

**“BIODIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS ASOCIADOS AL PARQUE NACIONAL
SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO: PROBLEMÁTICA ACTUAL”**

Clave del proyecto: **CIN2015A10183**

Escuela de procedencia: **Universidad del Valle de México Campus Lomas Verdes.**

Ciclo Escolar 2014-2015

AUTORES:

1. De Blas Rodríguez Marlene Mercedes
2. De La Rosa Jiménez Dafne Renatha
3. De Los Ríos Gachúz Tania Larissa
4. Salas Cabrera Mauricio

ASESOR:

M. en C. Juan Antonio Salas Hernández

ÁREA DE CONOCIMIENTO: Ciencias biológicas, químicas y de la salud

DISCIPLINA: Biología

MODALIDAD: De Campo

LUGAR Y FECHA: Naucalpan, Estado de México a 18 de febrero de 2015.

ÍNDICE

Resumen	ii
Abstract	iii
Planteamiento del problema	1
Hipótesis o conjeturas	1
Introducción	1
Antecedentes	4
Objetivos	5
Fundamento	5
Área de estudio	6
Metodología	8
Resultados y discusión	10
Conclusión	14
Bibliografía	15

RESUMEN

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), se ubica en la plataforma occidental del Golfo de México en la porción central del litoral veracruzano, sobre la plataforma continental y frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad y complejidad arquitectónica en el océano costero, tanto trófica como estructuralmente. El presente proyecto, impulsa el conocimiento de la biodiversidad de invertebrados asociados al PNSAV, así como los fenómenos antropogénicos, oceánicos y meteorológicos que deterioran y modifican este ecosistema. Para ello, se hizo recolección de invertebrados asociados a tres tipos de sustrato (esponjas, pedacera de coral y sedimento) mediante buceo autónomo (SCUBA); posteriormente en el laboratorio, se observó al microscopio estereoscópico y los organismos que se encontraron fueron separados e identificados a nivel de Filo, Subfilo, Clase, Orden. Se reconocieron 14 taxa, de los cuales fueron 7 fueron identificados hasta orden, 5 a nivel de Clase y por la complejidad de los grupos, 2 taxa se identificaron sólo a nivel de Filo. Finalmente, se recomienda que se continúen este tipo de trabajos para poder llegar a la identificación de niveles taxonómicos de Género y Especie y poder detectar especies endémicas y/o de importancia ecológica y económica; y contribuir en medida de lo posible al conocimiento, manejo y conservación de la biodiversidad del PNSAV.

Palabras clave: Arrecife de coral, biodiversidad, contaminación, suroeste del Golfo de México.

ABSTRACT

The National Park “Veracruz Coral Reef System” (VCRS) is located on the western shelf of the Gulf of Mexico in the central portion of Veracruz’s littoral, upon the continental shelf and off the coast of the municipalities of Veracruz, Boca del Río and Alvarado. Coral reefs are one of the ecosystems with more biodiversity and architectural complexity in the coastal ocean, so much trophic and structurally. The present project promotes the knowledge of the biodiversity of invertebrates associated to the VCRS, as well as the anthropogenic, oceanic and meteorological phenomenons that deteriorates and modifies this ecosystem. To do this, it was made a recollection of invertebrates associated to three types of substrate (sponges, broken coral and sediment) by scuba diving; subsequently in the laboratory, the samples were observed with a stereoscopic microscope and the organisms that were found were separated and identified into Phylum, Subphylum, Class, Order. Were recognized fourteen taxonomic groups, 7 of them were identified until order, 5 to the level of class, and because of the complexity of the groups, 2 taxa were identified only until the level of Phylum. Finally, it is recommended to continue this type of works to reach the identification of taxonomic levels of Genus and Species so it can be detected the endemic species and/or of ecological and economic importance; and contribute as much as possible to knowledge, management and conservation of biodiversity of the VCRS.

Key words: Coral Reef, biodiversity, contamination, southwestern Gulf of Mexico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los grupos de invertebrados dominantes en sedimento, pedacera de coral y esponjas; y cuáles los factores antropogénicos y naturales que impactan negativamente en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)?

HIPÓTESIS O CONJETURAS

El PNSAV, ha sido sometido a presiones antropogénicas y naturales durante los últimos 100 años, afectando la productividad y la biodiversidad de especies que utilizan este arrecife como área de alimentación, refugio, reproducción, anidación y crecimiento; por lo que si se conocen los factores que inciden en la reproducción de la biodiversidad se podrían plantear estrategias de conservación, protección y mitigación.

