



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS EN LA COBERTURA DE LOS
BIOTOPOS DE LA PLANICIE ARRECIFAL LA GALLEGA, VER.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

ANDREA VIRIDIANA BALDERAS CORDERO

Director de Tesis

Biol. José Luis Tello Musi

Laboratorio de Zoología

2014



Los Reyes Iztacala, Estado de México



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Si existe un obstáculo en el camino a la meta

Solo hay que construir una nueva ruta

No es realmente el tiempo que tardes en llegar

Si no lo aprendido en el camino

El futuro pertenece a aquellos...

Que ven las posibilidades

Antes de ser evidentes...

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.

A mis padres porque gracias a ellos he podido cumplir esta gran meta, ya que siempre me han apoyado e impulsado a seguir adelante, les agradezco infinitamente por regalarme la hermosa oportunidad de estudiar esta carrera tan maravillosa.

Mami gracias por todo lo que me has enseñado, porque gracias a ti aprendí que las cosas tienen que hacerse bien, que no basta un intento más bien nunca hay que rendirse, porque cada una de las hojas arrancadas valieron la pena; Papi gracias por todas esas historias que me contaste, pues cada una tenía su moraleja, y me han ayudado mucho tus consejos, gracias a ambos por siempre mostrarnos nuestras virtudes y ayudarnos a corregir los defectos, porque día a día nos impulsan a ser mejores personas.

A mi flaquita bonita, Abi, hermana, gracias por ser también una amiga, mi compañera y mi cómplice por todos esos años que soportaste la luz prendida en las madrugadas, por siempre ayudarme en lo que estaba en tus manos, por siempre hacerme sonreír aun en los momentos más difíciles, te quiero. A ti mi sebas porque siempre confías en mi, por hacer de la casa un lugar con mucha alegría y siempre hacernos reír.

Gracias a los cuatro por ser el mejor equipo los amo.

A mi tía Ingrid por que más que ser mi tía eres como una hermana y una amiga, pues siempre me sigues la corriente y compartimos metas e ilusiones.

A mi Abuela María Elena Caballero, por ser el mejor ejemplo de perseverancia, por todos tus consejos y por siempre apoyarme.

A mis primos, Magaly, Sandy, Diego, Brandon, Kari, por ser tan divertidos y porque de cada uno he podido aprender algo.

Alex, Gracias por todo lo que he podido aprender contigo, por siempre tener la respuesta a cada duda y la palabra correcta en cada situación, por tu paciencia en campo y todos tus consejos, por tus exámenes sorpresa que ponen a prueba mis conocimientos, por todos los datos curiosos que me han hecho aprender algo nuevo cada día, porque siempre has creído en mi, y tu incondicional ayuda fue parte de esta meta, gracias por siempre alentarme a seguir adelante, simplemente infinitas gracias por ser parte de mi vida.

A mis amigos del "clan" Melanie, Alma, Estela, Luis Machorro, Luis Luna, y Mariela, con los que he podido compartir infinitas aventuras, gracias por ser no solo mis amigos, sino una familia, los quiero a todos.

A Jacqueline Lara y Miriam Rosas porque siempre fue un placer hacer equipo, gracias por todos sus consejos, gracias por ser unas grandes amigas.

A Jacqueline Ramírez, por ser mi amiga y por todos sus valiosos consejos para mejorar este trabajo.

A la profesora Mildred Morga Monzón y M. en C. Jazmín Morlan por haber sido pieza clave en mi elección de esta carrera.

Al Biol. José Luis Tello Musi por dirigir mi tesis, por depositar su confianza en mí en la realización de este trabajo, por haberme enseñado que todo aquello que suele costarnos más trabajo es de lo que más aprendemos, gracias por siempre tener la palabra correcta.

A mis sinodales: Biol. Felipe de Jesús Cruz López, M. en C. Jonathan Franco y Dr. Raymundo Montoya, por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo, y un especial agradecimiento al Biol. José Antonio Martínez Pérez por todos sus consejos, comentarios y observaciones que siempre fueron de gran ayuda y reflexión no solo para la realización de este trabajo si no también en la persona, Gracias.

A la M. en C. Cecilia González Martínez y el Dr. Horacio Pérez España por haberme facilitado datos que fueron indispensables para la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad y las herramientas para seguirme superando día a día.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	6
• OBJETIVO GENERAL.....	6
• OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
• SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.....	7
-ORÍGEN.....	7
-OCEANOGRAFÍA.....	7
-CLIMA.....	8
• ARRECIFE LA GALLEGA.....	8
-HISTORIA E IMPACTO ANTROPOGÉNICO.....	8
-MAPA.....	10
MATERIAL Y MÉTODO.....	11
• DISEÑO DEL MUESTREO.....	11
• MUESTREO.....	11
• TRABAJO DE GABINETE.....	13
RESULTADOS.....	14
• COBERTURA DE BIOTOPOS.....	14
• CORAL HERMATÍPICO.....	16
• ARENA.....	19
• DISTRIBUCIÓN DE BIOTOPOS.....	20
• MAPAS.....	22

DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	39
LITERATURA CITADA.....	45
ANEXO.....	47

RESUMEN

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más complejos y diversos, tienen una alta diversidad y existe un gran número de interacciones tanto inter como intra-específicas; en México, estas formaciones tienen un mejor desarrollo en las costas de occidente, siendo las costas de Veracruz privilegiadas por poseer un extenso territorio, constituido por más de 25 arrecifes coralinos costeros y de plataforma, sin embargo, por su cercanía al puerto, tienen un alto grado de perturbación, tal es el caso del arrecife La Gallega, donde, históricamente, las actividades antropogénicas, como las diversas construcciones y modificaciones portuarias, han causado un grave deterioro del arrecife; este impacto ha sido continuo y creciente, como la actual propuesta para la ampliación del puerto que, con la construcción de obras y con los diques de protección propuestos, aumentará la sedimentación en los arrecifes La Gallega y Galleguilla, lo que ocasionará una muerte de estos arrecifes en un futuro no muy lejano. A pesar de que el arrecife La Gallega ha estado en peligro inminente, son pocos los estudios realizados en él, y solo uno habla de su condición, como el realizado por González 2003, que caracteriza, con base en los biotopos y la cobertura coralina, a la planicie arrecifal, sin embargo, después de 10 años no se ha hecho, por parte de la CONANP, ningún esfuerzo por evitar el deterioro del arrecife, ni mucho menos por tratar de recuperarlo, por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue analizar la diferencias en la cobertura actual de los biotopos de la planicie arrecifal La Gallega, Ver. con respecto al estudio realizado en 2003, utilizando los mismos puntos de muestreo. El estudio se realizó estimando, de forma visual, el porcentaje de cobertura de los biotopos: coral hermatípico, coral muerto, arena, y *Thalassia*, además de las comunidades bióticas de algas e invertebrados bentónicos al cual se nombró como otros, además se midió la abundancia por especie de los corales. Se muestreó un total de 71 cuadrantes de 5 x 5m, tomando en cuenta las coordenadas utilizadas por González 2003 y se compararon los porcentajes de cobertura de los biotopos actuales (a) con los reportados anteriormente (r). Arena a49.9, r42.7, Coral muerto a24.5, r24.1, *Thalassia* a8.1, r25.1, algas a1.8, r4.9, invertebrados a15.7, r2.5 y coral a0.045, r0.2. Se destaca

un aumento del 7 % para el biotopo de arena, además de que dicho biotopo se encuentra distribuido en todo el arrecife, contrario a lo encontrado en 2003 donde este se distribuía principalmente en la parte central, también se notan cambios en la distribución de coral muerto así como disminución de diversidad y abundancia de los corales hermatípicos, donde el género *Siderastrea* es el único que se reportó en la actualidad.

