

Bernal-Ramírez, R.G., M.G. Salcedo-Garduño & R.E. Zamudio-Alemán. 2025. Arrecifes Bordeantes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, el Primer Contacto con la Presión Antropogénica, p. 241-256. In: A. Granados-Barba, L.D. Ortiz-Lozano & A.L. Gutiérrez-Velázquez (eds.). Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México: Integrando los Ambientes Costeros. Universidad Autónoma de Campeche. 540 p. ISBN 978-607-8907-34-2. doi 10.26359/EPOMEX02202510.

Arrecifes Bordeantes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, el Primer Contacto con la Presión Antropogénica

Rocío de Guadalupe Bernal-Ramírez,
Magnolia Gricel Salcedo-Garduño
& Rosa Elena Zamudio-Alemán*

Instituto Tecnológico de Boca del Río
Tecnológico Nacional de México,
Boca del Río, Veracruz

*Autor de correspondencia: rociobernal@g.bdelrio.tecnm.mx

Resumen

Los arrecifes bordeantes Hornos Fragmento Dos, Ingeniero y Giotte, del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, son de gran valor científico debido a que se encuentran en condiciones ambientales poco convencionales, así como por los servicios ecosistémicos que proporcionan; sin embargo, han sido considerados para la recreación sin generarse en ellos medidas de protección que aseguren su conservación. Por ello, con la finalidad de coadyuvar a priorizar las acciones que conlleven a mejorar el estado de estos arrecifes, en este trabajo se realizó un análisis de los impactos para determinar las actividades que están incidiendo sobre ellos. Para ello, se realizaron recorridos durante un año y se identificaron en total 30 actividades que impactan a los arrecifes, las cuales fueron clasificadas en cinco grupos (Recreativas, Económicas, Limpieza, Deportivas/Culturales e Indirectas). Los resultados indican que las actividades Indirectas obtuvieron el mayor valor de impacto con 38.5 %, seguidas de las Recreativas con 29.5 %. Las actividades con el valor de impacto más alto se presentan en el arrecife Giotte (35.9 %); sin embargo, el arrecife Ingeniero está impactado por un mayor número de actividades (50), mientras que en el arrecife Hornos Fragmento Dos, los impactos están dados por actividades indirectas (35.8 %).

Palabras claves: Impactos ambientales, manejo, recuperación arrecifal.

Abstract

The fringing reefs Hornos Fragmento Dos, Ingeniero, and Giotte belong to the Veracruz Reef System National Park. They are reefs with great scientific value for the ecosystem services they provide, despite developing under stressful environmental conditions. However, they have been considered recreational sites without first generating protection measures to ensure their conservation. Therefore, in order to help prioritize actions that improve the state of these reefs, an analysis of the impacts was carried out to determine the activities affecting them. Based on the above, visits were made to the reefs for a year. A total of 30 activities that impact the reefs were identified, which were classified into five groups (Recreational, Economic, Cleaning, Sports/Cultural, and Indirect). The results indicate that Indirect Activities obtained the highest impact value (38.5%), followed by Recreational activities (29.5%). The activities with the highest impact value occur in the Giotte reef (35.9%); however, the Ingeniero reef is impacted by a greater number of activities (50), while in the Hornos Fragmento Dos reef, the impacts are due to Indirect Activities (35.8%).

Keywords: Management, Impact Analysis, Reef Recovery.

Introducción

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), se ubica entre los 19°05' y 19°16' de latitud norte, y los 96°05' y 96°12' de longitud oeste. Está constituido por más de 50 estructuras coralinas emergidas y sumergidas con morfologías y dimensiones variables (Liaño-Carrera *et al.*, 2019), incluidos en tres subsistemas (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009): Veracruz hacia el norte, Jamapa al centro y Antón Lizardo hacia el sur. En el subsistema Jamapa se ubica la desembocadura del río Jamapa cuya influencia es directa sobre PNSAV. Dentro de esta área protegida se identifican seis arrecifes bordeantes; Punta Gorda, Gallega, Lavandera, Hornos, Lavandera, Hornos, Ingenuero y Gote; Punta Gorda, Gallega, Lavandera, Hornos, Hornos Fragmento Dos, Ingenuero y Gote (figura 1), por lo que es importante estudiarlos y monitorear su estado para encontrar la mejor forma de conservarlos.

nos, Ingenuero y Gote (Ortiz-Lozano *et al.*, 2015), los cuales han sido registrados en la cartografía del puerto de Veracruz desde sus inicios, marcando un desarrollo que abarca varios kilómetros del litoral veracruzano. Algunos de ellos han desaparecido o se han fragmentado por el desarrollo urbano, turístico y/o portuario (Lavandera Punta Gorda, Gallega, y Hornos). Actualmente, quedan tres arrecifes bordeantes: Hornos Fragmento Dos, Ingenuero y Gote (figura 1), por lo que es importante estudiarlos y monitorear su estado para encontrar la mejor forma de conservarlos.