INTRODUCCIÓN

Los Parques Nacionales (PN) son representaciones biogeográficas de uno o más ecosistemas que tengan importancia por su valor científico, educativo, histórico, o por su belleza escénica. México cuenta con 67 PN, siendo 12 acuáticos y 55 terrestres (González 2005).

Número	Categoría	Superficie en hectáreas
35	Reservas de la Biosfera	10,956,505
28	Áreas de Protección de Flora y Fauna	6,073,127
67	Parques Nacionales	1,456,988
1	Sin asignación	186,734
2	Áreas de Protección de Recursos Naturales	39,724
4	Monumentos Naturales	14,093
17	Santuarios	689
154		18,727,860

Tabla 1. Áreas naturales en México; tomada de http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosque_sobj_anp.php

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad y complejidad arquitectónica en el océano costero, tanto trófica como estructuralmente; son estables, con una resiliencia multifactorial y pausada, pero frágiles a las

perturbaciones climatológicas e impactos antropogénicos (Jordán-Dahlgren, 2004). Es una estructura construida por organismos vivientes, por lo general en forma de banco, que desde el fondo marino se eleva hasta la superficie del agua y es tan grande que influye considerablemente en las particularidades físicas y ecológicas del ambiente. Su consistencia es lo bastante sólida como para resistir los embates del oleaje y formar así un recinto de muchos años de duración (Arenas-Fuentes, *et al*; 2011).

Nuestro país, por su ubicación geográfica, cuenta con la presencia de sistemas arrecifales bien desarrollados en las costas del Golfo de México y el Caribe. En el estado de Veracruz existen básicamente tres áreas arrecifales: 1) Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (frente a Cabo Rojo y el puerto de Tuxpan). 2) Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (frente al puerto de Veracruz y la población de Antón Lizardo). 3) Arrecifes Perla del Golfo (frente a las playas de la sierra de los Tuxtlas) (Arenas-Fuentes, *et al*; 2011).

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), se ubica en la plataforma occidental del Golfo de México en la porción central del litoral veracruzano, sobre la plataforma continental y frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado (Jiménez-Hernández, *et al*; 2007).

El Sistema Arrecifal Veracruzano está conformado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental que se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. El área viene a ser un regulador del clima, y funciona como barrera contra olas y tormentas (Granados, *et al*; 2007). El PNSAV se compone de 23 estructuras arrecifales; de manera general se observan dos complejos: uno compuesto por 11 arrecifes ubicados frente a Veracruz-Boca del Río y otro compuesto por 12 arrecifes con grandes estructuras, ubicado frente a la población de Antón Lizardo. Ambos complejos están divididos de manera natural por el río Jamapa y delimitados, al norte por el río La Antigua, y al sur por el río Papaloapan (Jiménez-Hernández, *et al*; 2007).

Este sistema está formado por un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al pleistoceno reciente y es resultado del descenso en el nivel del mar debido a la última glaciación (Krutak, 1997). Biológicamente, conforman una comunidad coralina relativamente diversa. Una característica sorprendente de estos

arrecifes coralinos, es que se hayan desarrollado a pesar de que históricamente han estado sometidos a un estrés natural producto de una contrastante temporalidad que incluye gran descarga fluvial-pluvial en el verano y fuertes tormentas denominadas “nortes” con vientos que alcanzan hasta 30ms^{-1} en el invierno, así como aún evidente estrés antropogénico que ocurre desde la llegada de los españoles (por ser Veracruz una ruta importante de comercio, por la extracción de material coralino para la construcción de fortalezas) y que continúa hasta la fecha, producto de su cercanía con la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río que cuentan con cerca de un millón de habitantes, un creciente desarrollo urbano-turístico cuyos vertimientos terminan en el mar, un turismo de mediana escala en ascendencia, y una cada vez más intensa actividad portuaria (Jiménez-Hernández, *et al*; 2007).

Los primeros intentos de protección del Sistema Arrecifal Veracruzano se dieron en 1975, al considerar al arrecife La Blanquilla como zona de refugio para la protección de flora y fauna marina. Los arrecifes Anegada de Afuera, Isla de En Medio, Rizo, Punta Antón Lizardo e Isla Verde fueron propuestos también como zonas de protección por instancias como CONAPAN, SAHOP y particulares. El 24 de agosto de 1992, por iniciativa de la SEDESOL, SEPESCA, SEDEMAR y SCT el SAV fue decretado como Parque Marino Nacional y como Parque Nacional el 7 de junio de 1994 por el presidente Carlos Salinas de Gortari (http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/parques_nacionales.php).

