosperan en llanuras fluviales bajas con suelos fluvisoles, se distribuyen cerca del Arroyo Polo, Ribera Alta 1ra sección, la carretera Frontera-Jonuta y por el río San Pedro y San Pablo (INEC, 2000; López-Jiménez *et al.*, 2020).

Vegetación riparia

Se denomina vegetación riparia aquella que se encuentra cerca de ríos, arroyos y canales de la RBPC, las especies que la representan son el Sauce (*Salix chilensis*), el Chelele (*Inga spuria* e *Inga fassicalyx*), el Tucuy (*Pithecellobium lanceolatum*), el Gusano (*Lonchocarpus hondurensis*, *Lonchocarpus sp.*), el Palomillo (*Cytherexylum hexangulare*), el Tinto (*Hæmatoxylon campechianum*) y el Muco (*Dalbergia brownii*) (INEC, 2000).

Fauna

La fauna representativa de la RBPC se estima en 546 especies de las cuales 72 son peces, 27 de anfibios, 68 de reptiles, 104 mamíferos, 255 aves y 20 crustáceos (Macías *et al.*, 2015).

Las aves son las más representativas en la reserva con 255 especies que pertenecen a 47 familias, incluyendo especies nativas y migratorias entre ellas la cigüeña jabirú (*Jabiru mycteria*), cigüeña americana (*Mycteria americana*), paspaque (*Cochlearius cochlearius*), chocolatera (*Ajaia ajaja*), pato real (*Cairina moschata*), pijije (*Dendrocygna autumnalis*), patillo (*Anas discors*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), cocopato (*Eudocimus albus*) (Arriaga *et al.*, 2000; Berlanga *et al.*, 2001; Sánchez-Soto, 2019).

Los mamíferos por su parte representan un porcentaje significativo en la RBPC con 36 familias, 77 géneros y 104 especies, de los cuales hay muchos de importancia comercial como el manatí (*Trichechus manatus*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el tepezcuintle (*Agouti paca*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (INEC, 2000; Macías *et al.*, 2015).



Los peces que se encuentran en la reserva pertenecen a 72 especies entre ellas y de importancia pesquera y comercial están el robalo (*Centropomus* sp), mojarra paleta (*Vieja fenestrata*), mojarra castarrica (*Mayaheros urophthalmus*), tenhuayaca (*Petenia splendida*), tilapia (*Oreochromis niloticus*, *Tilapia* sp.) y el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) (INEC, 2000; Macias *et al.*, 2015).

Por otro lado, los reptiles están representados por 20 familias y 68 especies como la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*), pochitoque (*Kinosteron acutum*), hicotea (*Trachemys callirostris*), el guao (*Staurotyphlops triporcatus*), chiquiguo (*Chelydra serpentina*), iguana (*Iguana iguana*), el garrobo (*Ctenosaura similis*), la mojina (*Rhinoclemmys areolata*) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), que se utilizan por las familias aledañas a la zona con fines alimenticios (Arriaga *et al.*, 2000; Plata, 2002).

Los anfibios y los crustáceos son los menos representativos en la reserva, pero con gran importancia comercial en la zona, los primeros están representados por 8 familias y 27 especies de las cuales destacan *Rhynophrynus dorsalis*, *Bufo horribilis* y *B. valliceps*, *Rana pipiens* y *R. palmipes* y los segundos por 20 especies como la acamaya (*Machrobrachium acanthurus*) la pigua (*Machrobrachium carcinus*), la jaiba (*Callinectes* spp) y el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), (INEC, 2000; Macias *et al.*, 2015).

Por mencionar algunas especies de importancia pesquera, comercial y alimenticia.

Características físicas

Clima

Los tipos de clima que se encuentran en la RBPC son am (f) cálido húmedo con temperatura promedio anual mayor de 22°C y de 18 °C en los meses

más fríos y Aw2 (x') cálido subhúmedo con temperatura anual mayor a 22 °C y temperatura del mes más frío mayor a 18 °C (García, 1998; Manzanilla-Quíñones *et al.*, 2021).

Fisiografía y topografía

La RBPC se ubica en la Llanura Costera del Golfo Sur donde predominan la llanura costera inundable y las playas, el suelo dominante es del tipo Gleysol éutrico (Ge) y Gleysol vertico (Gv) (INEGI, 2014), la topografía es plana a nivel del mar con una elevación máxima de 30 m en el centro este de la reserva (INEGI, 2020; Manzanilla-Quíñones *et al.*, 2021).

Hidrología

El ANP se ubica en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta y abarca tres cuencas.

- Usumacinta al norte-centro
- Laguna de términos al este
- Grijalva al sur-oeste

El río Grijalva cuenta con un volumen anual de 36 500 millones de metros cúbicos, mientras que el Usumacinta cuenta con un volumen anual de 55, 832 millones de metros cúbicos, considerado el más caudaloso de México (Barba *et al.*, 2006; Medrano-Pérez *et al.*, 2021).

Características geológicas

La reserva está representada por los depósitos aluviales y palustres de la edad cuaternaria de origen sedimentario resultado del sistema fluvial que alimenta la RBPC que son el Usumacinta-Grijalva, en la tabla 1 se aprecia las características geológicas por municipio que conforman la reserva (INEC, 2000; Medrano-Pérez *et al.*, 2021).

Tabla 1. Tipos de clima de la RBPC. Fuente: García, 1998; Manzanilla-Quíñones *et al.*, 2021.

Tipos de clima de la RBPC		
	°C Mes más frío	°C Anual
Am (f)	18 °C	22 °C
Aw2 (x')	18 °C	22 °C



Tabla 2. Características geológicas de la RBPC de acuerdo con los municipios que la integran. Fuente: (INEC, 2000).

Municipio	Subprovincia				Unidad Litológica		
	Era	Clave	Nombre	Tipo de roca por su origen	Clave	Nombre	% de la sup. municipal
Centla	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	Al	Aluvial	3.47
					La	Lacustre	1.61
					Li	Litoral	23.83
					Pa	Palustre	71.09
Jonuta	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	Al	Aluvial	25.15
					La	Lacustre	6.21
					Li	Litoral	64.1
		T	Terciario	Sedimentaria	Pa	Palustre	4.54
Macuspana	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	Al	Aluvial	9.71
					La	Lacustre	2.86
					Pa	Palustre	54.94
		T	Terciario	Sedimentaria	Ar	Arsénica	25.03
					Cz	Caliza	4.5
					Lu-Ar	Lutita Arsénica	2.91

Características socioeconómicas

La RBPC cuenta con 72 asentamientos urbanos que se localizan en los municipios de Centla con 55.6 %, Jonuta con 25 % y Macuspana con 19.4 %, donde la población se distribuye en tres áreas, poblamientos en bordos de playa y franjas litorales, poblamientos de los bordos de los ríos y poblamientos en márgenes y banales. (Macías *et al.*, 2015; Magaña-Alejandro *et al.*, 2021)

La superficie de la reserva se encuentra dividida en terrenos ejidales en un 53.1 %, nacionales en un 20.6 %, propiedad privada en un 15.4 %, zonas federales en un 6.8 %, envoltentes en un 2.1 % y otros en un 2 % (INEC, 2000).

Las actividades mayormente desempeñadas por la población en la RBPC en orden de importancia son la pesca, agricultura y ganadería (Magaña-Alejandro *et al.*, 2021).

La actividad agrícola que representa un 1.2 % de la superficie de la RBPC se da en las llanuras aluviales que son menos susceptibles a la inundación, la ganadería representada en un 14.4 % de acuerdo con el pastizal, que se sectoriza como:

- Pastizal cultivado
- Pastizal inducido
- Pasto cultivado-Pasto inducido
- Pastizal inducido-Comunidades hidrófitas enraizadas emergentes

Los otros usos representan un 5.76 % donde destacan la urbanización hacia el sur de la ciudad de frontera y otras localidades y el sector industrial por la actividad petrolera. (Palma *et al.*, 1985; PEMEX, 1997).



Marco legal y político

De acuerdo con el decreto del 6 de agosto de 1992 define en su artículo segundo y tercero que en las “Reservas de la Biosfera” se establezcan Zonas Núcleo y de Amortiguamiento, debido a esto en el año 2000 con la implementación del programa de manejo de la RBCPC (INEC, 2000) se establecieron las Zona Núcleo I que se ubica al sur del área utilizando una superficie de 57 738 ha, la Zona Núcleo II al norte de la reserva con una superficie de 75 857 ha y la Zona de Amortiguamiento con una superficie de 169 111 ha que rodea a las dos Zonas Núcleo, esto con el fin de establecer a las Zonas Núcleo como áreas no alteradas donde se encuentran elementos importantes que requieren protección especial y la Zona de Amortiguamiento que es el área que protege a las Zonas Núcleo del impacto exterior (DOF, 1992; Ochoa-Gaona, 2008) (figura 4).

El artículo 49 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental [LGEEPA] (2024) prohíbe que en las Zonas Núcleo se realicen las siguientes acciones:

- Verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante.
- Interrumpir, rellenar, resecar o desviar los flujos hidráulicos.
- Realizar actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestres.

Para las mismas Zonas Núcleo se establece en la LGEEPA en su Artículo Noveno que no se autorizará o ejecutará obras públicas o privadas, en el Artículo Decimo Segundo establece que la realización de actividades de preservación, investigación científica y educación ecológica deberán contar

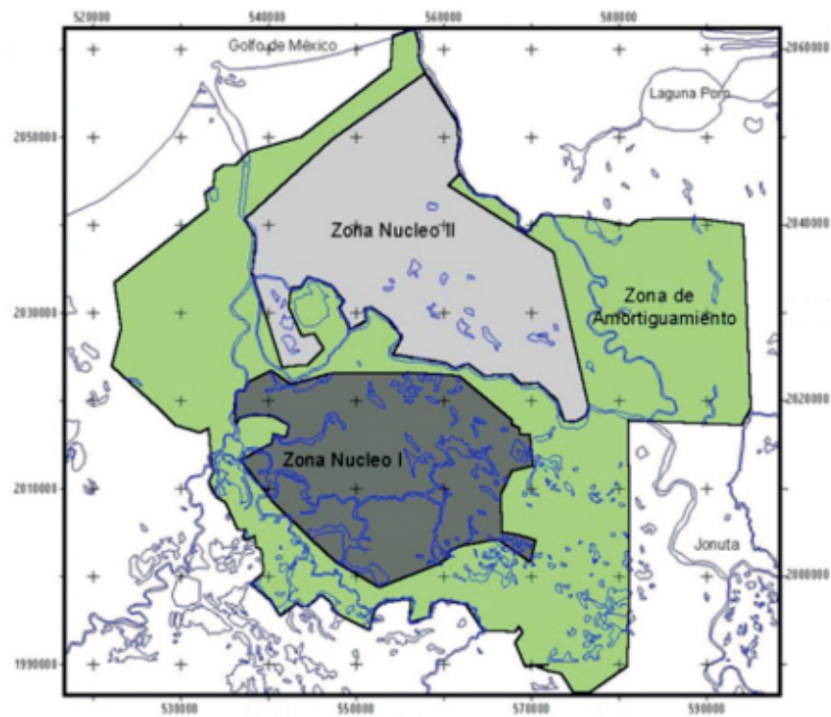


Figura 4. La RBPC y su división por Zonas Núcleo y Amortiguamiento. Fuente: Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2008.



con la autorización de la Secretaría y en su Artículo Décimo Tercero se establece la veda total e indefinida del aprovechamiento forestal, caza y captura de fauna silvestre.

Para la Zona de Amortiguamiento el Artículo Decimo de la LGEEPA decreta que todo proyecto de obra pública o privada que pretenda realizarse dentro de la RBPC deberá contar con la autorización de la Secretaría, en su Artículo Décimo Sexto establece que la Secretaría promoverá ante las dependencias competentes y en los términos de las leyes respectivas los estudios necesarios para determinar vedas de flora y fauna silvestre terrestres o acuáticas o de aprovechamientos forestales, en este mismo artículo decreta que la Secretaría realizará los estudios necesarios para determinar las épocas y zonas de veda para la pesca, en su Artículo Décimo Séptimo se establece que el aprovechamiento de la flora y fauna silvestre se realizara de acuerdo a las restricciones que establezca la Secretaría.

Otras normas, reglamentos y disposiciones legales aplicables a la RBPC

Agua

NOM-001-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-003-SEMARNAT-1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios públicos.

NOM-060-SEMARNAT-1994, Mitigación por los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

Aire

28 marzo de 1990, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas por la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en los

Artículos 5° Fracción X y Art. 146 y en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal en sus Artículos 27 Fracción XXXII y Art. 37 Fracciones XVI y XVII.

NOM-034-SEMARNAT-1993, establece métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono.

NOM-035-SEMARNAT-1993, establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales.

NOM-041-SEMARNAT-2015, establece los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes que provengan de vehículos automotores de gasolina.

NOM-043-SEMARNAT-1993, establece los límites máximos permisibles de partículas sólidas que se emitan a la atmosfera.

NOM-044-SEMARNAT-2017, establece los niveles máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales provenientes de vehículos nuevos que usan diesel.

NOM-045-SEMARNAT-2017, establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo que provienen de vehículos automotores de diesel.

NOM-075-SEMARNAT-1995, establece los niveles máximos permisibles para emisiones a la atmosfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de la refinerías de petróleo.

Suelo

22 junio de 1998, Acuerdo que establece los lineamientos sujetos al programa de Restauración Ecológica denominado Campaña Para Evitar el Cambio de Uso del Suelo en Áreas Afectadas por Incendios Forestales.

Flora y fauna

NOM-EM-007-PESC-1993, determina las épocas y zonas de veda para la captura de flora y fauna acuática.



NOM-EM-01-PESC-1994, Regula a las especies que son objeto de pesca deportiva o recreativa.

29 junio de 1994, Aviso para establecer épocas y zonas de veda temporales para la pesca de tortugas de agua dulce.

NOM-007-SEMARNAT-1997, los procedimientos, criterios y especificaciones para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas de vegetación.

NOM-059-SEMARNAT-2010, determina las especies de flora y fauna terrestres o acuáticas que se encuentren catalogadas en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección y las especificaciones para su protección.

NOM-061-SEMARNAT-1994, las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna por el aprovechamiento forestal.

NOM-062-SEMARNAT-1994, las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionada por el cambio de uso de suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar

Actividades forestales

NOM-012-SEMARNAT-1996, establece los procedimientos, criterios y especificaciones para el aprovechamiento de leña para uso doméstico.

Actividades agropecuarias

NOM-062-SEMARNAT-1994, las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionada por el cambio de uso de suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

Discusión

La educación ambiental en México es uno de los más grandes retos que atraviesa el país (Lara Arzate, 2021), y en el estado de Tabasco resulta un problema mayor por la creencia que los recursos naturales son infinitos, sin embargo, con el paso del tiempo y por consecuencia de actividades antropogénicas en los ecosistemas, estos han ido disminuyendo sus servicios ambientales o ecosistémicos y muchos otros han desaparecido (Matías-Sánchez y Ramírez-Pacheco (2023). Por lo anterior, es de vital importancia impartir y promover programas de educación ambiental en todos los niveles educativos para concientizar a la población y lograr objetivos como la restauración de ecosistemas vulnerados y la conservación de aquellos que no se han alterado.

De acuerdo con Matías-Sánchez y Ramírez-Pacheco (2023) mencionan que para esta zona no hay programas educativos orientados a la conservación de la biodiversidad o mitigación del cambio climático, por ello no es de sorprenderse que se sigan

permitiendo actividades que dañan la reserva y el manejo de esta sea ineficiente.

Así mismo la educación ambiental en los 72 asentamientos de la RBPC debe considerarse un asunto de interés y desarrollar programas para la población con el fin de informar acerca de la importancia de este ecosistema y los beneficios que puede seguir proporcionando a largo plazo y para futuras generaciones si se conserva.

Entre las principales problemáticas que atraviesa “la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla” están la contaminación, la sobreexplotación de los recursos naturales, la conversión de suelos forestales para ganadería y la urbanización.

A partir de la búsqueda de información existente para la RBPC y realizando el análisis en conjunto de todos los aspectos que se involucran e interactúan entre sí, se proponen las siguientes estrategias conforme al Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) para aminorar los impactos anteriormente mencionados que dañan la Reserva.



Contaminación

- Regular las emisiones industriales estableciendo normativas más estrictas para su cumplimiento y aplicar tecnologías limpias para reducir la contaminación atmosférica y del agua.
- Gestión adecuada de desechos y residuos fomentando la reducción y tratamientos previos.
- Concientización pública informando y educando a la población sobre los impactos de la contaminación en la RBPC y como pueden contribuir a la reducción de contaminantes.

Sobreexplotación de recursos naturales

- Implementar regulaciones y políticas efectivas que establezcan normativas y leyes que limiten la extracción y el uso de recursos naturales y las penalidades por la sobreexplotación.
- Fomentar la gestión sostenible promoviendo prácticas que disminuyan la explotación de recursos naturales para garantizar su uso sin comprometer su disponibilidad futura.
- Participación comunitaria involucrando a las comunidades aledañas a la reserva en la toma de decisiones acerca del uso de los recursos naturales y como impactan estas decisiones en sus estilos de vida.
- Conversión de suelos forestales para ganadería
- Incentivar la reforestación y restauración promoviendo programas referentes a la reforestación y restauración de áreas degradadas para recuperar la cobertura forestal y la biodiversidad.
- Fomentar el uso de prácticas agrícolas sostenibles para reducir la expansión de la actividad agropecuaria hacia las zonas forestales.
- Implementar programas de asistencia técnica a los agricultores para adoptar prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- Desarrollar sistemas de monitoreo y control para detectar y prevenir la tala ilegal y la conversión de suelos forestales a agropecuarios.

- Actualizar los planes de ordenamiento territorial que identifiquen áreas prioritarias para la conservación forestal y establezcan zonas agrícolas permisibles.

Urbanización

- Fortalecer la aplicación de regulaciones y leyes que prohíban la urbanización en ANP como la RBPC.
- Desarrollar planes de ordenamiento territorial donde se identifiquen áreas protegidas y se establezcan zonas de amortiguamiento para limitar el desarrollo urbano en sus alrededores.
- Realizar evaluaciones de impacto ambiental antes de aprobar proyectos de desarrollo cerca de la reserva.
- Promover la investigación y monitoreo dentro de la RBPC para generar información crucial que servirá para la toma de decisiones en el manejo y conservación de la reserva.

Entre los co-beneficios que brinda la implementación de un MBE para la población residente de la RBPC están los siguientes.

En materia de seguridad alimentaria con pesca y agricultura sostenibles, en cuanto a salud humana mejora la calidad del agua y del aire, para la economía del lugar se desarrolla y explota el turismo de manera amigable con el medio ambiente, y por último en la educación ambiental al hacer concientización desde niveles escolares básicos o iniciales formando una ciudadanía más informada y comprometida con el medio ambiente.

Por otro lado, para que se pueda incorporar un MBE a la RBPC la información existente de la ANP debe actualizarse para que las estrategias vayan acorde al plan de manejo basado en ecosistemas y se puedan cumplir satisfactoriamente, así mismo, el personal a cargo debe estar capacitado para desarrollar el manejo lo mejor posible y tener éxito.



Conclusión

La RBPC es un área importante para el estado de Tabasco, representando una parte de la biodiversidad del país y que funge como sitio que alberga a aves migratorias, especies de peces, anfibios, reptiles, flora y fauna endémicas o representativas de la región, sin embargo, los problemas a los que se enfrenta actualmente el ANP provoca que haya degradación ecosistémica en la reserva, por este motivo es importante implementar programas de manejo en estas áreas importantes y susceptibles para su conservación.

Por otro lado, es indispensable la actualización del Plan de Manejo y de los datos ecosistémicos de

la reserva para la toma de decisiones, ya que debido a que tienen 24 años de antigüedad es difícil realizar estrategias para el ordenamiento territorial de la zona, y es aún más difícil aplicar estas estrategias con éxito, sobre todo ante un clima cambiante.

Por último, es necesario el involucramiento de todos los sectores ya sean públicos, educativos, privados, las comunidades aledañas a la zona, etc., para que conforme a esto se creen redes fuertes de apoyo e integración asegurando que los programas de manejo implementados en la zona de la RBPC sean factibles y se aprecien los resultados.