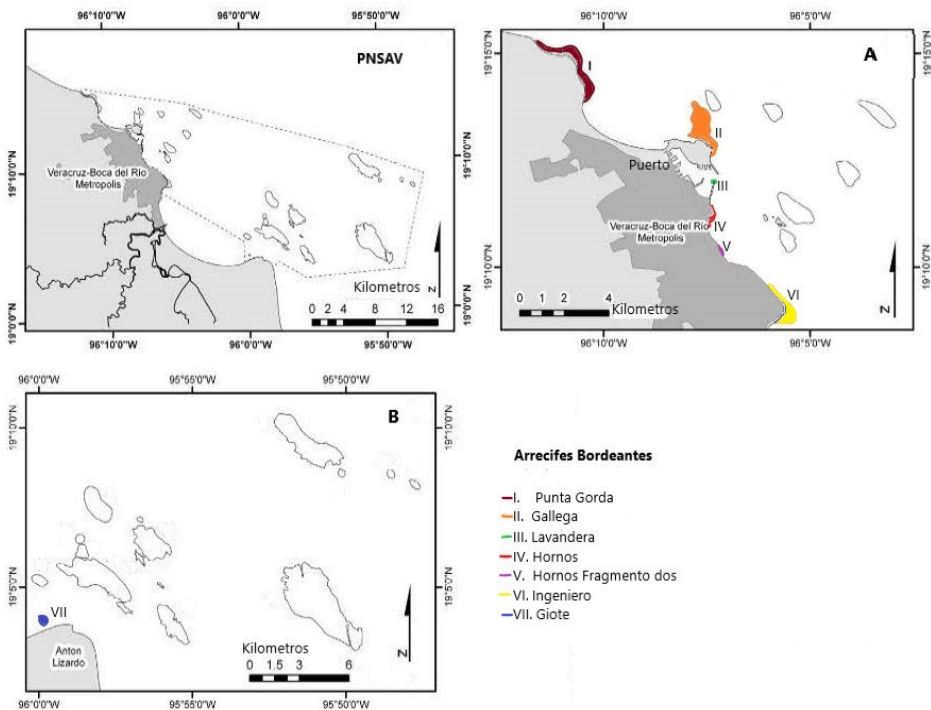


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (parte superior) y subsistemas: A. Veracruz (al Norte), B. Antón Lizardo (al Sur). Modificado de Ortiz-Lozano *et al.* (2013).

La estructura general de un arrecife ha sido descrita por diferentes autores (Pichón, 1981; Lara *et al.*, 1992); puede dividirse en tres zonas: 1) arrecife anterior, 2) cresta arrecifal y 3) arrecife posterior que, además, presenta una zona de rompiente y una depresión poco profunda denominada laguna Arrecifal (Lara *et al.*, 1992; Kennedy & Woodroffe, 2002). En el caso de los arrecifes bordeantes del SAV su estructura se desarrolla al margen de la costa por lo que también son denominados marginales y su laguna finaliza en la línea de costa, continúa con el litoral y entra en contacto con el componente terrestre, el cual puede ser natural (sistema de dunas) o antropogénico (zona urbana/rural o vía de transporte) (Bernal-Ramírez & Granados-Barba, 2008).

Esta relación mar-tierra permite que los arrecifes bordeantes adquieran una morfo-

logía particular y que tengan una estrecha relación con el componente terrestre cuyas actividades antropogénicas generalmente los impactan (Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2011). Actualmente, estos arrecifes se han excluido del polígono de protección del PNSAV (DOF, 2017; Ortiz-lozano, 2018b) y ahora son considerados como zonas de uso público, en las cuales se permite realizar diversas de actividades recreativas sin regulación alguna; sin embargo, estas alternativas de zona de recreación y de ingreso económico generalmente provocan impactos. Por ello, este trabajo tiene la finalidad de conocer las actividades que impactan a los arrecifes bordeantes del PNSAV, con la finalidad de resaltar su importancia para generar acciones que permitan la recuperación, conservación y protección de estas estructuras arrecifales.

Métodos

Para identificar y asignar un valor a las actividades que pueden ocasionar perturbaciones en los arrecifes bordeantes y en el componente terrestre, así como, para resaltar la diferencia entre estos arrecifes y otros del PNSAV que son impactados por actividades antropogénicas, se realizó un análisis general y uno por arrecife bordeante, considerando de manera general metodologías empleadas en diferentes autores (Hernández *et al.*, 1999; Bernal-Ramírez & Granados-Barba, 2008; Cataneo *et al.*, 2019).

Consiste en establecer un listado de actividades con posible impacto en las diferentes zonas del arrecife (arrecife anterior, cresta, arrecife posterior, laguna arrecifal y litoral)

y en el componente terrestre (dunas o zona urbana). Para ello, se realizó una revisión de la literatura y fotografías satelitales históricas empleando el *Google Earth*, para establecer un listado base, el cual se corroboró y complementó realizando recorridos considerando: festividades, fines de semana largos, periodos vacacionados y días de descanso.