INTRODUCCIÓN

Un arrecife es un ecosistema marino cuya estructura está constituida por diversos organismos (Schuhmacher, 1978); los arrecifes coralinos son considerados los ambientes marinos más diversos y complejos (Archituv y Duvinsky, 1990) cubriendo el 1% de la superficie del planeta; (Tunnell et al., 2010), estos hábitats tienen una heterogeneidad espacial alta, ya que diversos grupos marinos pueden coexistir en ellos (Jordán-Darlgren 1993 en González-Muñoz 2005). Por su origen, geomorfología y localización con respecto a tierra firme, los arrecifes se clasifican principalmente en cuatro tipos (Figura 1): arrecife costero, barrera, atolón y de plataforma (Schuhmacher, 1978).

El arrecife costero, como su mismo nombre lo indica, bordea la costa o bien se encuentra separado por un brazo de agua de poca profundidad (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993; Schuhmacher, 1978); los arrecifes de barrera se pueden encontrar rodeando islas oceánicas o en estadios intermedios, en formaciones de atolones (Schuhmacher, 1978), se caracterizan por tener un canal de separación a la costa con profundidad de 100 a 200 m (González-Martínez, 2003); los arrecifes de plataforma se encuentran rodeados por agua profunda y, generalmente están aplanados en la cima (Schuhmacher, 1978; Alcolado, 2004); los atolones son arrecifes con forma anular con una laguna profunda en el centro y están sobre un basamento volcánico (Alcolado, 2004).

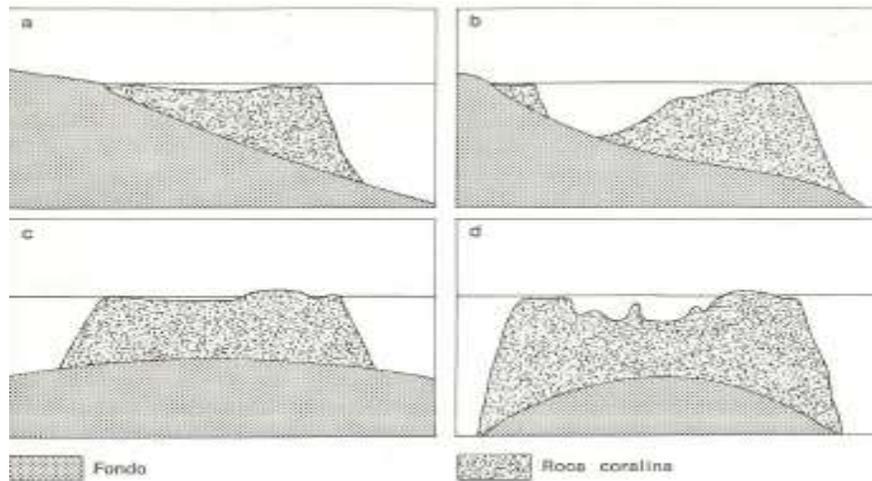


Fig.1 Tipos de arrecifes de coral (Tomado de Schuhmacher, 1978) a) Arrecife costero b) Arrecife Barrera c) Arrecife plataforma d) Atolón.

Al igual que en todos los ecosistemas, en los arrecifes de coral encontramos distritos biológicos, es decir, espacios válidos para poder desarrollarse la vida, a esto se le denomina como biotopo, que en ecología se le define como el ambiente físico que reúne características que permite establecer una biocenosis, el cual se encuentra delimitado por la apariencia del paisaje (Margalef, 1977), los principales biotopos de una planicie arrecifal son: pastizales de *Thalassia*, arena, coral muerto y coral hermatípico (Tello-Musi, 2000), también existen comunidades bióticas de algas e invertebrados, como erizos, anémonas, esponjas pepinos, etc., que, en estos ecosistemas, junto con los biotopos, podemos utilizarlos como indicadores de perturbación.

La formación de estos ecosistemas de alta productividad está condicionada bajo diversos factores como la temperatura, aguas transparentes y salinidad con pocas variaciones, factores determinantes para la presencia de corales hermatípicos, elemento visual predominante, además de ser los principales constructores de un arrecife coralino. Actualmente se considera que estos factores se están alterando debido a múltiples causas tanto naturales como antropogénicas, siendo los últimos los de mayor impacto, entre los que podemos encontrar contaminación por aguas residuales, sedimentación, sobrepesca, extracción ilegal de organismos, encallamientos de embarcaciones, construcciones portuarias, entre otras, lo que

causa que dichos ecosistemas se encuentren mundialmente bajo amenaza (Horta-Puga, 2010, Alcolado et al., 2012).

El aporte de sedimento no asimilable sobre la superficie de la colonia coralina es considerado el disturbio más intenso producido por el hombre, ocasionando un incremento de mortalidad coralina y degradación del arrecife, que es inducido por la alimentación artificial de playas, relleno y construcciones costeras (Granja-Fernández y López-Pérez, 2008; Guzmán y Holst, 1993; McClanahan y Obura, 1997; Nugues y Roberts, 2003)

El Golfo de México pareciera carecer de la formación de arrecifes de coral debido a factores como escasez de lechos rocosos y la turbidez del agua, resultado del aporte de sedimentos que provienen de varios ríos (Vargas-Hernández et al., 1993; Ortiz-Lozano, 2006) sin embargo, en México estas formaciones tienen un mejor desarrollo en las costas de occidente, siendo las costas de Veracruz privilegiadas por su extenso territorio constituido por 28 arrecifes coralinos (DOF, 2012), sin embargo, su localización cercana al puerto también ha promovido un alto grado de perturbación debido a las actividades antropogénicas, teniendo como resultado el decremento en su estado de salud, lo que ha provocado que algunos de los arrecifes, principalmente los costeros, estén en un estado crítico y de alerta roja (Horta-Puga y Tello-Musi, 2009). Tal es el caso del arrecife La Gallega, arrecife tipo plataforma (actualmente pegado a la costa por la construcción del puerto) con una extensión de 1,362,000 m², perteneciente al Sistema Arrecifal Veracruzano, dicho arrecife se ha encontrado bajo continuos factores de presión a partir de la construcción de la fortaleza de San Juan de Ulúa en 1544, la construcción del puerto (Palacios, 2001) comenzada desde 1881 (Siglo Diez y Nueve, 1883) y la construcción de los diques noreste a partir de 1887 (Secretaría de Fomento, 1887), lo que causó el cierre del canal del norte, el cual permitía el flujo de las corrientes entre el arrecife y la costa, al bloquear esta corriente del norte, provocó la acumulación de sedimentos provenientes del río La Antigua, en Bahía de Vergara y el arrecife Punta Gorda, sepultando parte de este arrecife y aumentando la sedimentación en los arrecifes aledaños, Gallega y Galleguilla (CONABIO, 1995;

Ortiz-Lozano, 2006, Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013). A pesar de que el arrecife La Gallega forma parte de un Área Natural Protegida (DOF, 1992), no han cesado los impactos ni se han tomado medidas de restauración por las entidades gubernamentales encargadas para ello, sino al contrario, se han incrementado.