Referencias

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO. 563-566 pp.
- Barba E, Rangel MJ, Reyes R (2006) Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22: 101-110.
- Barba Macías, E.; Valadez Cruz, F.; Pinkus Rendón, M. A.; Pinkus Rendón, M. J., Revisión de la problemática socioambiental de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 60, 50-57, 2014.
- Berlanga, M., Dawson, D., Robbins, Ch., Sauer, J., Wood, P y Mackinnon, B. 2001. Listado preliminar de aves de Laguna de Términos.
- Chornesky, E.A., Codevilla, B., Sherwood, K. (2010). Synthesis Report for the Ecosystem-Based Management for sustainable coastal-marine systems initiative.
- Coll, M., Libralato, S. (2012). Contributions of food web modelling to the ecosystem approach to marine resource management in the Mediterranean Sea. *Fish Fish.* 13, 60-88. doi:10.1111/j.1467-2979.2011.00420.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2023). Pantanos de Centla. Gobierno de México. Recuperado 26 de abril de 2024, de <https://descubreanp.conanp.gob.mx/es/conanp/ANP?suri=121>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2024). Áreas Naturales Protegidas decretadas. Gobierno de México. Recuperado 26 de abril de 2024, de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20Nacional%20de%20%C3%81reas,exclusivamente%20marina%2C%20representan%2093%2C807%2C804%20hect%C3%A1reas.
- De La Rosa Velázquez, M. I. (2016). Evaluando la eficacia de un área protegida costera ante el cambio del uso del suelo; la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. Repositorio Institucional ECOSUR. Recuperado 26 de abril de 2024, de https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2050/1/100000056661_documento.pdf
- De Young, C., Charles, A.T., Hjort, A. (2008). Human dimensions of the ecosystem approach to fisheries: an overview of context, concepts, tools and methods, FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, Rome, Italy.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 1992. Decreto de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. Poder Ejecutivo Federal.
- Esqueda-Lara, K., Sánchez, A. J., Salcedo, M. A., Rincón-Reyes, K. M., Popoca-Cruz, P. E. (2021). Morfoespecies de fitoplancton de la laguna el Cometa en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Num. Esp. I: e2707. DOI: 10.19136/era.a8n1.2707
- FAO. (2009). Report of the workshop on toolbox for applying the Ecosystem Approach to Fisheries. Rome, 26-29 February 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 884.
- Fletcher, W.J.J., Shaw, J., Metcalf, S.J.J., Gaughan, D.J. (2010). An Ecosystem Based Fisheries Management framework: the efficient, regional-level planning tool for management agencies. *Mar. Policy*, 34, 1226-1238. doi:10.1016/j.marpol.2010.04.007
- García E (1998) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García). Escala



- 1:1000000. Archivo vectorial Shapefile: Tipos de climas. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no.
- Gobierno de Tabasco. (2024). Regiones de Tabasco. Portal Tabasco. Recuperado 10 de marzo de 2024, de <https://tabasco.gob.mx/regiones-de-tabasco>
- Guadarrama, O.M.A. y G. Ortiz. 2000. Análisis de la flora de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 15: 67:104
- Guerra-Martínez, V. y S. Ochoa-Gaona. 2008. Evaluación del programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 24 (2): 135-146
- INEC (2000) Programa de manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Carabias LJ, Provencio E, de la Maza EJ, Romero GJC (ed). Instituto Nacional de Ecología. Primera edición. México. 222p.
- INEGI (2014) Conjunto de datos vectoriales edafológicos. Continuo Nacional. Escala 1:250 000. Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Archivo vectorial Shapefile: Tipos de suelos. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/eda250s2gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no.
- INEGI (2020) Continuo Mexicano de Elevaciones para Tabasco y Campeche. Escala 15 m. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Archivo ráster: modelos digitales de elevaciones para Tabasco y Campeche. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.
- IREBIT. 1994. Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, Programa de manejo. Tabasco, México., 106 p.
- Jiménez Sierra, C. L., Sosa Ramírez, J., Cortés Calva, P., Solís Cámara, A. B., Íñiguez Dávalos, L. I., & Ortega Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y ciencia-Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (60), 16-22.
- Katsanevakis, S., Stelzenmüller, V., South, A., Sørensen, T.K., Jones, P.J.S., Kerr, S., Badalamenti, F., Anagnostou, C., Breen, P., Chust, G., D'Anna, G., Duijn, M., Filatova, T., Fiorentino, F., Hulsman, H., Johnson, K., Karageorgis, A.P., Kröncke, I., Mirto, S., Pipitone, C., Portelli, S., Qiu, W., Reiss, H., Sakellariou, D., Salomidi, M., Van Hoof, L., Vassilopoulou, V., Vega Fernández, T., Vöge, S., Weber, A., Zenetos, A., Hofstede, R. ter, D'anna, G., Ter Hofstede, R. (2011). Ecosystem-based marine spatial management: Review of concepts, policies, tools, and critical issues. *Ocean Coast. Manag.*, 54, 807-820. doi:10.1016/j.ocecoaman.2011.09.002
- Lara Arzate, J. (2021). Los retos de la educación ambiental en México. *Educación Ambiental*. Recuperado 15 de septiembre de 2024, de <https://www.gob.mx/semarnat/educacionambiental/es/articulos/los-retos-de-la-educacion-ambiental-en-mexico?idiom=es>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (2024) Diario Oficial de la Federación.
- López-Jiménez, LN, Jiménez-López, DA, Castillo-Acosta, O., Gallardo-Cruz, JA, & Fernández-Montes de Oca, AI (2020). Plantas vasculares de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. *Ciencias Botánicas*, 98 (1), 159-204. <https://doi.org/10.17129/botsci.2279>
- Macías, E. B., Cruz, F. V., Pinkus, M., Pinkus, M., & Flores, J. J. (2015). Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla: aspectos socio-ambientales prioritarios. In *Las Áreas Naturales Protegidas en México y la Investigación Científica* (pp. 11-29). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste/Universidad Autónoma de Yucatán/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Magaña-Alejandro, M. A., Ramírez-Méndez, K. A., Palomeque-de la Cruz, M. A y Galindo-Alcántara, M. (2021). Etnobotánica de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, cuencas Grijalva-Usumacinta. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Num. Esp I: e2649. Doi: 10.19136/era.a8n1.2649
- Manzanilla-Quinones, U., Pozo-Montuy, G., Delgado-Vale, P., Martínez-Sifuentes, A. R., & Aguirre-Calderón, O. A. (2021). Escenarios climáticos (CMIP-5) para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(I). <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2588>
- Matías Sánchez, D., & Ramírez Pacheco, A. A. (2023). Educación en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. El Caso de los Jóvenes de Quintín Arauz. *Maya America: Journal of Essays, Commentary, and Analysis*, 5(1). <https://doi.org/10.32727/26.2023.12>
- Medrano-Pérez, O. R., Payano-Almázar, R., y López-Jiménez, I. N. (2021). Caracterización geomorfológica e hidroclimatológica de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. *Acta Universitaria* 31, e2846. Doi: <http://doi.org/10.15174.au.2021.2846>
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-012-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación 1996.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-022-SEMARNAT-2003. Diario Oficial de la Federación 2003.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-061-SEMARNAT-1994. Diario Oficial de la Federación 1994.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-062-SEMARNAT-1994. Diario Oficial de la Federación 1994.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación 1996.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-003-SEMARNAT-1997. Diario Oficial de la Federación 1997.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-007-SEMARNAT-1997. Diario Oficial de la Federación 1997.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-034-SEMARNAT-1993. Diario Oficial de la Federación 1993.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-035-SEMARNAT-1993. Diario Oficial de la Federación 1993.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-041-SEMARNAT-2015. Diario Oficial de la Federación 2015.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-043-SEMARNAT-1993. Diario Oficial de la Federación 1993.



- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-044-SE-MARNAT-2017. Diario Oficial de la Federación 2017.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-045-SE-MARNAT-2017. Diario Oficial de la Federación 2017.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-059-SE-MARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación 2010.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-060-SE-MARNAT-1994. Diario Oficial de la Federación 1994.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-075-SE-MARNAT-1995. Diario Oficial de la Federación 1995.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-EM-007-PESC-1993. Diario Oficial de la Federación 1993.
- Norma Oficial Mexicana de Emergencia. NOM-EM-01-PESC-1994. Diario Oficial de la Federación 1994.
- Palma L., D., J. Cisneros, A. Trujillo, N. Granados y J. E. Serrano. (1985). Caracterización de los suelos de Tabasco, uso actual, potencial y taxonomía. Gobierno del estado de Tabasco-SECUR-DESIC.
- Parkswatch. (2003). Perfil de Parque - México Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. ParksWatch. Recuperado 3 de abril de 2024, de https://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/pcbr_spa.pdf
- PEMEX, EXPLORACIÓN. 1997. Resumen Actualizado de las instalaciones ubicadas dentro de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. SIPA-Distrito Ocosingo.
- Plata, F. 2002. Historias de Pantanos. ENDESU. 65 pp.
- Romero J. C., A. García, C.A. Bautista, y P.H. Pérez. (2000). Caracterización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia*. 15 (30): 15-28.
- Sánchez-Soto, S. (2019). Registro de aves con diferentes categorías de riesgo en los humedales del oeste de Tabasco, México.
- Secretaría de la Convención Sobre los Humedales. (2001). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Servicio de Información Sobre Sitios RAMSAR. Recuperado 26 de abril de 2024, de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX733RIS.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2016). Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. Gobierno de México. Recuperado 26 de abril de 2024, de [https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-pantanos-de-centla-tabasco?idiom=es#:~:text=Ubicada%20en%20el%20noreste%20del,\(R%C3%ADos%20Grijalva%20y%20Usumacinta\).](https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-pantanos-de-centla-tabasco?idiom=es#:~:text=Ubicada%20en%20el%20noreste%20del,(R%C3%ADos%20Grijalva%20y%20Usumacinta).)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2019, 29 enero). El Estado de Tabasco se constituye el 29 de enero 1824. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado 16 de febrero de 2024, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-estado-de-tabasco-se-constituye?idiom=es>

Borges-Ramírez, M.M., Dzúl-Caamal, R., Rendón-von Osten, J. 2024. Cambio climático y plaguicidas: el caso del glifosato. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 85-96. doi 10.26359/52462.0607



Cambio climático y plaguicidas: el caso del glifosato

Climate change and pesticides: The case of glyphosate

*Merle M. Borges-Ramírez, Ricardo Dzúl-Caamal y Jaime Rendón-von Osten**

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: jarendon@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0607

Recibido 05/septiembre/2024. Aceptado 15/octubre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

La contaminación por plaguicidas como el glifosato afectan los ecosistemas marinos y terrestres a nivel global. Sin embargo, esta contaminación por agroquímicos se ve exacerbada por el cambio climático, que provoca un aumento o disminución de las temperaturas y gases de efecto invernadero. Estos factores afectan y estresan a los organismos y sus microbiomas. Asimismo, el estrés causado por el cambio climático hace que los organismos tengan que enfrentar a cambios en los patrones de precipitación que causan sequías e inundaciones, ocasionando que el uso de plaguicidas también se vea modificado, principalmente aplicando más cantidad que la requerida en épocas anteriores debido a la resistencia de algunas plagas. Se ha documentado que el cambio climático ha obligado a muchos organismos a desplazarse geográficamente. La relación de los plaguicidas junto con los cambios de temperatura produce enfermedades en las plantas reduciendo la disponibilidad y calidad de los alimentos, además, causa daños en la reproducción de algunos organismos como insectos, anfibios y peces, entre otros. En el caso del glifosato, el uso intensivo y extensivo debido principalmente a las semillas genéticamente modificadas ha ocasionado que prácticamente todos los ecosistemas se encuentren contaminados con este compuesto, incluyendo al ser humano.

Palabras clave: Plaguicidas, Glifosato, Cambio climático.

Abstract

Pesticide pollution, such as that caused by glyphosate, affects marine and terrestrial ecosystems globally. This agrochemical pollution is exacerbated by climate change, which leads to fluctuations in temperatures and increases in greenhouse gases. These factors stress organisms and their microbiomes. Additionally, the stress caused by climate change forces organisms to adapt to changes in precipitation patterns, resulting in droughts and floods. Consequently, the use of pesticides has also changed, often leading to the application of larger quantities than were previously required, due to the growing resistance of some pests. It has been documented that climate change has driven many organisms to migrate geographically. The interaction between pesticide uses and temperature fluctuations promotes plant diseases, reducing the availability and quality of food, while also causing damage to the reproduction of certain organisms, such as insects, amphibians, and fish, among others. In the case of glyphosate, its intensive and widespread use—primarily due to genetically modified seeds—has led to contamination of virtually all ecosystems with this compound, including humans.

Keywords: Pesticides, Glyphosate, Climate change.



Introducción

Los cambios de temperatura y los niveles de gases invernadero como el dióxido de carbono (CO_2) ocasionados por el cambio climático (CC) afectan los microbiomas de los organismos en ecosistemas terrestres y acuáticos (Qayoom *et al.*, 2022). El aumento de la temperatura en el medio ambiente a nivel global junto con la aplicación de plaguicidas produce estrés, modifica/altera el microbioma y causa efectos subletales en animales, como insectos y peces, y en una gran variedad de plantas (Meftaul *et al.*, 2020). Asimismo, la relación sinérgica del CC y los plaguicidas afecta el equilibrio de los ecosistemas, dañando a organismos no objetivo. El CC tiene un gran efecto en el comportamiento y dispersión de los plaguicidas como el glifosato (GLY) que modifica el microbioma de los organis-

mos (Noyes *et al.*, 2009). El GLY y su producto de degradación AMPA (ácido aminometilfosfónico), comúnmente llamado metabolito, ingresan a distintos ecosistemas a través del aire, las lluvias, las escorrentías superficiales, infiltración del suelo a las aguas subterráneas (Carretta *et al.*, 2022). Por lo tanto, algunos plaguicidas se acumulan e ingresan rápidamente a las redes tróficas y al medio ambiente. Aunque el GLY no es tan persistente y no se bioacumula, es tanto su uso que ha contaminado todos los compartimentos ambientales, por lo que prácticamente todos los organismos incluidos el ser humano están expuestos al herbicida y presentan residuos de éste en diferentes grados (Maggi *et al.*, 2020; Meftaul *et al.*, 2020).

El cambio climático y efectos de los plaguicidas

El CC es un fenómeno o alteración lenta y gradual de las condiciones climáticas, el cual provoca un aumento en los gases de efecto invernadero, cambios en la temperatura, sequías e inundaciones frecuentes, así como otros cambios en los patrones climáticos a nivel global, poniendo en peligro a todos los organismos del planeta incluyendo al humano (Muluneh, 2021). El origen del CC son la deforestación, la agricultura intensiva y extensiva y las actividades antrópicas que generan gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y clorofluorocarbonos (CFC), entre otros (Kweku *et al.*, 2018).

Los plaguicidas son productos químicos tóxicos usados para matar una plaga en específico, y que al ser aplicados se distribuyen en todos los ecosistemas causando efectos adversos en los organismos, siendo la alteración del microbioma de las plantas, suelo, insectos, animales y humanos uno de los principales efectos que se tiene y que está cobrando una gran relevancia actualmente debido a la función tan importante y vital de esta comunidad de

microorganismos (figura 1) (Ramakrishnan *et al.*, 2021).

El microbioma de las plantas se ven afectadas por el CC y el uso frecuente de plaguicidas. La composición, la estructura y la diversidad de los microorganismos varían en diferentes sistemas ambientales. Las plantas absorben y retienen a los plaguicidas en una trampa de iones dentro de los tejidos foliares, luego los transportan al xilema y floema (Kaur *et al.*, 2024). Esta trampa de iones necesita de la permeabilidad de la membrana y de las moléculas químicas y las interacciones electrofílicas para la absorción y el transporte del plaguicida por la planta (Ramakrishnan *et al.*, 2021). La movilidad de los plaguicidas aumenta en el floema por la mezcla de aminoácidos y azúcares. Que los solutos sean absorbidos por las raíces siguiendo la vía apoplástica y simplástica, facilitando que el plaguicida entre en el xilema y sea acarreado por la transpiración (Mendes *et al.*, 2022).

Además, el estrés de las plantas generado por el CC y la interacción con microorganismos, pa-

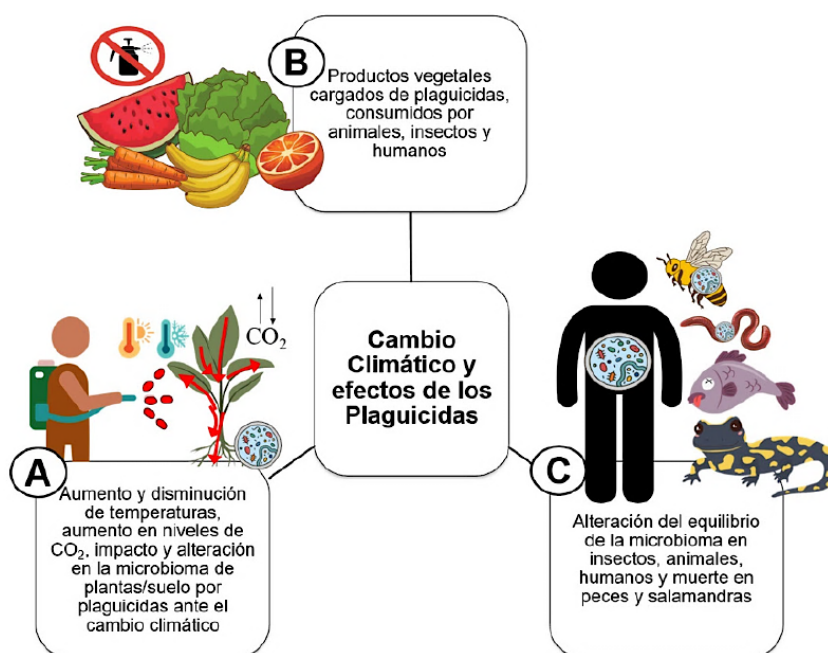


Figura 1. El cambio climático y sus efectos en los plaguicidas. A) Impacto en el microbioma planta/suelo, B) Acumulación de plaguicidas en alimentos, C) Alteración del microbioma y muerte en insectos, animales y humanos. Adaptado de Ramakrishnan *et al.* (2021) y Puigbò *et al.* (2022)..

tógenos y plagas produce enfermedades en las plantas. Por ejemplo, las altas temperaturas originan sequías en varias partes del mundo, lo que ocasiona estrés hídrico en las plantas (Singh *et al.*, 2023). Estas alteraciones o estrés en las plantas las vuelve sensibles o vulnerables a las plagas y patógenos, lo que les produce enfermedades o muerte (Roussin-Léveillé, *et al.*, 2024). Sin embargo, los impactos directos del CC en las plantas dependerá del patógeno, huésped y las características del ecosistema (Yan *et al.*, 2023). Un estudio realizado por Qiu *et al.*, (2022) demostraron como las altas temperaturas generan la inducción de la biosíntesis del ácido jasmónico y de los genes de señalización de *Magnaporthe oryzae*, lo cual produce una mayor susceptibilidad a la enfermedad del tizón del arroz. Así mismo, el aumento de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) ocasiona enfermedades. Por ejemplo, un estudio realizado por Khan y Rizvi (2020) quienes expusieron plantas cucurbitáceas (*Cucurbita pepo* L., *Lagenaria siceraria*, *Luffa aegyptiaca*, *Cucumis sativus* y *Momordica charantia* L.) a un

patógeno vegetal (*Sphaerotheca fuliginea*) en condiciones elevadas de CO_2 , lo cual incrementó la enfermedad de mildiú polvoroso en estas plantas.

El suelo contiene microorganismos que son vitales para los ciclos biogeoquímicos y la salud de los ecosistemas los cuales producen bioestimulantes que promueven el crecimiento vegetal, así como la resistencia a patógenos y a la fijación del nitrato atmosférico. Sin embargo, prácticamente todos los agroquímicos (herbicidas, fungicidas, insecticidas, nematocidas, molusquicidas y rodenticidas) afectan al microbioma del suelo (Meena *et al.*, 2020; Walder *et al.*, 2022). El suelo recibe la mayor parte de los plaguicidas aplicados en los cultivos o malezas, entre el 95 y 98% de estos agroquímicos que además de contaminar el suelo impactan a los microorganismos presentes, volviéndolos prácticamente estéril (Narayanan *et al.*, 2022).

Las interacciones entre el cambio climático y los plaguicidas dañan la actividad enzimática y el microbioma del suelo, debido a que algunas comunidades microbianas son más sensibles dependiendo



de los cambios de temperatura, humedad del suelo, la precipitación y algunos de los tipos de formulación e ingrediente(s) activo(s) que se aplique (Bünemann *et al.*, 2006; Daunoras *et al.*, 2024). Las interacciones entre el CC y los plaguicidas también afectan el cuajado y desarrollo de los frutos de las hortalizas y/o alimentos (Bisbis *et al.*, 2023). Además, los plaguicidas son absorbidos y acumulados en los vegetales y frutos, causando la exposición a través del consumo de alimentos contaminados

(Sharma *et al.*, 2021). La relación de la temperatura y plaguicidas también producen efectos sinérgicos en el microbioma de los insectos. En un estudio realizado por Elkraly *et al.* (2024) expusieron al picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) a variaciones de temperatura (frío y calor) con la interacción de un plaguicida (clorpirifos), y los resultados mostraron efectos adversos sobre los microorganismos intestinales de *R. Ferrugineus*.