Se realizaron dos análisis: uno general para establecer el número de impactos que pueden coincidir entre los arrecifes bordeantes y los arrecifes cercanos a la costa; y otro comparando los arrecifes bordeantes para establecer los impactos que puedan tener prioridad de atención en las diferentes zonas de cada uno de estos arrecifes.

Para el análisis general se consideraron seis arrecifes, los tres arrecifes bordeantes del PNSAV (Hornos Fragmento dos, Ingeniero y Giote) y tres arrecifes costeros que son frecuentemente visitados por lugareños como por turistas, éstos fueron: un bajo de arena llamado “Cancuncito”, los arrecifes Sacrificios y Enmedio (figura 2).

Para el segundo análisis se consideraron solo los tres arrecifes bordeantes haciendo énfasis en cada una de sus zonas y en el componente terrestre. Las características generales de cada arrecife bordeante, se muestran en la tabla 1.

Se consideraron cinco grupos de actividades: Recreativas, Deportivas, Económicas, Limpieza e Indirectas (tabla 2). De acuerdo con la presencia de alguna de estas actividades en el arrecife, se asignó un valor para obtener el total de impactos por zona.

Grupo 1: En las actividades recreativas se integró la categoría “Socializar” por ser constante como es el ir a platicar, tomar un refrigerio, ver atardeceres, relacionarse con otras personas.

Grupo 2: Las actividades deportivas/culturales se dividió en dos categorías: Temporales como competencias de algún deporte,



Figura 2. Arrecifes bordeantes: A) Hornos Fragmento Dos; B) Ingeniero; C) Giote. Fotos de *Google Earth*, recuperadas en 2017.

Tabla 1. A) Localización y B) generalidades de los arrecifes bordeantes. HF2= Arrecife Hornos Fragmento Dos (Googel Earth; CONANP, 2017; Ortiz-Lozano *et al.*, 2013).

A) Arrecifes bordeantes	Latitud	Longitud	Superficie total (ha)	Ancho promedio (m)
HF2	19.176038	-96.118642	15.1	600
Ingeniero	19.149029	-96.092824	43.7	390
Giotte	19.065980	-95.997718	3.5	390

B) Arrecifes bordeantes	Tamaño promedio del Litoral (m ²)	Playas	Capacidad de carga (área/personas) m ²
HF2	15876	Martí	3969
Ingeniero	36628	Pelicano, Penacho del Indio	9157
Giotte	30032	Antón Lizardo	7508

Tabla 2. Grupos de actividades consideradas tanto en el análisis general como por arrecife bordeante.

Grupo	Actividades	Característica
1	Recreativas	Estas actividades están relacionadas con todas aquellas que representan o se relacionan con el entretenimiento
2	Deportivas/Culturales	Temporales o Permanentes
3	Económica	Genera un ingreso de cualquier particular o municipal.
4	Limpieza	Publica o por particulares.
5	Indirectas	Construcciones y Contaminantes

buceo (que movilizan lanchas que se fondean por corto tiempo) y conciertos, así como, deportes que utilizan tablas y que convocan a grupos de personas que interactúan con el componente terrestre; y Permanentes como las clases de zumba, yoga y entrenamientos que se realizan diariamente.

Grupo 3: En las actividades económicas, se integran a los vendedores ambulantes y los viajes turísticos.

Grupo 4: Limpieza, en este grupo se integra toda la actividad para quitar residuos sólidos sean orgánicos o urbanos y que utilizan camiones de basura, o maquinaria para qui-

tar troncos, integrando, además, la limpieza por campañas particulares.

Grupo 5: Indirectas, este grupo se divide en dos tipos: Construcciones, que modifican el entorno sean permanentes o temporales (escolleras, miradores, muelles), y contaminantes como son: fuentes puntuales de contaminación o cárcamos que descargan aguas residuales, microorganismos patógenos, metales y residuos plásticos.

Para el análisis de cada arrecife bordeante, se consideró un sexto grupo denominado “Colindancia”, que se ubica en el componente terrestre; ésta puede ser con una vía de

transporte, dunas o una zona urbana/rural. Para el componente marino, se consideraron cuatro zonas de arrecifes bordeantes: cresta arrecifal, arrecife posterior, laguna arrecifal y litoral (Lara *et al.*, 1992; Kennedy & Woo-

droffe, 2002). La zona del arrecife frontal no se consideró porque el impacto al que está expuesta se incluyó dentro del grupo de las económicas.

Resultados

Se identificaron 30 actividades que podrían generar impactos en los seis arrecifes (tabla 3); cabe mencionar que algunas de ellas no presentaron valores al realizar el análisis por cada zona de los arrecifes bordeantes.

La figura 3 muestra el porcentaje por grupo de actividades en el análisis general, obteniendo las Indirectas el 38.5 %, le siguen las recreativas con un 29.5 %, mientras que las deportivas/culturales obtuvieron el menor valor 3.2 %.

