
*ARRECIFES
SUMERGIDOS EN EL
CORREDOR ARRECIFAL
DEL SUROESTE DEL
GOLFO DE MÉXICO.*

SEGUNDO INFORME

Arrecifes sumergidos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Segundo Informe

Autores:

Ortiz-Lozano Leonardo

Gutiérrez-Velázquez Ana Lilia

Colmenares-Campos Clarissa

Aja-Arteaga Aileen

Ramos-Castillo Victoria

Olivera-Vázquez Lorena

1. Análisis y Síntesis de Zonas Costeras, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.
2. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México.

-
3. Posgrado en Ecología y Pesquerías, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

Índice

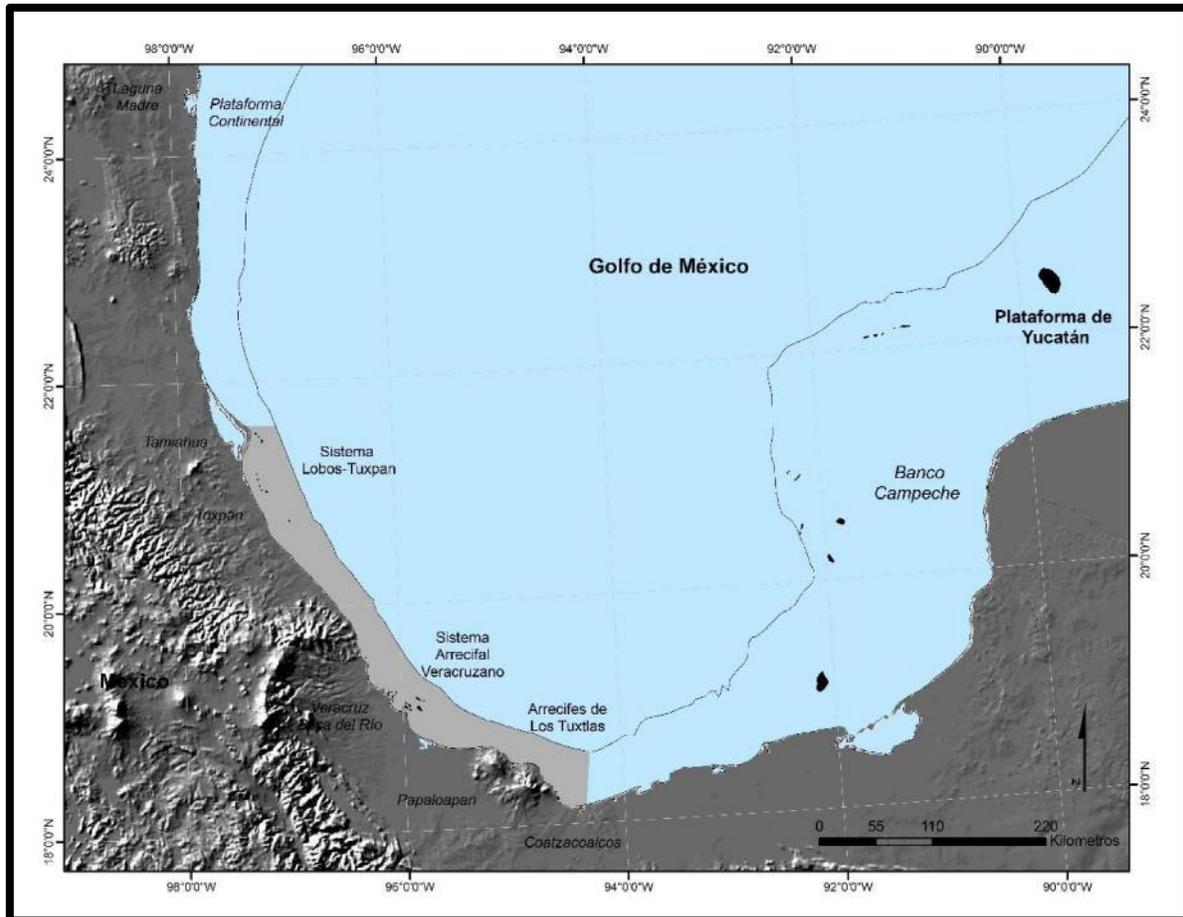
Agradecimientos	4
Introducción	5
Metodología	8
Resultados	9
3.1 Arrecifes sumergidos en la Zona Norte del Corredor Arrecifal	12
Discusión	49
Sobre la conformación de los Sistemas Arrecifales	49
Sobre las amenazas	50
Sobre la protección y conservación de arrecifes	55
Literatura Citada	57

Agradecimientos

La realización de esta investigación fue posible gracias al apoyo y sabiduría de los pescadores de Barra de Corazones, Tamiahua, Tecolutla, Antón Lizardo y Salinas, así como a Dorado Buceo, a Puerto Lobos Dive Camp y a Cipriano Anaya Cruz, quienes proporcionaron información valiosa para la presente investigación. También agradecemos al Dr. Carlos González Gándara por las imágenes proporcionadas. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Paul M. Angell Family Foundation por apoyar este proyecto que busca seguir conociendo y protegiendo el patrimonio natural del Golfo de México.

Introducción

El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) está conformado por tres sistemas de arrecifes coralinos y coralinos rocosos que presentan una gran heterogeneidad morfológica y ambiental.



Desde el año 2013, el planteamiento de la existencia de este corredor ecológico ha motivado la búsqueda y registro de estructuras arrecifales no reportadas a nivel científico ni legal en la plataforma continental frente al estado mexicano de Veracruz. Teniendo como antecedente las exploraciones realizadas por la Universidad Veracruzana en la zona norte del CASGM (Martos, 2007), la presencia de arrecifes de tipo sumergido ha permitido entender que los grandes sistemas arrecifales que lo conforman no se encuentran aislados geográficamente, sino que constituyen un continuo de

formaciones arrecifales de origen coralino, rocoso y de dunas sumergidas que se extienden a lo largo de 500 km.

Esta diversidad de ambientes, en conjunto con los arrecifes de plataforma emergidos y los arrecifes bordeantes, constituyen un patrimonio ambiental que incluye hasta la fecha alrededor de 100 diferentes arrecifes registrados, demostrando la importancia que la conservación de éstos representa para el bienestar alimenticio y para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones costeras ante los variados fenómenos meteorológicos que afectan esta región del Golfo de México, es decir, de los servicios ambientales que proveen.

El presente informe pretende darle continuidad a los hallazgos presentados en el documento titulado *El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Retos y oportunidades para su protección*. Por lo tanto, se reportan los resultados de las exploraciones llevadas a cabo en diversos puntos del Corredor Arrecifal entre agosto de 2018 y junio de 2019. Dichas exploraciones tuvieron el objetivo de aumentar el inventario de estructuras arrecifales sumergidas en la zona norte y centro de la plataforma continental frente al estado de Veracruz.

Arrecifes sumergidos

Los arrecifes coralinos sumergidos (ACS) se formaron durante los períodos geológicos de menor nivel del mar, y actualmente tienen poca o ninguna acumulación moderna de corales de crecimiento rápido.

Se cree que estos arrecifes quedaron sumergidos como resultado de las condiciones ambientales adversas asociadas con el aumento del nivel del mar durante la última desglaciación (Abbey & Webster, 2011). A diferencia de los arrecifes emergidos, los sumergidos carecen de la zonación típica establecida para los arrecifes, es decir, no cuentan con una cresta arrecifal y carecen de una laguna interna.

Los ACS se encuentran en las plataformas continentales de las regiones tropicales del mundo, a diferentes profundidades que van desde unos pocos metros hasta más de 150. Debido a esto, tales estructuras generalmente no son visibles en fotografías aéreas o imágenes de satélite (Harris *et al.*, 2013) ni son perceptibles cuando se navega por la superficie del mar ya que no presentan zonas de rompiente de olas.

En la porción norte del Golfo de México, se han descubierto varios ACS, siendo los Flower Banks los más prominentes y estudiados, los cuales tienen profundidades entre 36 y 52 metros (Parker & Curray, 1956; Moore *et al.*, 1960; Bright *et al.*, 1984). También se conoce la presencia de este tipo de ambientes en aguas poco profundas en la plataforma continental de la península de Florida (Rohmann *et al.*, 2005; Locker *et al.*, 2010).

En el Mar Caribe, se ha informado sobre la presencia de ACS en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (Bongaerts *et al.*, 2010). Estudios recientes han descrito ACS en la península de Yucatán (Blanchon *et al.*, 2017), en Utila, Honduras (Andradi-Brown *et al.*, 2016), República Dominicana (Martínez-Battle *et al.*, 2003) entre otros.

En la plataforma continental frente al estado mexicano de Veracruz, donde se ubica el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México, se ha reportado la presencia de ACS en las inmediaciones de algunos arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (Emery, 1963; Tunnell, 2007). Sin embargo, es hasta hace pocos años que este tipo de ecosistemas son estudiados y vistos como ambientes relevantes, lo que ha extendido su búsqueda y estudio tanto en el Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, como en el Sistema Arrecifal Veracruzano y zonas intermedias.

1. Metodología

La ubicación e identificación de estructuras arrecifales sumergidas se llevó a cabo en dos zonas del Corredor Arrecifal: la zona norte y la zona centro (Fig. 1). La información sobre los sitios a explorar se obtuvo a partir de puntos de pesca proporcionados por pescadores de Tamiahua, Tecolutla, Antón Lizardo y Salinas. En la región norte se contó además con información de un prestador de servicios de buceo deportivo en la localidad de Tamiahua.

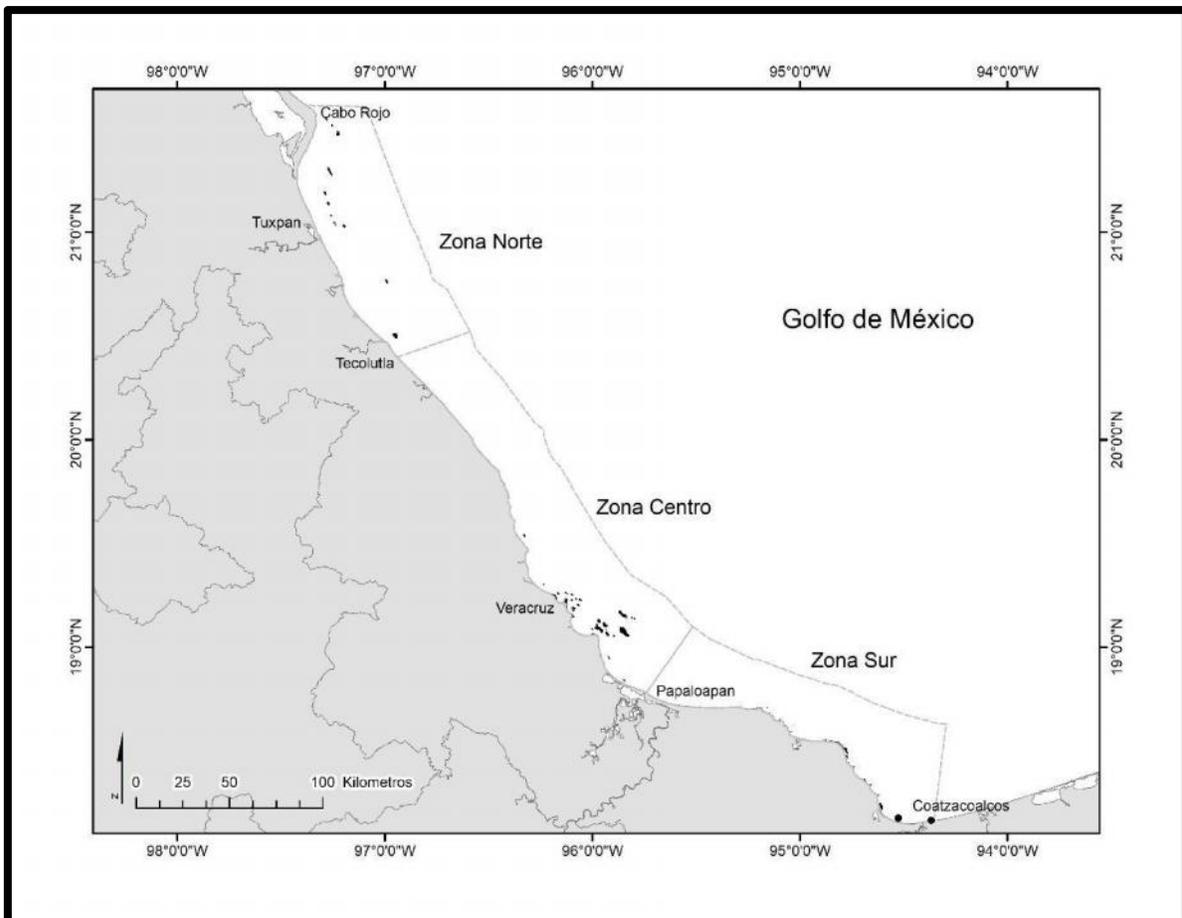


Figura 1. Zonas del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Con las coordenadas geográficas obtenidas de estos informantes, se realizaron visitas de campo que consistieron en la búsqueda de estructuras sumergidas en los puntos y zonas aledañas. Para ello, se utilizó una ecosonda