Desafortunadamente, una de las constantes en nuestro país (y los Parques Nacionales no son la excepción), la falta de conciencia nos lleva al mal cuidado y mal manejo de nuestros recursos. La pérdida de biodiversidad representa inevitablemente la reducción en la población de especies, con la consecuente pérdida de diversidad genética y el incremento de la vulnerabilidad de las especies y poblaciones a enfermedades, y cambios fortuitos en las poblaciones. La extinción de especies es una de las consecuencias más importantes de la pérdida de la biodiversidad. Aun cuando la extinción es un proceso natural a la intensa transformación del hombre sobre el medio natural, la extinción se debe principalmente a procesos antropogénicos. (http://www.conevyt.org.mx/actividades/diversidad/lectura_biodiversidad.htm).

ANTECEDENTES

La siguiente tabla muestra los trabajos publicados en los últimos 7 años en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Estas investigaciones fueron muy útiles para el tema abordado en este proyecto.

Año	Autor	Título
2007	Winfield, Ignacio <i>et-al</i>	Crustacean macrofoulers in the Veracruz coral reef system, SW Gulf of Mexico: checklist, spatial distribution and diversity
2009	Molina Cerón, Víctor	Variación Espacio-Temporal de la abundancia y la distribución de los macrocrustáceos encostrantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
2010	Winfield, Ignacio <i>et-al</i>	Macrocrustáceos incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución
2010	Zavaleta Hernández, Nancy Francisca	Influencia de la contaminación por metales pesados en la distribución espacial de los macrocrustáceos encostrantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
2011	Winfield, Ignacio <i>et-al</i>	Lista actualizada de las especies de anfípodos (Peracarida: Gammaridea y Corophiidea) marinos invasores en México
2012	Abarca Ávila, Mónica Mariel	Tanaidáceos (Crustacea: Peracarida) asociados a diferentes sustratos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución

2012	Palomo Ulises	Aguayo,	Anfípodos invasores (Crustacea: Peracarida) asociados a esponjas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano
------	------------------	---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 2: Antecedentes de investigaciones relacionadas y asociadas al área de estudio.

OBJETIVOS

General:

Describir la biodiversidad de invertebrados en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano asociados a sedimentos, pedacera de coral y esponjas; así como la problemática actual que impacta (la mayoría de las ocasiones de forma negativa) la propia biodiversidad.

Particulares:

- ✓ Identificar la composición taxonómica hasta grandes grupos de invertebrados asociados a diferentes sustratos en el PNSAV.
- ✓ Describir los fenómenos antropogénicos y naturales que deterioran y modifican el ecosistema del PNSAV.
- ✓ Contribuir al conocimiento de la importancia ecológica, económica y social del PNSAV para promover la conservación de este ecosistema.

FUNDAMENTO

Para el Puerto de Veracruz, desde el punto de vista biológico desafortunadamente en los últimos años se ha incrementado el tráfico marítimo y comercial, siendo un vector importante en la introducción de varias especies que pueden ser potencialmente invasoras a las ya establecidas (Palomo-Aguayo, 2012); por otra parte, también se han

incrementado las actividades humanas trayendo consigo una relación directa con el aumento de diferentes contaminantes producto de diversas fuentes y finalmente se puede mencionar la alteración climática global que trae como consecuencia cambios meteorológicos y oceánicos provocando la incidencia de mayores eventos meteorológico-oceánicos como cambio en algunos patrones de circulación superficial del agua, mayor descarga de los ríos locales por exceso de lluvia, mayor presencia de huracanes y nortes.

Tomando en cuenta lo anterior, es innegable profundizar en el estudio y conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano para proponer estrategias de conservación, de su uso y manejo.