Las obras portuarias han sido continuas en la zona, como la construcción de edificaciones para el funcionamiento del puerto (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993) y la construcción de diques y drenajes en 1994 para el módulo de almacenamiento de PEMEX (PEMEX, 1994), además es importante señalar otros factores que causan presión contra el ecosistema, como son anclaje, recolección de especímenes, navegación, turismo (Chávez e Hidalgo, 1987), pisoteo de coral por las diferentes artes de pesca para pulpo, almeja, peces y de la pesca deportiva inmoderada dentro del arrecife (Ortiz-Lozano, 2006). Otro problema que tiene un alto impacto deletéreo en el arrecife, es el vertimiento de desechos provenientes de la planta de tratamiento de aguas de la playa norte, la cual descarga directamente en el mar (Vargas-Hernández, 1993), impacto que es considerado de una temporalidad crónica con una intensidad alta (Chávez e Hidalgo, 1987).

Actualmente existen pocos estudios realizados en la zona, algunos listados faunísticos de moluscos (Ramos-Elorduy, 2003; Salcedo Ríos, 2003; Islas Peña, 2004) y de anémonas (González-Muñoz et al., 2013). Un estudio que implica el uso de la ecología cuantitativa basada en parámetros como abundancia, diversidad y cobertura, es el de González-Martínez en 2003 que caracteriza con base a los biotopos y la cobertura coralina de la planicie del arrecife La Gallega, siendo este el único estudio que muestra su condición. En dicho estudio se propone la realización de un monitoreo de la zona como medida de vigilancia y conservación, sin embargo, pese a la recomendación y al estado crítico del arrecife, no se han tomado medidas para mitigar el impacto (Keller et al., 2009; Alcolado, 2004), sino al contrario, el 30 de septiembre de 2011 se publicó en el diario oficial de Veracruz que el polígono sería modificado para la ampliación del puerto, argumentando el favorecimiento del estado con el comercio y promoción del turismo, excluyendo de la poligonal punta gorda (Gobierno de Veracruz, 2011)

lo que dejaría vulnerable una vez más al arrecife. Dicho proyecto sigue en pie a pesar de que Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano en 2013, advierten y señalan que a largo plazo, la construcción del rompe-olas que protegerá al nuevo puerto, modificará la dinámica de la costa creando dos áreas de sedimentación, una sobre el arrecife de Punta Gorda y la otra sobre el arrecife La Gallega, provocando que los arrecifes queden totalmente sepultados.

Como se ha mencionado, no se ha hecho esfuerzo por evitar el deterioro del arrecife, ni mucho menos por tratar de recuperarlo, a pesar de que se ha hecho la observación de que dicha área ha recibido un continuo acarreo de sedimentos y el riesgo que esto representa, por tal motivo, en este proyecto se planteó realizar, después de diez años del estudio elaborado en la planicie arrecifal de La Gallega (González-Martínez, 2003), volver a medir los mismos parámetros en los mismos puntos de muestreo y hacer una comparación del antes y después.

OBJETIVOS.

- Objetivo General

Analizar la diferencia en la cobertura de los biotopos de la planicie arrecifal de La Gallega Veracruz, con respecto un estudio realizado en 2003.

- Objetivos particulares

Determinar la cobertura actual de los biotopos de la planicie arrecifal La Gallega, utilizando la misma parrilla de González-Martínez, 2003.

Comparar la cobertura actual de cada biotopo con los encontrados en 2003.

Determinar la distribución y abundancia de las especies de corales hermatípicos

Elaborar mapas que permitan comparar la distribución actual de los biotopos de la planicie con la encontrada hace 10 años.

ÁREA DE ESTUDIO.

SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.

El SAV se encuentra ubicado en el extremo sudoccidental del Golfo de México, está comprendido por 28 (DOF, 2012) arrecifes de coral dividido en dos áreas geográficamente separadas (Tunnell, 2010) la primera compuesta por 13 arrecifes cercanos a las costas (La Gallega, La Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda) y el segundo se encuentra frente a punta Antón Lizardo (Giotte, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, El Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topetillo) (Vargas-Hernández et al., 1993)

- ORIGEN

Estos arrecifes tienen un origen perteneciente al pleistoceno reciente, producto del descenso del nivel del mar debido a la última glaciación; se desarrollan sobre un banco de restos bioclásticos de materiales calcáreos de restos coralinos (Carricat-Ganivet y Horta- Puga, 1993; Vargas-Hernández et al., 1993),

- OCEANOGRAFÍA

Tres masas de agua rodean estos arrecifes: oceánicas, costeras y de mezcla, con una salinidad de 36‰ en superficie y 36.7 ‰ a 20 m de profundidad e inferiores a estos en aguas costeras que reciben aportes fluviales (Vargas-Hernández et al., 1993).

- CLIMA

El clima para esta zona es considerado como caliente-húmedo con lluvias en verano, corresponde al clima tipo A(W2")(W)(i"), podemos encontrar dos épocas marcadas a lo largo del año, la época de nortes y la de lluvias; la primera va de septiembre a abril, con vientos predominantes, escasa

precipitación y baja temperatura; la segunda se presenta de mayo a agosto donde la temperatura es más elevada y la precipitación se incrementa (Cetenal, 1979; Vargas-Hernández, 1993)

ARRECIFE LA GALLEGA

Arrecife perteneciente al área natural protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, (DOF, 1992, DOF, 2012), se localiza en las coordenadas 19° 13' 13" N y 19° 07' 37" W (Carricat–Ganivet y Horta-Puga, 1993), su extensión total es de 1,362,000 m² (SEMAR en González-Martínez, 2003) su eje más largo es con dirección NW-SE con 2.37 Km y su parte más ancha mide 1.25 km, (Jácome, 1992); es un arrecife de tipo plataforma, sin embargo, actualmente se encuentra cercano a la línea de costa a la costa modificada por la construcción de actual Puerto de Veracruz (Vargas-Hernández, 1993; González–Martínez, 2003, Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013).

Está conformado principalmente por arena, la cual se sugiere es principalmente de origen coralino y restos de moluscos (González –Martínez, 2003; Carricat–Ganivet y Horta-Puga, 1993), además de sedimentos provenientes de los ríos de la parte norte (principalmente del río la Antigua), también muestra parches de *Thalassia*, restos de corales, coral vivo, aunque este llega a estar en un mínimo porcentaje y algunos invertebrados como equinodermos, anémonas y algunos moluscos como pelecípodos y gasterópodos (González-Martínez, 2003, Islas-Peña, 2004).

Historia e Impacto antropogénico:

El arrecife La Gallega ha sufrido constantemente de impacto antropogénico por su cercanía a la costa, ya que se encuentra unido al puerto de Veracruz por medio de una escollera, la cual fue construida a principios del siglo pasado; sin embargo fue desde 1519 que los españoles arribaron a las playas de la actual ciudad de Veracruz, en un islote el cual nombraron San Juan de Ulúa lugar donde actualmente encontramos el fuerte construido con el mismo nombre (Rodríguez y Manrique, 1992 en Palacios 2001) construcción que comenzó en el año de 1544 sobre el islote del arrecife La Gallega utilizando como principal material

madrépora, llamado comúnmente como “piedra múcar” y de esta manera se defendían de los ataques de bucaneros (Carricat-Ganivet,1998).