monohaz montada en las embarcaciones con motor fuera de borda. Con este instrumental, se realizaron recorridos en zigzag en las zonas reportadas, obteniéndose datos de profundidad, latitud y longitud cada metro. En los sitios donde se observaron elevaciones significativas del lecho marino, se realizaron buceos con equipo SCUBA para determinar la naturaleza de las estructuras detectadas, verificando que se tratara de arrecifes sumergidos.

Los datos obtenidos en sitios de identificación positiva, fueron procesados en los software HOMEPOR, SURFER y ArcGis. A partir de ello se construyeron modelos batimétricos que permitieron modelar la estructura geomorfológica de cada arrecife y construir los polígonos correspondientes. Para cada arrecife identificado se realizaron perfiles morfológicos y topográficos, y se determinaron sus dimensiones.

2. Resultados

A partir de este método fue posible la identificación de ocho estructuras arrecifales de tipo sumergido (Tabla 1). Seis de ellas, ubicadas en la porción norte del Corredor, son de origen coralino. Éstas se encuentran en las inmediaciones del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan; salvo el caso de una de ellas, el resto se encuentran fuera de las poligonales de protección. Las dos restantes se ubicaron en la región central, al sur de la poligonal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y están conformadas por arrecifes no coralinos y de origen, hasta el momento, incierto.

Tabla 1. Métricas de los Arrecifes sumergidos identificados en las zonas Norte y Centro del Corredor Arrecifal Veracruzano.

#	Arrecife	Centroide		Área Total	Perímetro	Eje Morfológico	Eje Topográfico	Prof. Min (m)	Prof. Max (m)	Autores
		Latitud	longitud							
1	Corazones	21.291328	-97.263815	237.18	10.62	0.756	4.7	17	28	Este trabajo
2	Oro Verde	21.185002	-97.28532	161.789	5.364	1.049	2.094	11	24	Este trabajo
3	Pantepec N	21.0444373	-97.24086	100.990	4.790	1.003	1.324	14	25	Este trabajo
4	Pantepec S	21.034532	-97.235121	47.107	3.300	0.668	1.030	17	26	Este trabajo
5	Blake	20.763136	-96.990064	124.487	5.018	0.787	2.229	9	30	Martos, 2010
6	Piedras Altas	20.501137	-96.948018	388.130	9.550	2.030	2.795	19	32	Este trabajo
7	Camaronera	18.841295	-95.845933	0.394467	.607	0.071	0.0948	14.6	17.4	Este trabajo
8	Los Gallos	18.953194	-95.843018	38.01	3.202	.704	.731	22	25.2	Este trabajo

3.1 Arrecifes sumergidos en la Zona Norte del Corredor Arrecifal

La zona norte del Corredor Arrecifal abarca desde Cabo Rojo hasta la desembocadura del río Tecolutla (Fig. 2). En esta zona se encuentra el Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (SALT), que oficialmente está conformado por 6 arrecifes emergidos y uno sumergido. Esta zona fue declarada desde 2009 por el Gobierno Federal Mexicano como un Área Natural Protegida con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF-SALT). Al sureste de la misma, se encuentra el arrecife sumergido Blake, el cual se incluye en este informe, pero ya había sido reportado previamente en trabajos académicos (Martos, 2010)

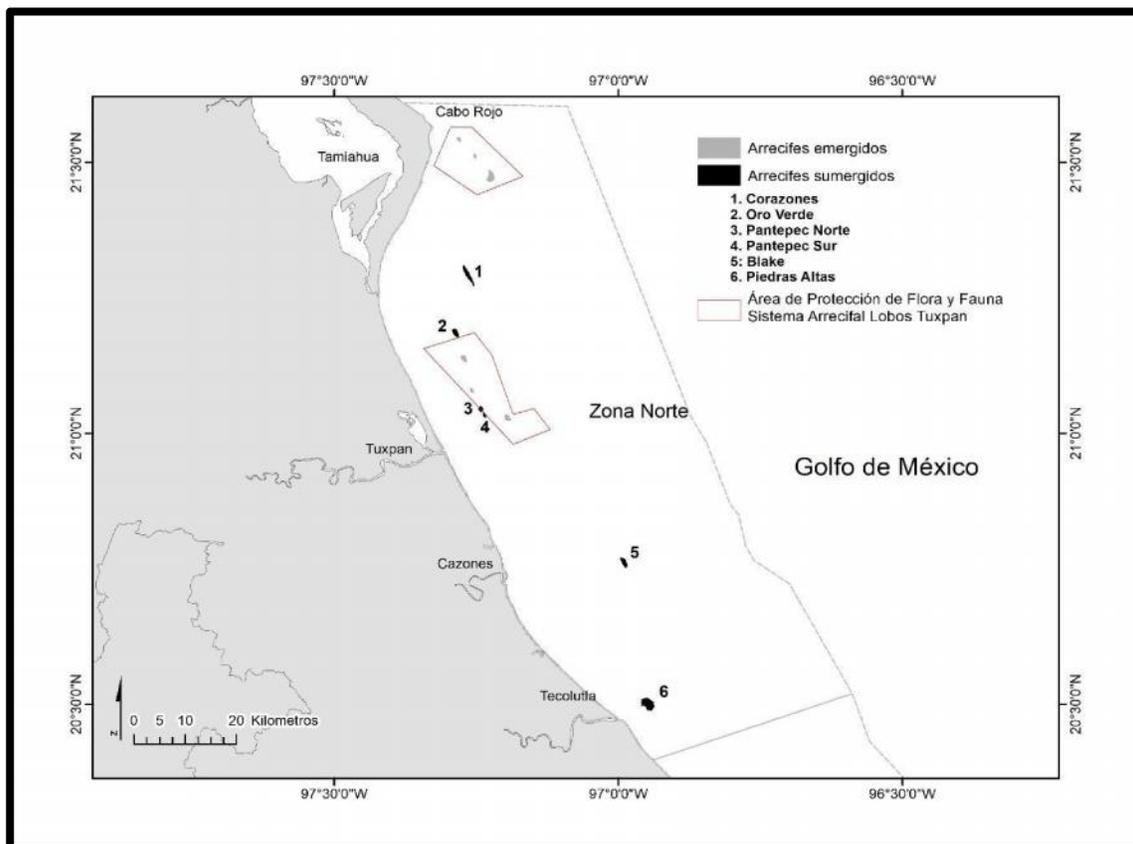


Figura 2. Arrecifes Sumergidos en la Zona Norte del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Durante las exploraciones realizadas en este proyecto, fue posible identificar y hacer levantamientos batimétricos de cinco estructuras sumergidas. Dos de ellas, Oro Verde y Pantepec Norte ya eran conocidas antes de este proyecto, sin embargo, no se contaba con levantamientos batimétricos sistemáticos de las mismas y se desconocían sus dimensiones reales.

Arrecife Corazones

En la zona ubicada entre las dos poligonales que conforman el APFF-SALT se obtuvieron reportes de un prestador de servicios turísticos de buceo deportivo sobre la presencia de un “bajo” que podría tratarse de un arrecife sumergido. Con apoyo de pescadores de Tamiahua, quienes también conocían el sitio, se localizó esta estructura arrecifal. A 16 km de la boca de la laguna de Tamiahua, este arrecife de origen coralino tiene unas dimensiones poco comunes dentro de todo el Corredor Arrecifal. Su longitud, de 4.7 km, lo convierte en el arrecife más largo conocido hasta el momento en todo el CASGM y con la mayor relación Largo-Ancho (6.21) de todos los arrecifes sumergidos conocidos. Su forma es alargada, con una orientación noroeste-sureste, y tiene un ancho máximo de 0.756 km (Fig. 3, Tabla 1). Abarca una superficie de al menos 237.18 ha. La profundidad mínima es de 18 m y la máxima de 28.

Su eje morfológico presenta una forma de campana, sin existir una zonación clara entre barlovento y sotavento. Por el contrario, el eje topográfico (noroeste-sureste), presenta una zona más somera en la parte noroeste y más profunda y plana en la parte sureste.

Durante las inmersiones con equipo *scuba*, se pudo apreciar que la zona más somera presenta una baja cobertura de coral vivo, estando dominado por la presencia de macroalgas (Figs. 4-9). La parte más profunda, ubicada al sur del arrecife, presenta una alta sedimentación, dominando en el paisaje las macroalgas, esponjas, hidrozoarios y corales blandos, con escasas colonias de coral.

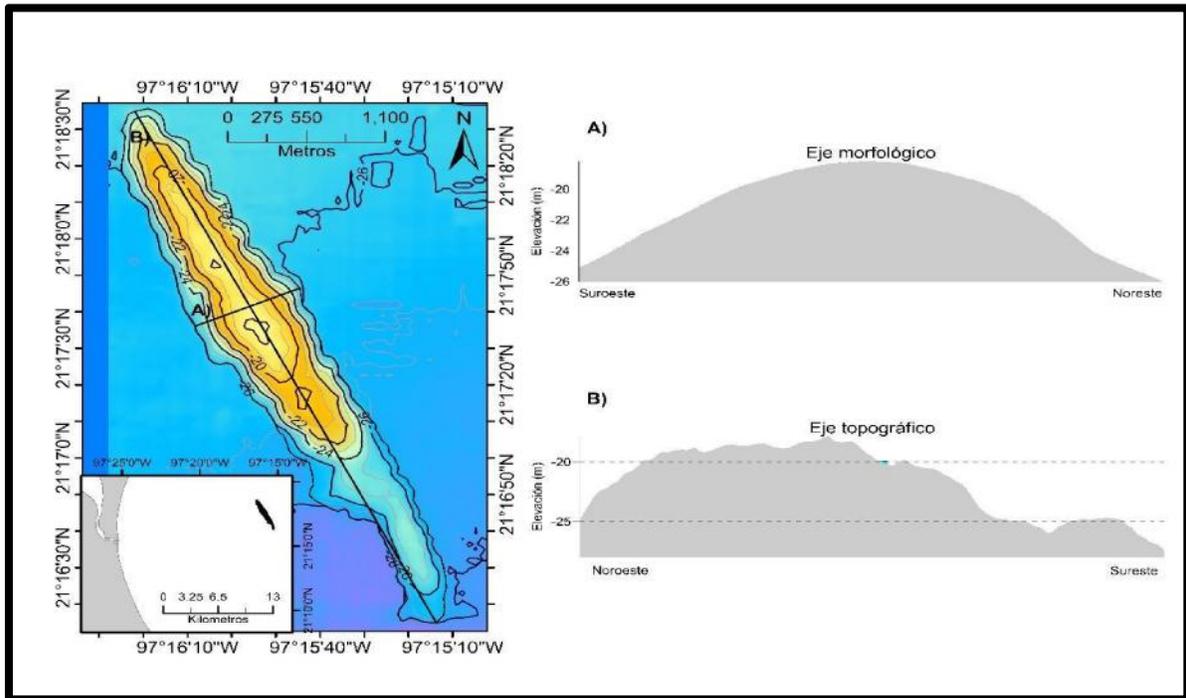


Figura 3. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Corazones.