ÁREA DE ESTUDIO

El PNSAV se ubica en la plataforma continental del estado de Veracruz, dentro del sector noroeste de la bahía de Campeche, en el polígono delimitado por los 19°00'00" y 19°16'00" N y los 95°45'00" y 96°12'00" O. Este parque consta de una estructura compleja formada por más de 20 bancos arrecifales con grados distintos de desarrollo, que en conjunto cubren una superficie aproximada de 52 000 ha. Se encuentra dividido en 2 grandes sectores separados por un área de fondos suaves establecida por la desembocadura del río Jamapa. El sector norte, ubicado frente al puerto de Veracruz, representa casi una tercera parte del parque e incluye 10 arrecifes; el sector sur, localizado frente al poblado de Antón Lizardo, incluye la extensión mayor del sistema con 12 arrecifes (Fig. 1). El complejo arrecifal está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental que se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, producto del descenso en el nivel del mar en la última glaciación (Emery, 1963). Los arrecifes del PNSAV se han descrito como de tipo plataforma, con 2 formas de desarrollo: una alargada en sentido noroeste-sureste, y otra en semicírculo con la misma orientación. Se caracterizan por tener pendientes en barlovento y en sotavento, con un desarrollo arrecifal notable. Cada arrecife difiere en complejidad geomorfológica, cantidad de

CaCO₃, riqueza de especies y cobertura viva (Lara et al., 1992; Horta-Puga *et al.*, 2009). Este parque se caracteriza por un clima cálido-húmedo con una diferenciación tropical-subtropical y 2 temporadas climatológicas: la de nortes, de septiembre a abril-mayo con precipitación menor, temperaturas bajas y frecuentes invasiones de masas de aire frío del norte y la temporada de lluvias, de junio-julio a septiembre-octubre con temperaturas elevadas, precipitación alta y vientos débiles del este. Durante las últimas décadas han ocurrido cambios en el inicio y la duración de cada una.

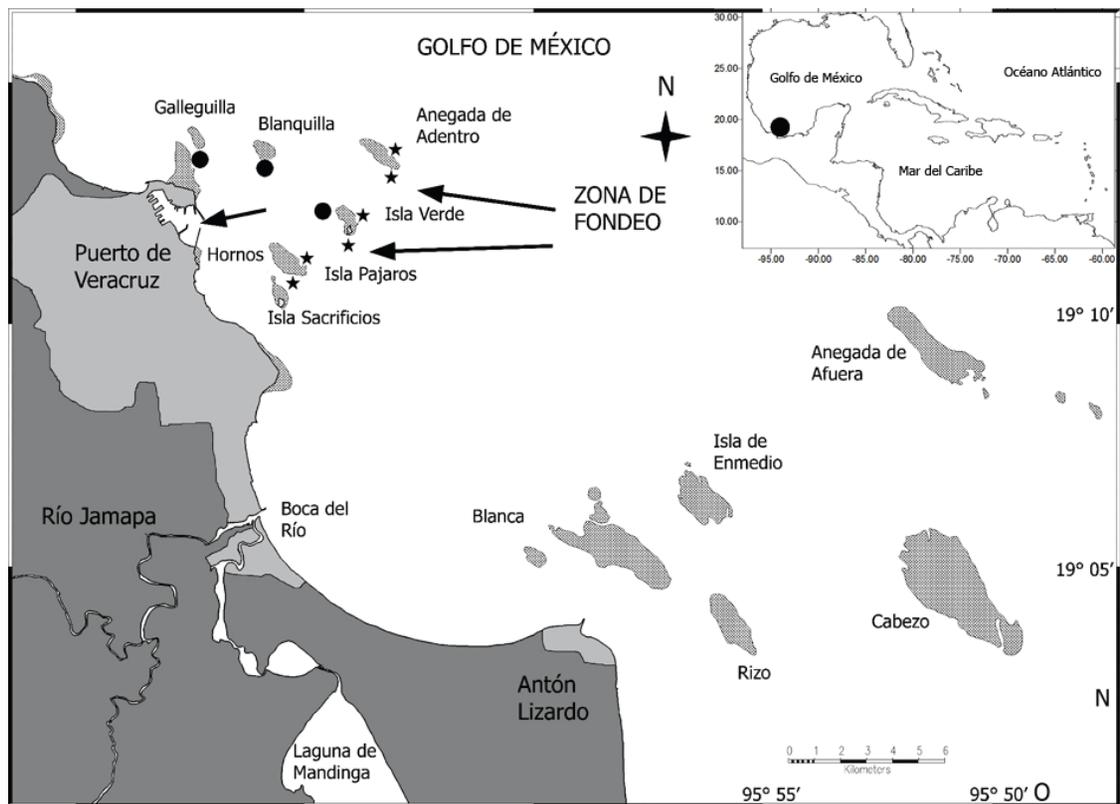


Figura 1. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Se indican los sitios de muestreo con círculos y estrellas. Flechas: canales de entrada hacia el puerto de Veracruz; estrellas: sitios internos de la zona de fondeo; círculos: sitios externos de la zona de fondeo. (Tomado de Zavaleta-Hernández, 2010).