Fue en 1881 cuando inició la construcción del puerto para elevar el comercio, obra que concluyó en 1903 (Siglo Diez y Nueve, 1888; Palacios, 2001); mientras que en 1987 se hizo el contrato para la construcción del dique noreste como parte de las obras de mejoramiento del puerto, dicho dique partiría de la plaza de Caleta a la Punta del Soldado sobre el Arrecife La Gallega (Periódico Oficial,1887). Fue en 1992 que es declarado por el gobierno parte del Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (DOF,1992), sin embargo, en 1994 PEMEX construye una terminal marítima y terrestre en Los bajos La Gallega, construyendo diques, tuberías y drenajes en los bajos del arrecife; en 2011 el gobierno de Veracruz anuncia la modificación del polígono arrecifal para la ampliación del puerto (Gobierno de Veracruz, 2011), la cual incluye la construcción de un rompe olas para la protección del mismo, así como la modificación de la poligonal (Valdez-Rocha y Ortiz-Lozano en 2013), dicho arrecife no solamente se ha visto afectado por las construcciones para funcionamiento adecuado del puerto, si no por otras actividades antropogénicas como: la pesca, descarga de sedimentos o el saqueo de especímenes, causando alteraciones en el ecosistema, por ello el impacto que los factores antropogénicos producen son elemento prioritario de investigación.(Vargas-Hernández et al.,2002).

Arrecife La Gallega, Ver.



Fig.2 Arrecife La Gallega, Veracruz Mex. (Tomado de INEGI, 2007)

MATERIAL Y METODO.

- Diseño del muestreo.

Se realizó un muestreo prospectivo del área, tomando en cuenta la cuadrícula realizada por González-Martínez (2003) sobre el área perteneciente al arrecife La Gallega, la cual está constituida por un total de 10 transectos y 100 cuadrantes que cubren la totalidad del área, se tomaron 71 cuadrantes de 25m² distribuidos en toda la zona para el muestreo actual.

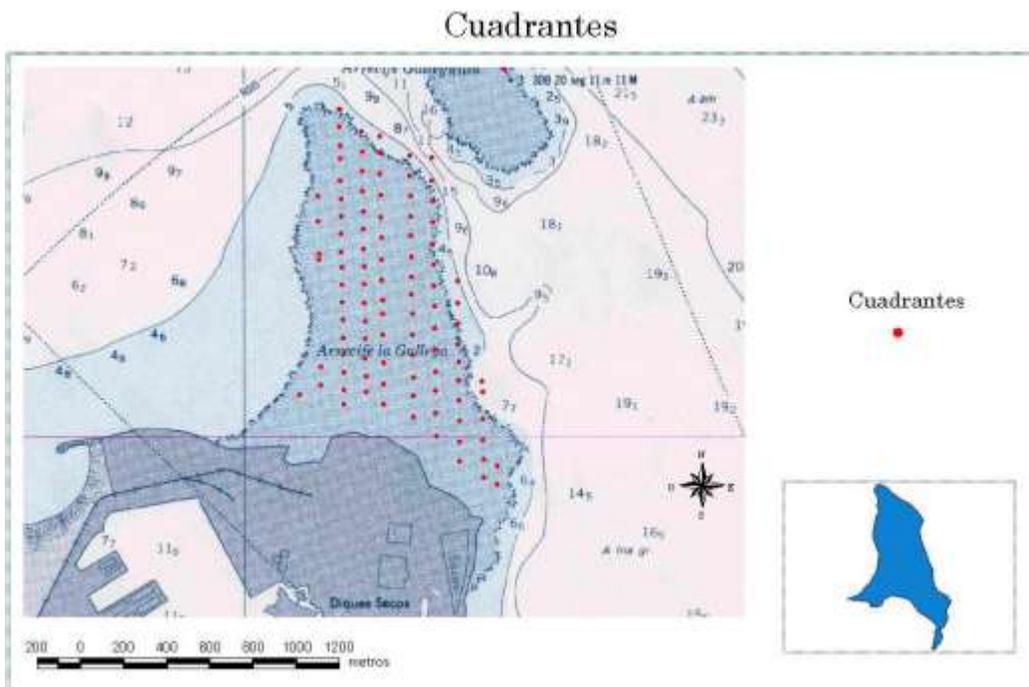


Fig.3 Arrecife La Gallega Cuadrícula realizada por González –Martínez en 2003

- Muestreo

Se localizaron las coordenadas geográficas elegidas de las empleadas por González-Martínez en 2003 esto con la ayuda de un GPS marca Garmin modelo eTrex Vista con una precisión $\pm 4m$. Datum: NAD27.

Una vez localizado el punto de muestreo se colocó un cuadrante de 5x5 m delimitado por un cabo de nylon con lastres de plomo, se calculó de manera cualitativa el porcentaje de cobertura de cada uno de los biotopos (Tello-Musi, 2002). Los biotopos trabajados fueron:

Thalassia: pasto marino, que se encuentra generalmente formando praderas en sustratos arenosos de lagunas arrecifales, así como en aguas someras de la plataforma continental.

Arena: partículas pequeñas resultantes de la erosión química, física y biológica de rocas de origen coralino, esqueletos de carbonato de calcio y algas calcáreas.

Coral Muerto: Vestigios del esqueleto de corales hermatípicos que han muerto, estos pueden encontrarse en forma fragmentada o cubriendo gran proporción del arrecife, este sirve como sustrato para fijación de otras especies.

Coral hermatípico: Organismos del filo Cnidaria caracterizados por presentar un exoesqueleto calcáreo así como también zooxantelas. Organismos formadores de arrecifes

También fueron considerados dentro del muestreo: algas y otros (invertebrados), evaluándolos en porcentajes de la misma forma anteriormente descrita, ya que estas comunidades bióticas pueden llegar a modificar la distribución de los biotopos al interactuar con otros organismos (Tello-Musi, 2000) es importante mencionar que para el biotopo denominado otros, se tomaron datos de todos los organismos bentónicos encontrados en los biotopos.

Los corales Hermatípicos, además de ser considerados como biotopo, fueron contabilizados individualmente y por especie, para determinar su abundancia, distribución, cobertura, diámetro máximo, así como la diversidad, cada coral fue fotografiado en cada cuadrante, para tener un archivo fotográfico de referencia.

- Trabajo de gabinete

Se determinó la cobertura, frecuencia, dominancia y valor de importancia para cada biotopo (Anexo 1), entendiendo como cobertura el área que ocupa un biotopo con respecto al área total muestreada; se realizó una prueba estadística de t para muestras independientes con un intervalo de confianza de 95.0%, $\alpha=0.05$, para conocer las diferencias entre la cobertura encontrada hace 10 años y la actual.

Se determinaron las especies de corales encontradas, por medio de guías de campo y en el laboratorio, por medio del archivo fotográfico, mismo que sirvió de referencia para obtener las tallas de los corales por medio del programa Image J 1.46r. También fue determinada su distribución y abundancia por género.

Se realizó una comparación, mediante ANOVA de una sola vía, de la tasa de sedimentación de diferentes sitios del área norte del SAV, con los datos proporcionados por el Dr. Horacio Pérez España, Investigador de la Universidad Veracruzana.