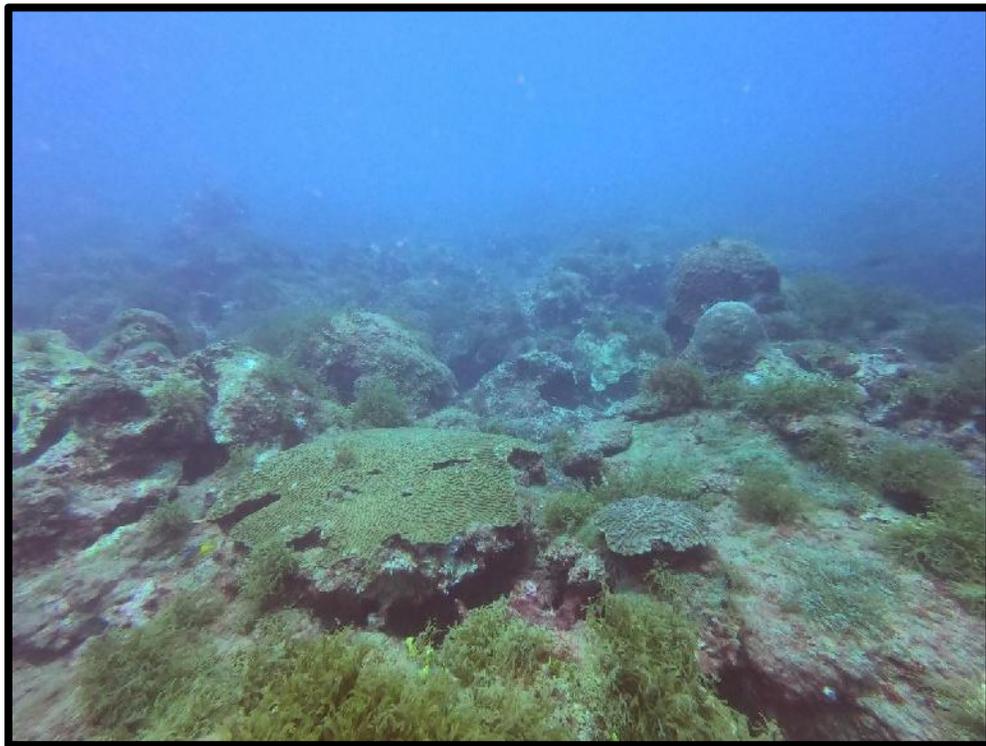


Figura 4. Sustrato coralino conformado por macroalga, tapete algal, alga coralina y escleractinios.



Figura 5. Se aprecia un *Holacanthus ciliaris* (ángel reina) y el sustrato conformado por macroalga, alga coralina y sedimento.

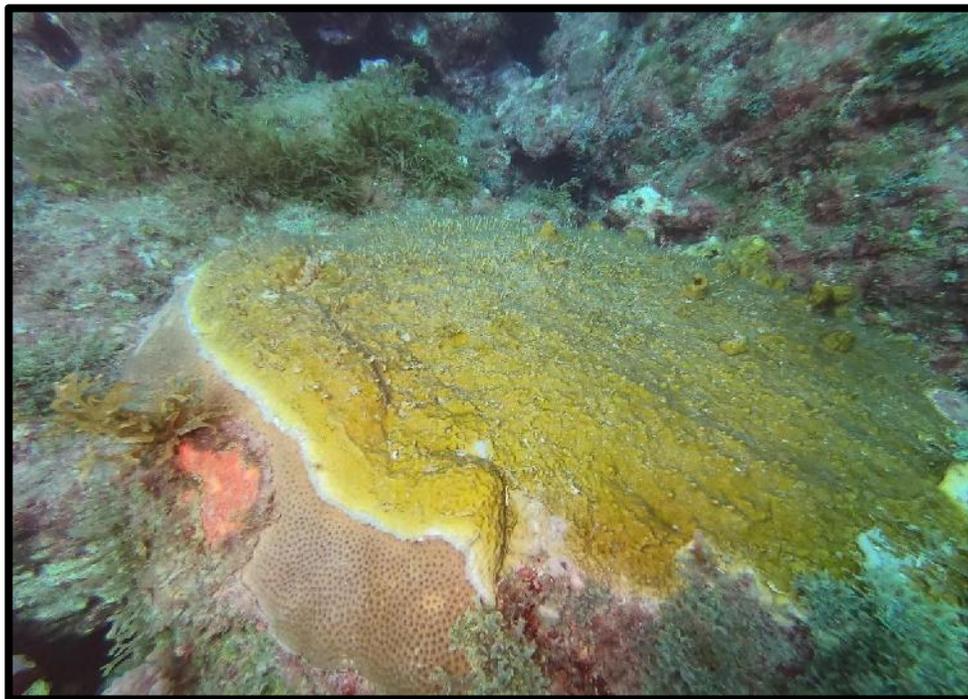


Figura 6. Coral *Siderastrea* siendo cubierto por una esponja encostrante.



Figura 7. *Montastraea cavernosa* y alrededor macroalga y sedimento fino.



Figura 8. Coral *Scolymia cubensis* con una coloración rojo brillante.



Figura 9. Se aprecia un *Colpophyllia natans*, *Dictyota* (macroalga) y una esponja globular.

Arrecife Oro Verde

Este arrecife se localiza a casi 4 km al noroeste del arrecife emergido Tanhuijo. Su presencia es conocida desde 2007 (Maruri-Cruz, 2012). Es un arrecife de tipo coralino, del cual no se contaba con datos batimétricos sistemáticos que permitieran conocer sus dimensiones precisas, aunque en dicho trabajo ya se mostraba una primera aproximación.

De acuerdo con nuestro levantamiento batimétrico (Fig. 10, Tabla 1), este arrecife de tipo coralino tiene una superficie de 161.789 Ha, con un ancho de 1.05 km y un largo de 2.09 km, con una profundidad máxima de -24 m y una mínima de -11 m. Su forma es típica de los arrecifes del SALT, orientado de noroeste a sureste. El eje topográfico (noroeste-sureste), muestra una elevación mayor en la porción noroeste, donde alcanza la profundidad mínima de la estructura arrecifal. Transversalmente, no se aprecia una zonación que diferencie la zona barlovento de la de sotavento.

Los estudios realizados por diversos autores en el sitio, reportan la presencia de por lo menos 19 especies de corales escleractíneos y 35 de esponjas (Maruri-Cruz, 2012; Cortés-Useché, 2014; Cruz-Francisco y Bandala-Pérez, 2016). Este arrecife no está incluido en la poligonal de protección del SALT (Figs. 11-13).

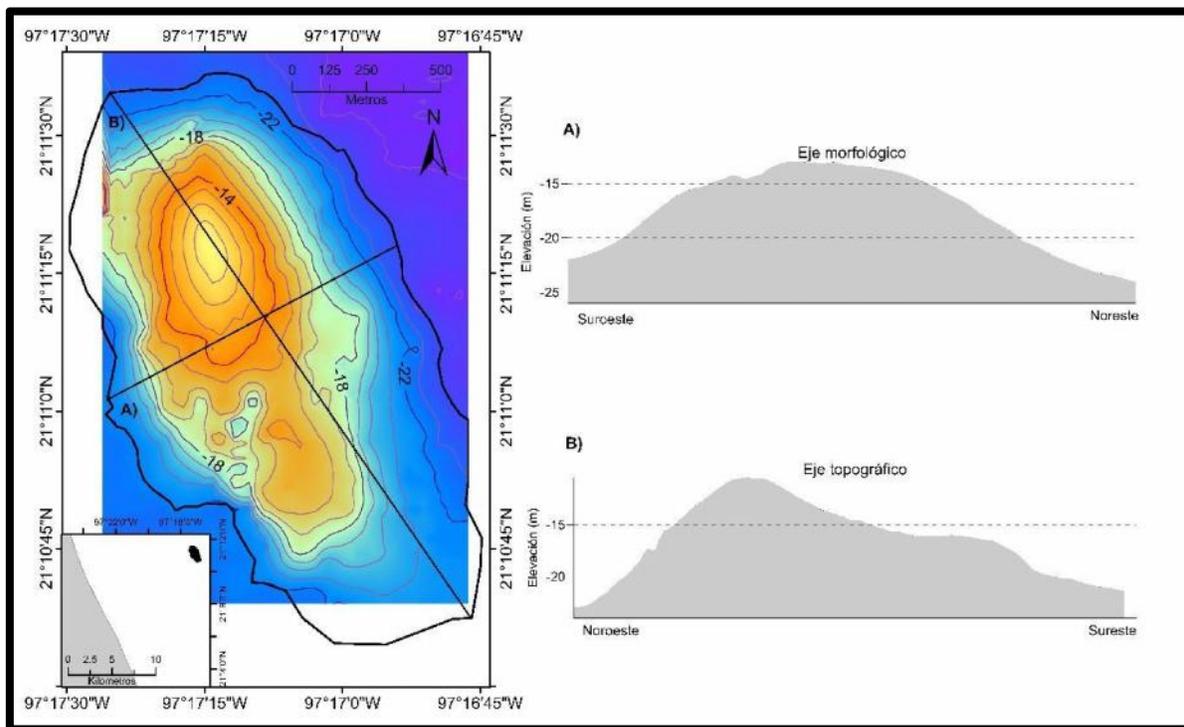


Figura 10. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Oro Verde.



Figura 11. *Bodianus rufus* (pez de coloración amarillo con azul), *Dictyota* y tapete algal cubriendo el sustrato. Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara.



Figura 12. Cobertura coralina conformada por *Siderastrea*, *Colpophyllia natans* y *Montastraea cavernosa*. Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara.



Figura 13. Bentos conformado por tapete algal, sedimento y coral *Siderastrea*. Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara

Arrecife Pantepec Norte

Pantepec Norte es conocido solamente como Pantepec (Conanp, 2014). Se trata de un arrecife coralino, cuyo centroide se encuentra en las coordenadas 21.0444373 lat y -97.24086 long (Fig. 14, Tabla 1). La superficie estimada en nuestro modelo batimétrico es de 100.99 hectáreas, con un perímetro de 4.79 km. El ancho de la estructura es de un kilómetro, y el largo es de 1.3 km. La profundidad mínima es de -14 m y la máxima de -25 m.

Este arrecife está conformado por dos estructuras coralinas reniformes que se unen en la parte central. Morfológicamente es apreciable la presencia de dos promontorios que van de -22 m hasta los -14 m, siendo la parte más profunda la que está orientada hacia barlovento. Por su parte, el eje noroeste-sureste presenta una elevación mayor en la parte noroeste que en la sureste, de forma similar a los demás arrecifes sumergidos de la zona.

De acuerdo con el Programa de Manejo del SALT, el arrecife Pantepec Norte cuenta con al menos 13 especies de corales escleractíneos (CONANP, 2014). (Figs. 15-17). Es necesario considerar que el decreto de creación del APFF SALT no incluye más que la mitad de este arrecife dentro de la poligonal de protección.