El glifosato y cambio climático

El CC puede alterar o modificar el uso de plaguicidas en todo el mundo y las exposiciones a estas sustancias químicas como el GLY en las distintas matrices ambientales (Noyes *et al.*, 2009). El GLY (N-fosfonometil glicina) es un herbicida sistémico y no selectivo de amplio espectro utilizado en todo el mundo desde la década de 1970 para el control de malezas en la agricultura, la silvicultura y las áreas urbanas (Lima *et al.*, 2023). El mecanismo de acción del GLY es la interrupción de la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano. Este proceso se presenta al inhibir la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) (Benbrook 2016). La inhibición de la enzima EPSPS produce un flujo alto de carbono hacia el shikimato-3-fosfato, que se convierte en altos niveles de shikimato, acumulándose en los tejidos vegetales y causando daños a las plantas (Almeida *et al.*, 2024) (figura 2).

Con el fin de minimizar el impacto del glifosato, las empresas mencionan y resaltan que la EPSPS sólo es sintetizada por “plantas y algunos microorganismos, pero no por mamíferos, por lo que este mecanismo de acción no les afecta”. Sin embargo, este desdén o menosprecio hacia los microorganismos por parte de los agro-corporativos es indicativo de la ignorancia, consciente o inconsciente, del papel fundamental que juegan los microorganismos en el microbioma de todos los seres vivos, incluyendo al ser humano.

La aplicación anual de GLY en el mundo es de aproximadamente 600 y 750 millones de toneladas con una estimación de aumento de 740 a 920 millones de toneladas para 2025 (Maggi *et al.*, 2020). El uso intensivo del GLY ha ocasionado que este herbicida y su producto de degradación AMPA se encuentren distribuidos en los ecosistemas de todo el mundo, ya que se han encontrado residuos de GLY en aguas de arroyo urbano ($0.25 - 4.8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y aguas de humedales ($0.25 - 14.2 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) de Melbourne, Australia (Okada *et al.*, 2020). Se ha documentado que la relación sinérgica del CC y el GLY afecta a una gran variedad de organismos, como por ejemplo, el estudio realizado por Amid *et al.* (2018) quienes expusieron corales (*Acropora formosa*) a GLY a diferentes temperaturas (28 y 31°C). Los resultados del estudio demostraron que el efecto de las temperaturas elevadas y el GLY causaron un blanqueamiento más rápido en el coral.

Además, los cambios de temperatura juegan un papel importante en la regulación de la actividad microbiana en los suelos que producen la disipación, transporte, así como los mecanismos de eliminación o degradación del GLY y AMPA por los organismos (Muluneh, 2021).

El GLY causa efectos adversos en los microbiomas del suelo, plantas, animales y humanos. La relación del aumento de la temperatura debido al calentamiento global afecta en gran medida la toxicidad producida por los plaguicidas como el GLY.

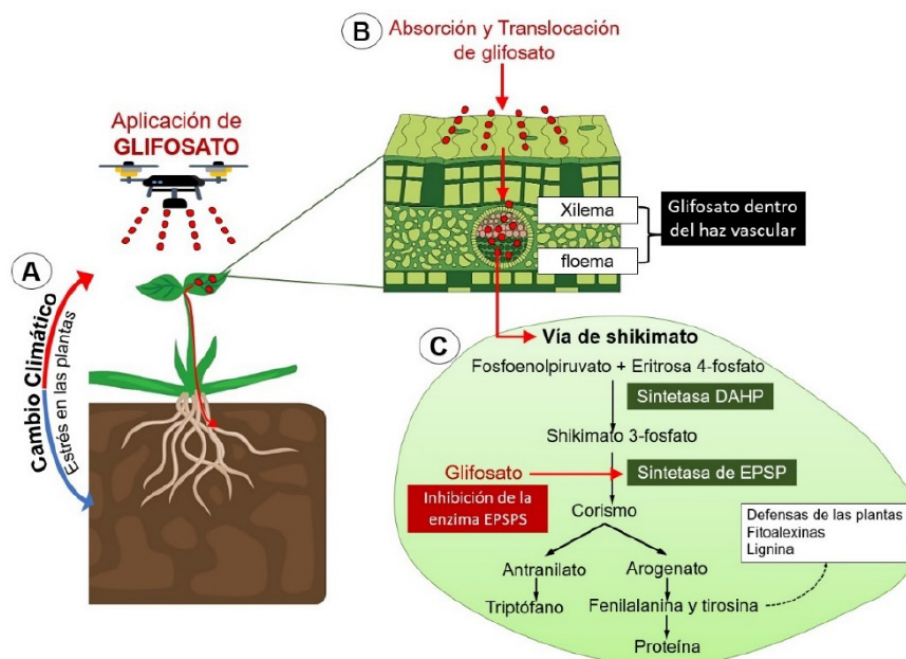


Figura 2. Absorción y translocación de glifosato en las plantas por el cambio climático. A) estrés en las plantas por los cambios de temperatura a causa del cambio climático, B) absorción del glifosato por los tejidos de la planta y su transporte de la cutícula hacia los haces vasculares a través del apoplasto, donde este herbicida se transloca principalmente a través del floema a medida que los foto-asimilados fluyen hacia órganos con alta actividad metabólica y C) inhibición de la enzima EPSPS de la vía shikímica por el glifosato. Adaptado de Helander et al. (2012) y Freitas-Silva et al. (2021).

En la tabla 1 se muestran algunos estudios que demuestran como los cambios ambientales, principalmente la temperatura, incrementa los efectos adversos del GLY en los organismos, lo cual es importante resaltar en términos de la sostenibilidad de los ecosistemas y el cambio climático.

Los cambios provocados por el CO₂ en el grosor de las hojas, la relación raíz-brote y las características estomáticas, pueden alterar la absorción, translocación y dilución de herbicidas como el caso del glifosato (Ziska, 2016). Sin embargo, esta absorción, transporte, acumulación y metabolismo del GLY en las plantas es importante para definir el efecto tóxico del medio circundante (Van Bruggen et al., 2021).

En las plantas, el GLY es absorbido por las hojas, distribuyéndose dentro de los tejidos foliares (floema), causando la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos, la síntesis de proteínas

y metabolitos secundarios (Duke, 2018). El estrés en las plantas ocasionado por el cambio climático origina que la translocación del GLY a través del floema y xilema sea más rápida (Duke, 2018; Jabran et al., 2022), posteriormente este herbicida es translocado de la cutícula a los meristemos apicales de las raíces (figura 2) (Carreta et al., 2022).

Las raíces transportan el glifosato a las capas profundas del suelo, donde una parte es retenida por la materia orgánica y la arcilla de los suelos, lo que da lugar a su acumulación en los suelos (Feng et al., 2020) y otra parte es degradada por los microorganismos a AMPA (Aslam et al., 2023). La presencia de glifosato y AMPA en la capa inferior del suelo puede aumentar el riesgo potencial de infiltrarse y contaminar las aguas subterráneas.

Se conoce muy bien que la vía metabólica del shikimato inhibida en las plantas por el glifosato también se encuentra en muchos microorganismos

**Tabla 1.** Efectos adversos del Glifosato bajo cambios ambientales en diferentes organismos.

Organismo	Especie	Cambios ambientales	Efectos adversos	Referencia
Salamandra	<i>Ambystoma maculatum</i>	luz UV-B	Mortalidad, la respuesta inmune celular, el tamaño corporal y la plasticidad morfológica de las larvas	Levis y Johnson (2015)
Plantas	<i>Conyza canadensis</i> y <i>Chenopodium album</i>	Temperatura (18/12 °C; 32/26°C) y CO ₂ (400-700 ppm)	Translocación más rápida del GLY de las hojas a los meristemos de las raíces ocasionando necrosis	Matzrafi <i>et al.</i> (2019)
Crustáceos	<i>Trigiopus fulvus</i> , <i>Artemia franciscana</i> , <i>Corophium insidiosum</i> y <i>Sphaeroma serratum</i>	Temperatura (20 y 30°C)	Mortalidad en todas las especies de crustáceos	Parlapiano <i>et al.</i> (2021)
Abeja	<i>Bombus terrestris</i>	Temperatura (28, 35°C)	Afecta la termorregulación de los nidos de las abejas y pérdida de crías a bajas temperaturas junto con la aplicación de GLY	Weidenmüller <i>et al.</i> (2022)
Lombrices de tierra	<i>Eisenia fetida</i> y <i>Eisenia andrei</i>	Temperatura (15 y 20°C)	Menor crecimiento y reproducción de la biomasa en capullos y juveniles	Schmidt <i>et al.</i> (2022)
Pez cebra	<i>Danio rerio</i>	Temperatura (28.5, 29, 29.5, 30°C)	Menor tasa de supervivencia, retraso en la eclosión, malformaciones corporales y menor flujo sanguíneo	Sulukan <i>et al.</i> (2023)

mos. Desafortunadamente la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA) menciona en un memorándum del 2018 sobre “Glifosato: Respuesta a los comentarios sobre el borrador de la evaluación de riesgos para la salud humana” de que “*aunque el glifosato puede inhibir la vía del shikimato en los microorganismos, no se ha demostrado que sea un antimicrobiano eficaz para el tratamiento de seres humanos. Es particularmente difícil lograr y mantener una concentración suficientemente alta de glifosato en el cuerpo para que sea un agente antimicrobiano eficaz debido a la baja absorción y metabolismo del glifosato*” (<https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-04/documents/hed-rtc-signed.pdf>).

Sin embargo, un análisis y revisión reciente de la información disponible demuestra que el glifosato y sus formulaciones son capaces de inducir disbiosis intestinal al alterar el metabolismo bacteriano, la permeabilidad intestinal y la secreción de moco, además de causar daños a las microvellosidades y al lumen intestinal, lo cual se ha observado que derivan en enfermedades intestinales y sistémicas, como la enfermedad de Crohn, la enfermedad de Alzheimer y en cáncer (da Cunha *et al.*, 2024).

En el caso de la disbiosis intestinal, que es una alteración en la estructura de la comunidad microbiana intestinal, se ha documentado que esta modificación de la microbiota intestinal puede cambiar la permeabilidad intestinal, la digestión y el metabolismo, así como las respuestas inmunitarias. El estado proinflamatorio causado por la alteración del equilibrio de la microbiota intestinal conduce a la aparición de muchas enfermedades que van desde afecciones gastrointestinales y metabólicas hasta enfermedades inmunológicas y neuropsiquiátricas (figura 3) (Gomaa, 2020).

El cambio climático junto con los plaguicidas también puede ocasionar efectos sinérgicos en los organismos como los insectos. Por ejemplo, en el estudio realizado por Ferreira *et al.* (2024) en el cual expusieron abejas (*Plebeia lucii*) para elegir entre alimentos no contaminados/con agroquímicos a diferentes temperaturas (figura 4) se observó que las abejas mostraron una preferencia dependiente de la temperatura por dietas contaminadas con agroquímicos (acefato/Glifosato), demostrando que los residuos de plaguicidas en el néctar pueden atraer a las abejas a fuentes de alimentos contaminadas. Estos estudios son relevantes debido que de-

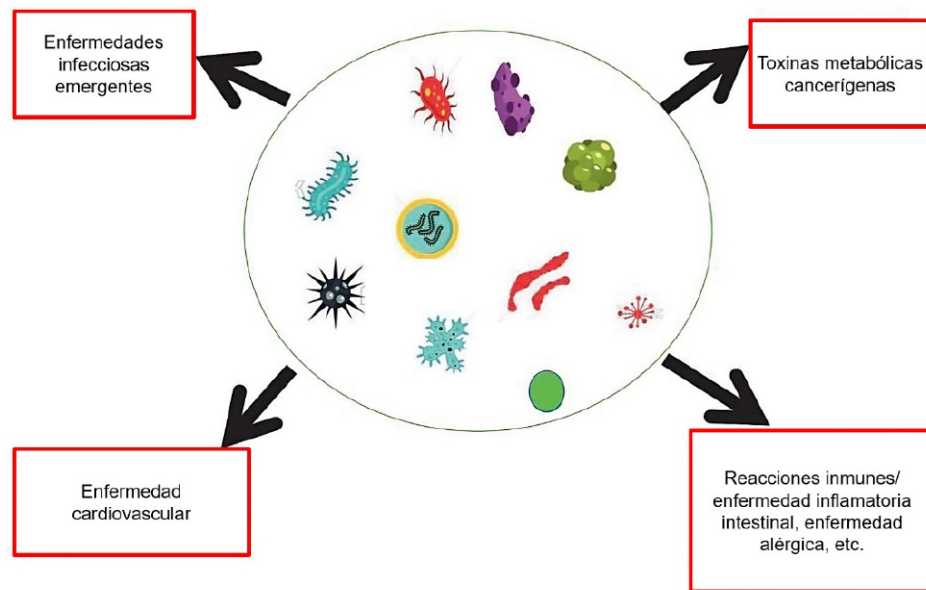


Figura 3. Flora disbiótica y su impacto en la salud humana. Las toxinas metabólicas cancerígenas producidas por la flora disbiótica pueden desencadenar la progresión del cáncer y la reacción inmunitaria en el tracto gastrointestinal. Además, la oxidación hepática de la trimetilamina a N-óxido de trimetilamina contribuye a la aparición de enfermedades cardiovasculares y emergentes. Imagen de Ogunrinola *et al.* (2020).

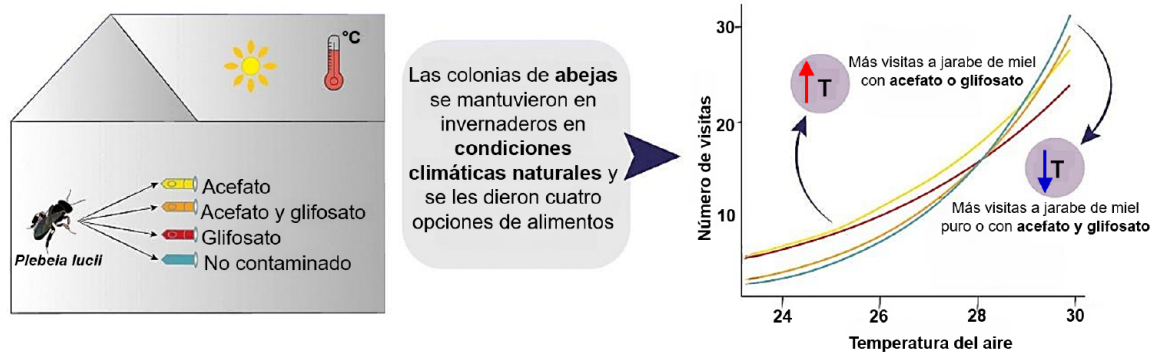


Figura 4. Las fluctuaciones climáticas alteran la preferencia de las abejas sin aguijón (*Apidae, Meliponini*) hacia los alimentos contaminados con acefato y glifosato. Imagen de Ferreira *et al.* (2024).

muestra que el uso de GLY puede afectar a insectos no objetivos como es el caso de *P. lucii* que es un importante polinizador en los ecosistemas.

Por otra parte, el estudio de Motta *et al.* (2018) demostró que la exposición de las abejas al glifosato puede perturbar su microbiota intestinal beneficiosa, lo que potencialmente afecta la salud de las abejas y su eficacia como polinizadores.

La aplicación del GLY puede dañar a organismos no objetivos como las lombrices de suelo, asimismo, el cambio climático permite que este herbicida tenga mayor impacto en los organismos (Schmidt *et al.*, 2022).



Consideraciones finales y perspectivas

El cambio climático es el resultado de la contaminación antropogénica, sobre todo a las grandes emisiones de gases efecto invernadero, que impactan los ecosistemas a nivel global. Además, no solo afecta a las plantas y cultivos, sino también al microbioma del suelo, animales y al humano. Estas variaciones climáticas disminuyen la resistencia de las plantas a las plagas causando un aumento en el uso de plaguicidas como el glifosato, cuyo modo de acción afecta severamente a las plantas y los microorganismos. Es importante resaltar que algunas enfermedades crónicas como atopias, síndrome metabólico, enfermedades inflamatorias, cáncer y

algunos trastornos de la conducta se asocian a disbiosis, que es la pérdida de riqueza de especies en la microbiota intestinal y que se ha visto asociada a la exposición a glifosato (Lehman *et al.*, 2023). Es evidente que hay que seguir estudiando como el sinergismo entre el cambio climático y el glifosato tiene efectos adversos sobre los microorganismos de los ecosistemas y del ser humano, pero para ello primero hay que darle el valor, la importancia y el reconocimiento que tienen los microorganismos en el buen funcionamiento de los ecosistemas y la salud.

Agradecimiento

La presente contribución se genera por el Proyecto CONAHCYT 0322599 “Presencia de glifosato y AMPA en suelo, agua y orina humana en distintas regiones de México”.

Referencias

- Almeida, A.M., Marchiosi, R., Abrahão, J., Constantin, R.P., dos Santos, W.D., y Ferrarese-Filho, O., 2024. Revisiting the shikimate pathway and highlighting their enzyme inhibitors. *Phytochemistry Reviews*, 23(2), 421-457.
- Amid, C., Olstedt, M., Gunnarsson, J.S., Le Lan, H., Tran Thi Minh, H., Van den Brink, P.J., y Tedengren, M., 2018. Additive effects of the herbicide glyphosate and elevated temperature on the branched coral *Acropora formosa* in Nha Trang, Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 13360-13372.
- Aslam, S., Jing, Y., y Nowak, K.M., 2023. Fate of glyphosate and its degradation products AMPA, glycine and sarcosine in an agricultural soil: Implications for environmental risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 447, 130847.
- Benbrook, C.M., 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28, 1-15.
- Bisbis, M.B., Gruda, N., y Blanke, M., 2018. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality—A review. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1602-1620.
- Bünemann, E.K., Schwenke, G.D., y Van Zwieten, L., 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms—a review. *Soil Research*, 44(4), 379-406.
- Carretta, L., Masin, R., y Zanin, G., 2022. Review of studies analysing glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) occurrence in groundwater. *Environmental Reviews*, 30(1), 88-109.
- da Cunha, A., dos Reis, A.M., Carmo, M., y de Almeida, H.A., 2024. Effects of glyphosate exposure on intestinal microbiota, metabolism and microstructure: a systematic review. *Food & Function*, 15:13.
- Daunoras, J., Kačergius, A., y Gudiukaitė, R., 2024. Role of soil microbiota enzymes in soil health and activity changes depending on climate change and the type of soil ecosystem. *Biology*, 13(2), 85.
- Duchenne-Moutien, R.A., y Neetoo, H., 2021. Climate change and emerging food safety issues: a review. *Journal of food protection*, 84(11), 1884-1897.
- Duke, S.O., 2018. The history and current status of glyphosate. *Pest Management Science*, 74(5), 1027-1034.