Una vez obtenida esta información, se organizó en tablas para poder realizar gráficas comparativas. Mediante el sistema de información geográfica ARC VIEW se geo-referenció el mapa más actual de la zona, al cual fueron añadidas las coordenadas de los puntos muestreados, así como también se adjuntó la base de datos de los biotopos encontrados en cada cuadrante, lo cual permitió obtener una perspectiva visual de los datos obtenidos en campo y tener un análisis más integrativo, al final se elaboraron mapas de la distribución de los biotopos tanto del 2003 como del 2013.

RESULTADOS

COBERTURA DE BIOTOPOS

Se muestrearon un total de 71 cuadrantes de 25 m², cubriendo un área total de 1,775 m², encontrándose que la cobertura relativa de los biotopos en el muestreo reciente (r) en el 2013 y comparada con el muestreo antiguo (a) realizado por González-Martínez en 2003 se encontró lo siguiente: Arena r49.9, a42.7, Coral muerto r24.5, a24.5 *Thalassia* r8.09, a25.46, Algas r1.8, a4.92, otros r15.7, a2.5 y Coral hermatípico r0.045, a0.2 (Tabla 1, Fig. 4). Se destaca que el biotopo Arena sigue siendo el de mayor cobertura, que muestra un incremento al igual que el Coral muerto después de 10 años.

2003 Arena>Thalassia>Coral muerto>Algas>Otros>Coral hermatípico

2013 Arena>Coral muerto>Otros>Thalassia>Algas>Coral hermatípico

En la prueba estadística realizada (*T*- student), a los datos anteriores, los resultados mostraron que para los biotopos de *Thalassia* ($t= 3.547$, $gl=70$, $P< 0.05$), Coral hermatípico ($t = 3.036$, $gl=70$, $p <0.05$) y otros ($t= 4.535$, $gl=70$ $P< 0.50$) hay diferencias estadísticamente significativas, en los primero dos biotopos (*Thalassia* y Coral hermatípico) se nota una disminución en la cobertura de 17.4% y 0.195% respectivamente, mientras que para el tercer biotopo (invertebrados), hubo un aumento del 13.17% de cobertura; para el resto de los biotopos la comparación de medias no resultó estadísticamente significativa, sin embargo se nota un aumento en todos ellos: Arena 9%, Algas3.16%, Coral Muerto 0.32% (Tabla 1).

Dado que el porcentaje de cobertura no indica cual biotopo en realidad es el más importante también fue obtenido el valor de importancia actual y fue comparado con el registrado en el 2003, encontrándose que sigue siendo la Arena el biotopo con mayor valor de importancia, el cual mostró un pequeño incremento. En el resto de los biotopos se encontraron algunas variaciones, como en el biotopo de Coral hermatípico que actualmente se encuentra en el penúltimo lugar de importancia y el biotopo considerado como Otros, pasó de ser el menos importante a estar en el tercer lugar de importancia (**Tabla. 1, Fig. 5**).

2003 Arena>Coral muerto>Coral hermatípico>Algas>Thalassia>Otros

2013 Arena> Coral muerto> Otros>Thalassia>Coral hermatípico>Algas

Tabla 1. Valores de importancia y cobertura de los biotopos de la planicie arrecifal “La Gallega” en 2003 y 2013.

VALOR DE IMPORTANCIA			COBERTURA %	
BIOTOPOS	2003	2013	2003	2013
ARENA	78.7	83.4	42.7	49.9
CORAL MUERTO	37.0	49.9	24.1	24.5
CORAL	15.4	6.1	0.2	0.045
ALGAS	15.3	5.8	4.9	1.8
THALASSIA	15.2	37.0	25.5	8.1
OTROS	8.9	39.6	2.5	15.7

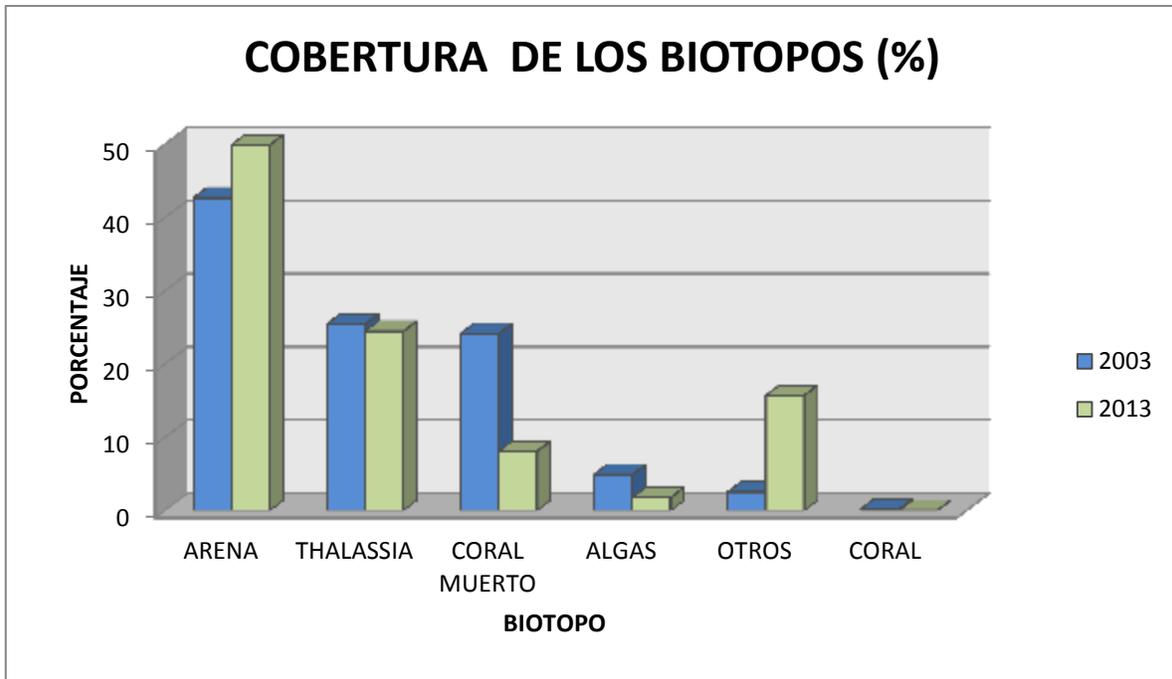


Fig. 4. Porcentaje de Biotopos de la Planicie arrecifal “La Gallega” en 2003 y 2013