METODOLOGÍA

Programa de muestreo biológico: El muestreo biológico fue realizado en el 2010 en diferentes sitios del PNSAV. Los arrecifes considerados para la colecta biológica incluyeron: Galleguilla, Blanquilla, Anegada de Adentro, Isla Verde, Isla Pájaros, e Isla de Sacrificios, tanto en barlovento como en sotavento (Tabla 3). Las salidas fueron realizadas durante los meses de mayo, julio y agosto; la colecta se realizó mediante buceo autónomo (SCUBA) entre los 8 a 25 m de profundidad. Las coordenadas fueron registradas con un geoposicionador GPS-356 con sonda para barrido batimétrico. En cada sitio de muestreo fueron recolectadas manualmente 4 esponjas; posteriormente, fueron colocadas en palanganas de plástico independientes, con unas gotas de alcoholformaldehído (1:1) para liberar y obtener los organismos asociados. Las esponjas fueron depositadas en la Colección Nacional de Phylum Porifera Gerardo Green, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para su identificación y número de catálogo. Asimismo, fueron recolectadas muestras de pedacera de coral y sedimento equivalente a 3-3,5 kg. Las primeras fueron depositadas en cubetas con agua marina y gotas de alcohol-formaldehído (1:1) para liberar a los organismos asociados; el sedimento fue tamizado a bordo para separar los organismos y depositarlos en frascos con una solución de alcohol al 75%.

Sitio (Arrecife)	Profundidad (m)	Posición (N)	Posición (O)
Galleguilla	9	19°13'56.5"	96°07'31.9"
Blanquilla	9	19°13'32.9"	96°05'53.0"
Isla Verde	10	19°12'00.0"	96°04'04.4"
Blanca	8	19°05'26.4"	96°00'01.6"
Isla de En medio	10	19°06'00.8"	96°56'21.1"
Anegada de Afuera	10	19°10'03.8"	96°52'21.4"

Tabla 3. Localización geográfica y profundidad de los sitios de muestreo en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Zavaleta-Hernández, 2010).



Figura 2. Recolección de muestras: Pedacera de coral, esponjas y sedimento, en el PNSAV.

Trabajo de Laboratorio: En el laboratorio de Crustáceos de la FES-Iztacala, las esponjas fueron seleccionadas para obtener los organismos que se encontraban dentro de los canales; en cuanto a la pedacera de coral, ésta se fragmentó y enjuagó para obtener la mayor cantidad de ejemplares posibles. Para los sedimentos, se realizó una filtración con una malla de aproximadamente 1 mm de luz para deshacerse de las partículas más grandes. Posteriormente se observó al microscopio estereoscópico y los organismos que se encontraron fueron separados e identificados a nivel de Filo, Subfilo, Clase, Orden, basados en la clasificación propuesta por Brusca y Brusca (1990).



Figura 3. Trabajo de laboratorio. Separación y clasificación de organismos basados en la propuesta por Brusca y Brusca (1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición taxonómica:

Dentro de los grupos de invertebrados encontrados en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano destacan:

Ofiuridos, moluscos, poliquetos, anfípodos, tanaidáceos, copépodos, cirripedios, braquiuros, erizos, isópodos, estomatópodos, nematodos, cumáceos y leptostrácos. Estos organismos fueron agrupados en 5 Fila (Tabla 4). De los 14 taxa reconocidos 7 se identificaron hasta Orden, 5 se identificaron a nivel de Clase y por la complejidad de los grupos, 2 taxa se identificaron a nivel de Filo. Cabe destacar que la identificación hasta Familia, Género y Especie no se contempló dentro de los objetivos del presente trabajo por la premura del tiempo.

De los tres tipos de sustratos (esponjas, pedacera de coral y sedimento), se observó que las esponjas sirven de refugio y hábitat a un mayor número de taxa (por una mínima diferencia), en comparación con la pedacera de coral y el sedimento (en ese orden); Figura 4.

Por otra parte, se observó la presencia de algunos ejemplares de larvas de pez con mayor frecuencia en el interior de esponjas que en la pedacera de coral.