- Elkraly, O.A., Elrahman, T.A., Awad, M., El-Saadany, H.M., Atia, M.A., Dosoky, N.S., y Elnagdy, S.M., 2024. Exploring Gut Microbiota in Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*): Effects on Pest Management, Pesticide Resistance, and Thermal Stress Tolerance. *Microbiology Research*, 15(3), 1359-1385.
- Feng, D., Soric, A., y Boutin, O., 2020. Treatment technologies and degradation pathways of glyphosate: A critical review. *Science of The Total Environment*, 742, 140559.
- Ferreira, L.M.N., Hrnčir, M., de Almeida, D.V., Bernardes, R.C., y Lima, M.A.P., 2024. Climatic fluctuations alter the preference of stingless bees (*Apidae, Meliponini*) towards food contaminated with acephate and glyphosate. *Science of The Total Environment*, 175892.
- Freitas-Silva, L.D., Araújo, H.H., Meireles, C.S., y Silva, L.C.D., 2022. Plant exposure to glyphosate-based herbicides and how this might alter plant physiological and structural processes. *Botany*, 100(6), 473-480.
- Gomaa, E.Z., 2020. Human gut microbiota/microbiome in health and diseases: a review. *Antonie van Leeuwenhoek* 113, 2019-2040.
- Helander, M., Saloniemi, I., y Saikkonen, K., 2012. Glyphosate in northern ecosystems. *Trends in Plant Science*, 17(10), 569-574.
- Jabran, K., Chandrasena, N.R., Ahmad, T., y Ijaz, A., 2022. How may Climate Change affect the activity of Glyphosate on Weeds? Some reflections. *Weeds-Journal of the Asian-Pacific Weed Science Society*, 4(2), 21-38.
- Kaur, H., Kaur, R., Singh, S., Jagota, N., y Sharma, A., 2024. Pesticide biology in plants: Plant uptake, translocation, and accumulation. In *Pesticides in a Changing Environment* (pp. 67-86). Elsevier.
- Khan, M.R., y Rizvi, T.F., 2020. Effect of elevated levels of CO₂ on powdery mildew development in five cucurbit species. *Scientific Reports*, 10(1), 4986.
- Kweku, D.W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K.A., Danso, K.B., Oti-Mensah, E.A., y Adormaa, B.B., 2018. Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(6), 1-9.
- Lehman PC, Cady N, Ghimire S, Shahi SK, Shrode RL, Lehmler HJ, Mangalam AK. 2023. Low-dose glyphosate exposure alters gut microbiota composition and modulates gut homeostasis. *Environ Toxicol Pharmacol.*, 2023; 100:104149. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104149>.
- Levis, N.A., y Johnson, J.R., 2015. Level of UV-B radiation influences the effects of glyphosate-based herbicide on the spotted salamander. *Ecotoxicology*, 24, 1073-1086.
- Lima, I.B., Boëchat, I.G., Fernandes, M.D., Monteiro, J.A., Rivaroli, L., y Gücker, B., 2023. Glyphosate pollution of surface runoff, stream water, and drinking water resources in Southeast Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 27030-27040.
- Maggi, F., la Cecilia, D., Tang, F.H., y McBratney, A., 2020. The global environmental hazard of glyphosate use. *Science of the Total Environment*, 717, 137167.
- Matzrafi, M., Brunharo, C., Tehranchian, P., Hanson, B.D., y Jasieniuk, M., 2019. Increased temperatures and elevated CO₂ levels reduce the sensitivity of *Conyza canadensis* and *Chenopodium album* to glyphosate. *Scientific reports*, 9(1), 2228.
- Meftaul, I.M., Venkateswarlu, K., Dharmarajan, R., Annamalai, P., Asaduzzaman, M., Parven, A., y Megharaj, M., 2020. Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture?. *Environmental Pollution*, 263, 114372.
- Mendes, K.F., Mielke, K.C., D'Antonino, L., y Alberto da Silva, A., 2022. Retention, absorption, translocation, and metabolism of herbicides in plants. In *Applied Weed and Herbicide Science* (pp. 157-186). Cham: Springer International Publishing.
- Meena, R.S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., y Marfo, T. D., 2020. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. *Land*, 9(2), 34.
- Motta, E. V. S., Raymann, K. y Moran, N. A. 2018. Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 115, 10305-10310.
- Muluneh, M.G., 2021. Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective—a review article. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 1-25.
- Narayanan, M., Kandasamy, S., He, Z., y Kumarasamy, S., 2022. Ecological impacts of pesticides on soil and water ecosystems and its natural degradation process. In *Pesticides in the Natural Environment* (pp. 23-49). Elsevier.
- Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C., Erwin, K.N., y Levin, E.D., 2009. The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. *Environment international*, 35(6), 971-986.
- Okada, E., Allinson, M., Barral, M.P., Clarke, B., y Allinson, G., 2020. Glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) are commonly found in urban streams and wetlands of Melbourne, Australia. *Water Research*, 168, 115139.
- Ogunrinola, G.A., Oyewale, J.O., Oshamika, O.O., y Olasehinde, G.I., 2020. The human microbiome and its impacts on health. *International Journal of Microbiology*, 2020(1), 8045646.
- Parlapiano, I., Blandino, F., Grattagliano, A., Ruscito, A., Libralato, G., y Prato, E., 2021. Effects of commercial formulations of glyphosate on marine crustaceans and implications for risk assessment under temperature changes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 213, 112068.
- Puigbò, P., Leino, L.I., Rainio, M.J., Saikkonen, K., Saloniemi, I., y Helander, M., 2022. Does glyphosate affect the human microbiota?. *Life*, 12(5), 707.
- Qayoom, I., Mohi-Ud-Din, H., Khursheed, A., Altaf, A., y Bandh, S.A., 2022. Climate Change and Its Influence on Microbial Diversity, Communities, and Processes. In *Climate Change and Microbes* (pp. 81-124). Apple Academic Press.



- Qiu, J., Xie, J., Chen, Y., Shen, Z., Shi, H., Naqvi, N.I., y Kou, Y., 2022. Warm temperature compromises JA-regulated basal resistance to enhance Magnaporthe oryzae infection in rice. *Molecular Plant*, 15(4), 723-739.
- Ramakrishnan, B., Maddela, N.R., Venkateswarlu, K., y Megharaj, M., 2021. Linkages between plant rhizosphere and animal gut environments: interaction effects of pesticides with their microbiomes. *Environmental Advances*, 5, 100091.
- Roussin-Léveillé, C., Rossi, C.A., Castroverde, C.D.M., y Moffett, P., 2024. The plant disease triangle facing climate change: A molecular perspective. *Trends in Plant Science*, 29(8):895-914
- Sharma, S., Kumar, S., Kumar, V., y Sharma, R., 2021. Pesticides and vegetables: ecological and metabolic fate with their field and food significance. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20: 2267–2292
- Singh, B.K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J.E., Liu, H., y Trivedi, P., 2023. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*, 21(10), 640-656.
- Schmidt, R., Spangl, B., Gruber, E., Takács, E., Mörtl, M., Klátyik, S., y Zaller, J.G. 2022. Glyphosate effects on earthworms: active ingredients vs. commercial herbicides at different temperature and soil organic matter levels. *Agrochemicals*, 2(1), 1-16.
- Sulukun, E., Baran, A., Kankaynar, M., Kızıltan, T., Bolat, İ., Yıldırım, S., y Ceyhun, S. B., 2023. Global warming and glyphosate toxicity (II): Offspring zebrafish modelling with behavioral, morphological and immunohistochemical approaches. *Science of The Total Environment*, 856, 158903.
- Van Bruggen, A.H., Finckh, M.R., He, M., Ritsema, C.J., Harkes, P., Knuth, D., y Geissen, V., 2021. Indirect effects of the herbicide glyphosate on plant, animal and human health through its effects on microbial communities. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 763917.
- Walder, F., Schmid, M.W., Riedo, J., Valzano-Held, A.Y., Banerjee, S., Büchi, L., y van Der Heijden, M.G., 2022. Soil microbiome signatures are associated with pesticide residues in arable landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*, 174, 108830.
- Weidenmüller, A., Meltzer, A., Neupert, S., Schwarz, A., y Kleineidam, C., 2022. Glyphosate impairs collective thermoregulation in bumblebees. *Science*, 376(6597), 1122-1126.
- Yang, L.N., Ren, M., y Zhan, J., 2023. Modeling plant diseases under climate change: evolutionary perspectives. *Trends in Plant Science*, 28(5), 519-526.
- Ziska, L.H., 2016. The role of climate change and increasing atmospheric carbon dioxide on weed management: herbicide efficacy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 304-309.



Canepa-Pérez, I.M., Escamilla-De La Luz, F.I., López-Ponce, M.E., Álvarez-Juárez, O.G., Dzul-Caamal, R. 2024. Análisis FODA de la apicultura en la Península de Yucatán. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 97-112. doi 10.26359/52462.0608



Análisis FODA de la apicultura en la península de Yucatán

SWOT analysis of beekeeping in the Yucatan Peninsula

*I. M. Canepa-Pérez¹, F. I. Escamilla-De La Luz², M. E. López-Ponce³,
O. G. Álvarez-Juárez², R. Dzul-Caamal^{4,*}*

¹ Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU)
Universidad Autónoma de Campeche

² Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Campeche.

³ Tecnológico Nacional de México/ ITS Campus Calkiní.

⁴ Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX)
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: ricadzul@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0608

Recibido 05/octubre/2024. Aceptado 25/octubre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar y analizar a través de un diagnóstico participativo las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la apicultura en la Península de Yucatán. Se realizaron 3 talleres participativos con productores apícolas en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. El estudio se basó en el procedimiento del análisis FODA como herramienta de diagnóstico. El análisis indicó que las principales fortalezas que presenta la apicultura en la Península de Yucatán son la experiencia, organización de los productores y la biodiversidad que les provee la flora apícola a las abejas *Apis mellifera* para producir la miel. Como debilidades se encontraron la falta de buenas prácticas, falta de conocimientos en administración y ubicación de sus apiarios. En el rubro de oportunidades destacaron los apoyos gubernamentales, el cooperativismo y el acceso a nuevos mercados. Por último, como amenazas se registraron el cambio climático (sequías, huracanes), el uso de plaguicidas, las plagas de las colmenas y la fluctuación de precios de la miel. Este diagnóstico es de gran importancia para proponer propuestas de mejora para el fortalecimiento de la actividad apícola en la Península de Yucatán.

Palabras clave: apicultura, FODA, productores, Península de Yucatán.

Abstract

The objective of this work is to identify and analyze through a participatory diagnosis the main strengths, opportunities, weaknesses and threats of beekeeping in the Yucatan Peninsula. Three participatory workshops were held with beekeepers in the states of Campeche, Yucatan and Quintana Roo. The study was based on the SWOT analysis procedure as a diagnostic tool. The analysis indicated that the main strengths of beekeeping in the Yucatan Peninsula are the experience, organization of the producers and the biodiversity that the beekeeping flora provides to the *Apis mellifera* bees to produce honey. The weaknesses were the lack of good practice, lack of knowledge in administration and location of their apiaries. In the area of opportunities, government support, cooperatives and access to new markets stood out. Finally, the threats were climate change (droughts, hurricanes), the use of pesticides, beehive pests and fluctuating honey prices. This diagnosis is of great importance to propose improvement proposals for the strengthening of beekeeping activity in the Yucatan Peninsula.

Keywords: beekeeping, SWOT, producers, Yucatan Peninsula.



Introducción

La apicultura en México tiene una gran importancia socioeconómica, ecológica y es considerada una de las principales actividades pecuarias en la que se extraen y procesan productos como la miel, polen, jalea real, ceras, propóleo y veneno de abejas. Por lo que los recursos sociales tales como las redes y asociaciones de productores son fundamentales para el desarrollo de esta actividad (SADER, 2024).

La producción anual de miel en México en el año 2022 fue de 64 320.37 toneladas (t) donde se registró que los cinco estados con mayor producción son Yucatán con una producción de 9 220.19 t con una participación del 14.33 % del total, seguido de Campeche con 8 274.28 t y con un 12.86 % en la participación nacional, Jalisco con una producción de 6 078.84 t con una participación nacional de producción de miel de 9.45 %, Chiapas con 5 637.97 t de producción anual con una participación de 8.77 % a nivel nacional y Veracruz con una producción de 5 154.26 t al año con una participación del 8.21 % del total nacional. Cabe destacar que el estado de Quintana Roo está en el noveno lugar con un 5.34 %, por lo que, la Península de Yucatán contribuye con el 32.53 % de la producción nacional (SIAP, 2022).

Se ha documentado que la riqueza apícola que presenta la península de Yucatán (PY) se debe en gran medida a su diversidad de especies vegetales nativas como las especies *Viguiera dentata* var. *Dentata*, *Gymnopodium floribundum* y *Trigona fulviventris* que florecen en diversas épocas del año, lo que permite que en la región existan todo el año plantas multiflorales produciendo néctar y polen (Ríos-Oviedo *et al.*, 2024).

A pesar de que la apicultura en la PY es considerada uno de los principales productores a nivel Internacional, ha experimentado diferentes problemas (Franco Navarrete y Sosa Alcaraz, 2020). La deforestación ocasionada por la implantación de grandes áreas para la producción de granos y hortalizas genéticamente modificadas ha tenido un fuerte impacto en la producción de produc-

tos apícolas (Gómez González, 2016). El cultivo de la soya transgénica y el uso del glifosato, han ocasionado también contaminación en la actividad agrícola y afectado la exportación de productos orgánicos como la miel en el mercado europeo (Martínez-Vásquez y Vázquez-García, 2019; Canepa-Pérez *et al.*, 2024). La Problemática ha sido detectada en los Estados de Campeche y Yucatán, donde los productores de miel orgánica han sido afectados por la aplicación del glifosato, ya que ambas actividades coexisten en el mismo espacio territorial, además de generar conflictos con otros sistemas productivos de gran arraigo cultural, por ejemplo, la siembra de maíz y otros cultivos asociados para la subsistencia y la producción de miel (La Jornada, 2020; Ek-Huchim *et al.*, 2024).

En relación con la comercialización de la miel, la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018 destaca que la apicultura está siendo mermada por la presencia de mieles adulteradas en el mercado internacional, lo que causa un detrimento en la economía de los apicultores (DOF, 2020). Sin embargo, prevalece la desinformación en la comercialización de la producción de miel a nivel Peninsular, esto ha repercutido en el detrimento del bienestar de los productores, comercializadores y consumidores, aunado a la falta de diversificación, forma parte de las problemáticas a las que se enfrenta el sector apícola (García Pérez y Fong Reynoso, 2023).

El estudio de los factores negativos internos y externos que presenta la actividad apícola en la PY, pueden ser determinados a través de un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) (Magaña-Magaña *et al.*, 2014; Contreras Uc y Magaña-Magaña, 2018a). Por lo que, el presente trabajo tiene como objetivo identificar y analizar las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que pudieran estar influyendo en la actividad apícola y comercialización de la miel. Para poder generar estrategias que coadyuven a la mejora del desempeño de esta actividad,



mediante la definición de las mejores formas de aprovechamiento de los factores positivos y de la minimización de sus debilidades, para tender hacia

una mejor comercialización de la miel, de acuerdo con su disponibilidad de recursos.

Materiales y métodos

Áreas de estudio

Para este estudio se realizaron tres talleres participativos con productores apícolas en los tres estados de la Península de Yucatán en coordinación con Instituciones académicas, de Investigación y de Gobierno, en los meses de abril a julio del 2024 con el objetivo de conocer la situación actual de la apicultura e identificar los factores internos y externos que repercuten en la actividad apícola en cada uno de los estados. Las actividades tuvieron como sedes la Ciudad de San Francisco de Campeche, Municipio de Campeche; el Municipio de José

María Morelos en el estado de Quintana Roo y el Municipio de Valladolid en el Estado de Yucatán, México (figura 1).

Análisis FODA

Se empleó como herramienta el análisis FODA, el cual consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que diagnostican la situación interna y externa (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) y permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio, accediendo así a un diagnóstico preciso que per-

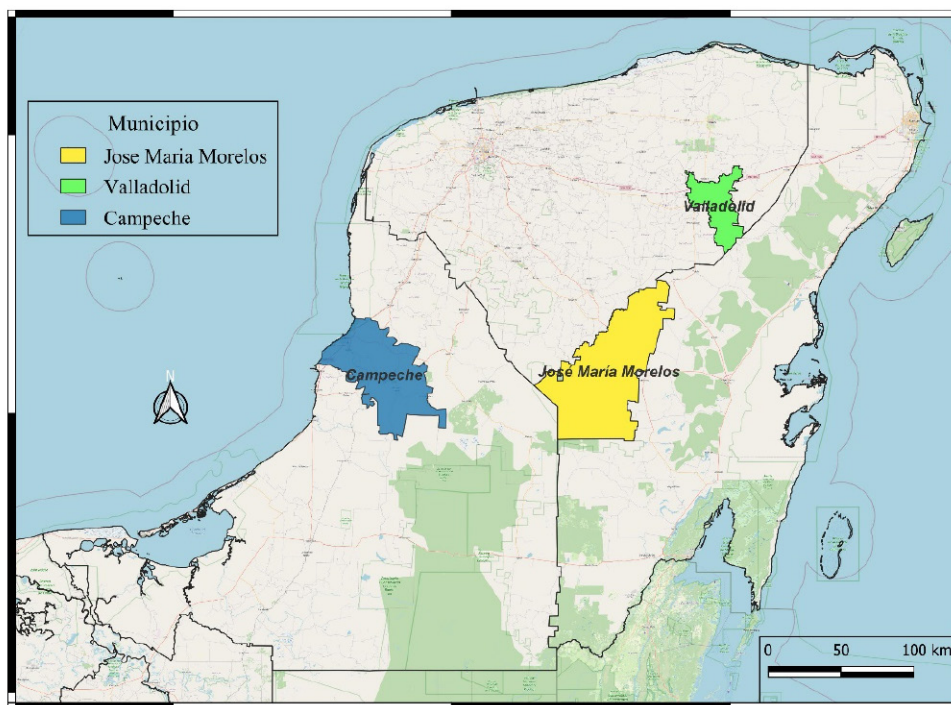


Figura 1. Ubicación de los Municipios de la península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) donde se realizaron los talleres participativos.



mite tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas planteadas (Ponce Talancón, 2006). Los datos de muestreo consistieron en un trabajo de campo empleando encuestas directas por muestreo a productores apícolas de cada municipio, mediante entrevistas. La encuesta estaba elaborada con diferentes aspectos como: datos generales, aspectos técnicos, empleo de mano de obra, uso de insumos, utilización de transporte, infraestructura general, producción y mercadeo y grado de disposición al cambio tecnológico. El tamaño de mues-

tra se fijó a una $n=40$ productores por cada estado, y se consideraron como parte de los estratos a los productores que explotan hasta 25 colmenas. La información de los indicadores fue registrada en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for Social Science). A cada indicador se le asignó un peso relativo con referencia al total, cuya suma siempre fue la unidad. La calificación ponderada alcanzada por el grupo de factores indica el grado de efectividad de las estrategias utilizadas en el análisis (Ponce Talancón, 2006).

Resultados

En relación con los resultados de las encuestas, las características sociodemográficas revelaron que el promedio de edad de los apicultores encuestados en el municipio de Campeche es de 48.6 años con un mínimo de 19 años y un máximo de 75, en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo la edad mínima es de 23 años y la máxima de 67, con un promedio de edad 44.76 años entre los apicultores y en el municipio de Valladolid, Yucatán la media de edad es de 43.33 años, donde la edad mínima es de 23 años y el máximo es de 78.

En relación con el tiempo dedicado a la actividad apícola: en el municipio de Campeche el 33.33 % de los productores tienen entre 0 y 5 años dedicados a la actividad, 33.33 % tiene 16 años o más de experiencia, el 22.22 % tiene entre 6 y 10 años, el 11.11 % tiene una experiencia entre 11 a 15 años. En el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, el tiempo que le han dedicado a la actividad es representado de la siguiente manera: el 41.2 % ha practicado la actividad por 16 años o más, 23.5 % tiene entre 11 a 15 años, los que tienen entre 0 a 5 años y entre 6 a 10 años están representados por el 17.6 % cada uno. Las encuestas realizadas a los productores en el municipio de Valladolid, Yucatán, se tiene que el 38.9 % de los apicultores tienen más de 16 años de experiencia, 27.8 % tiene una experiencia entre 0 y 5 años, el 22.2 % tiene entre

6 y 10 años de experiencia, y el 11.1 % tiene una antigüedad entre 11 y 15 años.

Respecto a la escolaridad de los productores se obtuvieron resultados diversos en cada uno de los municipios: en el municipio de Campeche el 50 % de los encuestados tienen un nivel de licenciatura, el 22.22 % tienen educación secundaria, seguido por los niveles primaria y preparatoria con un promedio del 11.11 % cada una y tan solo el 5.56 % de los productores encuestados poseen una maestría. En el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, poco más de la mitad, es decir, el 58.82 % cuenta con licenciatura, el 17.6 % tiene estudios hasta preparatoria, el 11.8 % de nivel secundaria y el 5.9 % hasta nivel primaria. Por su parte, en el municipio de Valladolid, Yucatán, el 33.3 % de los productores encuestados cuentan con nivel primaria, el 27.8 % posee una licenciatura, el 22.2 % cuenta con secundaria, el 11.1 % tiene maestría y quienes cuentan con nivel preparatoria están representados con el 5.6 %.

Análisis FODA del estado de Campeche.

El taller participativo se realizó en las instalaciones de Miel y Cera de Campeche, S.P.R. de R.L. con la asistencia de apicultores de todo el estado y con la



coordinación de los trabajos por parte de personal académico de investigación de CEDESU, EPO-MEX de la Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní (ITESCAM) y de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA) del Gobierno del Estado de Campeche (figura 2).

En la tabla 1, se muestran los resultados del análisis FODA en el estado de Campeche. En relación con las fortalezas, la experiencia que poseen los apicultores aunados con los conocimientos adquiridos mantiene la prevalencia de la actividad. Otra fortaleza es la amplia diversidad de flora existente en la región que hace de la miel un producto caracterís-



Figura 2. Taller participativo realizado en el municipio de Campeche, Campeche.