En la tabla 4 se observa que los tres arrecifes bordeantes presentan más del 20 % de impactos, mientras que aquellos arrecifes costeros (Sacrificios, Cancuncito y Enmedio), donde también se realizan actividades y se encuentran más expuestos por su cercanía a la costa no sobrepasan el 10 %. Es el arrecife de Enmedio el que obtuvo el mayor porcentaje de impactos (9.4 %) de los arrecifes costeros, mientras que el arrecife bordeante con el mayor porcentaje de impactos fue Gioté (35.9 %).

En la tabla 5 se muestran en negritas los valores de los impactos totales que tienen porcentajes mayores a la media (3.3) en los seis arrecifes. Del grupo de Recreativas: manejo de embarcaciones privadas que realizan viajes hacia el bajo “cancuncito” e isla de Enmedio; del grupo Económicas: Hoteles/Casas y restaurantes/palapas; del grupo In-

Tabla 3. Grupos y actividades identificadas

Grupo	Actividad
Recreativas	Caminatas
	Correr
	Ciclismo-Patinaje
	Paseo con animales
	Fotografías
	Manejo de embarcaciones: recreativo y turísticos
	Bañistas
	Socializar
	Fondeadero de lanchas
	Pesca
Deportivas/	Temporales: Buceo, Competencias
Culturales	Clases, entrenamientos, conciertos
Económicas	Vendedores ambulantes
	Transporte publico
	Hoteles /casas
	Restaurantes/palapas
Limpieza	Manejo de lanchas (buceo)
	Limpia pública o por locatarios
	Recolección de plástico
Indirectas	Recolección de heces de animales
	Contaminantes: metales;
	Plásticos; Aguas residuales;
	Parásitos/microorganismos;
	Construcciones; Escolleras;
Mirador; Palapas; Muelles;	
Embarcadero de lanchas.	

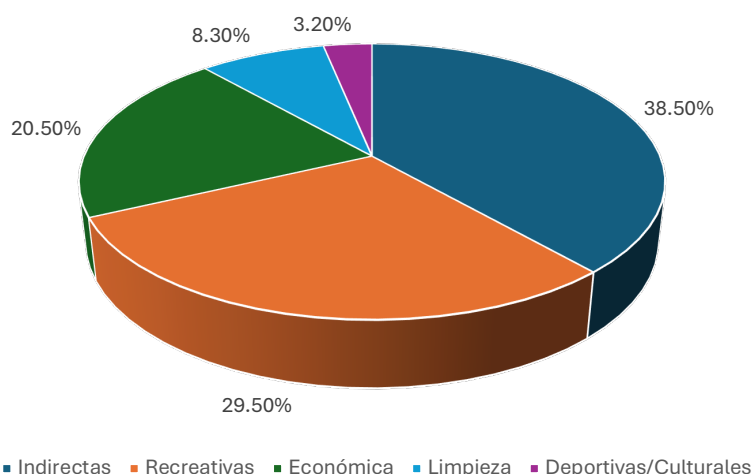


Figura 3. Porcentaje de cada grupo de actividades.

Tabla 4. Porcentaje de impactos por arrecifes.

Arrecife		%
Arrecifes bordeantes	Giote	35.9
	Hornos Fragmento2	24.4
	Ingeniero	21.2
Arrecifes costeros	Enmedio	9.4
	Bajo "Cancuncito"	6.0
	Sacrificios	4.0

directas: las de construcción, estas últimas presentan además los valores más altos del análisis. Cabe hacer notar que solo 13 de los impactos que se presentan en los arrecifes costeros se comparten con las de los arrecifes bordeantes.

El porcentaje por grupo de actividades en los tres arrecifes bordeante se muestra en la tabla 6. Son las Indirectas y las Recreativas las de mayor porcentaje, mientras que las deportivas/culturales obtuvieron el porcentaje de menor valor.

Los impactos para cada arrecife bordeante fueron 28 y se muestran en la tabla 7. En negritas se resaltan los porcentajes de los impactos mayores a la media, estos son: De las actividades Recreativas: la pesca y los bañistas; de las actividades Deportivas/culturales: las deportivas; de las actividades económicas: Hoteles/Casas y restaurantes/palapas; de las actividades Indirectas: los contaminantes y las construcciones. De los tres arrecifes, Giote presenta los mayores valores porcentaje, pero en dos grupos de actividades: las Económicas; Restaurantes/palapas y en las Indirectas; Construcciones (palapas).

Comparando los dos componentes, el marino tiene el mayor porcentaje de impactos, por arrecifes, los tres presentan entre 40-50 impactos totales, siendo Ingenieros el arrecife más impactado. Por zonas del componente marino, es la zona litoral la de mayor número de impactos, mientras que, la cresta arrecifal presenta valores de 1-0 (tabla 8).

Tabla 5. Total de impactos, porcentaje de cada impacto y porcentaje por grupo en los 6 arrecifes analizados.