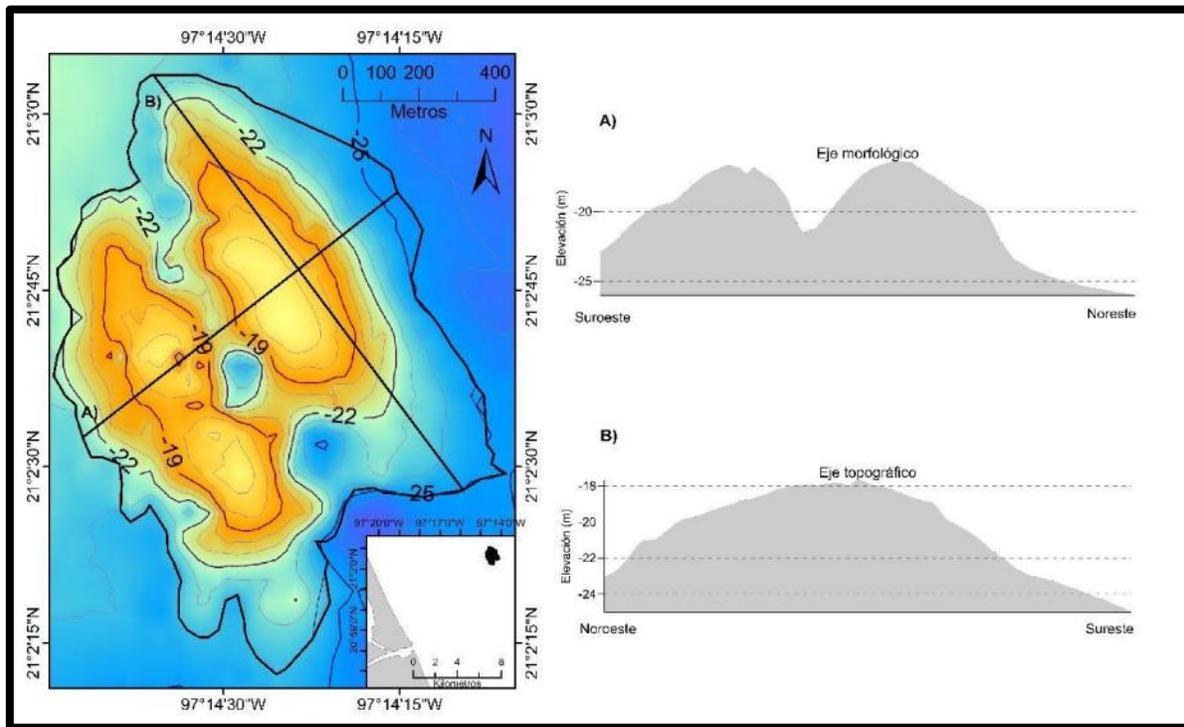


Figura 14. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Pantepec Norte.

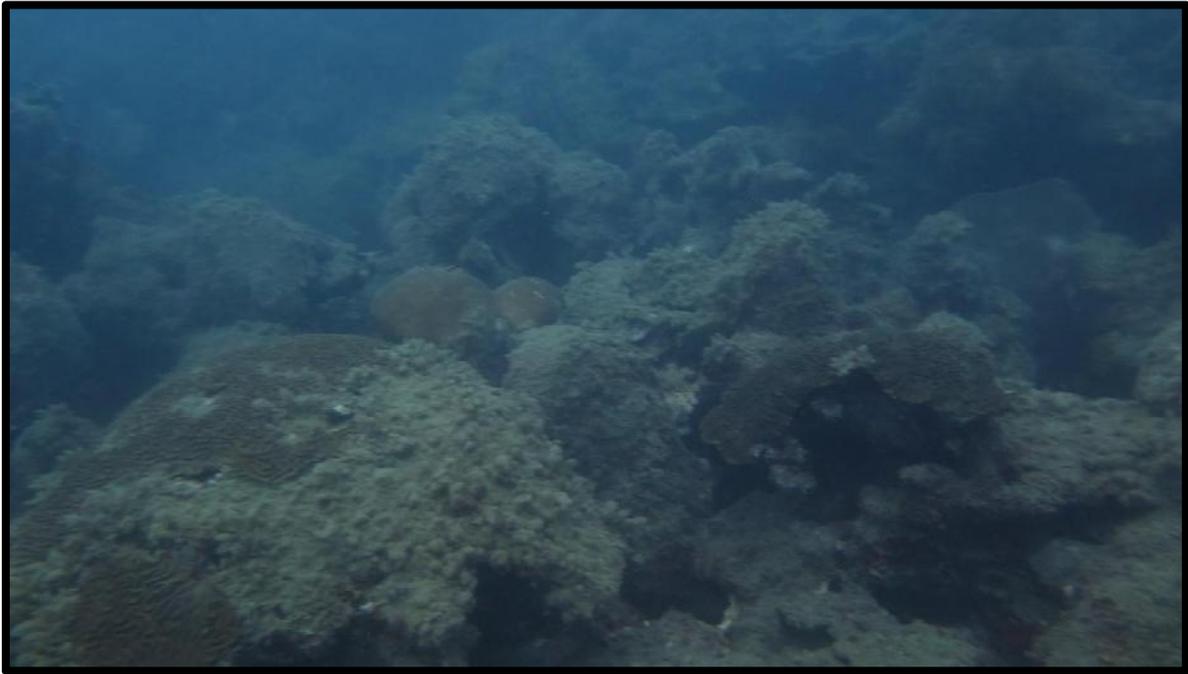


Figura 15. Mayor presencia de sedimento fino y tapete algal. *Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara*



Figura 16. Se aprecian dos especies de peces: *Chromis multilineata*, *Carangoides bartholomaei*. *Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara*



Figura 17. Cobertura coralina principalmente de *Siderastrea sp.* Fotografía proporcionada por el Dr. Carlos González Gándara

Arrecife Pantepec Sur.

A 300 metros al sureste del arrecife Pantepec Norte se ubica esta estructura. Este arrecife coralino era desconocido hasta este proyecto. Fue ubicado durante el levantamiento batimétrico del Pantepec Norte y, aunque no es reconocido en el decreto del área protegida, la poligonal abarca una pequeña porción del mismo.

Tiene una superficie de 47 ha, con una longitud de 1 km y un ancho de 0.67 km. La profundidad máxima registrada es de -26 m y la mínima de -17 m (Fig. 18, Tabla 1). Con una orientación noroeste-sureste, presenta una mayor profundidad en la porción noroeste que en la sureste, con la mayor elevación a la mitad de este eje. Morfológicamente, la porción de sotavento (suroeste) presenta una pendiente abrupta, a diferencia del barlovento donde es continua

Hasta el momento se desconoce sobre los grupos biológicos de este arrecife, pero se ha confirmado su origen coralino.

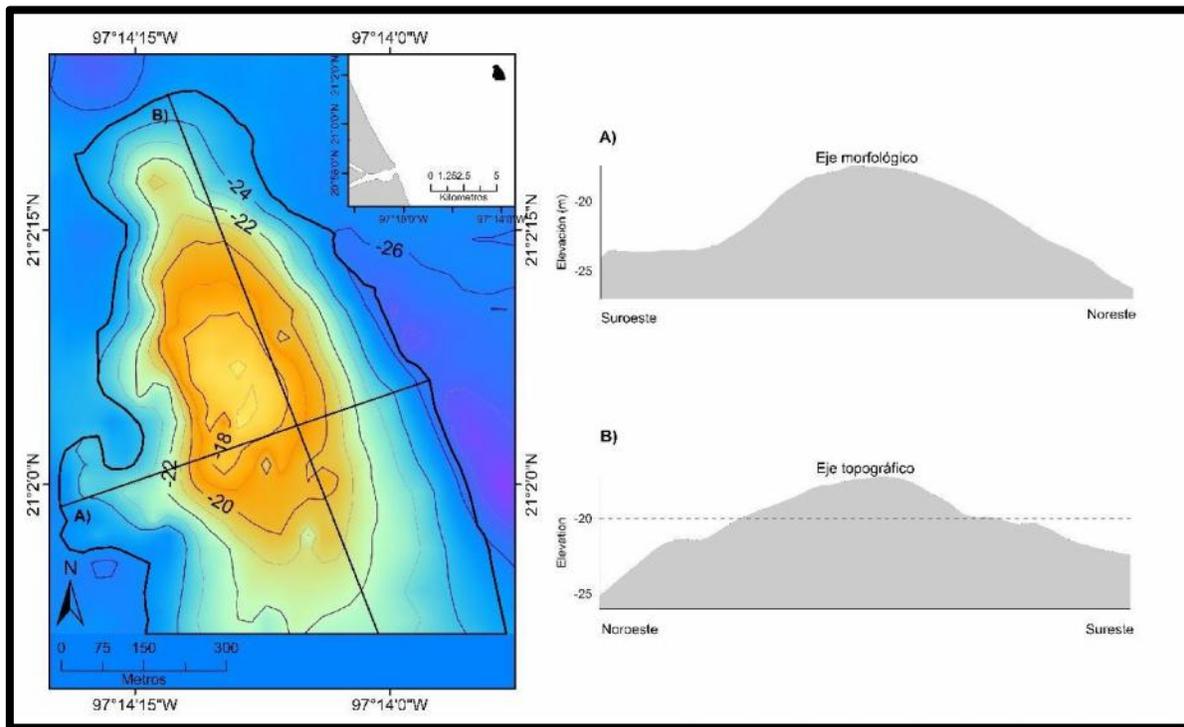


Figura 18. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Pantepec Sur

Arrecife Blake

Ubicado a 28 km al sureste de la poligonal del APFF SALT, y a 22 km al este-noreste de la desembocadura del río Cazonés (Fig. 19, Tabla 1), este arrecife fue descrito por Javier Martos (2010). Si bien en este proyecto no se realizó un levantamiento batimétrico del mismo, de acuerdo con la poligonal trazada por Martos (2010), la superficie aproximada del mismo es de 124.8 ha. Presenta una forma alargada en el eje noroeste-sureste, con una longitud de 2.22 km y un ancho de 0.78 km. La profundidad máxima reportada es de -30m y la mínima de -9 m.

De acuerdo con los estudios realizados en la zona por Martos (2010), es posible encontrar 21 especies de corales escleractíneos y 1 millepórido. (Figuras 20-26)

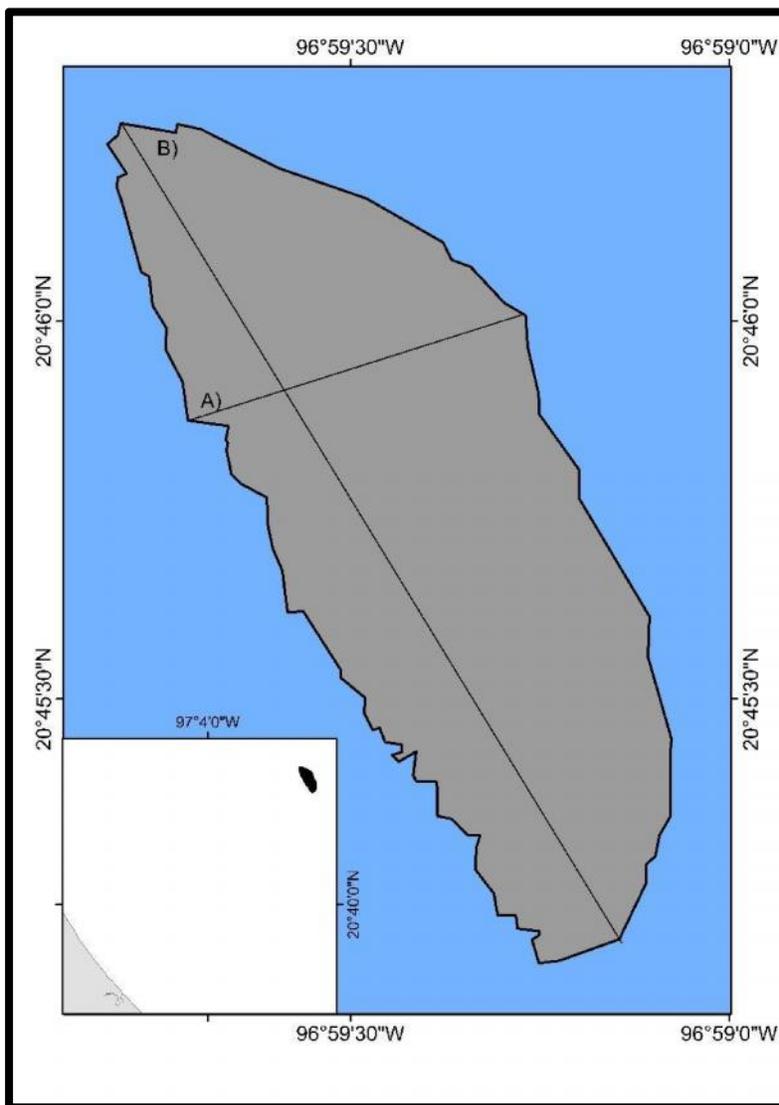


Figura 19. Polígono del arrecife sumergido Blake. Modificado de Martos, 2010.