Tabla 1. Análisis FODA del estado de Campeche.

Fortalezas	Oportunidades
Clima favorable	Comercio internacional
Experiencia	Organización de las empresas
La flora de la región	Cursos gratuitos del gobierno
Las organizaciones apícolas	Mejoramiento genético
Conocimientos adquiridos	Nuevos mercados
Debilidades	Amenazas
No llevan a cabo buenas prácticas	Cambio climático
Costo elevado de insumos	Uso de plaguicidas cerca del apiario
Carencia de conocimientos	Plagas (Varroa, escarabajo, hormiga)
Falta de recursos económicos	Incendios forestales
Falta de terreno	Tala indiscriminada
	Desplome de precios de la miel



tico del territorio. Las organizaciones apícolas son consideradas también una fortaleza para los apicultores no solo por el apoyo proporcionado si no por los procesos utilizados en la comercialización de los productos y las capacitaciones brindadas para el mejoramiento de las técnicas apícolas.

La carencia de conocimiento por parte de los apicultores en la forma de darle valor agregado a sus productos lo consideran una debilidad que dificulta el desarrollo de esta actividad. Otra debilidad identificada es la falta de implementación de buenas prácticas afectando la calidad de la miel. Los apicultores señalaron que las capacitaciones por parte del gobierno y la organización en grupos formalizados es una oportunidad para reforzar sus habilidades y acceder a más apoyos. Los productores apícolas coincidieron en que el comercio internacional beneficiaría en la rentabilidad en la actividad al explorar mercados nuevos como el de los productos orgánicos.

Las amenazas en la apicultura han persistido con el tiempo. Para los apicultores, el cambio climático ha sido uno de los fenómenos con mayor impacto, ya que causa cambios en las temperaturas provocando inundaciones y/o sequías prolongadas

que afectan a la actividad. Otra de las amenazas es la tala de árboles debido al incremento de zonas agrícolas, y al uso desmedido de plaguicidas en zonas cercanas a los apiarios, perjudicando no solo el bienestar de las colmenas si no también contaminando el producto. Otro factor preocupante son los desplomes de precios debido a la sobre oferta en el mercado de miel por la introducción de mieles adulteradas o falsas.

Análisis FODA del estado de Quintana Roo

Se realizó el Curso – taller para productores apícolas del estado de Quintana Roo en las instalaciones del Centro de Innovación para el Desarrollo Sustentable en Quintana Roo de la Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO) con la participación de docentes e investigadores de la misma institución y profesores investigadores de CEDESU y EPOMEX de la UACAM. Se aplicó el análisis FODA, donde se plasmó los puntos más importantes respecto a las prácticas realizadas en la apicultura y al término los asistentes expusieron por equipos sus conclusiones (figura 3).



Figura 3. Taller participativo realizado en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo.



En el estado Quintana Roo, una de las fortalezas mencionadas por los apicultores es la experiencia, los que han trabajado esta actividad durante mucho tiempo poseen un conocimiento profundo sobre el manejo de colmenas. El número de colmenas formó parte de las fortalezas de los productores ya que no solo aumenta la producción de miel si no la obtención de otros productos apícolas.

El marketing digital se ha convertido en una herramienta invaluable para los apicultores. A través de redes sociales y plataformas de comercio electrónico promocionan sus productos y aumentan sus ventas y su presencia en el mercado.

La organización legal (en grupos como cooperativas o sociedades) también fue mencionada como una importante fortaleza. La implementación de buenas prácticas en el manejo de colmenas es crucial para garantizar la salud de las abejas y la calidad de los productos, es por ello que lo consideran como una fortaleza. Como último punto respecto a las fortalezas se mencionaron las certificaciones que algunos poseen ya que generan confianza en los consumidores y les permite acceder a precios más competitivos.

En relación con el análisis de las oportunidades en la apicultura revelaron un panorama muy alentador. Con el avance de nuevas capacitaciones, la creación de alianzas estratégicas y el apoyo gubernamental, los apicultores están en una posición favorable para expandir sus negocios y mejorar su rentabilidad. La organización en grupos formalizados les da oportunidad de realizar compras consolidadas permitiendo a los apicultores adquirir insumos y equipos a precios más bajos. Esta estrategia no solo reduce costos, sino que también mejora la calidad del producto. Así mismo, los proyectos sustentables, aunados a la certificación de la miel favorecen su acceso en el mercado de productos orgánicos y de exportación.

Respecto a las debilidades, el análisis FODA reveló la escasa participación y el bajo compromiso de los apicultores en grupos y cooperativas afectando la capacidad de colaboración. Además de que la falta de inversión o apoyo económico por parte

de los socios limita la capacidad de los apicultores para realizar mejoras en su organización. Este desafío puede obstaculizar la implementación de innovaciones y la expansión del grupo de trabajo. Otra debilidad mencionada por los apicultores es la falta de buenas prácticas en el manejo de colmenas, pues puede afectar negativamente la salud de las abejas y la calidad de los productos. La ubicación de los apiarios es un factor crítico. Si están situados en áreas con escasez de floración o cercanos a actividades de agricultura extensiva, la productividad puede verse seriamente afectada. De igual modo, consideran como debilidad la falta de infraestructura adecuada, como instalaciones de procesamiento y almacenamiento.

Referente a las amenazas con las que se enfrentan los apicultores se menciona el cambio climático. Las sequías provocan la falta de flora y limita la producción de miel. Los huracanes debido a los vientos fuertes y las lluvias intensas pueden dañar o destruir las colmenas, lo que resulta en la pérdida de colonias enteras y limitando el acceso a los apiarios. La invasión de los menonitas y sus técnicas en la agricultura y ganadería intensiva han causado daño en la producción de miel debido al gran uso de agroquímicos en sus producciones por lo que los apicultores lo mencionan como una amenaza en el estado.

Análisis FODA del estado de Yucatán

El taller participativo se realizó en el Museo de Ropa Étnica A.C en Valladolid, Yucatán donde se realizó por equipos un análisis FODA, plasmando los puntos más importantes respecto a las prácticas realizadas en la Apicultura. La actividad se realizó con profesores investigadores de CEDESU y EPO-MEX de la UACAM en colaboración con profesores investigadores de CIATEJ y de la Asociación Civil "Proyecto Santuario para Abejas Melíponas" (figura 4).

El sector apícola en este estado cuenta con varias fortalezas que respaldan su desarrollo (tabla 3). En primer lugar, la experiencia de los apicultores es un activo valioso que permite manejar adecuadamen-

**Tabla 2.** Análisis FODA del estado de Quintana Roo.

Fortalezas	Oportunidades
Experiencia	Nuevas capacitaciones
Cantidad de colmenas	Alianzas
Marketing digital	Apoyos gubernamentales, internacionales
Organización legal	Diversificación de productos derivados de la colmena
Buenas prácticas	Acceso a certificaciones
Certificaciones	Mercado de miel orgánica
Capacitación	Cooperativismo
Biodiversidad	Proyectos sustentables
	Compras consolidadas de equipos y suplementos
	Canales de comercialización
Debilidades	Amenazas
Poca participación y compromiso de los grupos	Incendios
Ubicación del apiario	Plaguicidas
Falta de buenas prácticas	Coyotaje
Poco apoyo económico de los socios	Megaproyectos
Falta de estudios de mercado	Ganadería intensiva
No cuentan con infraestructura	Invasión de menonitas
No cuentan con certificaciones	Sequías
Falta de conocimientos en administración	Falta de políticas públicas enfocados al sector
Altos costos de insumos	Plagas
	Huracanes
	Precio bajo de la miel

**Figura 4.** Taller participativo realizado en el municipio de Valladolid, Yucatán.

**Tabla 3.** Análisis FODA del estado de Yucatán.

Fortalezas	Oportunidades
Experiencia	Los apoyos de gobierno y asociaciones
Organización	Pertenecer a una organización
El hábitat natural	Incremento en el consumo de productos y derivados
Cultura maya	Nueva normativa
Bastante floración	Capacitaciones y programas de gobierno
Acceso a agua limpia	Movilizar apiarios a zonas de mejor floración
Conocimiento	Mercado local
.	
Debilidades	Amenazas
Falta de conocimientos	Enfermedades y plagas de las abejas
Falta de motivación	Cambio climático
No usar bitácoras o registros de la actividad	Cambio de uso de suelo
Falta de comercialización de la miel	Coyotaje
Bajos precios	Fluctuación de precios
Africanización de colmenas	Incendios
Precios altos de insumos	Sequías prolongadas
Falta de tiempo para atender las abejas	Depredadores
Ubicación de los apiarios	Huracán
	Frio
	Desestabilidad económica mundial.

te las colmenas. Además, la organización facilita la comercialización del producto. La presencia de un hábitat natural propicio, junto con la cultura maya, aporta un enfoque sostenible y tradicional a la apicultura. La abundante floración en la región, el acceso a agua limpia y un sólido conocimiento sobre la cría de abejas son elementos que favorecen la producción de miel.

Existen múltiples oportunidades que pueden potenciar el crecimiento del sector. Los apoyos de gobierno y asociaciones brindan recursos y financiamiento para mejorar la infraestructura apícola. Además, pertenecer a una organización permite acceder a redes de apoyo y colaboración. El incremento en el consumo de productos y derivados de la miel les permite acceder más fácil a un mercado en expansión como el de productos orgánicos, los

cuales, para su comercialización la miel debe cumplir con ciertos requisitos de calidad e inocuidad reguladas por organismos internacionales y/o nacionales como el Codex alimentarius y la norma mexicana NMX-F-036-NORMEX-2006. Estas normativas que regula la producción apícola pueden crear un marco favorable para la actividad aunado a las capacitaciones y programas de gobierno que ayudan a fortalecer sus conocimientos y habilidades. La posibilidad de movilizar apiarios a zonas de mejor floración y el acceso a un mercado local son aspectos que pueden mejorar la rentabilidad.

A pesar de sus fortalezas, el sector enfrenta varias debilidades. La falta de conocimientos en técnicas avanzadas de apicultura puede limitar el crecimiento y contaminación durante la producción, cosecha, extracción, envasado y comercialización.



Asimismo, la falta de motivación entre algunos apicultores puede afectar el compromiso con el trabajo. La ausencia de bitácoras o registros de actividad dificulta el seguimiento y la mejora continua en los procesos de producción y manejo. Los costos altos de insumos y los bajos precios de venta complican la rentabilidad económica.

Finalmente, el sector apícola se enfrenta a diversas amenazas. El uso de plaguicidas puede tener efectos devastadores en la población de abejas de un apiario. Además, las enfermedades y plagas son una preocupación constante. Estos resultados señalan la importancia de establecer programas para preservar la inocuidad de las mieles, ya que actualmente a nivel mundial, existe un proceso de apertura comercial orientado a la creciente demanda de alimentos que no causen daño a la salud. Una alternativa de solución sería la capacitación continua de los apicultores por medio de las distintas Instituciones educativas, regionales y federales que propongan modelos productivos y técnicas apropiadas para el tratamiento de las enfermedades sin alterar la calidad de la miel, así como el manejo adecuado de los productos de la colmena con la seguridad, higiene y calidad necesarias.

El cambio climático es otra de las amenazas, ya que altera los patrones de floración y puede afectar la captación de miel. Asimismo, el cambio de uso de suelo reduce el hábitat natural de las abejas. Prácticas desleales como el coyotaje, la fluctuación de precios aunado a eventos extremos como incendios, sequías prolongadas, depredadores, huracanes y frío son factores que ponen en riesgo la sostenibilidad del sector.

Análisis FODA a nivel Peninsular

Se realizó un análisis FODA general de la península de Yucatán, donde se tomaron temas coincidentes entre los tres estados (tabla 4). Las fortalezas de los apicultores de la región son los años de experiencia que tienen en esta actividad, la organización de productores que les permite acceder a apoyos y financiamiento y la biodiversidad que provee de una abundante flora melífera para el pecoreo de las abejas.

Las debilidades son que no cumplen a cabalidad con las buenas prácticas de producción, manejo y envasado de la miel, lo que repercute en la calidad del producto, no poseen los conocimientos necesarios sobre administración que les ayude a maximizar sus beneficios además de que muchas veces están ubicados cerca de terrenos donde se realizan actividades agrícolas que usan plaguicidas que dañan a las abejas y contaminan la miel.

Las oportunidades que tienen, es que a través de los programas de gobierno tienen acceso a apoyos para incrementar su equipo apícola, así como para el mantenimiento de sus colmenas. El impulso del cooperativismo ha promovido que se fomente la creación de grupos organizados lo que les permite tener acceso a compras consolidadas, financiamiento y escalamiento en la cadena productiva de la miel lo que los lleva a acceder a nuevos mercados.

Las amenazas principales es el cambio climático que ocasiona que los fenómenos meteorológicos sean cada vez más extremos como las sequías y huracanes; las plagas como la Varroa, el escarabajo y la hormiga que ocasionan pérdidas en el número de colonias de abejas. Por último, los precios fluctuantes de la miel en el mercado internacional debido al exceso de oferta de miel adulterada repercuten desfavorablemente en los precios de venta local del producto y ocasiona que esta actividad sea cada vez menos rentable.

**Tabla 4.** Análisis FODA integral de la apicultura en la Península de Yucatán.

Fortalezas	Oportunidades
Experiencia	Apoyos gubernamentales
Organización	Cooperativismo
Biodiversidad	Nuevos mercados
Debilidades	Amenazas
Falta de buenas prácticas	Cambio climático
Falta de conocimiento en administración	Plagas
Ubicación de los apiarios	Fluctuación de precios de la miel

Discusión

Se documenta que la edad promedio de los apicultores en la península de Yucatán es de 57 años, estos resultados fueron casi similares a los reportados por Martínez-Puc *et al.* (2018) quienes obtuvieron un promedio de 58 años, con una antigüedad apícola de 28 años en esta actividad. Esto indica que los apicultores que practican esta actividad son de edad avanzada. Contreras-Escareño *et al.* (2013), menciona que la apicultura realizada en las regiones sur y sureste de Jalisco la llevan a cabo apicultores con promedio de edad avanzada. Lo que resalta el escaso interés por parte de los jóvenes y la necesidad de inculcar esta actividad a las nuevas generaciones.

Las características socioeconómicas de la mayoría de los apicultores entrevistados fue otras de las limitaciones en esta actividad. Contreras-Uc *et al.* (2018b), documentaron que la escolaridad promedio de los apicultores es de 5 años de primaria, esto muestra que la mayoría no tiene una formación académica. Mientras que Contreras-Escareño *et al.* (2013), mencionan que la formación académica que carecen la mayoría de los apicultores influye en poder llevar buenas prácticas en la actividad, en las formas de manejo de la producción y en el aprendizaje de nuevas técnicas, sobre todo para las nuevas normatividades en el mercado internacional.

Referente al número de apiarios y colmenas con los que cuenta un apicultor, el municipio de Cam-

peche obtuvo los mayores promedios de apiarios. Resultados similares a los documentados por Martínez-Puc *et al.* (2018), los cuales reportaron un promedio de 2.27 apiarios con 20.6 colmenas por apiario y cercanos al promedio nacional, el cuál es de 3 apiarios por apicultor (Magaña-Magaña *et al.*, 2016). Esto indica igual la importancia que presenta esta actividad apícola en el estado de Campeche el cual fue el estado que presentó el mayor porcentaje de importancia apícola como principal actividad económica. Sin embargo, se contradice lo reportado por Chi Chan *et al.* (2022), quienes mencionan que la principal actividad económica además de la mayor fuente de ingresos y alimentación es la agricultura. Mientras que Contreras-Uc *et al.* (2018b), documentaron que la apicultura es considerada una actividad secundaria, dado el tiempo, los recursos y el ingreso al practicarla. Pero que es una actividad que continúa ejerciéndose debido al significado histórico, cultura, identidad y ecológico que consideran necesario preservar.

A nivel de producción, Yucatán ocupa el primer lugar, seguida de Quintana Roo y Campeche. Sin embargo, los tres estados presentan una importante contribución en la producción de miel nacional y la importancia de la apicultura en el entorno rural (SADER, 2024).

En cuanto a las buenas prácticas de seguimiento y control, Campeche ocupó el primer lugar, seguido



Valladolid, Yucatán y José María Morelos, Quintana Roo. Esto es importante, ya que es fundamental para los procesos de comercialización de la miel. Siendo los principales compradores de miel para el estado de Campeche, los procesadores. Mientras que para José María Morelos, Quintana Roo y Valladolid, Yucatán, los principales compradores son los intermediarios. Los hallazgos son coincidentes con los datos del Censo Agropecuario (CA) 2022 del estado de Campeche recabados por el INEGI, que reportan que los principales compradores de productos apícolas son los centros de acopio, seguido de los intermediarios, otros compradores y por último los consumidores finales (INEGI, 2023). Al respecto, Contreras-Uc y Magaña-Magaña (2018a) mencionan que en el sur de México, el canal de comercialización tradicional es la venta directa al acopiador minorista o a los acopiadores locales debido a la falta de cultura empresarial y organización, repercutiendo en las ganancias. Chi Chan *et al.* (2022), documentaron que los apicultores al vender sus productos en su localidad o a intermediarios, la mayoría de las veces provoca que no tengan las ganancias adecuadas al no tener la preparación necesaria para determinar precios y tienen que aceptar las condiciones de los compradores.

Respecto a las fortalezas, debido a la diversidad de flora existente en la región hace de la miel un producto característico único a nivel Peninsular (Martínez-Puc *et al.*, 2018). El número de colmenas por apicultor también forma parte de las fortalezas de los productores ya que no solo aumenta la producción de miel si no la obtención de otros productos apícolas (González Fonseca y Sánchez, 2022). Debido a ello es necesario fomentar el relevo generacional en la apicultura para que tengan una visión empresarial, y que estén dispuestos a mejorar e innovar como oportunidades de producción (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2015; Martínez-Puc *et al.*, 2018).

Las certificaciones como productores de miel que algunos poseen es otra de las fortalezas que generan confianza en los consumidores y les permite a los apicultores a acceder a precios más competitivos.

Vargas *et al.* (2019) mencionan que las sociedades apícolas son medios de cooperación utilizado por pequeñas y medianas empresas que plantea la globalización, buscan unir esfuerzos para introducirse en los mercados regionales, nacionales e internacionales a través de la gestión, producción, tecnificación y capacitación. Así mismo, los proyectos sustentables, aunados a la certificación de la miel favorecen su acceso en el mercado de productos orgánicos y de exportación. De acuerdo con la información que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Anuario Estadístico y Geográfico de Quintana Roo la producción de miel orgánica aumento a partir del 2016 (INEGI, 2017).

A pesar de sus fortalezas, el sector enfrenta varias debilidades o amenazas. La falta de conocimientos en técnicas avanzadas de apicultura puede limitar el crecimiento y contaminación durante la producción, cosecha, extracción, envasado y comercialización (Ares *et al.*, 2016). El cambio climático altera los patrones de floración y puede afectar la captación de miel. Castellanos-Potenciano *et al.* (2016) reportaron que el aumento de temperatura reduce la cantidad de néctar y calidad del polen, afectando así la disponibilidad del alimento y el desarrollo de las abejas, ya que las lluvias moderadas, temperatura media y diversidad de plantas influyen en la cantidad y calidad. Los huracanes debido a los vientos fuertes y las lluvias intensas pueden dañar o destruir las colmenas, lo que resulta en la pérdida de colonias enteras y limitando el acceso a los apiarios (Castellanos-Potenciano *et al.*, 2016).

El uso de plaguicidas es otra de las amenazas, ya que puede tener efectos devastadores en la población de un apiario (Ek-Huchim *et al.*, 2024). Además, facilita las enfermedades causadas por plagas al debilitar a las abejas melíferas. Ramírez-Miranda *et al.* (2023) documentaron problemas de inocuidad en las mieles, así como la presencia de microorganismos patógenos que pudiera afectar las exportaciones. La desestabilidad económica mundial afecta tanto la demanda como el precios de los productos apícolas (Canepa-Pérez *et al.*, 2024).



Estos resultados señalan la importancia de establecer programas para preservar la inocuidad de las mieles, ya que actualmente a nivel mundial, existe un proceso de apertura comercial orientado a la creciente demanda de alimentos que no causen daño a la salud (González Fonseca y Sánchez, 2022). Otras soluciones sería la capacitación continua de los apicultores por medio de las distintas Institu-

ciones educativas, regionales y federales que propongan modelos productivos y técnicas apropiadas para el tratamiento de las enfermedades sin alterar la calidad de la miel, así como el manejo adecuado de los productos de la colmena con la seguridad, higiene y calidad necesarias (Martínez-González et al., 2018).