Grupos	Impactos	Arrecifes bordeantes	Arrecifes costeros	Impactos totales	% Impactos
Recreativas	Caminatas	3	1	4	2.6
	Correr	3	0	3	1.9
	Ciclismo-Patinaje	1	0	1	0.6
	Paseo con animales	3	2	5	3.2
	Fotografías	3	2	5	3.2
	Manejo de embarcaciones privadas	3	3	6	3.8
	Paseos turísticos	2	3	5	3.2
	Bañistas	3	2	5	3.2
	Socializar	3	0	3	1.9
	Fondeadero de lanchas	2	2	4	2.6
	Pesca	3	2	5	3.2
Deportivas/ culturales	Actividades Deportivas	2	0	2	1.3
	Conciertos, Eventos	3	0	3	1.9
Económicas	Vendedores ambulantes	3	0	3	1.9
	Transporte público	2	0	2	1.3
	Hoteles /casas	10	0	10	6.4
	Restaurantes/palapas	12	0	12	7.7
	Manejo de lanchas (buceo)	2	3	5	3.2
Limpieza	Limpia pública	2	0	2	1.3
	Limpia por locatarios	3	2	5	3.2
	Recolección de plástico	3	1	4	2.6
	Recolección de heces de animales	2	0	2	1.3
	Contaminantes: Metales	1	2	3	1.9
	Plásticos	3	2	5	3.2
	Parásitos/microorganismos patógenos	7	0	7	4.5
	Aguas residuales	8	0	8	5.1
Indirectas	Construcciones: Escolleras/muelles	5	2	5	4.5
	Mirador/Torres salvavidas	6	0	6	3.8
	Palapas	11	2	13	8.3
	Embarcadero de lanchas	13	0	13	8.3
	Total		28	13	Media

Tabla 6. Porcentaje de las actividades por arrecife bordeante.

Grupo	Hornos F2 %	Ingeniero %	Giote %
Colindancia	3.8	1.6	4.5
Recreativas	28.3	31.1	28.8
Deportivas/culturales	7.5	8.2	1.5
Económicas	9.4	16.4	33.3
Limpieza	15.1	13.1	4.5
Indirectas	35.8	31.1	31.8

Discusión

De los cinco grupos identificados, el de Indirectas presenta el mayor porcentaje de impacto por la diversidad de construcciones que se presentan sobre el litoral, le siguen las recreativas debido a que el mayor flujo de personas se establece en las playas (zona litoral). En contraparte, las actividades deportivas/culturales, al ser actividades por temporadas, obtuvieron el menor valor; sin embargo, cuando se presenta el flujo de personas puede rebasar la capacidad de carga del arrecife ocasionando un impacto mayor.

A pesar de que los arrecifes costeros se encuentran expuestos a la presión antropogénica por su cercanía a la costa, los bordeantes siguen teniendo la mayor presión debido a que muchas actividades requieren de un entrenamiento previo o representan un gasto económico. El arrecife de Enmedio, aunque no alcanza los valores de los bordeantes, alcanzó el mayor porcentaje de los tres costeros, lo cual se debe al desembarque de personas y al espacio que se tiene para realizar diversas actividades recreativas. En el bajo “cancuncito” también existe desembarque de personas; sin embargo, su condición semisumergida no permite que se realicen

actividades como las que se presentan en el arrecife de Enmedio.

De los arrecifes bordeantes, Giote es el arrecife que obtuvo el mayor porcentaje de impactos en dos grupos de actividades: en las Económicas: Restaurantes/palapas, y las Indirectas: Construcciones. Este porcentaje puede atribuirse a que el arrecife colinda con una zona semiurbana, no hay un control en la construcción de palapas, los vehículos circulan por la zona litoral, las casas no presentan una delimitación clara, la pesca es una actividad importante pero las embarcaciones se encuentran dispersas por toda la zona.

El arrecife Hornos Fragmento Dos, es el segundo con más porcentaje de impactos; colinda con una zona urbana por lo que alcanza valores arriba de la media en cinco grupos de actividades, presentando la mayor diversidad de impactos en comparación con los otros dos arrecifes bordeantes. Esto, concuerda con lo mencionado por Godínez-Ortega *et al.* (2009), al considerarlo como un arrecife antropogénicamente impactado, al observar baja biodiversidad y escaso desarrollo de comunidades coralinas; sin embargo, este arrecife controla el oleaje en temporada

Tabla 7. Impactos, porcentaje de cada impacto y porcentaje por grupo, en cada Arrecife bordeante. HF2=Arrecife Hornos Fragmento Dos, Ing.=Ingenieros.