Figura 20. *Orbicella faveolata*.



Figura 21. *Colpophyllia natans*.



Figura 22. Arrecife conformado por *Colpophyllia natans*, *Orbicella annularis*.



Figura 23. Peces pertenecientes el género *Chromis* y *Thalassoma*, sustrato principalmente compuesto por tapete algal.

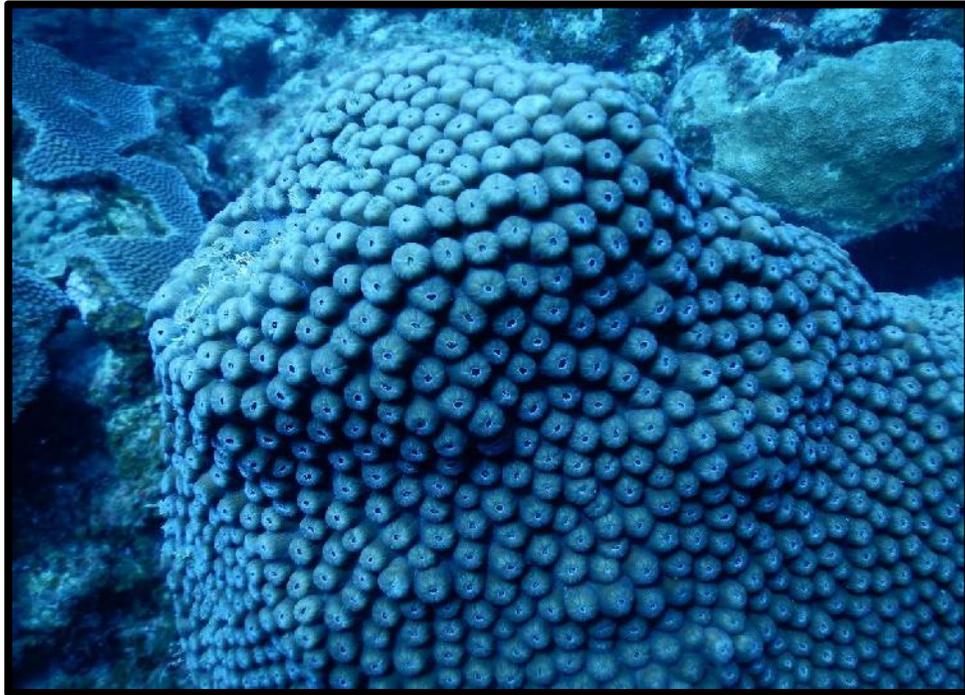


Figura 24. *Montastraea cavernosa*.



Figura 25. Cardumen de peces del género *Kyphosus*.



Figura 26. *Orbicella faveolata*.

Arrecife Piedras Altas.

Hasta la fecha, este arrecife es la mayor estructura sumergida de todo el CASGM. Se encuentra a 5 kilómetros al este-noreste de la desembocadura del río Tecolutla. Si bien su presencia es conocida por los pescadores de la zona desde hace décadas, es hasta la publicación de la guía *Veracruz y su turismo submarino* (Friscione, s.f.) que se presenta la ubicación del mismo.

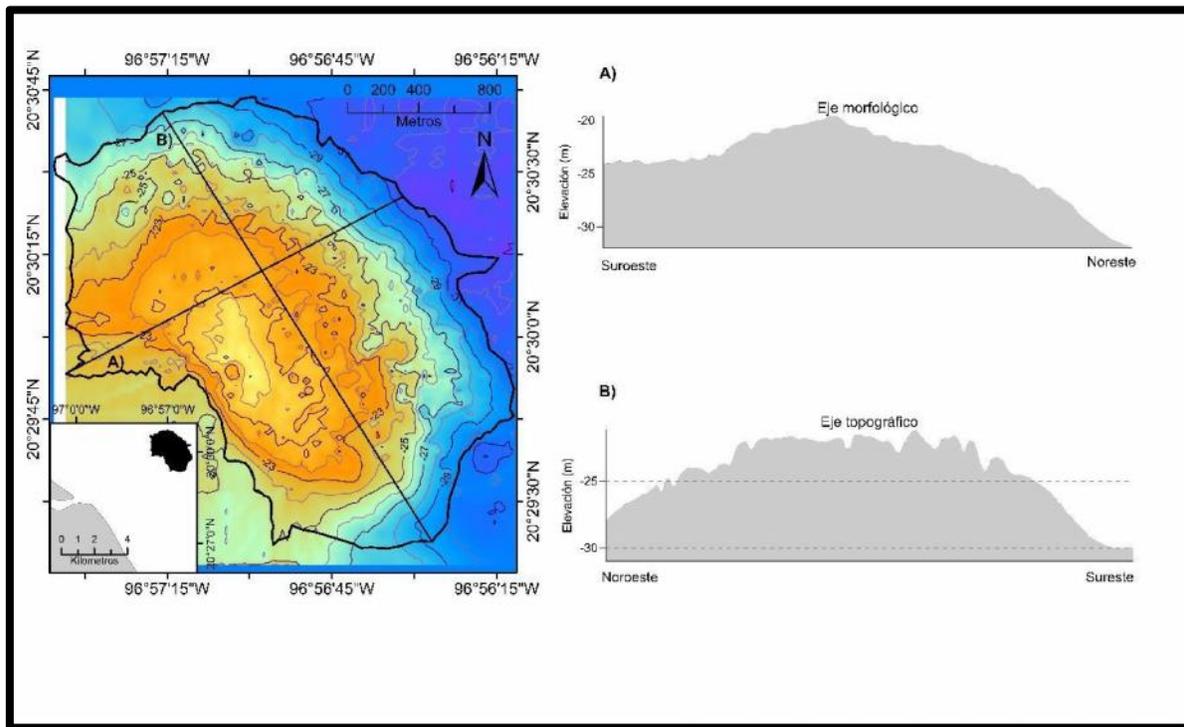


Figura 27. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Piedras Altas.

Con una superficie estimada en poco más de 388 ha, Piedras Altas presenta una complejidad estructural única para los arrecifes sumergidos reportados hasta la fecha (Fig. 27, Tabla 1). Su forma ovalada, con orientación noroeste-sureste, presenta una longitud de 2.79 km y un ancho de 2.03 km. La profundidad mínima registrada en nuestro levantamiento batimétrico es de -19 m y una máxima de -32 m.

En su eje morfológico se aprecia que la porción sotavento es menos profunda que el barlovento, con una cresta de menor profundidad en la porción central. Topográficamente, se observa que la porción noroeste es menos profunda que la sureste y que a lo largo del arrecife se encuentran grandes “picos” que lo hacen muy heterogéneo en términos de profundidad. A la fecha no se ha encontrado ningún estudio sobre los componentes biológicos de este arrecife, pero se pudo observar una fuerte sedimentación del sitio con una cobertura amplia de tapetes algales (Figs. 28-32).



Figura 28. Arrecife cubierto de sedimento fino.



Figura 29. Arrecife cubierto de tapete algal y sedimento fino, y la presencia de peces de la familia lutjanidae.



Figura 30. *Montastraea cavernosa* casi cubierta por tapete algal y sedimento fino.



Figura 31. Escleractinio no id.



Figura 32. Sustrato arenoso con presencia de macroalgas, también se ve la presencia de *Lachnolaimus maximus*.

2.2 Arrecifes sumergidos en la Zona Centro del Corredor Arrecifal

La Zona Centro del CASGM es donde se ha reportado la mayor presencia de arrecifes sumergidos. En el primer año de este proyecto se reportó la presencia de 20 arrecifes de este tipo, los cuales se encuentran dentro y fuera del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) (Ortiz-Lozano *et al.*, 2018). En dicho informe se reportó por primera vez la presencia de arrecifes no coralinos en la zona, al sur del PNSAV, siendo los arrecifes Los Picos Norte y Los Picos Sur arrecifes de dunas sumergidas.

En el presente informe, se lograron ubicar dos arrecifes que tampoco son de origen coralino, y que se encuentran también al sur del PNSAV, entre la punta Antón Lizardo y la desembocadura del río Papaloapan (Fig. 33).

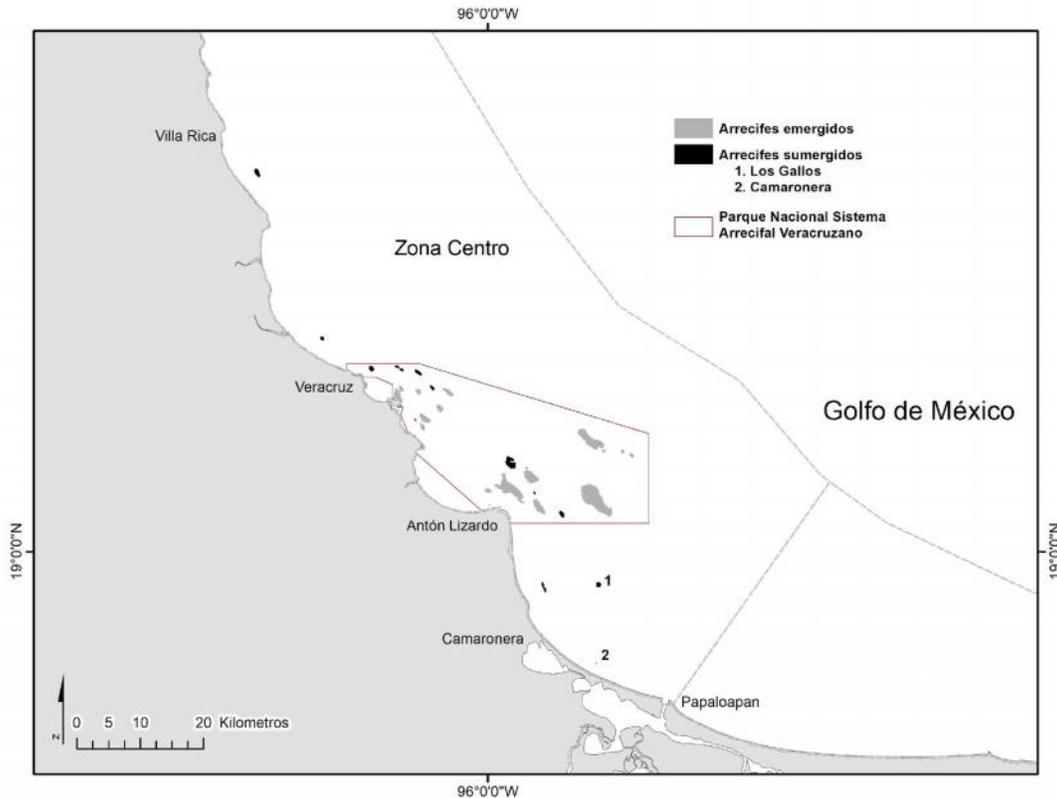


Figura 33. Arrecifes Sumergidos en la Zona Centro del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Arrecife Camaronera

Camaronera es un arrecife pequeño formado por una roca y una serie de rocas menores fragmentadas con forma de lajas, con una altura máxima de tres metros sobre el fondo marino, y que cubren un área total de 3944.67 m² (Fig. 34, Tabla 1). Se encuentra localizado a 11 km al noreste de la desembocadura del Río Papaloapan, en consecuencia, se encuentra bastante sedimentado. No presenta corales, sin embargo, existen abundantes algas, esponjas e hidrozoarios (Figs. 35 a 46). Su eje topográfico es de 94 m, mientras que el eje morfológico es de 71 m.