Conclusión

Los principales factores a los que se enfrentan los productores apícolas en la península de Yucatán son los climáticos, las enfermedades y plagas, el difícil acceso a los apiarios, entre otros, por lo que en un futuro se puede esperar un declive de la actividad si no se realizan acciones para mitigar los efectos ambientales e incrementar la flora apícola circundante a sus apiarios. También resultó que la falta de conocimientos y de interés en aprender

nuevas habilidades para diversificación sus productos apícolas, repercute en la obtención de ganancias derivadas de esta actividad. La apicultura está influenciada por factores, tanto internos como externos, pero también es fundamental la integración en sociedades, la capacitación y financiamiento para el desarrollo rentable de la apicultura en la península de Yucatán.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) a través de la convocatoria de Ciencia de Frontera 2019 para la realización de este estudio en el marco del proyecto de investigación “Monitoreo de plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos en abejas (*Apis mellifera*) y miel,

procedentes de zonas de cultivos de la Península de Yucatán y su aplicación en el manejo sostenible y la trazabilidad de la miel”. FORDECYT-PRO-NACES/139025/2020. También se agradece a los apicultores y apicultoras de cada estado por su participación en los talleres participativos realizados.



Referencias

- Aguilar-Gallegos N, Muñoz-Rodríguez M, Santoyo-Cortés H, Aguilar-Ávila J, Klerkx L. (2015). Information networks that generate economic value: A study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agricultural Systems*, 135, 122-32.
- Ares AM, Valverde S, Nozal MJ, Bernal JL, Bernal J. (2016). Development and validation of a specific method to quantify intact glucosinolates in honey by LC-MS/MS. *Journal of food composition and Analysis*, 46, 114-122.
- Canepa-Pérez IM, Meneses-Requena S, Dzúl-Caamal R, Góngora-García R, Martínez-Cruz AL. (2024). Sustainability and International trade: the impact of traceability systems in Campeche, Mexico. *Revista Integración & Comercio, BID*, 49, 196-239.
- Castellanos-Potenciano BP, Gallardo-López F, Sol-Sánchez Á, Landeros-Sánchez C, Díaz-Padilla G, Sierra-Figueroa P, Santibañez-Galarza JL. (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Revista iberoamericana de bioeconomía y cambio climático*, 2, 1-19.
- Chi Chan MT, Cruz Doriano S, Ortiz Cel OG. (2022). Socioeconomía de los apicultores indígenas mayas de camino real Campeche, México. *Revista Panameña de Ciencias Sociales*, 6, 148-171.
- Contreras-Escareño F, Pérez Armendáriz B, Echazarreta CM, Cavazos Arroyo J, Macías-Macías J, María Tapia-González J. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(3), 387-398.
- Contreras Uc LC, Magaña Magaña MA. (2018a). Análisis FODA de la apicultura a pequeña escala en el Litoral Centro de Yucatán. *Revista Col San Luis*, 8(16), 295-310.
- Contreras-Uc LC, Magaña-Magaña MA, Sanginés-García JR. (2018b). Características técnicas y socioeconómicas de la apicultura en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán. *Acta Universitaria*, 28(1), 44-86.
- Diario Oficial de la Federación. (2020). Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones. Disponible en, Secretaría de Gobernación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0.
- Ek-Huchim JP, Rodríguez-Cab EM, López-Torres E, Dzúl-Caamal R, Canepa-Pérez IM, Rendón-von Osten J. (2024). Pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in honey and *Apis mellifera* from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 132, 106293.
- Franco Navarrete JE, Sosa Alcaraz MA. (2020). The beekeeping system in region I and II of Yucatan: a paradigm shift in the rules, policies and relationships. *Global Business Administration Journal*, 4(1), 28-40.
- García Pérez ML, Fong Reynoso C. (2023). Los sistemas de información como estrategia contra la adulteración de la miel mexicana. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(62), 1-34.
- González Fonseca FI, Abraham Sánchez MA. (2022). Centro de articulación productiva apícola en Quintana Roo: análisis de la cadena de valor. *Región y Sociedad*, 34, e1645.
- Gómez González I. (2016). Alianza sellada con miel: apicultores mayas de la península de Yucatán versus soya transgénica en la última selva mexicana. *Estudios Críticos del Desarrollo*, 6(11), 171-190.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario Estadístico y Geográfico de Quintana Roo. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095130.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). (2023). Censo Agropecuario (CA) 2022. En INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/>
- La Jornada. (2020). La defensa de la vida y la batalla contra el glifosato en la 4T. La Jornada: <https://www.grieta.org.mx/index.php/2016/02/22/campeche-en-mapa-global-sobre-riesgos-ambientales-lo-catalogan-por-conflicto-de-soya-transgenica/>.
- Magaña-Magaña MA, Bé-Balam S, Leyva-Morales CE. (2014). Análisis FODA de la actividad apícola en México. En F. Pérez Soto, E. Figueroa Hernández, L. Godínez Montoya, S. Melgoza, D. Martín y D. Sepúlveda Jiménez (eds.). *Aportaciones en ciencias sociales: Economía y humanidades*. Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo. 383-393p.
- Magaña-Magaña, MA., Tavera Cortés, ME., Salazar Barrientos, LL., y Sanginés García, JR. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. 7(5). Pp. 2007-2934. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501103.
- Martínez-González EG, Arroyo-Pozos H, Aguilar-Gallegos N, García Álvarez-Coque JM, Santoyo-Cortés VH, Aguilar-Ávila J. (2018). Dinámica de adopción de buenas prácticas de producción de miel en la península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9, 48-67.
- Martínez-Puc JF, Cetzal-Ix W, González-Valdivia NA, Casanova-Lugo F, Saikat-Kumar B. (2018). Caracterización de la actividad apícola en los principales municipios productores de miel en Campeche, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5, 44-53.
- Martínez-Vásquez E, Vázquez-García V. (2019) Impacto de la expansión de soya transgénica en la producción de maíz y miel en Campeche, México. *Letras Verdes - Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 26, 173-190.
- Ponce Talancón H. (2006). La matriz FODA: Una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. *Revista Contribuciones a la Economía*, (2), 71-85.



- Ramírez-Miranda I, Moguel-Ordóñez Y, Acevedo-Fernández JJ, Betancur-Ancona D. (2023). Calidad microbiológica y actividad antibacteriana de miel producida por *Melipona beecheii* en Yucatán, México. *Revista MVZ Córdoba*, 28(2), e3175.
- Ríos-Oviedo AJ, Tucuch-Tun R, Cetzal-Ix W, MartínezPuc JF, Basu SK. (2024) Flora associated with stingless bees (*Apidae: Meliponini*) in the Yucatan Peninsula Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 1–13.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024). Atlas Nacional de las Abejas y Derivados Apícolas. Disponible en: <https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción de miel. Obtenido en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.
- Vargas PA, Fajardo RCL, Romero RYE, Nieves FKY. (2019). La asociatividad para articular cadenas productivas en Colombia: el caso de los pequeños productores de papa criolla en Subachoque, Cundinamarca. *Cooperativismo & Desarrollo*, 27(115), 1-34.

Avila Ortega, Y., Vega Serratos, B.E., Posada Vanegas, G.. 2024. Plan de manejo basado en ecosistemas para el santuario Chenkan, Campeche. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 113-130. doi 10.26359/52462.0609



Plan de manejo basado en ecosistemas para el santuario Chenkan, Campeche

Ecosystem based management plan for the Chenkan Santaury, Campeche

*Yesenia Avila Ortega, Beatriz Edith Vega Serratos
y Gregorio Posada Vanegas*

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del golfo de México (EPOMEX),
Universidad Autónoma de Campeche

* autor de correspondencia: al059037@uacam.mx

doi 10.26359/52462.0609

Recibido 05/septiembre/2024. Aceptado 30/octubre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

El objetivo de este trabajo fue diseñar un plan de manejo basado en ecosistemas para el Santuario Playa Chenkan, ubicado en el municipio de Champotón estado de Campeche, tomando como metodología los doce principios del enfoque ecosistémico que menciona Shepherd (2006) agrupados en los siguientes pasos: la determinación de los actores principales, caracterización de la estructura y función del ecosistema, identificación de los aspectos económicos relevantes que afectarán los ecosistemas y sus habitantes, determinación del impacto probable del ecosistema en los ecosistemas adyacentes y decisión de metas a largo plazo y mecanismos flexibles para alcanzarlas. Los resultados obtenidos indican que el Santuario Playa Chenkan fue nombrado área natural protegida debido a la gran variedad de especies que se encuentran en riesgo, las cuales se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y por ser un sitio anidación para la tortuga Carey y la tortuga verde. Se encontró que el lugar presenta problemas de erosión que ponen en riesgo los sitios de anidación y que diversas actividades antropogénicas han alterado a los ecosistemas ocasionando que las tortugas tengan que emigrar para buscar un nuevo sitio adecuado donde anidar. Con base a todos estos problemas se plantean propuestas para ayudar a mitigar los problemas existentes en el lugar.

Palabras clave: Playa Chenkan, problemas ambientales, servicios ecosistémicos, enfoque ecosistémico.

Abstract

The objective of this work was to design an ecosystem-based management plan for the Chenkan Beach Sanctuary, located in the municipality of Champoton, state of Campeche, using as methodology the twelve principles of the ecosystem approach mentioned by Shepherd (2006) grouped into the following steps: determination of the main actors, characterization of the structure and function of the ecosystem, identification of the relevant economic aspects that will affect the ecosystems and their inhabitants, determination of the probable impact of the ecosystem on adjacent ecosystems and decision of long-term goals and flexible mechanisms to achieve them. The results obtained indicate that the Chenkan Beach Sanctuary was named a protected natural area due to the great variety of species that are at risk, which are registered in the NOM-059-SEMARNAT-2010 and because it is a nesting site for the hawksbill turtle and the green turtle. It was found that the place has erosion problems that put the nesting sites at risk and that various anthropogenic activities have altered the ecosystems causing the turtles to have to migrate to find a new suitable site to nest. Based on all these problems, proposals are put forward to help mitigate the existing problems in the area.

Keywords: Chenkan Beach, environmental problems, ecosystem services, ecosystem approach.



Introducción

La zona costera es el espacio geográfico donde existe una interacción mutua entre el medio marino, el medio terrestre y la atmósfera, forma parte importante del desarrollo social y económico de un país costero por la gran variedad de recursos naturales que allí se encuentran, desarrollándose diversas actividades como el turismo, la pesca, la acuicultura, la actividad portuaria, la minería y extracción de hidrocarburos, entre otras (PNMCM, 2018). Sin embargo, a lo largo de los años se han presentado un sinnúmero de problemas ambientales en las zonas costeras ocasionadas por las actividades antropogénicas y por los efectos del cambio climático que cada vez es más presente, provocando efectos de incrementos de temperatura, aumento en el nivel del mar, cambios en el comportamiento de la precipitación provocando que se presenten lluvias más intensas y la presencia de tormentas tropicales y huracanes (Rivera-Arriaga, 2020).

Los ecosistemas son el soporte de vida en el planeta, su degradación genera una severa crisis ambiental en escalada por lo cual es indispensable buscar soluciones que ayuden a frenar su deterioro (Maas, 2003). Debido a la urgente necesidad de manejar los ecosistemas, se han desarrollado diversos enfoques en la materia, como el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) que busca mantener la salud, la integridad y la resiliencia de los ecosistemas ante las perturbaciones (Alexander *et al.*, 2018); de igual forma, tiene como objetivos la conservación y el uso sostenible de los recursos.

La Administración Nacional Oceánica y atmosférica (NOAA) también adaptó los pasos del MBE que consisten en la definición de metas y objetivos, el desarrollo de indicadores, la evaluación del ecosistema, el análisis de la incertidumbre o el riesgo, la evaluación de estrategias, la implementación de acciones, el monitoreo de indicadores y evaluación de los resultados y finalmente la adaptación (Alexander *et al.*, 2018). La implementación operativa del MBE es el paso posterior de un ciclo de políticas

que se aplican ampliamente por el gobierno como las leyes de adaptación al cambio climático, que deben de incluir los conocimientos sobre los procesos de los ecosistemas, informes sobre el estado del medio ambiente, evaluaciones de la vulnerabilidad a factores estresantes inducidos por el hombre, su panorama socioeconómico y sus tendencias de desarrollo y tecnologías y oportunidades de inversión (Cormier *et al.*, 2017). Por lo tanto, el Manejo Basado en Ecosistemas es un enfoque integrado de gestión que reconoce las interacciones complejas dentro de un sistema, incluido todo el ecosistema, los humanos y los servicios ecosistémicos que ahí se desarrollan (Oakley *et al.*, 2018).

El estado de Campeche tiene una franja de litoral de 523 km, donde el 67 % de la población de las costas se encuentran en Campeche, Champotón y Cd. Del Carmen (Rivera-Arriaga *et al.*, 2019), donde se realizan diversas actividades como la pesca y el ecoturismo y por sus características de playa arenosa Campeche, se encuentra en los principales sitios de anidación de las tortugas marinas (CONANP, 2022). Lamentablemente los sitios de anidación se han visto amenazados por causas antropogénicas entre las que destacan las actividades que ahí se desarrollan como el turismo, la pesca, la urbanización, etc., y también por causas naturales como la erosión, el aumento del nivel del mar, la presencia de fenómenos meteorológicos como huracanes, etc. (Bolongaro *et al.*, 2010). El Santuario Playa Chenkan fue denominado área natural protegida a partir del 8 de enero del 2024 (Diario Oficial de la Federación) al ser un punto de anidación para la tortuga Carey y la tortuga verde, a pesar de eso en el sitio existen diversos problemas que ponen en riesgo a su hábitat. El objetivo del presente trabajo es diseñar un plan de Manejo Basado en Ecosistemas para el Santuario Playa Chenkan, ubicado en el municipio de Champotón, estado de Campeche.



Zona de estudio

El sitio de estudio tiene por nombre Playa Chenkan y se encuentra ubicado en el municipio de Champotón, en el estado de Campeche, con ubicación geográfica acotada entre las coordenadas UTM máxima de 715015.00 m E, 2118103.00 m N y mínima de 704274.00 m E y 2110990.00 m N, con una superficie de 39-55-59.96 (treinta y nueve hectáreas, 55 áreas, cincuenta y nueve punto noventa y seis centiáreas) que se divide en dos zonas núcleos: Campamento Tortugueros y km 107; con una superficie total de 5-15-36.32 (cinco hectáreas, quince áreas, treinta y seis punto treinta y dos centiáreas) y tres zonas de amortiguamiento: Los Puentes, km 106 y Las casas; con una superficie de 34-40-23.64 (treinta y cuatro hectáreas, cuarenta áreas, veinte y tres punto sesenta y cuatro centiáreas) (DOF, 2024) tal como se muestra en la figura 1.

Debido a su posición geográfica su clima predominante es un cálido subhúmedo con lluvias en verano A(W) (CONAGUA, 2020) y comprende una

unidad climática que corresponde a un cálido subhúmedo (Aw1) de humedad media con régimen de lluvias en verano con temperatura media anual mayor a los 22°C (CONANP, 2023).

Está compuesta por una gran variedad de vegetación como matorrales costeros y manglar con especies representativas como el mangle botoncillo, el churriscate de playa y el frijol de playa (SIMEC, 2024). En cuanto al tipo de fauna destacan el loro frente blanco, la aguililla negra menor, la tortuga casquito, la iguana negra, el huico de maslin, el oso hormiguero, sin mencionar que es hábitat de 89 especies de aves migratorias (DOF, 2024). Al ser un sitio que está conformado en mayor porcentaje por playa arenosa, sirve como centros de anidación para la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*) que son especies catalogadas en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana 059 del SEMARNAT, es por eso que en enero de 2024 fue declarada área natural protegida, en categoría de santuario.

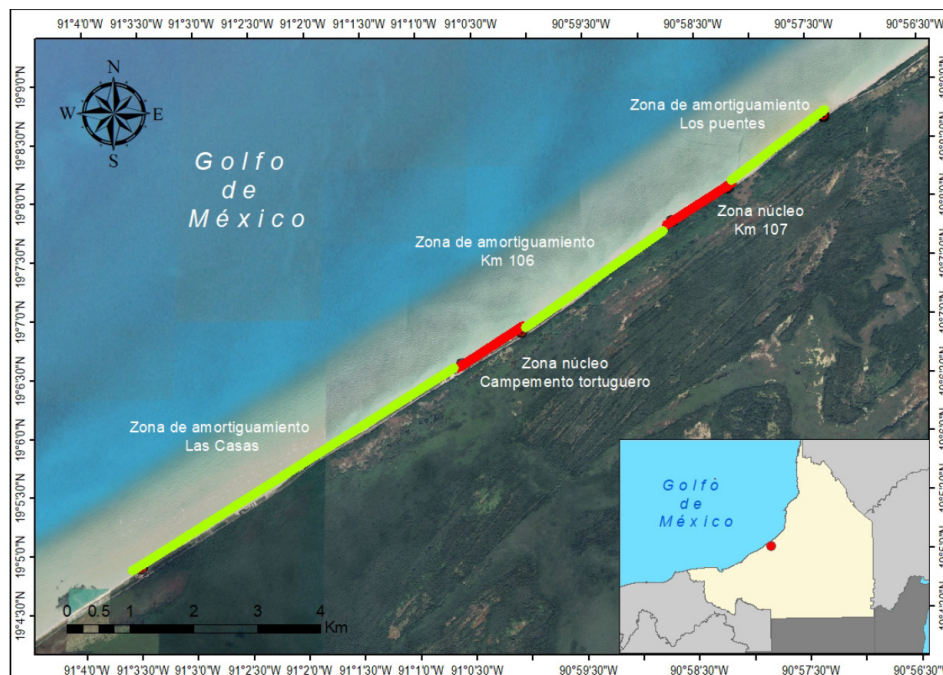


Figura 1. Ubicación del Santuario Playa Chenkan en el estado de Campeche. Adaptado de CONANP, 2023.



Metodología

La metodología empleada para este trabajo consistió en hacer un diagnóstico de línea base sobre el estado en el que se encuentra el sitio y las principales problemáticas ambientales que existen en el Santuario playa Chenkan. Para ello se recurrió a recolectar información bibliográfica a través de diferentes fuentes para conocer los problemas ambientales del sitio. Para la búsqueda se utilizó la herramienta de Google académico por la facilidad que tiene para identificar una gran variedad de documentos sobre un tema en específico. Las palabras claves empleadas fueron: Playa Chenkan, campamento Tortugueros Chenkan, problemas ambientales en zonas costeras, tortugas marinas, etc. En total se encontraron 77 documentos, de los cuáles se clasificaron en leyes y normas, estudios realizados y programas de manejo, que fueron seleccionados con la finalidad de diseñar un Plan de Manejo Basado en Ecosistemas que permitan proteger y gestionar de manera sostenible el área de estudio, tomando en cuenta los doce principios del enfoque ecosistémico propuestos por Shepherd (2006) que son los que se describen a continuación:

- La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierra, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
- La gestión de los recursos naturales debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.
- Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
- Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.

- A los fines de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque ecosistémico.
- Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de funcionamiento.
- El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
- Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se debería establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
- En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
- En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica y su interacción.
- En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
- En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas.

Donde Shepherd (2006) los agrupó en cinco pasos principales tal y como se muestra en el siguiente diagrama (figura 2):

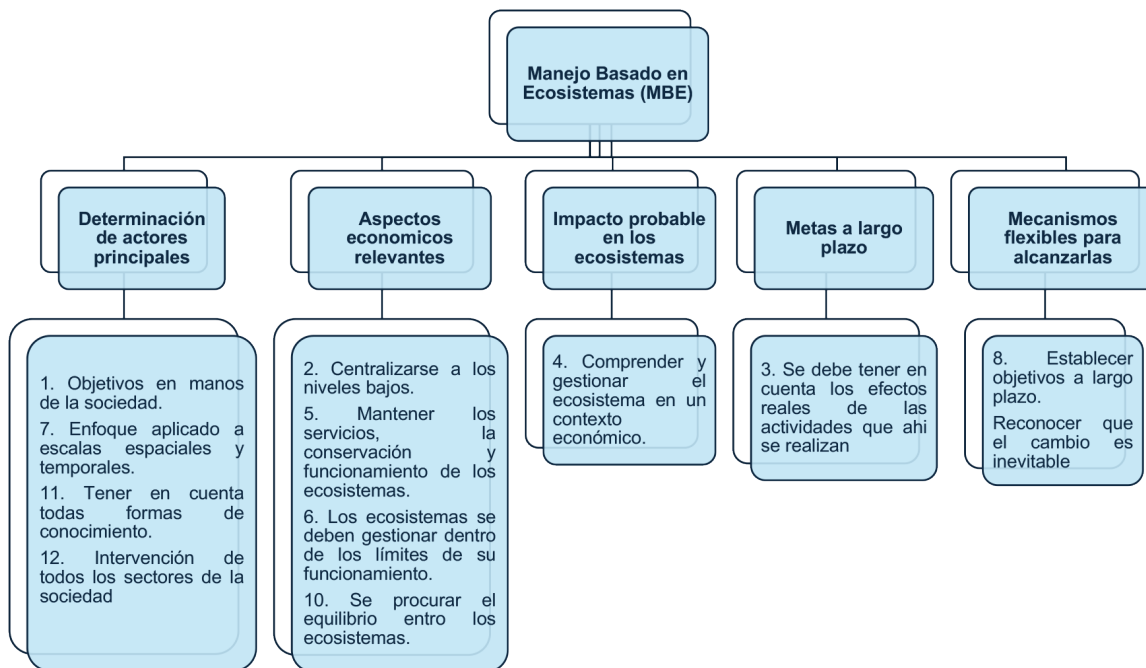


Figura 2. Principios del enfoque ecosistémico agrupado en cinco pasos (Shepherd, 2006).