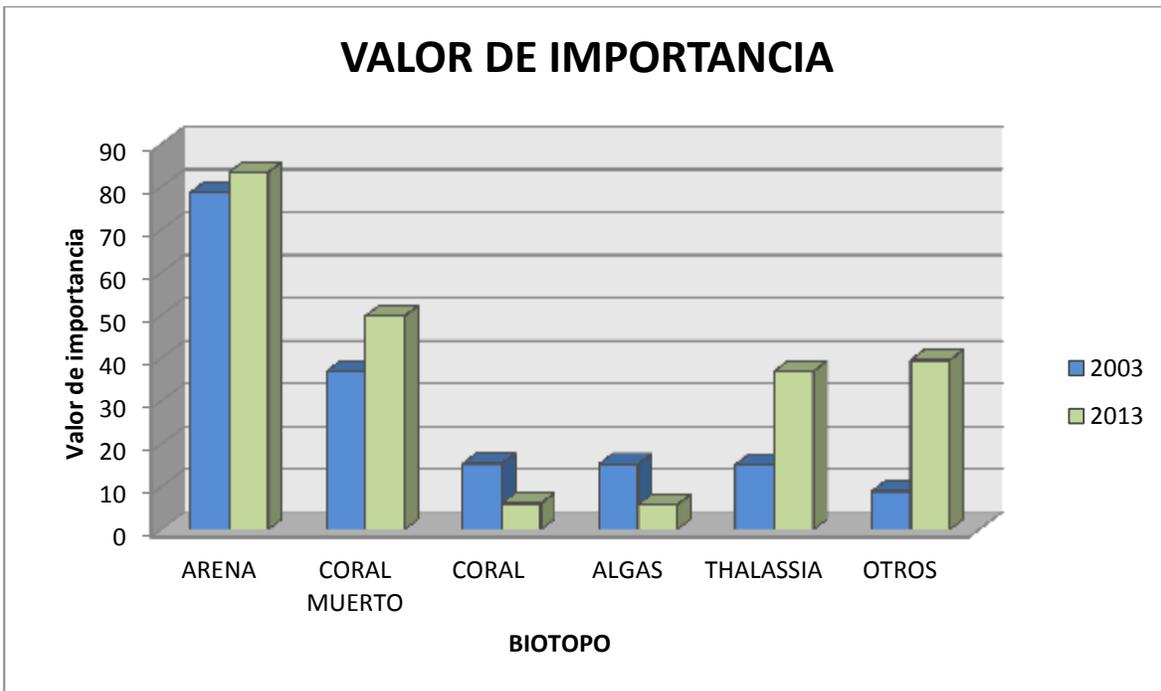


Fig.5. Valor de importancia de los Biotopos de la Planicie arrecifal “La Gallega” en 2003 y 2013.

COMUNIDAD CORALINA

Se realizó un análisis por individuo de la fauna coralina, encontrándose que en el 2013 sólo estuvo presente el género *Siderastrea* (*S. radians* y *S. Siderea*) con un diámetro promedio de 6 ± 3.6 cm lo cual muestra una diferencia comparada con lo reportado en el 2003, ya que en dicho año se encontró cuatro especies, *Porites* sp, *Millepora alcicornis*, *Diploria* sp y *Siderastrea radians*, con un diámetro promedio de 10 ± 6.9 cm. Por otra parte, se encontró que actualmente sólo en 12 de los cuadrantes, de los 71 muestreados, se registraron corales, mientras que en el 2003 se reportaron en 19, disminuyendo la densidad (2003- 1.3 Ind/m², 2013- 0.9 Ind/m²). En los cuadrantes donde anteriormente se presentaban corales vivos ahora están cubiertos por arena o coral muerto.

Comparando por separado al género *Siderastrea*, puesto que es el único que se encontró en el muestreo, se nota una disminución en su abundancia en un 72.2%, 411 Ind 2003 (para el 2013 sólo 297Ind), así mismo, en el diámetro promedio (2003 8.5 ± 5.3 , 2013 6 ± 3.6 cm), lo que nos indica que en 10 años ha disminuido la cantidad de corales en la planicie arrecifal de La Gallega, desapareciendo principalmente los de tallas mayores (Fig. 6, Tabla 3).

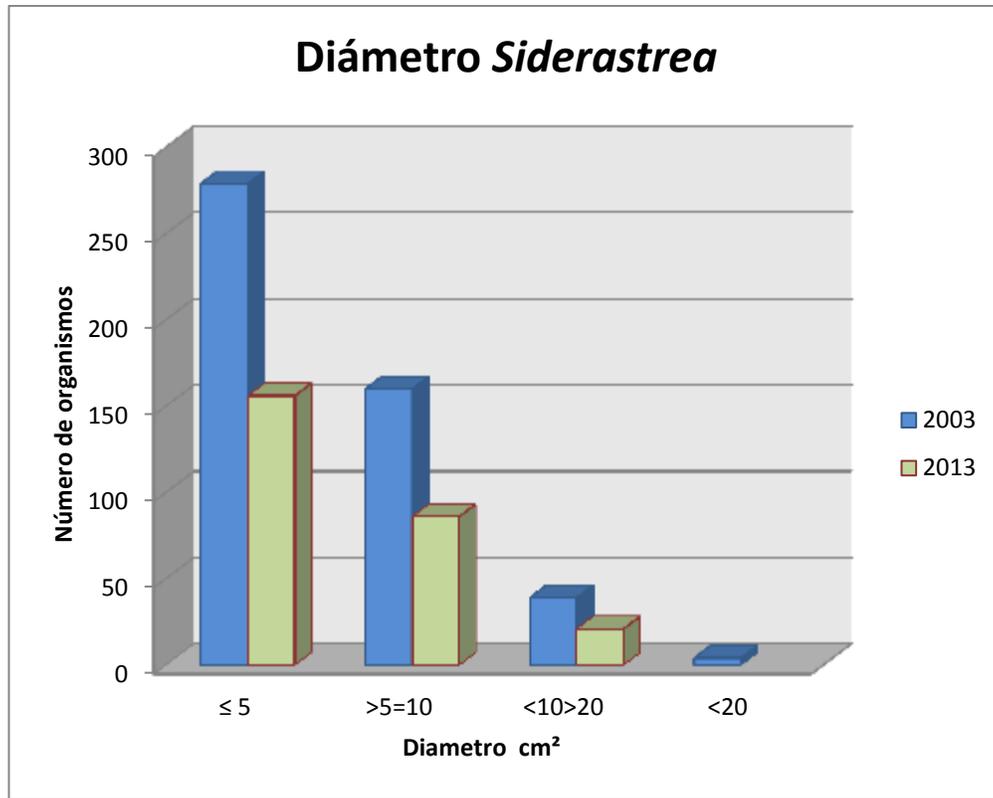


Fig. 6. Tallas del género *Siderastrea* en 2003 y 2013.

Tabla 2. Cobertura en m² cuadrados, abundancia, densidad 2003 y 2013.

Especies	Abundancia Relativa 2003	Abundancia Relativa 2013	Cobertura Relativa 2003	Cobertura Relativa 2013	Densidad (Ind/m ²) 2003	Densidad (Ind/m ²) 2013
<i>Siderastrea radians</i>	87.9	100	68.7	100	1	0.9
<i>Diploria sp</i>	8.4	-	26.9	-	0.1	-
<i>Millepora alcicornis</i>	1.5	-	2.4	-	0.1	-
<i>Porites sp</i>	1	-	1.8	-	0.1	-
Total	100	100	100	100	1.3	0.9

Tabla.3 Número de organismos en 2003 y 2013.