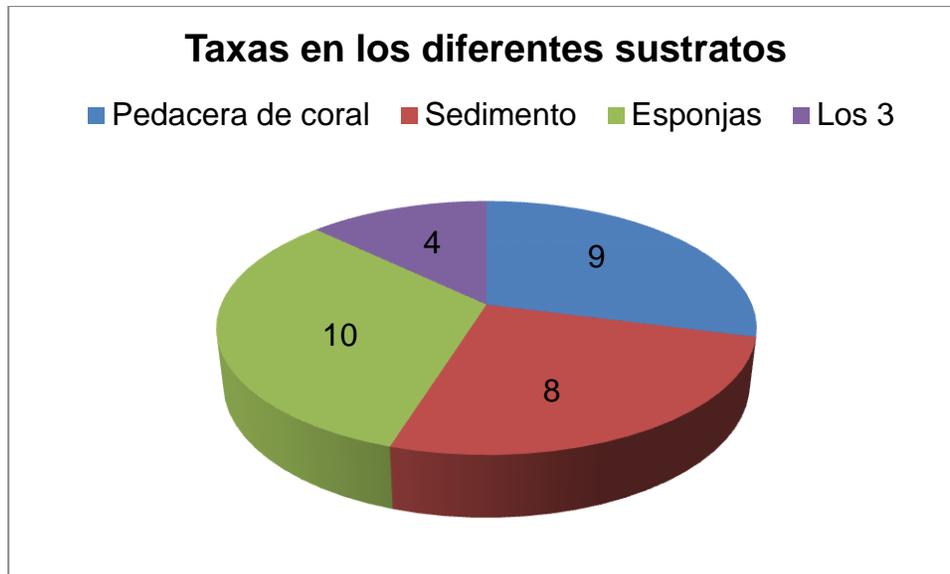


Figura 4. Número de taxa presentes en cada tipo de sustrato recolectado.

<i>Filo</i>	<i>Subfilo</i>	<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Nombre común</i>	
Mollusca				1. Molusco	
Annelida		Polychaeta		2. Poliqueto	
Arthropoda	Crustácea	Malacostraca	Amphipoda	3. Anfípodo	
			Tanaidacea	4. Tanaidáceo	
			Decapoda	5. Braquiuro	
			Isopoda	6. Isópodo	
			Stomatopoda	7. Estomatópodo	
			Cumacea	8. Cumáceo	
			Leptostraca	9. Leptostáceo	
				Maxillopoda	10. Cirripedios
					11. Copépodo
Echinodermata		Echinoidea	12. Erizo de mar		
		Ophiruidea	13. Ofiuroideo		
Nematoda				14. Nemátodo	

Tabla 4. Clasificación taxonómica de los organismos separados en el laboratorio. Clasificación según Brusca & Brusca (1990).

Fenómenos antropogénicos y naturales que impactan el ecosistema del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se encuentra deteriorado por diferentes factores naturales y antropogénicos que han modificado al ecosistema entre los que destacan: los nortes, las tormentas tropicales, huracanes y corrientes oceánicas por un lado y la sobrepesca, las actividades portuarias, dragado y la contaminación por componentes químicos industriales, fertilizantes, pesticidas, derivados del petróleo, aguas residuales y metales pesados (Vargas-Hernández 1994). En general, las consecuencias de los disturbios antropogénicos inducen un incremento en las concentraciones en cuanto a contaminación de químicos se refiere, generando un decremento de la biodiversidad, cambios en la estructura comunitaria, y el aumento en la dominancia de ciertas especies como puede ser el caso de los macrocrustáceos siendo las áreas cercanas a los asentamientos urbanos las más influenciadas, como es el caso de el PNSAV (Horta-Puga 2007). Debido a esto se ha propuesto que las descargas industriales y de drenaje que se vierten en las cercanías de la ciudad de Veracruz, afectan las comunidades biológicas de invertebrados (Horta-Pua 1997, 2007, Winfield *et al.* 2007).

Los metales pesados como el Cd y Pb no son constituyentes naturales para el organismo y la presencia de éstos puede provocar alteraciones fisiológicas: desordenes neurofisiológicos, modificación de la actividad enzimática, efectos teratogénicos, mutagénicos, enfermedades y en algunos casos, la muerte. La entrada de estos metales en los organismos se puede dar por vía directa a través de la superficie corporal y durante la respiración e ingestión de alimentos, pasando a través de las membranas celulares y las cadenas alimenticias (Zavaleta-Hernández, 2010).