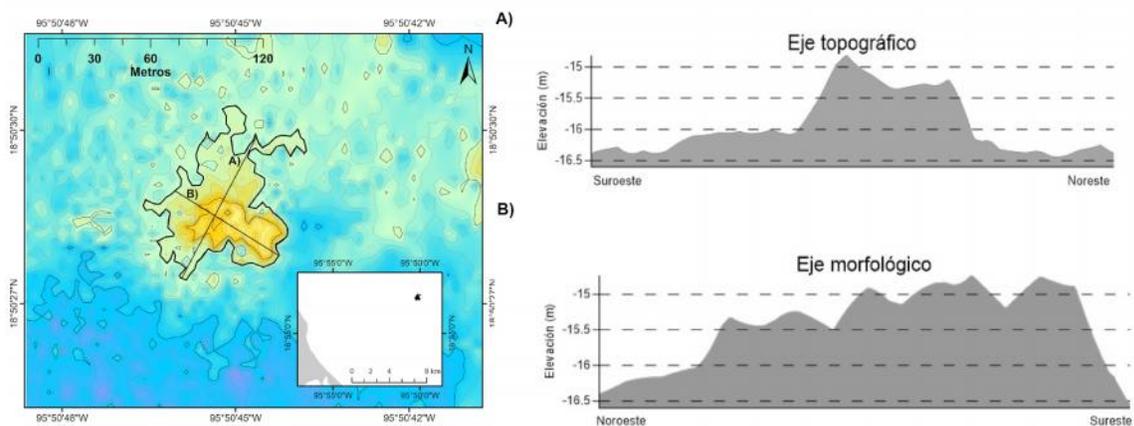


Figura 34. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Camaronera.



Figura 35. Sustrato arenoso con esponjas y dos peces del género *Equetus*.



Figura 36. Bentos conformado por esponjas y tapete algal.



Figura 37. Cobertura principalmente de esponjas y tapete algal. Se distingue una damisela (*Stegastes*).



Figura 38. Algas, esponjas e hidrozorios sobre la superficie del arrecife.



Figura 39. Hidrozorios.



Figura 40. Arrecife cubierto de tapete algal y esponja encostrante.



Figura 41. Arrecife cubierto de tapete algal, esponja encostrante y sedimento fino.



Figura 42. Arrecife con mayor presencia de esponjas encostrantes y tubulares e hidrozoarios.



Figura 43. Esponjas de tipo encostrante y macroalgas.



Figura 44. Presencia de algas rojas (Rhodophyta), esponjas encostrantes y tubulares.



Figura 45. *Pomacanthus paru* (ángel frances).



Figura 46. Arrecife compuesto de esponjas encostrantes y sedimento.

Arrecife Los Gallos

Con unas dimensiones de 730 metros de largo y 704 de ancho, tiene una superficie aproximada de 38 Ha (Fig. 47, Tabla 1). Sin representar propiamente una estructura arrecifal bien definida, este arrecife está constituido por una serie de “torres” de roca de origen probablemente coralino, que actualmente están colonizadas por macroalgas, esponjas de diferentes tipos e hidrozoarios. Se ubican todas ellas en un promontorio de arena que podría tratarse de un arrecife sepultado, ya que, a pesar de ser varias estructuras separadas, el lecho marino entre ellas presenta pequeñas rocas del mismo tipo (Figs. 48 a 58).

Tiene una profundidad mínima de -22 m y una máxima de -25.2 m, presentando un eje morfológico en donde se observa la parte central más elevada, en forma de cono. Su eje topográfico muestra que este arrecife tiene una parte de sotavento menos profunda que la de barlovento. A pesar de ser un área casi circular, se distingue una orientación noreste-suroeste.

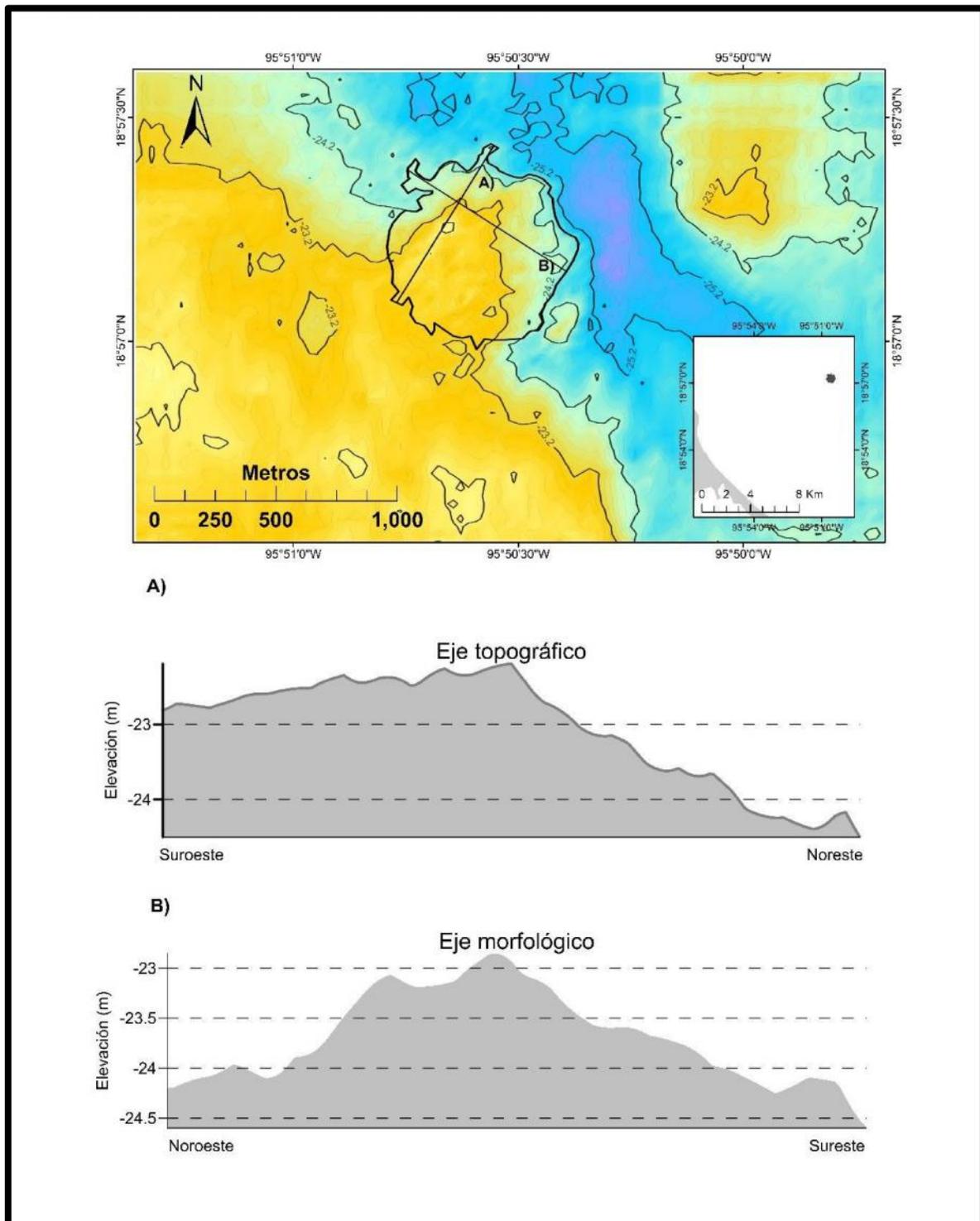


Figura 47. Modelo batimétrico y perfiles morfológico y topográfico del arrecife sumergido Los Gallos.



Figura 48. Esponja tubular y tapete algal.



Figura 49. Esponja tubular y *Pterois volitans* (pez león).



Figura 50. Esponjas globulares, encostrantes, hidrozoarios y tapete algal.



Figura 51. Fondo arenoso y presencia de esponja encontraste (esponja de cuero) y tubular.



Figura 52. Fondo arenoso, parte arrecifal cubierta de esponjas tubulares y tapete algal.



Figura 53. Paisaje del fondo del arrecife. Presencia de esponjas tubulares en fondo con sedimento fino.



Figura 54. *Aulostomus maculatus* (pez trompeta), esponjas tubulares y fondo arenoso con sedimento fino.



Figura 55. Rocas cubiertas de esponjas y tapete algal, así como fondo arenoso en la parte superior limo o sedimento fino.



Figura 56. Rocas arrecifales cubiertas de esponjas y tapete algal, así como fondo arenoso en la parte superior limo o sedimento fino.



Figura 57. Esponjas encostrantes rojizas, así como macroalgas e hidrozoarios.



Figura 58. Parte del arrecife cubierto de esponjas y sedimento fino.

3. Discusión

El trabajo realizado durante esta fase del proyecto tiene repercusiones importantes en el conocimiento de los arrecifes del CASGM y, sobre todo, permite dimensionar la relevancia que los arrecifes sumergidos tienen para la heterogeneidad ambiental y para la posible conectividad entre los diferentes sistemas que conforman el corredor.

Sobre la conformación de los Sistemas Arrecifales

La Zona Norte del CASGM ha sido estudiada ampliamente desde el punto de vista geológico, debido a la presencia de importantes yacimientos de hidrocarburos en la llamada Franja de Oro (Golden Lane), la cual es una formación geológica de origen arrecifal que yace en la plataforma continental bajo el SALT y hasta Tecolutla, y en el subsuelo de la zona continental adyacente (Galicia, 2001).

Antes del presente proyecto, se pensaba que el SALT moderno lo conformaban dos grupos de arrecifes separados entre sí (Tunell Jr., *et al.*, 2007; Conanp, 2014). Sin embargo, el hallazgo formal del arrecife Corazones, junto con la presencia ya reportada del arrecife Oro Verde, cambia esta perspectiva. Esto permite entender que, en la configuración actual de la región, entre los dos grupos de arrecifes emergidos existen arrecifes sumergidos de gran tamaño que los enlazan. Situación similar ocurrió previamente en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en la porción central del CASGM, donde se descubrió que los arrecifes Los Pedregales, reportados previamente, enlazan los arrecifes de Veracruz con los de Antón Lizardo (Ortiz-Lozano *et al.*, 2018).

Por otro lado, el hallazgo de arrecifes no coralinos en la Zona Centro del CASGM permite añadir dos arrecifes más a la zona sur del Sistema Arrecifal Veracruzano, que en conjunto con los arrecifes Los Picos, reportados el año anterior (Ortiz-Lozano *et al.*, 2018), presenta una interesante zona de arrecifes no coralinos entre Antón Lizardo y la desembocadura del río Papaloapan.

Sobre las amenazas

La gran mayoría de los arrecifes sumergidos en la Zona Norte del CASGM carecen de esquemas específicos de protección. De hecho, estos arrecifes sumergidos no se encuentran reconocidos en las cartas náuticas de la región, y solamente los pescadores y los prestadores de servicios turísticos de buceo deportivo conocen medianamente su existencia.