Especies	No. De Organismos	
	2003	2013
<i>Siderastrea radians</i>	411	297
<i>Diploria sp</i>	46	-
<i>Poritessp</i>	8	-
<i>Millepora alcicornis</i>	6	-
total	471	297

TASA DE SEDIMENTACION

También se realizó una comparación entre las tasas de sedimentación de los arrecifes La Gallega, Galleguilla, Isla Verde y de la zona de Bahía de Vergara, encontrando que no existen diferencias estadísticamente significativas ($F_{7,6} = 3.34$ $P < 0.01$), sin embargo, en Bahía de Vergara y La Gallega es donde se reportan los valores más altos, en promedio (4,371.5 $g/cm^2/día$ y 1,833.05 $g/cm^2/día$ respectivamente) (Fig.6)

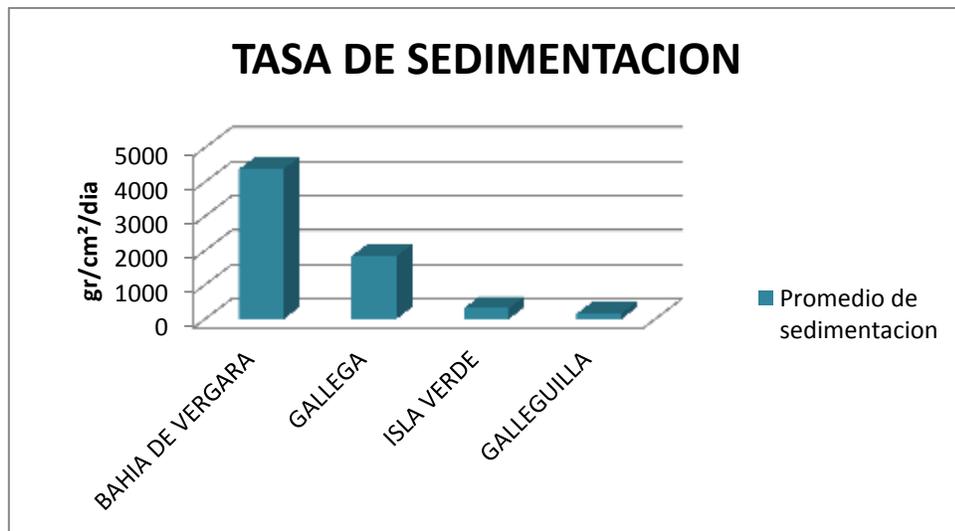


Fig.6 Tasa de sedimentación, Bahía de Vergara, Gallega, Isla Verde, Gallega

DISTRIBUCIÓN DE BIOTOPOS.

De los mapas de distribución elaborados se obtuvo la siguiente información:

El biotopo Arena, se encontró en 66 cuadrantes de los 71 muestreados, 12 más que en el 2003, los cuadrantes con mayor cantidad de arena se distribuyen en la zona de barlovento y cercanos a la línea de costa, sin embargo este biotopo se encuentra en toda la planicie intercalándose con los demás biotopos (**Fig.7**). El biotopo Coral muerto hubo un aumento de 37 cuadrantes con respecto al 2003 que fue de 23, señalando que su mayor distribución en este año era hacia la zona de sotavento, después de diez años lo encontramos distribuido en toda la planicie, enfatizándose más hacia la parte central, presentándose, principalmente, en forma de pedacera, son también los cuadrantes cercanos a la costa aquellos que presentan un aumento de cobertura (**Fig.8**). Tanto el biotopo de Coral muerto como el de Arena, son los más predominantes y los que han tenido un aumento tanto en cobertura como en distribución, pues los encontramos prácticamente en toda la planicie arrecifal.

El biotopo denominado Otros, compuesto por los invertebrados bentónicos, muestra un cambio importante en su distribución, puesto que en el 2003 estos se encontraban principalmente hacia la parte de sotavento y la cresta arrecifal, mostrándose sólo en 8 cuadrantes de los 71, se reportó que estos se encontraban asociados principalmente a sustratos duros y lo que predominaban eran las anémonas, para el 2013 son 48 los cuadrantes en donde los encontramos, extendidos en toda la planicie, la mayoría hacia la zona central y la cresta arrecifal, siendo los erizos y las anémonas los dominantes, sin embargo encontramos una gran variedad, como pepinos, poliquetos y moluscos, entre otros (**Fig.9**).

En el biotopo *Thalassia*, de los 71 puntos que fueron muestreados en 2013, se encontró sólo en 15, lo cual también muestra un cambio notable con respecto a lo encontrado diez años atrás, ya que en 2003 fueron 24 cuadrantes en los que este biotopo dominado por esta fanerógama marina se encontraba, esto refleja una

disminución importante en el biotopo. En 2003 se reporta que este se encontraba en forma de franja cercano a la costa y posteriormente manchones mezclados con arena hacia la parte central del arrecife, son precisamente estos manchones los únicos que se encuentran actualmente, dado que los de la zona cercana a la costa se encuentra principalmente cubiertos por arena **(Fig.10 y 11)**.

El biotopo Algas, también mostró una disminución en su distribución, ya que en 2003 se encontró en 13 cuadrantes, mientras que en 2013 sólo en 9, la mayoría se encuentran hacia zona de costa, mientras que en 2003 los puntos que presentaban este biotopo se encontraban hacia barlovento, cabe señalar que tres de los puntos encontrados actualmente hacia zona de costa cubiertos por este biotopo no se encontraban en 2003 **(Fig.12)**.

El biotopo de Coral hermatípico se encontró actualmente en 12 cuadrantes de los 71 muestreados, notando una baja con respecto al 2003 en donde se reportaba en 19, además se encontró también un baja en la cobertura, densidad y riqueza específica, puesto que como se mencionó anteriormente, sólo se encontró un género de los cuatro reportados, esto nos indica que hubo una mortalidad de coral hermatípico en la zona, puesto que de 19 cuadrantes que presentaban coral hace diez años, 7 actualmente no lo presentan, lo cual puede deberse a que hay más arena en donde había coral vivo y donde había coral muerto, como se nota en los mapas de distribución donde se relacionan a estos biotopos (Arena–Coral hermatípico, Arena–Coral muerto), ya que al haber más arena, se disminuye la cantidad de sustrato disponible para la fijación de las larvas de coral que pudieran repoblar al arrecife **(Fig. 13 y 14)**.

Zona de Distribución de Arena



Fig.7. Zonas de distribución de arena en 2003 y 2013.

Zonas de Distribución de Coral Muerto



● Coral Muerto 2013
● Coral Muerto 2003



1000 0 1000 2000 Metros

Fig.8 Zonas de distribución de coral muerto en 2003 y 2013. Se muestra un aumento importante hacia zona la central.