Grupo	Actividades	Impactos totales			% impactos		
		HF2	Ing.	Giote	HF2	Ing.	Giote
		n	n	n	%	%	%
Colindancia	Dunas	0	0	1	0.0	0.0	1.5
	Vía de transporte publico	1	1	1	1.9	1.6	1.5
	Zona urbana/rural	1	0	1	1.9	0.0	1.5
	Caminatas	2	2	2	3.8	3.3	3.0
	Correr	1	2	2	1.9	3.3	3.0
	Ciclismo-Patinaje	1	1	0	1.9	1.6	0.0
	Paseo con animales	2	2	2	3.8	3.3	3.0
Recreativas	Fotografías	2	2	2	3.8	3.3	3.0
	Manejo de lanchas Recreativo	1	0	2	1.9	0.0	3.0
	Paseos turísticos	0	0	2	0.0	0.0	3.0
	Bañistas	1	4	2	1.9	6.6	3.0
	Socializar	2	2	1	3.8	3.3	1.5
	Fondeadero de lanchas	2	1	1	3.8	1.6	1.5
	Pesca	1	3	3	1.9	4.9	4.5
Deportivas/	Actividades Deportivas	2	3	1	3.8	4.9	1.5
Culturales	Conciertos, Eventos	2	2	0	3.8	3.3	0.0
	Vendedores ambulantes	2	2	2	3.8	3.3	3.0
	Transporte público	1	0	2	1.9	0.0	3.0
	Hoteles /casas	0	5	6	0.0	8.2	9.1
	Restaurantes/palapas	0	2	10	0.0	3.3	15.2
	Manejo de lanchas (buceo)	2	1	2	3.8	1.6	3.0
	Limpia Pública	2	2	1	3.8	3.3	1.5
Económicas	Locatarios	2	2	1	3.8	3.3	1.5
	Recolección plástica por Locatarios	2	2	1	3.8	3.3	1.5
	Recolección heces de animales	2	2	0	3.8	3.3	0.0
	Contaminantes: Metales	1	2	2	1.9	3.3	3.0
	Plásticos	3	3	1	5.7	4.9	1.5
	Parásitos/microorganismos	3	3	0	5.7	4.9	0.0
	Aguas residuales	3	3	2	5.7	4.9	3.0
Indirectas	Construcciones: Escolleras	2	1	1	3.8	1.6	1.5
	Mirador/Torres salvavidas	6	1	0	11.3	1.6	0.0
	Palapas	0	4	10	0.0	6.6	15.2
	Embarcadero de lanchas	1	2	5	1.9	3.3	7.6
	TOTAL	28	28	28	3.8	3.3	3.0

Tabla 8. Total de impactos en las diferentes zonas del arrecife bordeante.

Componentes	zonas del Arrecife bordeante	Arrecife Hornos Fragmento Dos	Arrecife Ingeniero	Arrecife Giotte
Terrestre	Colindancia	17	15	13
	Litoral	20	22	20
Marino	laguna arrecifal	6	9	8
	Arrecife Posterior	1	3	2
	Cresta arrecifal	0	1	1
Total, de Impactos		44	50	44

de Nortres protegiendo la línea costera y la fauna marina (Campos-Vázquez, 1999; Secaria *et al.*, 2017).

El arrecife Ingeniero es de fácil acceso por lo que las personas se congregan o lleven sus mascotas frecuentemente, si bien, hay un servicio de limpieza para recoger la basura, no cuentan con servicios sanitarios, registrándose formas parasitarias y sanitarias (Sánchez-Domínguez, 2015; Neyra *et al.*, 2018; Salcedo *et al.*, 2023).

De las zonas del componente marino de los arrecifes bordeantes, es el Litoral el que presenta mayor número de impactos; sin embargo, varía de acuerdo con la colindancia que presente, es decir, el arrecife Hornos Fragmento Dos e Ingeniero se ubican en una zona urbana desarrollada, mientras que el arrecife Giotte se ubica en una zona semiurbana. En contra parte la cresta arrecifal es la menos impactada por que no es de fácil acceso.

Otras problemáticas relacionadas con las actividades antropogénicas en los arrecifes bordeantes, es la presencia de metales en agua y sedimento (Rosales-Hoz *et al.*, 2007; Domínguez-Castañedo *et al.*, 2014; Zamudio-Alemán *et al.*, 2014) ya que estos arreci-

fes funcionan como almacenadores de contaminantes por presentar lagunas arrecifales que acumulan sedimentos finos (Kennedy & Woodroffe, 2002; Valdés & Sifeddine, 2009). Al respecto, existen trabajos que han tratado de utilizar biorremediación para disminuir la concentración de contaminantes comunes en zonas con alta actividad portuaria tal es el caso de los hidrocarburos presentes en el litoral de los arrecifes Hornos Fragmento Dos e Ingeniero (Sandoval-Herazo *et al.*, 2020).

Asimismo, el aumento de nutrientes que genera florecimientos algales nocivos puede estar asociados a escorrentías y a la deficiencia en el tratamiento de aguas residuales (Aké-Castillo *et al.*, 2014). En efecto, los drenajes de aguas residuales y de las aguas pluviales descargan en la zona litoral de los arrecifes bordeantes, o en la laguna arrecifal.