Resultados

Tomando en cuenta la literatura consultada, se realizó un análisis sobre el estado actual y las problemáticas encontradas en el Santuario Playa Chenkan. Seguidamente siguiendo los principios del MBE propuestos por Shepherd (2006), la información se agrupó en los cinco pasos principales que se muestran en la figura 2, donde en el paso número 1, se hace una determinación de la zona estudio y los actores principales del lugar; en el paso 2, se hace la caracterización de la estructura y función del ecosistema; en el 3, se identifican los aspectos económicos que afectan al ecosistema y a sus habitantes; en el paso 4, se determina el impacto del ecosistema en los ecosistemas adyacentes y finalmente en el paso 5, se toman decisiones sobre metas a largo plazo y mecanismos para alcanzarlas.

Paso A: determinación del área y de los actores principales.

El sitio playa Chenkan se ubica en el municipio de Champotón en el estado de Campeche, donde al ser un área que sirve como punto de anidación para la tortuga Carey y la tortuga verde y hábitat para una gran variedad de especies de flora y fauna que se encuentran incluidas en la NOM-059-SE-MARNAT-2010, como especies endémicas, fue denominada por la Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como área natural protegida en categoría de santuario el 8 de enero del 2024, donde se divide en dos áreas núcleo y tres zonas de amortiguamiento (figura 3).

De acuerdo con la CONANP, un Santuario se define como "...lugares que contienen el hábitat de

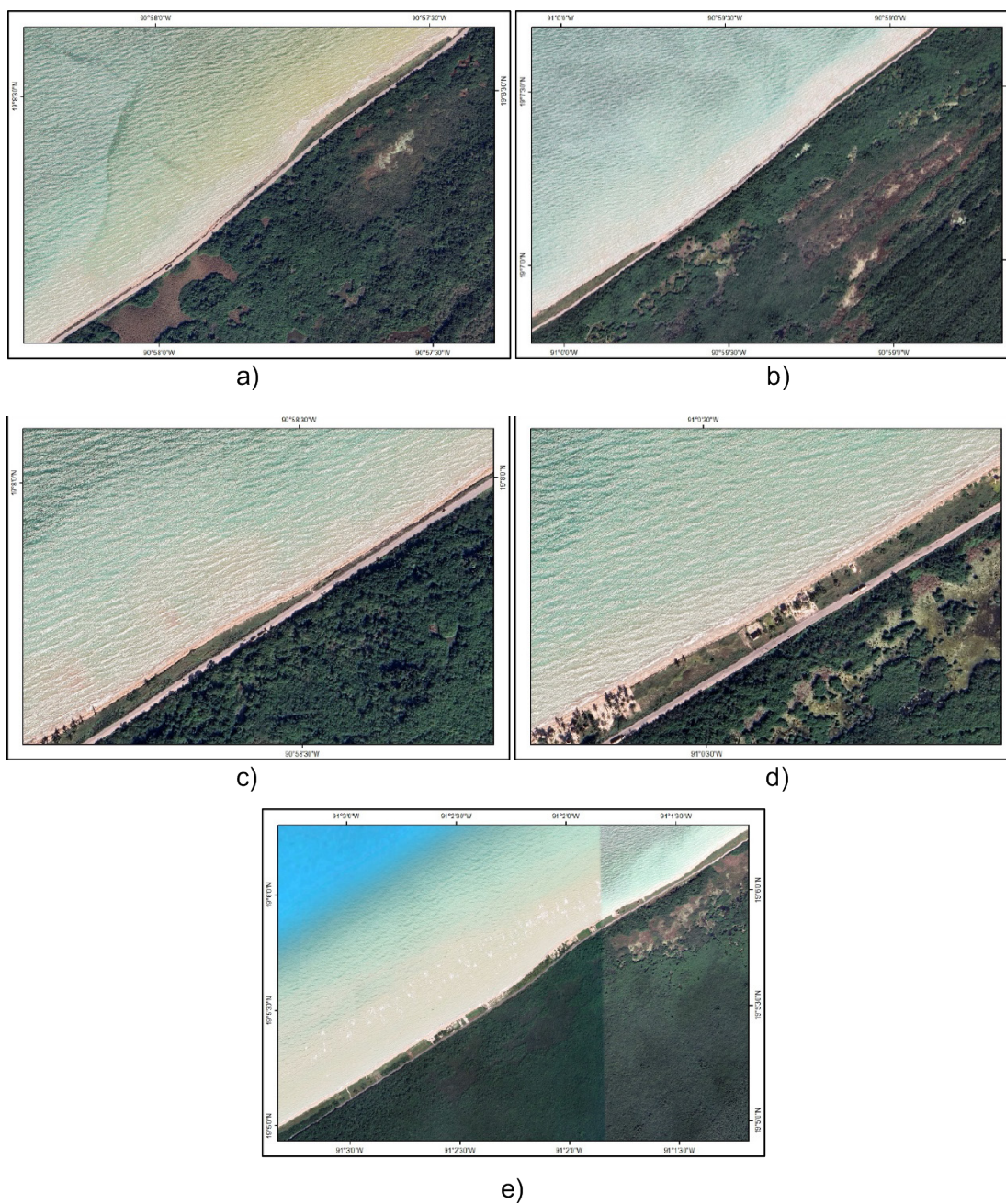


Figura 3. Zonas identificadas del Santuario Playa Chenkan. a) Zona de amortiguamiento las Pertas, b) Zona núcleo km 106, c) Zona de amortiguamiento km 107, d) Zona núcleo Campamento Tortuguero, e) Zonas de amortiguamiento las Casas (Adaptado de CONANP 2023).



cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.” Por su parte, la IUCN los caracteriza como “...*aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida.*”

Considerando lo anterior, un santuario es un lugar donde se desarrollan diversos servicios ecosistémicos como servir de amortiguamiento contra inundaciones y el efecto erosivo del oleaje, y tiene la función de servir como un vaso regulador de inundaciones en épocas de lluvias, los actores principales que habitan cerca del lugar son los habitantes que se encuentran en las localidades cercanas como Villamar, Punta Xen y Champotón, los cuales realizan diversas actividades al interior del Santuario como actividades de educación ambiental y talleres de sensibilización para los visitantes y comunidades aledañas, así también como actividades de pesca de pulpo y langosta en los alrededores de la zona, de igual forma en el lugar se encuentra un restaurante que ofrece turismo de sol y playa por un día y la comunidad de Punta Xen desarrolla diversas actividades turísticas instalando palapas-restaurantes (CONANP, 2023). Por otro lado, la Universidad Autónoma de Campeche en conjunto con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) realizan diversas actividades para la protección y conservación buscando la participación comunitaria para fomentar el turismo ecológico, la investigación y la educación ambiental (CCTMC, 2014).

Paso B: Caracterización de la estructura y función del ecosistema

Desde 1998, Chenkan ha sido operado por la Universidad Autónoma de Campeche en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología (INE), donde más tarde en el 2007 se vinculó con el gobierno federal a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con el objetivo de proteger y preservar

los recursos del lugar (CCTMC, 2014).

Su unidad litológica está constituida por rocas sedimentarias ubicadas de manera paralela a la línea de costa, con un tipo de suelo perteneciente al grupo de los Gleysols (INEGI, 2013; CONANP, 2023). El tipo de clima pertenece a un Cálido Subhúmedo (Aw1) de humedad media con régimen de lluvias en verano con temperaturas medias anuales entre 25° y 28° C con precipitaciones que no exceden los 2200 mm anuales. Está conformada por una gran vegetación de dunas costeras, matorrales costeros y manglar, como el churriscate de playa (*Ipomea imperati*) y el frijol de playa (*Canavilla rosea*) y una variedad de especies de flora y fauna que forman parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se encuentran en riesgo, donde:

- A= Amenazadas.
- P= Peligro de extinción.
- Pr= Sujetas a protección especial

En la zona se ha identificado la presencia de palapas-restaurantes en la parte interior, así como la presencia de viviendas (Ramírez-Vargas, 2020), por lo cual se ha registrado el interés de los propietarios de los terrenos aledaños a la playa en eliminar la vegetación de dunas para el establecimiento de esas palapas. También se ha encontrado un centro de arribo y acopio de embarcaciones no autorizado y que es utilizado por los pescadores, donde realizan pesca mediante redes, palangues y compresores hechizos a partir de barriles de cerveza a presión. Sus actividades las realizan incluso en temporada de veda poniendo en riesgo la estabilidad y preservación de los recursos (CONANP 2023).

Paso C: Identificación de los aspectos económicos relevantes que afectarán los ecosistemas y sus habitantes

A continuación, se presentarán los diversos estudios que se han desarrollado a lo largo de los años en el Santuario playa Chenkan donde se han identificado una serie de problemas que han ocasionado que se pongan en riesgo los ecosistemas, algunos son debido a la presencia de actividades antropogénicas y otros por factores naturales.



Tabla 1. Especies en riesgo ubicadas en el Santuario Chenkan (NOM-059-SEMARNAT-2010).
Fuente: SIMEC (2024).

Nombre común	Sinonimia	Categoría
Mangle botoncillo	<i>Conocarpus erectus</i>	A
Iguana Verde	<i>Iguana rhinolopha</i>	Pr
Culebra listonada occidental	<i>Thamnophis proximus</i>	A
Charran mínimo	<i>Sternula antillarum</i>	A
Huico de Maslin	<i>Aspidoscelis maslini</i>	Pr
Aguililla negra menor	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Pr
Siete colores	<i>Passerina ciris</i>	Pr
Garza roja	<i>Egretta rufescens</i>	Pr
Loro frente blanca	<i>Amazona albifrons</i>	Pr
Tortuga carey	<i>Eretmochelys imbricata</i>	P
Tortuga verde	<i>Chelonia mydas</i>	P
Oso hormiguero	<i>Tamandua mexicana</i> subsp. <i>Mexicana</i>	P

Bolongaro *et al.* (2010) evaluaron el impacto de la erosión de las playas y el aumento del nivel del mar en las costas de Campeche, en las playas de Isla Aguada y Chenkan, donde realizaron una comparación de la línea de costa con imágenes satelitales y su caracterización morfológica y sedimentológica durante la época de lluvias, nortes y secas. En sus resultados muestran que la playa es altamente dinámica con tendencia a disminuir su amplitud y se encuentra en proceso de erosión provocando un impacto alto en el sitio de anidación de las tortugas marinas por la pérdida del hábitat de anidación y de los nidos ovopositados.

Canúl-Turriza (2015). Evaluó las condiciones hidrodinámicas y el transporte de sedimentos en la zona de anidamiento de las tortugas marinas del Santuario Chenkan, donde se observó que la playa se ha comportado de manera dinámica a lo largo de los años de 2010 a 2013 presentando un proceso erosivo en relación con las estructuras marinas y costeras que ahí se encuentran. En sus resultados también observó que la vegetación de pastos marinos que ahí se ubicaban ayudaron a disminuir los efectos del oleaje provocado por fenómenos hidrometeorológicos.

Canul *et al.* (2019) encontraron que el desarrollo de infraestructura en las zonas costeras ha ocasionado una rápida degradación aumentando la vulnerabilidad ante los fenómenos hidrometeorológicos, sobre todo la construcción de la carretera federal y las estructuras de protección mal planificadas; todo lo cual ha desequilibrado el ciclo sedimentario natural provocando una erosión crónica en la zona y una reducción en el número de tortugas marinas que anidan en el sitio.

Ramírez-Vargas (2020). Encontró que en el lugar existe una pequeña zona que presenta una opresión costera debido a la presencia de un restaurante que vierte sus desechos directamente al mar, cerca de a la zona de anidación de tortugas.

Santos-Martínez (2020) determinó la variación espacial y temporal de las playas del estado de Campeche, con la finalidad de conocer la capacidad de resiliencia y su comportamiento dinámico. El encontró que en la Playa Chenkan la presencia de estructuras artificiales afectan el proceso erosivo del sitio, provocando cambios en los perfiles de las playas.

Monte-Luna *et al.* (2023) mostraron que durante los años más cálidos en la zona de playa Chenkan,



la humedad baja en el suelo y esto suele ser subóptimo para la ovoposición en comparación con años fríos. Esto se da porque durante los años cálidos las hembras se arrastran por largas distancias durante la temporada de anidación hasta encontrar un lugar adecuado para anidar con mayor humedad, lo que se traduce en menos nidos y menos huevos por temporada, de igual forma las altas temperaturas que ocurren cada vez con más frecuencia han provocado una mayor mortalidad embrionaria y una menor producción de crías.

Otros estudios que se han realizado que mencionan en el estudio justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Santuario Chenkan de la (CONANP, 2023), son: la tesis de maestría de Hernández (2015) denominada “Evaluación de las condiciones del hábitat de anidación de la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en la playa de Chenkan, Campeche, México.”, La tesis de licenciatura de Cortes Briseño (2014), “Efectos de depredación por la aplicación de la NOM-162-SEMARNAT-2012 en el manejo de nidos en los campamentos tortugueros de Isla Aguada y Chenkan Campeche, México.” La tesis de licenciatura de García Vicario (2009). “Impacto de la erosión costera de las playas del litoral de Campeche, México, sobre la anidación de las tortugas marinas (*Eretmochelys imbricata* y *Chelonia mydas*)”. La tesis de licenciatura de González Estrella, L. (2008). Éxito de eclosión en corral de tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en el campamento tortuguero Chenkan-Campeche.”

Con base a todos los problemas identificados, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2023), realizó un estudio justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida donde promovió la intervención gubernamental a través de la regulación y el 08 de enero del 2024 el sitio de Playa Chenkan fue catalogada como Área Natural Protegida en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Paso D: Determinación del impacto probable del ecosistema en los ecosistemas adyacentes.

Desde que las tortugas marinas fueron catalogadas como especies en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se han dictado diversas reglamentaciones jurídicas como leyes, decretos y acuerdos que protegen a las especies que habitan en el territorio mexicano, como la creación de áreas naturales protegidas que buscan la conservación de éstas por medio de leyes y normas, ya que se han visto amenazadas cada vez más por muchos factores como el cambio climático, la erosión de playas, la contaminación y las actividades antropogénicas, así como para el consumo de sus productos (Fuentes *et al.*, 2022).

Por su ubicación geográfica la península de Yucatán es susceptible a fenómenos meteorológicos como tormentas y huracanes que a lo largo de los años han impactado dicho territorio generando un riesgo grave para las tortugas marinas por el daño que provocan a las playas cuando éstos se presentan generando la pérdida y destrucción de nidos. De igual forma, desde hace muchos años la caza intencionada para consumo humano ha generado impactos graves. Algunas encuestas que se han realizado a las comunidades pesqueras del estado de Campeche han indicado que existe la caza y el consumo clandestino de las tortugas marinas y sus huevos (Guzmán *et al.*, 2006). La presencia de actividades antropogénicas como el turismo de playas y la instalación de infraestructuras como palapas y tetrápodos de rompeolas alteran la anidación, la incubación y el éxito de las crías (Patino, 2013).

Debido a que el Santuario playa Chenkan se ubica cerca de la carretera federal 180, en el año 2023 diversas fuentes de noticias dieron a conocer el atropellamiento de varias tortugas al intentar cruzar la carretera en busca de un mejor sitio de anidación (CONANP, 2023). Del mismo modo los estudios han demostrado que el sitio es altamente dinámico y se encuentra en proceso permanente de erosión poniendo en riesgo los sitios de anidación (Bologaro *et al.*, 2010; Canul Turrizza, 2015).



Con base en las problemáticas mencionadas, se ha buscado la manera de preservar y conservar a las tortugas marinas a través de la educación ambiental, sensibilizando a los visitantes y a las comunidades aledañas, ya que encuestas han demostrado que la mayoría de las personas carecen de conocimientos y habilidades necesarias para realizar cambios ambientales favorables en sus estilos de vida (Isaac, 2011).

De igual manera se ha buscado la forma de fomentar el desarrollo de la investigación científica y promover la participación de otras dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal y municipal, así como grupos académicos interesados en la protección, conservación, educación ambiental y participación comunitaria a través de diversos programas y estrategias (CCTMC, 2014). Desde 1995 la Estrategia Mundial para la Conservación de las Tortugas Marinas, de la Comisión para la Supervivencia de Especies (SCS) de la Unión Mundial de la Naturaleza (UICN), propuso nueve estrategias para la conservación, como: la investigación y el monitoreo; el manejo integral para poblaciones sustentables de tortugas marinas; el desarrollo de la capacidad para la conservación, la investigación y el manejo; la concientización, información y educación de la sociedad y participación comunitaria en la conservación; cooperación regional e internacional; evaluación de la condición actual de las tortugas marinas y financiamiento para la conservación.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la CONANP, estableció el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), en el que se reconoce que la continuidad de las especies silvestres y sus hábitats dependen en gran medida de la existencia de Áreas Naturales Protegidas (ANP) donde las especies se distribuyen de manera natural. Más tarde creó los Programas de Acción para la Conservación de Especies (PACE) que establecen políticas de conservación para minimizar las fuentes de presión para cada especie, con el objetivo de promover, implementar y consolidar estrategias específicas de

conservación de sus poblaciones y hábitats, donde se realizó un PACE de la tortuga carey con ayuda del financiamiento de la Alianza WWF-Fundación TELMEX Telcel y con la participación de expertos y especialistas en la especie: integrantes de Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), instituciones académicas, y del sector gubernamental (SEMARNAT, 2020).

En 2009 se publicó el Programa de Acción para la Conservación de Especies, como una estrategia para la recuperación de las poblaciones de la tortuga carey, en un marco de trabajo coordinado, mediante actividades priorizadas y jerarquizadas para la recuperación de las poblaciones de esta especie y la restauración de sus hábitats (CONANP, 2019).

La Coordinación General de Sustentabilidad Yum Kaax en colaboración con la Universidad Autónoma de Campeche desarrolló el programa de Conservación de Tortugas Marinas, donde de manera conjunta con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), propone acciones de protección, conservación, investigación, educación ambiental, participación comunitaria y monitoreo de las tortugas marinas, así como proteger y conservar el hábitat de los sitios de anidación de las tortugas (CCTMC, 2014).

El programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga carey de la SEMARNAT (2022) también propuso estrategias para su conservación, como crear un manejo integrado del lugar que sirva para la protección y restauración del hábitat, crear componentes de protección y vigilancia para prevenir impactos por parte de los pobladores, crear alternativas de monitoreo enfocados al cambio climático. El Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas (2022), propuso unas estrategias para la protección de los sitios de anidación e incubación de las tortugas marinas tomando en cuenta los objetivos prioritarios del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP 2020-2024), donde propone el monitoreo constante y los parámetros importantes de las tortugas marinas, la investigación, la protección y restauración de hábitats, la coordinación con otras dependencias para



lograr mejores objetivos de conservación, promover programas de acción para la conservación de especies, capacitar y fomentar la participación comunitaria.

El Diario Oficial de la Federación (08 de enero 2024), en el decreto donde declara que el sitio Santuario Chenkan es denominado área natural protegida, realizó una lista de prohibiciones en donde destacan la de perseguir o dañar a las especies de tortuga marina que ahí aniden o transiten, así como extraerlas y comercializarlas, al igual que prohibió destruir o dañar los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de las especies silvestres, el tránsito de vehículos motorizados con fines distintos a la investigación, monitoreo, manejo, inspección y vigilancia de la zona, cambiar el uso de suelo, colocar iluminación dirigida al mar que altere el ciclo reproductivo de las tortugas, entre otros.

Paso E: Decisión sobre metas de largo plazo y mecanismos flexibles para alcanzarlas.