El desconocimiento previo de estos arrecifes por parte de autoridades y tomadores de decisiones puede tener consecuencias ambientales desconocidas debido a los proyectos de exploración, explotación e instalación de infraestructura asociada a la industria de los hidrocarburos, así como a las intensas actividades pesqueras que se desarrollan a lo largo de la plataforma continental.

Infraestructura. El gasoducto “Sur de Texas-Tuxpan”, fue diseñado para atravesar sobre el lecho marino entre los dos polígonos del APFF SALT, en la zona norte del CASGM. De acuerdo con la *Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Gasoducto Sur de Texas-Tuxpan* y a su correspondiente autorización por parte de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), en la zona de trazo de esta infraestructura no existen arrecifes, salvo los emergentes del APFF SALT.

Esta aseveración es desmentida por nuestros hallazgos, ya que, siguiendo el trazo propuesto para dicha obra, el trazo original del gasoducto atraviesa la porción sur del arrecife Corazones (Fig. 59).

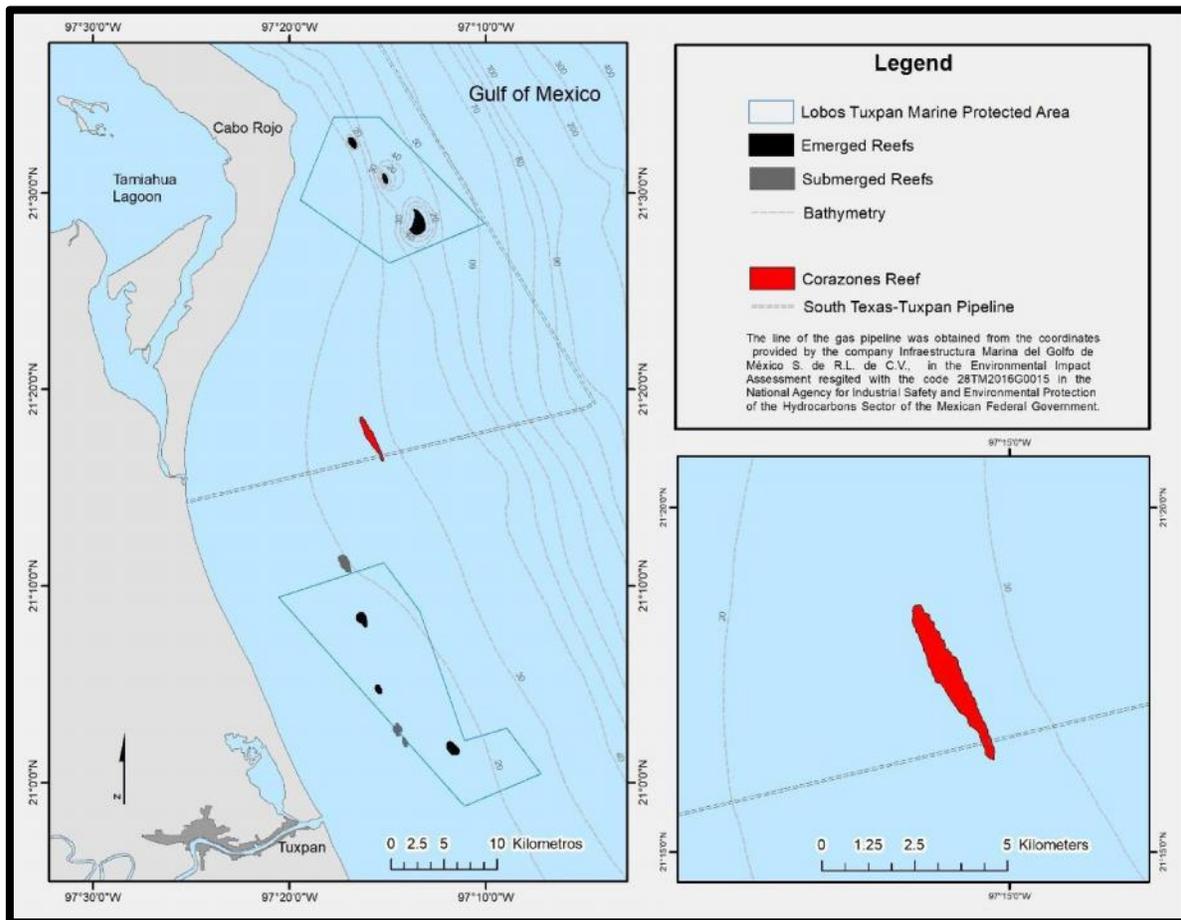


Figura 59. Arrecifes emergidos y sumergidos del Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan conocidos a la fecha. En Rojo el arrecife sumergido Corazones. Se muestra el trazo original del Gasoducto Sur de Texas-Tuxpan seccionando la parte sur del arrecife.

Con la intención de verificar si el arrecife fue afectado por la obra, realizamos un patrón de búsqueda con equipo *scuba* y ecosonda en la porción sur del mismo, siguiendo las coordenadas geográficas del trazo autorizado por las autoridades mexicanas. Sin embargo, y a pesar de que se sabe que el tendido del gasoducto ha concluido, no fue posible encontrar la zona de obra.

El trazado real de la obra es desconocido, aunque se han hecho solicitudes de información a las autoridades correspondientes para conocer las modificaciones efectuadas posteriormente a la autorización de Impacto Ambiental, ya que se nos informó que las autoridades del APFF SALT solicitaron modificar el trazo original.

Exploración y explotación de hidrocarburos. Como ya se ha mencionado, los arrecifes sumergidos reportados en este proyecto se encuentran fuera de las Áreas Naturales Protegidas.

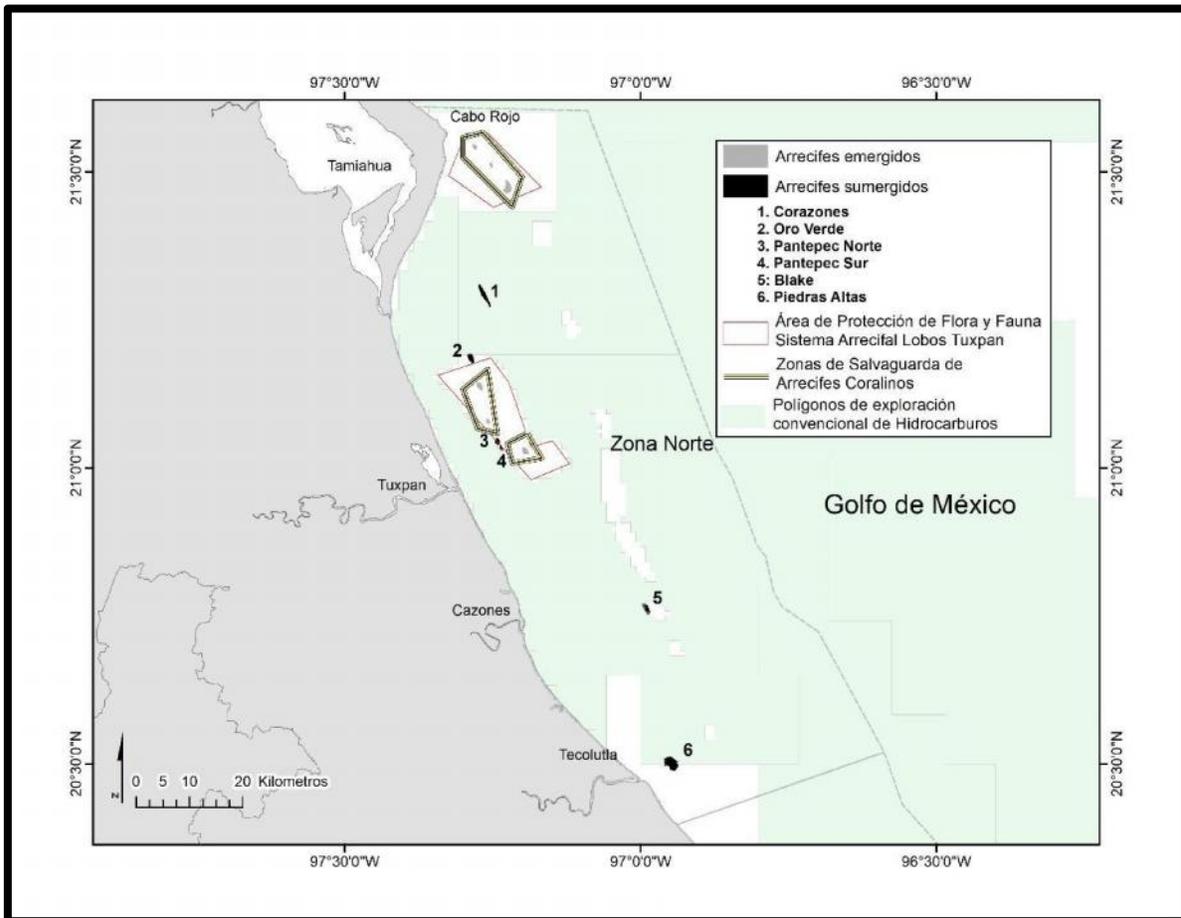


Figura 60. Zonas de Salvaguarda de Arrecifes Coralinos establecidos por la Secretaría de Energía (SENER) en 2016 y polígonos de exploración convencional de hidrocarburos en la Zona Norte del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Con la intención de proteger a los ecosistemas arrecifales de las actividades de la industria energética - especialmente hidrocarburos-, en 2016 el gobierno mexicano emitió un decreto para establecer zonas de salvaguarda de los arrecifes de coral del Golfo de México y Caribe Mexicano, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 2016. Como puede observarse en la Figura 60, los polígonos establecidos por la Secretaría de

Energía (Sener) para este fin de protección, no incluyen a ninguno de los arrecifes sumergidos de la Zona Norte.

En el caso de la Zona Centro del CASGM, las zonas de salvaguarda de la Sener solo abarcan los arrecifes del PNSAV y al arrecife sumergido amarillos, sin existir algún polígono al sur del límite del Parque Nacional.

Ahora bien, tomando en consideración las áreas de exploración y explotación de hidrocarburos establecidas durante el sexenio 2012-2018 mediante la llamada Reforma Energética, es posible observar que en la Zona Norte, los arrecifes Corazones, Blake y Piedras Altas se encuentran total o parcialmente dentro de dichas áreas (Fig. 60).

En lo que respecta a la Zona Centro del CASGM, los arrecifes identificados en este proyecto se ubican dentro de los polígonos de exploración (Figura 61), los cuales solamente respetan al PNSAV.