Antes de llevar a cabo la restauración, es necesario disminuir los factores de estrés a los que están sometidos, los cuales, se pueden mitigar con esfuerzos de manejo a nivel local (García *et al.*, 2018; Zepeda-Centeno *et al.*, 2018). Por ello, es necesario establecer acciones para la conservación, recuperación y/o regularización de estos arrecifes

bordeantes, lo cual podría mejorar la calidad de agua y sedimentos marinos que influyen en el desarrollo de los arrecifales adyacentes

coadyuvando en la conectividad del Sistema Arrecifal Veracruzano con otros sistemas arrecifales.

Consideraciones finales

Los arrecifes bordeantes del SAV son de gran valor científico; sin embargo, la información que existe en los ámbitos fisicoquímico, biológico, médico, ecológico y oceanográficos es escasa, lo cual genera un espacio de oportunidad para su estudio. Estos arrecifes, a diferencia de los demás arrecifes del PNSAV, habitan en condiciones ambientales poco

convencionales y están expuestos constantemente a la presión antropogénica. Si a esto se suman los servicios ecosistémicos que proporcionan, es necesario comprender su beneficio para generar acciones que coadyuve a su recuperación, conservación y protección antes de que se pierdan.

Literatura citada

- Aké-Castillo, J.A., Y. Okolodkov, C. Rodríguez-Gómez, & G. Campos-Bautista, 2014. Florecimientos algales nocivos en Veracruz: especies y posibles causas. pp. 133-146. In: A.V. Botello., J. Rendón von Osten., J.A. Benítez & G. Gold-Bouchot (eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. México: UAC, UNAM-ICMyL, CINVESTAV-Mérida. https://www.researchgate.net/profile/Yuri-Okolodkov/publication/270453711_Florecimientos_algales_nocivos_y_contaminacion_en_Veracruz_especies_y_posibles_causas_2002-2013/links/54ab6a870cf2ce2df668dd27/Florecimientos-algales-nocivos-y-contaminacion-en-Veracruz-especies-y-posibles-causas-2002-2013.pdf
- Bernal-Ramírez, R.G. & A. Granados-Barba, 2008. Caracterización del litoral veracruzano comprendido entre Punta Gorda y Barrancónes, Ver. XV Congreso Nacional de Oceanografía, y II Reunión Internacional de Ciencias Marinas. Boca del Río, Veracruz.
- Campos-Vázquez, C., L. Carrera-Parra, N. González, & S. Salazar-Vallejo, 1999. Criptofauna en rocas de Punta Nizuc, Caribe mexicano y su utilidad como biomonitor potencial. *Revista de Biología Tropical*, 47(4):799-808. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400017&lng=en&nrm=iso
- Cataneo-Nieto, A., K. Arvizu-Coyotzi, A. Granados-Barba, R. Castañeda Chávez & R. Bernal-Ramírez, 2019. Cambios en el litoral de la zona metropolitana de Veracruz. Temas selectos de vulnerabilidad costera en el estado de Veracruz. México: Universidad Autónoma de Campeche. Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX).67-69. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Temas+selectos+de+vulnerabilidad+costera+en+el+estado+de+Veracruz&btnG=
- CONANP, 2017. Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

- DOF (Diario Oficial de la Federación), 2017. Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Parque Nacional la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano. Publicado el 22 de mayo del 2017. Disponible en línea en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5483733&fecha=22/05/2017#gsc.tab=0
- Domínguez-Castanedo, N., A. Granados-Barba, R. Rojas-López & V. Solís-Weiss, 2014. Metales pesados en sedimentos de la plataforma interna en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 563-578. In: Botello, A.V., J.R. von Osten, J.A., Benítez, G. Gold-Bouchot (eds). Golfo de México. Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias.
- García, M.T., M. Ascencio & E. González, 2018. Aplicación de estándares de certificación para el diagnóstico y gestión de playas. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, Morelia. https://www.researchgate.net/publication/327663897_APLICACION_DE_ESTANDARES_DE_CERTIFICACION_PARA_EL_DIAGNOSTICO_Y_GESTION_DE_PLAYAS
- Godínez-Ortega, J.L., P. Ramírez-García & K. Pedraza-Venegas, 2009. Cambios en la flora béntica de arrecife Hornos (Veracruz, México). *TIP Revista Especializada Ciencias Químicas y Biológicas*, 12(2):59-65. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=25241>
- Gutiérrez-Ruiz, C., M. Román-Vives, C. Vergara, & E. Badano, 2011. Impact of anthropogenic disturbances on the diversity of shallow stony corals in the Veracruz Reef System National Park. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1):249-260. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v82n1/v82n1a22.pdf>
- Hernández, M.A., G. Abril & A. Yáñez, 1999. Guía de análisis de impactos y sus fuentes en áreas naturales. Nature Conservancy. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2019000200270&script=sci_arttext
- Kennedy, D.M., & C. Woodroffe, 2002. Fringing reef growth and morphology: a review. *Earth-Science Reviews*, 57(3-4):255-277. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00077-0](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00077-0)
- Lara, M., C. Padilla, C. García, & J. Espejel, 1992. Coral reef of Veracruz Mexico I. Zonation and community. Pp. 535-544. In: Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium, Vol. 1, Guam: University of Guam Press.
- Liaño-Carrera, F., T. Camarena-Luhrs, A. Gómez-Barrero, F. Martos-Fernández, J. Ramírez-Macias, & D. Salas-Monreal, 2019. New coral reef structures in a tropical coral reef system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2):270-281. <http://dx.doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-7>
- Neyra, E.M., J. Cigarroa, M. Méndez, S. Zuno, A. Zamarripa, M. Romero & G. Delavequia, 2018. Amibas de vida libre en playas de Tuxpan y Arrecife Ingeniero, Veracruz, México. *Revista de Zoología*, (29):1-5. <https://www.redalyc.org/journal/498/49855322001/49855322001.pdf>
- Ortiz-Lozano, L., A. Granados-Barba, & I. Espejel, 2009. Ecosystemic zonation as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Mexico. *Ocean Coastal Management*, 52(6):317-323. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004>
- Ortiz-Lozano, L., V. Valadez-Rocha, & S. Hayasaka-Ramírez, 2015. Influencia histórica de la ciudad y puerto de Veracruz sobre el Sistema Arrecifal Veracruzano, Pp. 1-18. In: Granados-Barba, A., L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp. <https://epomex.uacam.mx/view/download?file=14/Aportes%20al%20Conocimiento%20del%20Sistema%20Arrecifal%20Veracruzano.%20Hacia%20el%20Corredor%20>

