

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.).

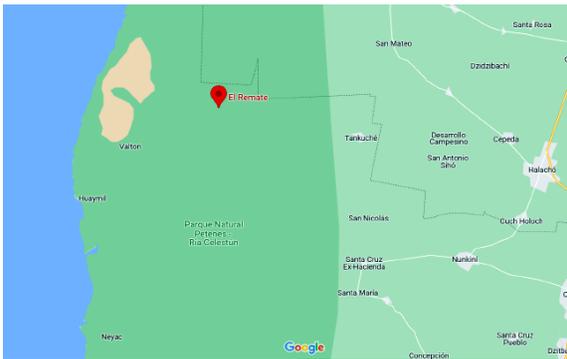


Figura 1. Ubicación geográfica de “El Remate” (Google Maps).



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).

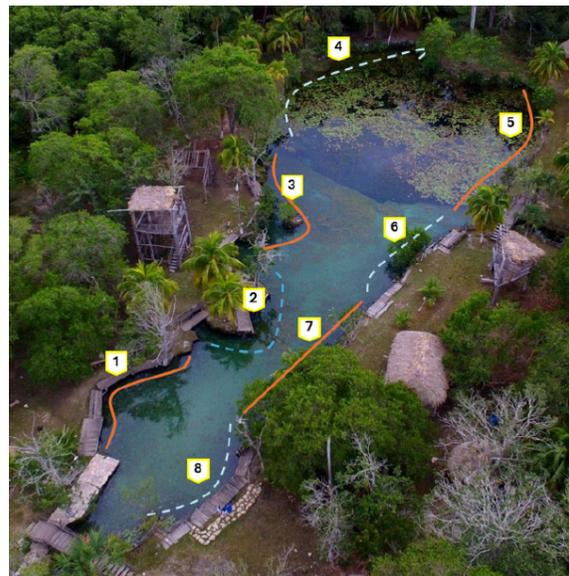


Figura 4. Transectos de buceo, líneas continuas y líneas punteadas para distinguir entre transecto; las etiquetas de número distinguen cada transecto. Esquemas en fotografía de creación propia, fotografía base Felipe Gomez (2016).



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.

Ictiofauna

Se registraron 9 especies en todo el sitio de las familias Cichlidae, Characidae, Poecilidae, 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>Phallychthis 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 1</i>	0.85	0.1	0.05	0	0
<i>A. altior 2</i>	0	0	0	1	0
<i>A. altior 4</i>	0.7	0.3	0.05		0
<i>A. altior 5</i>	0	0.9	0	0.05	0
<i>A. altior 6</i>	0.8	0	0	0	0.2
<i>A. altior 7</i>	0.8	0.2	0	0	0
<i>A. altior 8</i>	0.8	0	0	0	0.2
<i>A. altior 9</i>	0.8	0.15	0	0	0.05
<i>A. altior 10</i>	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 “zañiro”: 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/foatur/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 traspaís 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&cpid=S0034-77442009000100014&clng=en&tlng=es.