Debido a la importancia ecológica, económica y social del PNSAV, es fundamental generar investigaciones que apoyen la conservación de este ecosistema. Se debe contemplar que el PNSAV por su cercanía a la costa, al puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo, ha sufrido impactos severos por la actividad humana, industrial y por el acarreo de sedimentos de los ríos Jamapa, Papaloapan y La Antigua, ocasionando en conjunto un incremento en los metales pesados, hidrocarburos y coliformes fecales.

Este impacto ha modificado la belleza escénica, reduciendo la biodiversidad, cambiando la estructura comunitaria e incrementando los contaminantes particulados y disueltos en el ambiente arrecifal (Winfield, *et al*; 2010).

Otros agentes que contribuyen a la presencia de metales como el Pb, Cd y Cu en el área puede ser algunas industrias en el puerto de Veracruz como son: Metales de Veracruz, Astilleros de Veracruz y Muelle de Pemex por lo que se considera que las efluentes industriales domésticas, hoteleras, residuales y escorrentías pluviales llevan un alto contenido de estos metales y, aunque existen plantas de tratamiento, el destino final de los contaminantes es el océano costero (Noriega, 2001). De acuerdo con Zavaleta-Hernández, 2010; entre los contaminantes metálicos generados por algunos tipos de industria Petroquímica se encuentran (Pb, Cd y Cu); Fertilizantes (Pb, Cu y Cd); Papelera (Cu y Pb); Cervecería (Cu); Refresquera (Cu); Pinturas y Anilinas (Cd y Cu). Por otro lado el uso de los fertilizantes fosfatados son especialmente ricos en Cd y los pesticidas contienen altas concentraciones de Cu, por lo que son una fuente importante de estos elementos tóxicos en el medio.

Las corrientes del océano son otro medio del transporte de agentes contaminadores al SAV, ya que la materia particulada que queda suspendida en las columnas de agua se puede llevar a largas distancias por las corrientes de superficiales de mar. Grose *et al.* 1983 desarrollaron un modelo de la predicción del transporte superficial de agentes contaminadores y predijeron que los vertimientos del aceite que resultan de descargas operacionales de los buques que navegan a través del golfo tenderán a acumularse en la costa del estado de Veracruz y en el PNSAV (Horta-Puga, 2007). Además la gran cantidad de sedimentación que existe en el PNSAV, como ya se mencionó, es debido a las descargas de los ríos cercanos como el Jamapa y Papaloapan, y que debido a las actividades de dragado se remueven importantes cantidades de sedimento y materia orgánica por lo cual los metales pesados quedan en contacto con la biota marina (Horta-Puga y Ramírez Palacio 1996).

CONCLUSIONES

- ❖ Es necesario continuar con la descripción y análisis más detallado de los diferentes grupos de organismos encontrados dentro del PNSAV; de esta forma se podrán realizar estimaciones de indicadores ecológicos poblacionales como: abundancia, diversidad, biomasa y distribución espacial y temporal que permitan determinar el estatus de cada taxa, así como la calidad ambiental de este ecosistema.
- ❖ Una vez caracterizada la biodiversidad del PNSAV, se recomienda profundizar simultáneamente en el conocimiento de los factores antropogénicos (efecto de contaminación provocada por las diferentes actividades humanas de la región), meteorológicos (impacto de Huracanes y Nortes y la consecuente descarga de los ríos con mucho sedimento, basura y contaminantes), oceánicos (circulación superficial) e introducción de especies invasoras (producto del agua de lastre de embarcaciones comerciales que entran a diferentes Puertos del mundo) ya que éstas han generado gran interés debido al efecto ecológico negativo que ejercen sobre la biodiversidad nativa y los cambios que provocan en la estructura comunitaria local-regional, así como en el impacto en los contextos económico y social. Las especies invasoras actúan como vectores de nuevas enfermedades, alterando los procesos del ecosistema, reduciendo o eliminando las poblaciones de especies nativas a través de la depredación, la competencia u otros medios y causando importantes pérdidas económicas (Palomo-Aguayo, 2012).
- ❖ Finalmente, se recomienda que más estudiantes de preparatoria de las siguientes generaciones continúen este trabajo para poder llegar a la identificación de niveles taxonómicos de Género y Especie para poder detectar especies endémicas y/o de importancia ecológica y económica; y contribuir en medida de lo posible al conocimiento, manejo y conservación de la biodiversidad del PNSAV.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes bibliohemorográficas:

- Arenas-Fuentes, V; Lozano-Aburto, M.A; Jiménez-Badillo, M.L; Meiners-Mandujano, C; Valarde-González, M.E; Morteo-Ortiz, T.E; Guzón-Zatarain, O.V; González-González, J.A. (2011). *Biodiversidad marina de la costa central de Veracruz*. Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología. 223 pp.
 - Brusca, R. y Brusca, G. (1990). *Invertebrates*. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland, M.A. 922 pp.
 - Emery, K.O. 1963. *Arrecifes coralinos en Veracruz, México*. Geofísica Internacional 3(1): 11-17.
 - González Fernanda. (2005). *Ecología*. México: Mc Graw Hill. pp. 339.
 - Granados, B.A, Arenas, A.L.G, y Vargas, H.J. (2007). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304p.
 - Horta-Puga G. & Ramírez-Palacios R. (1996). Niveles de plomo en el esqueleto del coral arrecifal *Montastrea annularis*. In: *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencia* (A.V. Botello, F. Vázquez Gutiérrez, J.L. Rojas Galaviz, J. Benítez Torres & D. Zárate Lomelí eds.) EPOMEX Serie Científica 4. pp. 363-367. Universidad Autónoma de Campeche, México.
 - Horta-Puga G., G. Barba., M. Tello. (1997). *The Veracruz Reef System in the Gulf of Mexico: An Environmental Review*. (Resúmenes) Simposio Ecosistemas acuáticos de México. cd. México 21pp.
 - Horta-Puga, G. (2007). Environmental Impacts. In Tunnell, J.W., E.A. Chávez and K. Whithers (Eds.) *Coral Reefs of Southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press. pp. 126-141
 - Jiménez-Hernández, M.A.; Granados-Barba, A.; Ortiz-Lozano, L.; (2007). *Análisis de la Información Científica en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN 968-5722-53-6. 304 p.
- Jordán-Dahlgren, E. 2004. *Arrecifes coralinos del Golfo de México: caracterización y diagnóstico*. In *Diagnóstico ambiental del golfo de México*, M.

- Caso, I. Pisanty y E. Ecurra (eds.). Instituto Nacional de Ecología / Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F. p. 555-572.
- Lara, M., C. Padilla, C.A. García y J.J. Espejel. (1992). *Coral reefs of Veracruz, México. Zonation and Community Structure*. Proc. Seventh Intern. Coral Reefs Symp. Guam.
- Noriega, E.E. (2001). Metales Pesados en *Thalassia testudinum* (pasto marino), en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de licenciatura en Biología. ENEP-Iztacala, UNAM, 48 P.
- Palomo-Aguayo, U. (2012). Anfípodos invasores (Crustácea-Peracárida) asociados a esponjas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis para obtener el grado de: Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. 42p.
- Winfield, I; Abarca-Arenas, L. G; Cházaro-Olvera, S. (2007). Crustacean macrofoulers in the Veracruz coral reef system, SW Gulf of Mexico: checklist, spatial distribution and diversity. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 84, N°2: 287-295.
- Winfield, I; Cházaro-Olvera, S; Horta-Puga, G; Lozano-Aburto, M. A; Arenas-Fuentes, V. (2010). Macrocrustáceos incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 81, 165-175.
- Winfield, I; Cházaro-Olvera, S; Ortíz, M y Palomo-Aguayo, U. (2011). Lista actualizada de las especies de anfípodos (Peracarida: Gamaridea y Corophiidea) marinos invasores en México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 46, N°3: 349-361.
- Zavaleta-Hernández, N. F; (2010). Influencia de la contaminación por Metales Pesados en la Distribución Espacial de los Macrocrustáceos Encostrantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis para obtener el grado de: Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. 48p.

Fuentes de internet:

- *CONABIO. Ficha Técnica para la Evaluación de los Sitios Prioritarios para la Conservación de los Ambientes Costeros y Oceánicos en México. 24 de enero de 2015, de CONABIO, The Nature Conservancy, CONANP y Pro Natura. Sitio web:*

http://www.conabio.gob.mx/gap/images/8/85/59_Sistema_Arrecifal_Veracruzano.pdf.

- http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosque_sobj_anp.php
- http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/parques_nacionales.php.
- http://www.conevyt.org.mx/actividades/diversidad/lectura_biodiversidad.htm