- Arrecifal%20del%20Suroeste%20del%20Golfo%20de%20Me%CC%81xico.pdf&tipo=paginas
- Ortiz-Lozano, L., C. Colmenares-Campos, & A. Gutiérrez-Velázquez, 2018. Submerged coral reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management. *Ocean & Coastal Management*, 158:11-23. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.012>
- Ortiz-Lozano, L., 2018b. Arrecifes sumergidos en Veracruz. Ciencia y Luz. Universidad Veracruzana, 1 de mayo de 2018. 188-CYL-010518.pdf
- Ortiz-Lozano, L., H. Pérez-España, A. Granados-Barba, C. González-Gándara, A. Gutiérrez-Velázquez, & J. Martos, 2013. The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86:22-32. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.006>
- Pichon, M., 1981. Dynamic aspects of coral reef benthic structures and zonation. In: Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, 1:581-594.
- Rosales-Hoz, L., A. Carranza-Edwards, A., & O. Celis-Hernández, 2007. Environmental implications of heavy metals in surface sediments near Isla de Sacrificios, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78, 353-357. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9125-7>
- Salcedo-Garduño, M.G., C. Reyes-Velázquez, I. Galaviz-Villa, R. Castañeda-Chávez, F. Lango-Reynoso, & C. Camacho, 2023. Presencia de formas parasitarias de importancia zoonótica en arena de playas que inciden en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiológica*, 33(2). <https://doi.org/10.24275/hioo7870>
- Sánchez-Domínguez, B., A. Granados-Barba, R. Castañeda-Chávez, & R. Bernal-Ramírez, 2015. Enterococci presence in interstitial water in intertidal areas of sandy beaches from Veracruz-Boca del Río, Gulf of México. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=enterococci-presence-in-interstitial-water-in-intertidal-areas-of-sandy-beaches-from-v&btnG=
- Zamudio-Alemán, R.E., R. Castañeda-Chávez, F. Lango-Reynoso, I. Galaviz-Villa, I. Amaro-Espejo, I., & L. Romero-González, 2014. Metales pesados en sedimento marino del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(4):159-168.
- Valdés, J. & A. Sifeddine, 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(2):131-141. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2009000200002&script=sci_arttext
- Zepeda-Centeno C., I. Mariño-Tapia, E. McLeod, R. Rodríguez-Martínez, L. Álvarez-Filip, A. Banaszak, M. Escudero-Castillo, R. Silva-Casarín, E. Mendoza-Baldwin, M. Beck, & E. Shaver, 2018. Guía de manejo y restauración de arrecifes para mejorar la protección costera: recomendaciones para aplicación global basadas en lecciones aprendidas en México. The Nature Conservancy, México. 60 pp. 28-37_Producers_SPR18_js.indd (reefresilience.org)
- Sandoval-Herazo, E., V. Saucedo-Rivalcoba, B. Gutiérrez-Rivera, R. Hernández-Martínez, & M.A. Lizardi-Jiménez, 2020. Diagnóstico de la contaminación por hidrocarburos en playas de Veracruz y biorreactores airlift como propuesta de remediación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(3):1227-1241. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio851>
- Secaira, F. & C. Acevedo, 2017. Importancia de los arrecifes y dunas en la protección de la costa. Serie técnica. El papel de los sistemas naturales en la dinámica costera en el caribe mexicano y el impacto de las actividades humanas en su condición actual. The Nature Conservancy, México.

Vicente-Martorell, J.J., 2010. Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa. Tesis Doctorado. <https://rodin.uca.es/handle/10498/15776>