En México existe un amplio marco regulatorio enfocadas a los recursos costeros y marinos que sirvieron para reforzar los programas para protección de las tortugas marinas (Guzmán-Hernández y Cuevas-Flores, 2011). Algunas de ellas son las siguientes:

- **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente.** Busca garantizar el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar y define principios de política ambiental e instrumentos para su aplicación. Busca la preservación, la restauración y protección del medio ambiente y la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.
- **Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables.** Busca establecer los principios para ordenar, fomentar y regular el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de la pesca y acuicultura.

- **Ley de Cambio Climático.** Tiene por objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano, estableciendo la concurrencia de entidades federativas y municipio en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero.
- **Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas.** Tiene por objetivo controlar y prevenir la contaminación o alteración del mar por vertimientos en las zonas marinas mexicanas.
- **Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.** Tiene por objetivo fijar normas e instrumentos de gestión para ordenar el uso del territorio y los asentamientos humanos del país.
- **Ley General de Vida Silvestre.** Tiene por objetivo establecer la concurrencia de los gobiernos a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.
- **Ley General de Turismo.** Tiene como objetivo determinar mecanismos para la conservación, protección, mejoramiento y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos.
- **NOM-009-SAG/PESC-2015.** Establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuática.
- **NOM-017-PESC-1994.** Regula las actividades de pesca en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos.
- **NOM-162-SEMARNAT-2012.** Establece especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.
- **NMX-AA-120-SCFI-2016.** Establece requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.
- **Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas.** Tiene por objetivo promover la protección, conservación y recuperación de las tortugas marinas.



La NOM-162-SEMARNAT-2012 en su apartado 5 y 6 indican una serie de medidas precautorias que se deben de llevar a cabo en los sitios de anidación, tales como evitar la remoción de la vegetación existente en el lugar y la introducción de especies exóticas, retirar cualquier objeto que pueda ser un peligro para las tortugas marinas y eliminar cualquier instalación que durante la noche genere luz hacia los sitios de anidación. Por otro lado, la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, los artículos 2, 3 y 4 hacen énfasis en promover la protección y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y su hábitat basándose en datos científicos disponibles, de igual manera en el artículo 4, propone la prohibición de la captura o muerte intencional

de las tortugas marinas, así como el comercio de ellas mismas o sus huevos, así como la restricción de actividades que las puedan poner en peligro.

Considerando todos los problemas que se generan en el sitio Chenkan y tomando en cuenta los principios de las Leyes y normas existentes, así como los programas que existen en función de la protección y conservación de las tortugas marinas, es indispensable tomar cartas en el asunto para mitigar los problemas existentes en el sitio y una de las maneras de poder hacerlo es por medio de la Adaptación Basada en Ecosistemas haciendo uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que se realizan en el lugar con la finalidad de mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas (Lhumeau y Cordero, 2012).

Propuesta de un plan de Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) en santuario Playa Chenkan

Como se ha mencionado anteriormente el Santuario Playa Chenkan, es un sitio que fue declarado como ANP debido a los problemas identificados en el sitio y por ser un sitio que sirve como punto de anidación para la tortuga carey y verde que son especies que actualmente se encuentra en peligro de extinción, además de servir como hábitat para una gran variedad de especies endémicas que se encuentran protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tomando en cuenta los problemas existentes y considerando las indicaciones que marcan las normas, leyes y programas enfocados a la conservación y protección de los recursos costeros, así como la protección de las tortugas marinas, se propone el siguiente plan de manejo conforme a al Manejo Basado en Ecosistemas.

El objetivo consistirá en un plan integrativo que trabaje para la conservación y protección de los recursos naturales que se encuentran en el sitio, tomando en cuenta la participación de los habitantes que viven cerca del lugar y de las autoridades locales, para la solución de los problemas ambientales y promoviendo la sustentabilidad entre las comu-

nidades aledañas. El proceso para llevarse a cabo consistirá en aplicar las estrategias propuestas en el Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas (CONANP, 2022), donde se propone:

- Protección de nidadas.
- Monitoreo de la población y parámetros importantes de las tortugas marinas.
- Investigación.
- Protección, manejo y restauración de hábitat.
- Servicios ecosistémicos.
- Sinergia con otras dependencias para lograr mejores objetivos en la conservación.
- Atención al cumplimiento de acuerdos internacionales.
- Programa de acción para la conservación de especies.
- Capacitación.
- Participación comunitaria.
- Educación ambiental.

Para poder implementar cada una de las estrategias anteriores se proponen las siguientes medidas:

- Implementar proyectos de conservación y restauración del sitio de Playa Chenkan que pro-



mueva la conservación de la vegetación predominante del lugar como la mancha de mangle botoncillo presente y la vegetación de duna costera, que sirve como protección contra marejadas ciclónicas, incremento del nivel del mar e inundaciones costeras (SEMARNAT, 2013; Jiménez-Orocio *et al.*, 2015).

- Implementar proyectos sustentables en las comunidades aledañas como Punta Xen, Sabancuy e Isla Aguada que promuevan la participación ciudadana y el desarrollo comunitario sustentable. Realizando talleres y pláticas en función de las actividades productivas que se desarrollan, como la pesca, haciendo hincapié en el uso sustentable de los recursos naturales y de la importancia de la protección de la ANP y tomando en cuenta sus opiniones para llegar a acuerdos que logren su participación en la conservación de los ecosistemas.
- Aplicar el monitoreo ambiental constante. En el sitio se encuentra la presencia de palapas-restaurantes que hacen un mal uso de los recursos al eliminar vegetación de las dunas y tirar sus desechos directos al mar; del mismo modo que muchas personas van a pescar y ponen en riesgo los sitios de anidación de las tortugas marinas. Es por eso que es importante implementar un proyecto de vigilancia ambiental en esta zona, donde se sancionen a las personas que hagan caso omiso a lo establecido en las normas y en los programas de conservación
- Realizar estudios ambientales del sitio. A pesar de que ya existen estudios realizados en el santuario que han permitido identificar los problemas existentes, es importante que la información se vaya actualizando, ya que a causa de los efectos del cambio climático ocasiona que se presenten cambios abruptos en los patrones de precipitación (Rivera-Arriaga, *et al.*, 2020) y que se produzca un incremento en las temperaturas que ponen en riesgo a los sitios de anidación de las tortugas marinas. Lo cual esos datos servirán para tomar las medidas necesarias para la mitigación y poder implementar sistemas de

alerta temprana para actuar rápido ante la presencia de eventos como tormentas o huracanes que puedan erosionar las playas y dañar los hábitats de las tortugas marinas.

- Educación ambiental. Es necesario fomentar la capacitación y educación ambiental a los grupos productivos de la zona, a los niños y jóvenes del nivel educativo básico y a la población en general de las zonas aledañas para que se puedan involucrar en la protección de la playa y en el cuidado del sitio de anidación de las tortugas marinas, implementando programas de capacitación para la protección ambiental, donde los pobladores no solamente aprendan sobre el tema, sino que también reciban un entrenamiento sobre como actuar. Al igual que es indispensable llevar la educación ambiental a las escuelas del sector básico, donde niños de primaria y jóvenes de secundaria reciban pláticas sobre los ecosistemas, los manglares, las tortugas marinas, el cuidado de las playas y los problemas diarios que se viven como la contaminación y la destrucción de hábitats y ecosistemas.
- Establecer coordinación con otras instituciones. Es necesario buscar el apoyo y colaboración con diversas instituciones gubernamentales como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Secretaría de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y Energía (SEMABICCE), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) e Instituciones no gubernamentales como el Centro de Derecho Ambiental y Recursos Naturales (CEDARENA), Centro de Derechos Humanos y Ambiente (CEDHA), Centro de Incidencia Ambiental (CIAM), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CIAM), Etc., que apoyen con financiamiento, con la planificación y con la ejecución de las políticas de conservación.



Discusión

La zona costera es un conjunto integrado de atributos naturales a nivel de ecosistema y recursos adyacentes a la zona litoral donde existe una interacción entre el mar y la tierra (Yañez-Arancibia, 2010), que por sus características de playas arenosas, la zona costera ha servido de hábitat para los sitios de anidación de las tortugas marinas. Pero desde hace varios años las tortugas marinas se encuentran clasificadas a nivel mundial como especies amenazadas o en peligro de extinción (Torres-Robles *et al.*, 2017), debido a las amenazas antrópicas como la captura incidental, la sobreexplotación de tortugas y saqueo de huevos y la destrucción de hábitats (Convención Interamericana de la Tortuga Mariana, 2004). Es por eso que desde los años sesenta comenzaron los primeros proyectos de conservación de las tortugas marinas en México (Orozco-Bravo), siendo el año de 1977 cuando en Campeche se comenzaron a implementar los primeros programas de campamentos Tortugueros para la conservación de las especies. Sin embargo, a pesar de que con el paso de los años se han ido desarrollando programas para la conservación de las especies de las tortugas marinas, no suelen ser implementados adecuadamente, y siguen existiendo problemas antrópicos. En santuario playa Chenkan, no queda exento de

los problemas mencionados anteriormente es por eso que fue denominado Área Natural Protegida el 08 de enero del 2024 en el Diario Oficial de la Federación, con la finalidad de mitigar los daños ocasionados en el lugar, salvaguardando la protección de los ecosistemas y los sitios de anidación de las tortugas, por lo cual, se espera que con esta nueva ley los problemas vayan disminuyendo, sin embargo, es importante que el sitio cuente con un plan de manejo donde se trabaje de manera colaborativa con diversas instituciones y con la participación de las comunidades aledañas para que las estrategias que marcan las normas y los programas puedan ser aplicadas correctamente.

Los trabajos ingenieriles han sido aplicados a lo largo de los años con la finalidad de proteger a la zona costera, como poniendo estructuras de rompeolas, diques o revestimientos de rocas y a pesar de que suelen tener éxito, estas estructuras tienden a provocar efectos negativos como la erosión o daños a los ecosistemas y a la arribazón y puesta de huevos de las tortugas (Kuc-Castilla, 2020). Debido a esto, se deben tomar soluciones que no dañen a los ecosistemas y una manera de poder resolverlo es a través del Manejo Basado en Ecosistemas (ABE).

Conclusiones

México tiene un marco regulatorio enfocado a la zona costera donde impone leyes que buscan la preservación de los ecosistemas y cuenta con programas que buscan proteger los sitios de anidación de las tortugas marinas. El 08 de enero del 2024 el Santuario Playa Chenkan fue catalogado Área Natural Protegida con la finalidad de reducir los problemas ambientales que se encuentran en el sitio y cuenta con un programa de conservación de las tortugas marinas desarrollado por la Coordinación General de Sustentabilidad Yum Kaax y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT). Sin embargo, cabe resaltar que el santuario no cuenta con un Plan de Manejo que pueda ser implementado para que de manera conjunta entre instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales y en colaboración con los habitantes de las comunidades aledañas se pueda trabajar en equipo para reducir de una manera eficiente los problemas existentes del lugar.

La aplicación de un plan de Manejo Basado en Ecosistemas (MBE), en una playa que sirve como sitio de anidación para las tortugas marinas, es la manera más adecuada para dar solución a los pro-



blemas ambientales existentes, ya que permitirá garantizar la sostenibilidad y la protección de las especies y recursos naturales que dependen de él. El Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) en el Santuario, permitirá abordar de una manera integral los problemas ambientales que lo afectan, como la erosión, las inundaciones, el aumento de temperatura, etc., así también como los ocasionados por las

actividades antropogénicas. Implementar este tipo de plan, ayudará a proteger y conservar los ecosistemas del lugar y servirá para mantener los servicios ecosistémicos como la protección costera, al mismo tiempo que fomentará la participación de las comunidades para el desarrollo de prácticas sostenibles que traerán beneficios para la protección del lugar.

Referencias

- Alexander, K. A., Hobday, A. J., Cvitanovic, C., Ogier, E., Nash, K. L., Cottrell, R. S. y Watson, R. A. (2018). Progress in integrating natural and social science in marine ecosystem-based management research. *Marine and Freshwater Research*, 70(1), 71-83.
- Bologaro Crevenna R. A., Márquez García, A. Z., Torres Rodríguez, V. y García Vicario, A. (2010). Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, 73-96 pp. En: Botello, A.V., Villanueva-Fragoso, S., Gutiérrez, J. y Rojas Galaviz, J. L. (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMAR-NAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
- Canul Turriza R. A., Mendoza, E. y Silva, R. (2019). Beach erosion diagnosis and green intervention alternatives in Chenkan beach, Campeche, Mexico. *Journal of Coastal Research*, 92, 75-84.
- Canul Turriza, R. A. (2020). Comportamiento morfodinámico de la línea de costa cercana al campamento Tortuguero Chenkan, Campeche, México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Campeche.
- Canul Turriza, R. A. (2020). Comportamiento morfodinámico de la línea de costa cercana al campamento Tortuguero Chenkan, Campeche, México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Campeche.
- Canul Turriza, R. A. (2020). Desarrollo de una metodología para el control de la erosión y disminución de la vulnerabilidad costera: un enfoque a gran escala. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de México.
- Centro para la Conservación de las Tortugas Marinas de Chenkan (CCTMC, 2014). Programa de Conservación de Tortugas Marinas. Coordinación General de Sustentabilidad Yum Kaax de la Universidad Autónoma de Campeche, México. Recuperado de <https://yumkaax.uacam.mx/view/paginas/5>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2015). Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2022). Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas. 80 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2023). Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Santuario Playa Chenkan, Campeche, México, 176 pp.
- Cormier, R., Kelble, C. R., Anderson, M. R., Allen, J. I., Grehn, A., & Gregersen, Ó. (2017). Moving from ecosystem-based policy objectives to operational implementation of ecosystem-based management measures. *ICES Journal of Marine Science*, 74(1), 406-413.
- Cuevas, E., Guzmán-Hernández, V., Uribe-Martínez, A., Raymundo-Sánchez, A., y Herrera-Pavon, R (2018). Identification of potential sea turtle bycatch hotspots using a spatially explicit approach in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Chelonian conservation and biology*, 17(1), 78-93.
- DOF (2018). Política Nacional de Mares y Costas de México.
- DOF (2024). Decreto por el que se declara área natural protegida, con categoría de santuario, el sitio Playa Chenkan, ubicado en el municipio de Champotón, estado de Campeche.
- Fuentes-Mascorro, G., Guerrero-Zarate, F. N., Vargas-Morales, K. A., Zamudio-Castro, D., del Rocío Rodríguez-Zermeño, F., Razo-Negrete, S. L., y Angel-Hernández, A. (2022). Aprovechamiento y preservación de los nidos de tortuga marina en México. *Jóvenes en la Ciencia*, 14, 1-8.
- Fuentes-Mascorro, G., Guerrero-Zarate, F. N., Vargas-Morales, K. A., Zamudio-Castro, D., Rodríguez-Zermeño, F. del R., Razo-Negrete, S. L. y Angel-Hernández, A. (2022). Aprovechamiento y preservación de los nidos de tortuga marina en México. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 14, 1-8. <https://doi.org/10.15174/jc.2022.3471>
- García Dueñas, R. Y., Castellanos González, M. E., & Miranda Vera, C. E. (2023). Cambio climático, manejo integrado de zonas costeras y educación ambiental: imperativos para el desarrollo sostenible de las áreas costeras. *Universidad Y Sociedad*, 15(S1), 68-79.



- GESAMP (1999). La contribución de la Ciencia al Manejo Costero Integrado. Inf.Estud.GESAMP, (61): 65 p.
- Guzmán-Hernández, V., García Alvarado, P. A., Rejón Puch, J. C. y Gómez, J. C. (2006). Informe técnico final 2006 del programa de conservación de tortugas marinas en Campeche, México.
- Guzmán-Hernández, V., P. del Monte-Luna, M. C. López-Castro, A. Uribe-Martínez, P. Huerta-Rodríguez, S. A. Gallegos-Fernández, J. Azanza-Ricardo, R. C. Martínez-Portugal, A. K. Barragán-Zepeda, G. P. Quintana Pali, Y. F. Martín-Viaña, P. A. Gómez-Ruiz, H. H. Acosta-Sánchez, M. López-Hernández, D. G. Castañeda-Ramírez y E. Cuevas (2022). Recuperación de poblaciones de tortuga verde y sus interacciones con la duna costera como línea base para una restauración ecológica integral. *Acta Botánica Mexicana*, 129: e1954. <http://doi.org/10.21829/abm129.2022.1954>
- Hernández, V. G., & Flores, E. A. C. (2012). Estado actual de la tortuga carey en el Golfo y Caribe Mexicanos: estudio de caso. *JAINAB oletín Informativo*, 23, 19.
- Isaac-Márquez, R., Salavarría García, O. O., Eastmond Spencer, A., Ayala Arcipreste, M. E., Arteaga Aguilar, M. A., Isaac-Márquez, A. P. y Manzanero Acevedo, L. A. (2011). Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato: Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(2), 83-99.
- Iza, A., & Córdoba Muñoz, R. (2023). Gobernanza para la adaptación basada en ecosistemas.
- Jiménez-Orocio, Oscar, Espejel, Ileana, & Martínez, María Luisa. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 486-507. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.022>
- Kuc-Castilla, A. G. (2020). Diseño de estrategias para el control de la erosión de playas con un enfoque de manejo basado en ecosistemas. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lhumeau, A. y Cordero, D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.
- Luna, P. M., Nakamura, M., Guzmán, V., Cuevas, E., López, M. y Arreguín, F. (2023). Multidecadal fluctuations in green turtle hatchling production related to climate variability. *Scientific reports*, 13: 1542.
- Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Sánchez, O., E. vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. Conservación de ecosistemas templados de montaña de México. SEMARNAT/US Fish and Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México.
- Oakley, J. W., Lawing, A. M., Guillen, G. J., & Gelwick, F. (2018). Defining ecologically, geographically, and politically coherent boundaries for the Northern Gulf of Mexico coastal region: Facilitating ecosystem-based management. *Ocean & Coastal Management*, 154, 1-7.
- Orozco-Bravo, M., Contreras-Cueva, A.B., Orozco-Alvarado, J. y Orozco-Zepeda, Q. (2019). Turismo de naturaleza y desarrollo sustentable y en el campamento Tortuguero "Mayito; como actividades complementarias a la protección de la tortuga marina. *InterSedes*, 41(20), 2215-2458.
- Patino-Martínez, J. (2013). Las tortugas marinas y el cambio global. *Munibe Monographs. Nature Series*, 99-105.
- Ramírez-Vargas, D. L. (2020). Evaluación cuantitativa de la opresión costera a través del análisis de las interacciones clave entre factores bióticos y abióticos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez-Vargas, D. L. (2020). Evaluación cuantitativa de la opresión costera a través del análisis de las interacciones clave entre factores bióticos y abióticos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rivera-Arriaga, E., López Chan, O., León Olea, R., Paredes, J., Arjona García, M., Espejel, I., Zetina, R. y Villalobos Zapata, G. (2019). El ordenamiento de la zona costera de Campeche, México.
- Santidrián, P. 2011. Cambio climático y tortugas marinas. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*. 41(1): 5-10.
- Santos Martínez, G. J. (2020). Caracterización interanual de playas en el estado de Campeche. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Campeche.
- SECRETARÍA CIT (2004). Convención interamericana para la protección y conservación de las tortugas marinas -una introducción.
- Secretaría de la CIT (Recopilación). 2010. Informe del "Taller Regional sobre la Tortuga Carey en el Gran Caribe y el Atlántico Occidental". Puerto Morelos, Quintana Roo, México. 23-25 Setiembre 2009. CIT, CITES, SPAW, CONANP, SEMARNAT, WWF. 56 pp. 1
- SEMARNAT (2020). Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*). SEMARNAT/CONANP, México (Año de actualización 2020).
- SEMARNAT (2020). Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). SEMARNAT/CONANP, México.
- Shepher, G. (2006). El enfoque ecosistémico: Cinco Pasos para su implementación. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 30 pp.
- SIMEC (2024). Sistema de información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación.
- SISR. (2009). Playa Tortuguera Chenkan. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar.
- Suárez, N. y Podvin, K. (2023). Documento de Lectura Módulo 1: Introducción a las Soluciones basadas en la Naturaleza y Adaptación basada en Ecosistemas. Curso Virtual Soluciones basadas en la Naturaleza para el desarrollo sostenible y resiliente en Colombia. Gland, Suiza: UICN y Bogotá, Colombia: Minambiente.
- Torre-Robles, L., Buenrostro-Silva, A. y García-Grajales, J. (2017). Temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tortugas marinas de la playa San Juan Chachahua, Oaxaca, México. *Agroproductividad*, 10 (5), 39-45.



- UICN (1995). Estrategia Mundial para la Conservación de las Tortugas Marinas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE.
- Yáñez-Arancibia, A. (2010). Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México.