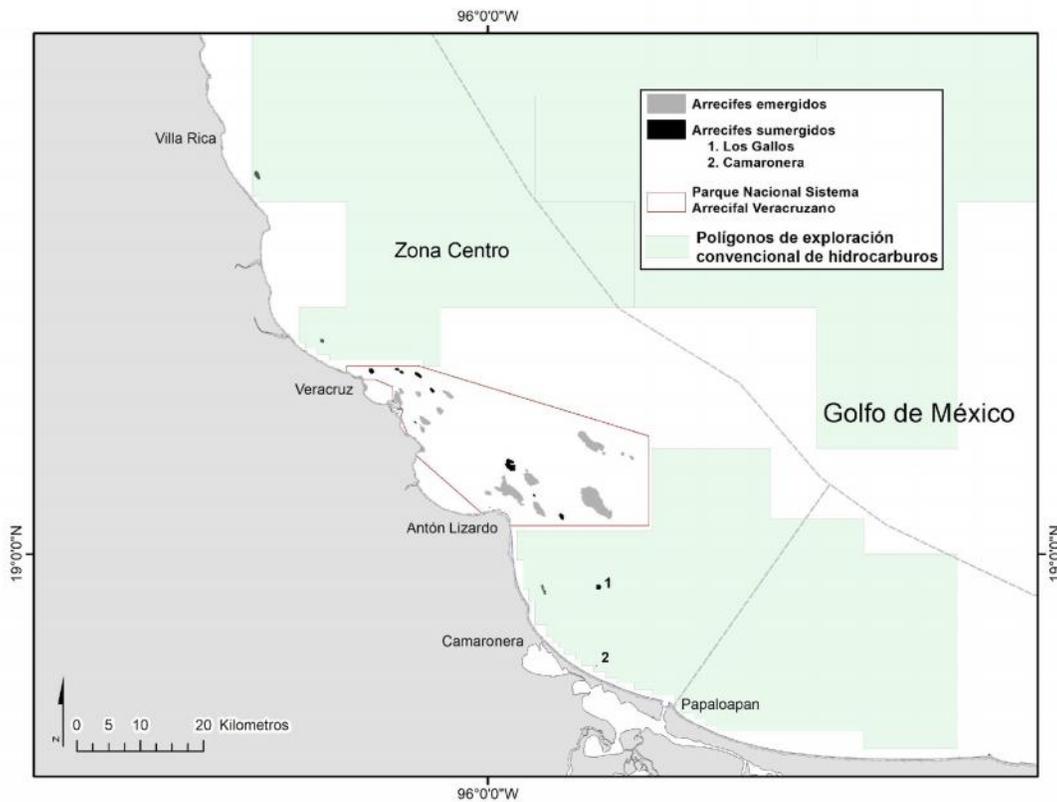


Figura 61. Polígonos de exploración convencional de hidrocarburos en la Zona Centro del Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México.

Pesca. El litoral Veracruzano tiene una importante actividad pesquera artesanal, multiespecífica (Guzmán *et al.*, 2002), principalmente ligada a la presencia de arrecifes emergidos, bordeantes y sumergidos (Ortiz-Lozano *et al.*, 2018). A lo largo de los 500 km que abarca el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo y en casi todos los más de 100 arrecifes que lo integran, la pesca se practica de forma continua, asociando las mayores capturas a especies de “corrida”, es decir, migratorias. Esta actividad constante, aunada a los impactos derivados de la sedimentación, cambios en la calidad del agua, actividades petroleras y procesos globales de cambio, actúa sinérgicamente para impactar los arrecifes sumergidos.

En la Zona Norte del CASGM, en los municipios de Tamiahua, Tuxpan y Tecolutla, la actividad pesquera se desarrolla a través de diferentes organizaciones como sociedades cooperativas, permisionarios privados y pescadores libres. Conforme a los permisos reportados por Conapesca 2018, dentro de estos municipios se encuentran 9 sociedades cooperativas con permisos para la pesca en aguas marinas y 9 permisionarios privados. La pesca que se lleva a cabo en la región es una pesquería multiespecífica, ya que se emplean diversos artes, dependiendo de las especies que se busque capturar y el tiempo del año en el que se realiza la pesca. La pesquería artesanal de la región se integra por diferentes artes, el 91% utiliza el palangre, el 83% redes agalleras, el 67% líneas de mano, el 47 % trasmallo, el 32% chinchorro, el 21% redes de cerco y el 15 % la atarraya. Las principales especies que se capturan en el SALT y sus inmediaciones son el peto (*Scomberomorus cavalla*), el pargo (*Lutjanus analis*), el medregal (*Seriola dumerili*), el mero (*Epinephelus itajara*), la barracuda (*Sphyraena barracuda*) y el besugo (*Rhomboplites aurorubens*), la boquilla (*Haemulon plumier*) 28%, el bagre (*Bagre marinus*), el bonito (*Euthynnus alletteratus*) y la chopo (*Lobotes surinamensis*). Los pescadores de la zona de Tamiahua, realizan su actividad principalmente en los arrecifes Piedras Altas y Blake, así como en diferentes sitios entre el río Tecolutla y los arrecifes del sur del SALT.

Sobre la protección y conservación de arrecifes

Los resultados del proyecto son relevantes también en términos de protección y conservación de los ecosistemas arrecifales del CASGM.

Por una parte, es importante remarcar que los arrecifes Oro Verde, Pantepec Norte y Blake han sido propuestos para integrarse como parte del APFF SALT (Cortés-Useché, 2014). Dicha propuesta buscó aportar elementos para poder modificar los límites del área protegida y con ello incluir y proteger dichos arrecifes garantizando la funcionalidad del SALT. Este tema es relevante, ya que en visita de campo efectuada durante las exploraciones en el arrecife Blake, pudo observarse una intensa actividad pesquera sobre el mismo.

Complementando esta propuesta, y derivado de los resultados del presente proyecto, es importante que las autoridades ambientales consideren también la presencia del arrecife Corazones, que se encuentra entre las dos poligonales de protección actuales y se presenta como un arrecife cuya relevancia ambiental puede ser considerable por sus dimensiones. Además, debe considerarse que existe el arrecife Pantepec Sur.

En cuanto al arrecife Piedras Altas, el cual es el mayor arrecife sumergido registrado en todo el CASGM, debe evaluarse la conveniencia de incorporarlo en un régimen de protección que permita su recuperación. La cercanía de este arrecife con la localidad pesquero-turística de Tecolutla (5 km), ha generado un fuerte impacto sobre el mismo, resaltando la escasez de fauna íctica en el mismo.

En lo que respecta a los arrecifes sumergidos de la zona centro, Los Gallos y Camaronera, ambos se encuentran fuera de la poligonal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. La particularidad ambiental de ambos arrecifes es que no son coralinos, a diferencia de la mayoría de los presentes en el CASGM. El arrecife Camaronera, que está constituido por rocas aparentemente de origen sedimentario y Los Gallos, que están constituidos por varias formaciones que podrían ser de origen coralino, pero que actualmente están dominadas por esponjas, algas e hidrozoarios. Sin embargo, ambos arrecifes, son utilizados para actividades pesqueras.

Conclusiones

Las actividades realizadas en este año del proyecto nos permiten concluir que el conocimiento de los arrecifes que integran este corredor es heterogéneo. Se han realizado estudios científicos en las zonas norte, centro y sur del Corredor Arrecifal, pero éstos han estado enfocados principalmente a los arrecifes emergidos. Con excepción de los arrecifes sumergidos Oro Verde, Pantepec Norte y Blake, se puede afirmar que el resto de los arrecifes aquí reportados son nuevos para la ciencia y existe una gran oportunidad para caracterizar su biodiversidad y su importancia como prestadores de servicios ecosistémicos, y posteriormente las autoridades puedan establecer mecanismos para su protección

Resalta el descubrimiento del arrecife Corazones, el cual, por sus dimensiones y ubicación, puede representar un importante cambio en la forma en que se entiende al Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, y sobre todo abre la posibilidad de iniciar las gestiones para poder incluirlo, junto con Oro Verde, Pantepec Norte y Sur, Blake y Piedras Altas, dentro de la poligonal del Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan.

Así mismo, en conjunción con el descubrimiento de los arrecifes Los Picos, reportados en el primer año de este proyecto, los arrecifes Los Gallos y Camaronera consolidan una zona muy definida de arrecifes no coralinos al sur del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Los resultados aquí expuestos constituyen también una importante contribución para que las evaluaciones de impacto ambiental de las obras y actividades portuarias y de la industria de hidrocarburos incluyan la presencia de estos ecosistemas en las medidas de prevención y de mitigación pertinentes.

Literatura Citada

- Abbey, E., & Webster, J. M. (2011). *Submerged reefs*. In *Encyclopedia of modern coral reefs*. (pp. 1058-1062). Springer Netherlands.
- Andradi-Brown DA, Macaya-Solis C, Exton DA, Gress E, Wright G, Rogers AD (2016) *Assessing Caribbean Shallow and Mesophotic Reef Fish Communities Using Baited-Remote Underwater Video (BRUV) and Diver-Operated Video (DOV) Survey Techniques*. PLoS ONE 11 (12): e0168235. Doi: 10.1371/journal.pone.0168235
- Blanchon, P., Estrada, J., Richards, S., Bernal, J., Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., 2017. *Caribbean Reef Drowning During Slow Mid-Holocene Sea-Level Rise*. <https://dx.doi.org/10.17605/OSF.IO/TFZ8G>
- Bright, T.J., G. P. Kraemer, G. A. Minnery and S. T. Viada, 1984. *Hermatypes of The Flower Garden Banks, Northwestern Gulf Of Mexico: A Comparison to other Western Atlantic Reefs*. Bulletin of Marine Science, 34(3), 461-476.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2014. *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 180 p.
- Cortés-Useche, C., 2014. *Herramientas para incluir tres arrecifes no emergentes en el Área de Protección de Fauna y Flora – Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, Veracruz, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México, 153 pp.
- De la Cruz-Francisco, V. & Bandala-Pérez, Á. E (2016). *Esponjas y Cnidarios (Hydrozoa y Anthozoa) del arrecife Oro Verde; cobertura bentónica y afinidad faunística con sistemas arrecifales de Veracruz, México*. Oceanides, 31 (2).
- Diario Oficial de la Federación (2016). *Decreto por el que se establece la zona de salvaguarda denominada Arrecifes de Coral del Golfo de México y el Caribe Mexicano*. 7 de Diciembre del 2016.
- Emery K. O., 1963. *Estudios regionales. Arrecifes coralinos en Veracruz, México*. Geofis. Int. 3, 11–17.

- Friscione, A. (Coord.) Sin fecha. *Veracruz y su Turismo Submarino*. Gobierno del estado de Veracruz. 130p.
- Galicia, J. G. (2001). *The offshore Golden Lane: New outline of opportunities from the integration of geologic and geophysical data*. *The Leading Edge*, 20(7), 763-782.
- Guzmán Amaya, P., C. Quiroga, C. Diaz, D. Fuetes et al. (eds), 2002. *La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de Desarrollo*. INAPESCA, Universidad Veracruzana. 434p.
- Harris, P. T., Bridge, T. C., Beaman, R. J., Webster, J. M., Nichol, S. L., & Brooke, B. P. (2013). *Submerged banks in the Great Barrier Reef, Australia, greatly increase available coral reef habitat*. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2).
- Martínez Batlle, J.R., Gómez-Ponce, C., Cámara Artigas, R., F. Díaz del Olmo, 2003. *Submerged fringing reefs in Catuano Passage (East National Park, Dominican Republic): biosedimentary characterization and application to planning of environmental units*. XI Reunión Nacional de Cuaternario, Oviedo, Asturias. Pp 27-32.
- Martos F., F. J. 2010. *Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazones, Veracruz*. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Veracruzana, Xalapa. 81 p
- Martos, F. J. 2007. "UV al rescate de los arrecifes de coral del estado de Veracruz" *Gaceta*. Universidad Veracruzana. 101:57-59.
- Maruri-Cruz, M. (2012). *Evaluación de la comunidad de los corales pétreos del arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz* (Doctoral dissertation, Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias).
- Moore, D.R., Bullis Jr., H.R., 1960. *A deep-water coral reef in the Gulf of Mexico*. *Bulletin of Marine Science* 10(1), 125-128.
- Parker, R.H. & Curray, J. R. (1956) *Fauna and bathymetry of banks on continental shelf, northwest Gulf of Mexico*. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist* 40 (10).
- Fiscione-Carrascosa, A. (s.f.) *Veracruz y su turismo submarino*
- Rohmann, S.O., Hayes, J.J., Newhall, R.C. et al. *Coral Reefs* (2005) 24: 370. <https://doi.org/10.1007/s00338-005-0014-4>
- Submerged Coral Reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management*. *Ocean and*

- coastal Management, 158.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.012>
Tunnell Jr., J.W., N. Barrera, C.R. Beaver, J. Davidson & J.E. Vega, 2007. *Checklist of the biota associated with with Southern Gulf of Mexico coral reefs and coral reef islands*. GulfBase/Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi, Texas online database at www.gulfbase.org



Centro Mexicano Derecho Ambiental



@CEMDA



Cemda

www.cemda.org.mx