Zonas de Distribución de otros (anémonas y erizos)

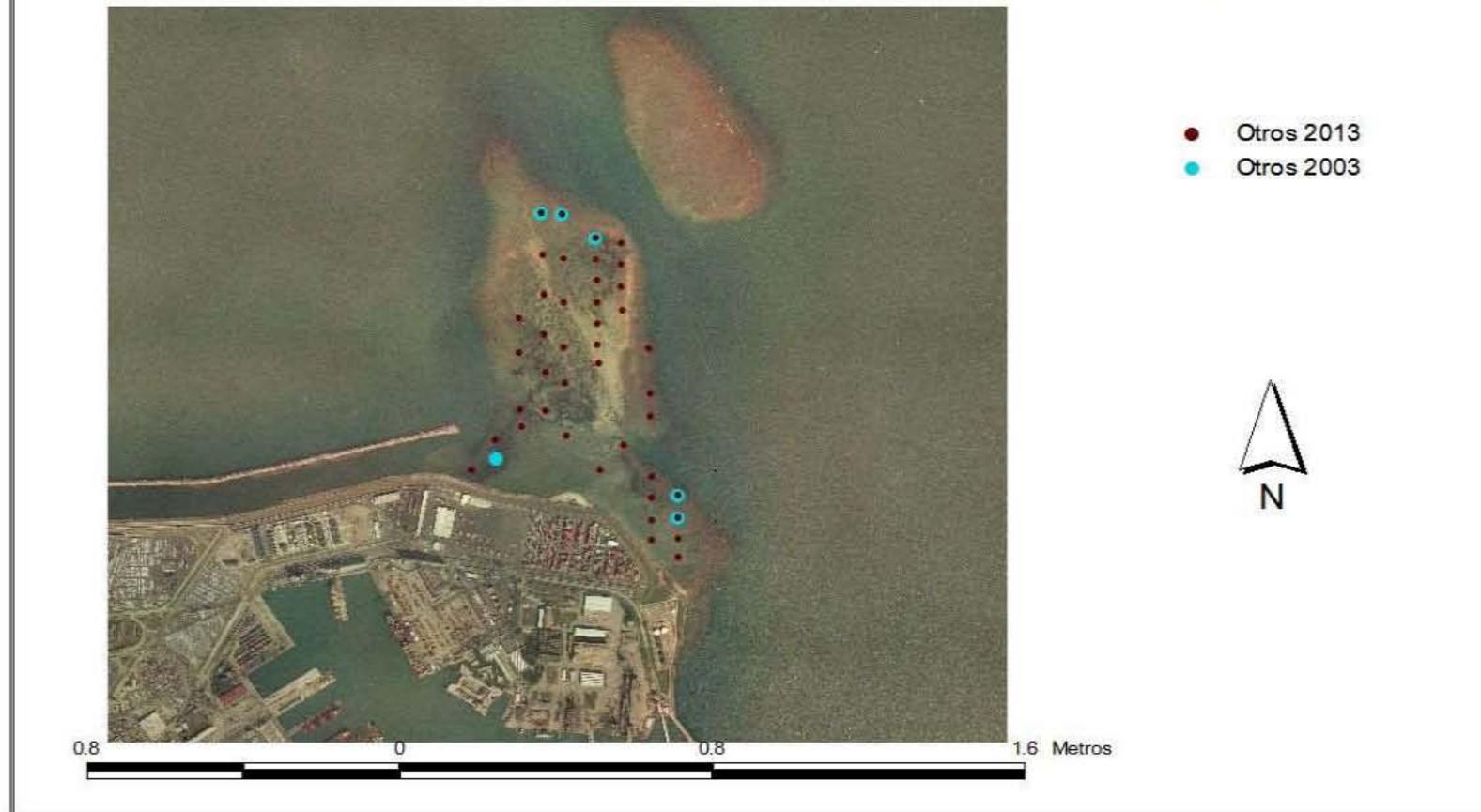


Fig.9 Zonas de distribución de otros (anémonas y erizos) en 2003 y 2013. Se nota un aumento asociado hacia la parte central de arrecife.

Zonas de Distribución de Thalassia



Fig.10 Zona de distribución de Thalassia en 2003 y 2013.

RELACIÓN *THALASSIA*-ARENA

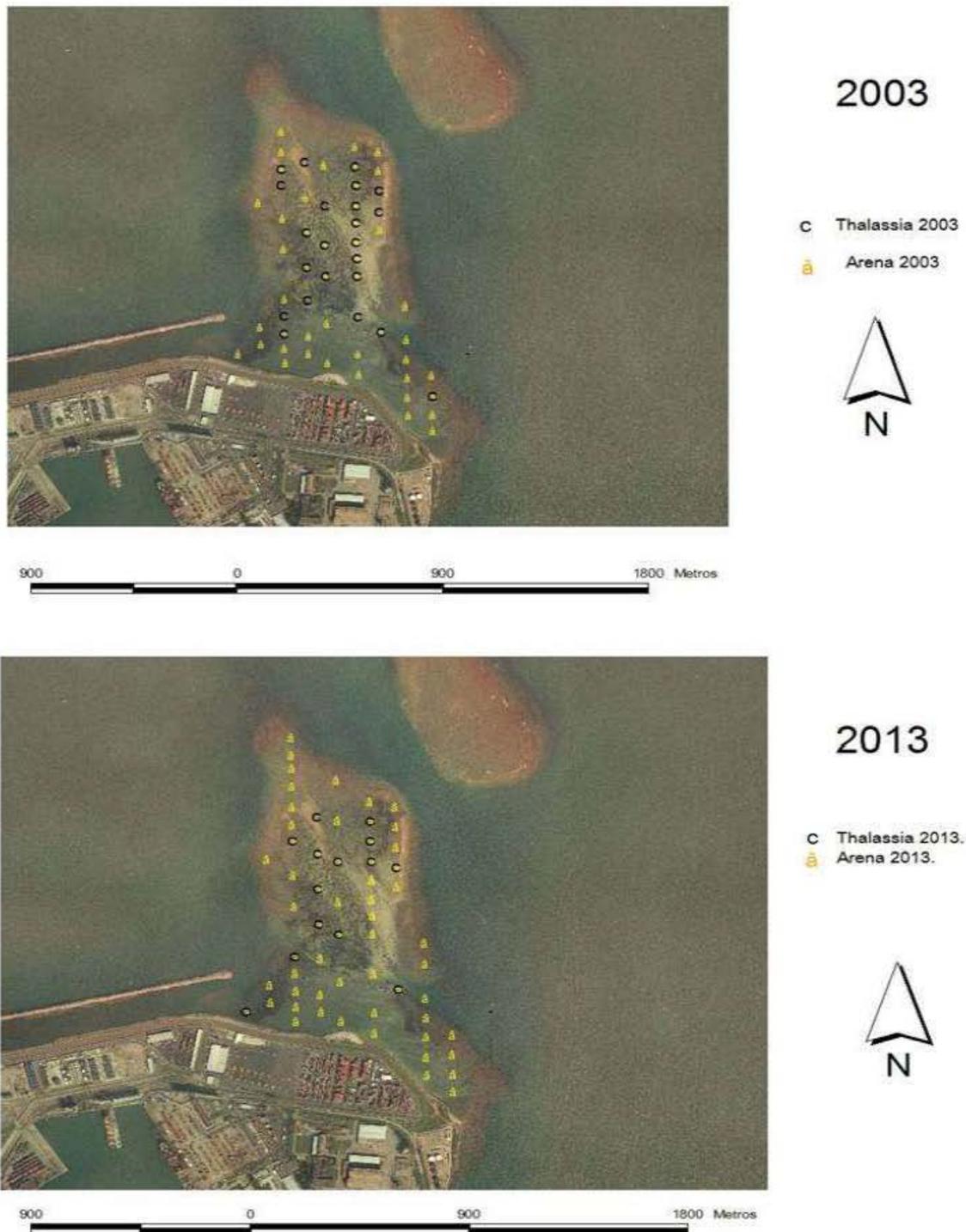


Fig.11 Relación *Thalassia*- Arena en 2003 y 2013. La *Thalassia* se encuentra distribuida hacia el centro de la planicie, mezclada con la arena.

Zonas de Distribución de Algas



Fig.12 Zonas de distribución de algas en 2003 y 2013

RELACIÓN CORAL HERMATÍPICO- ARENA

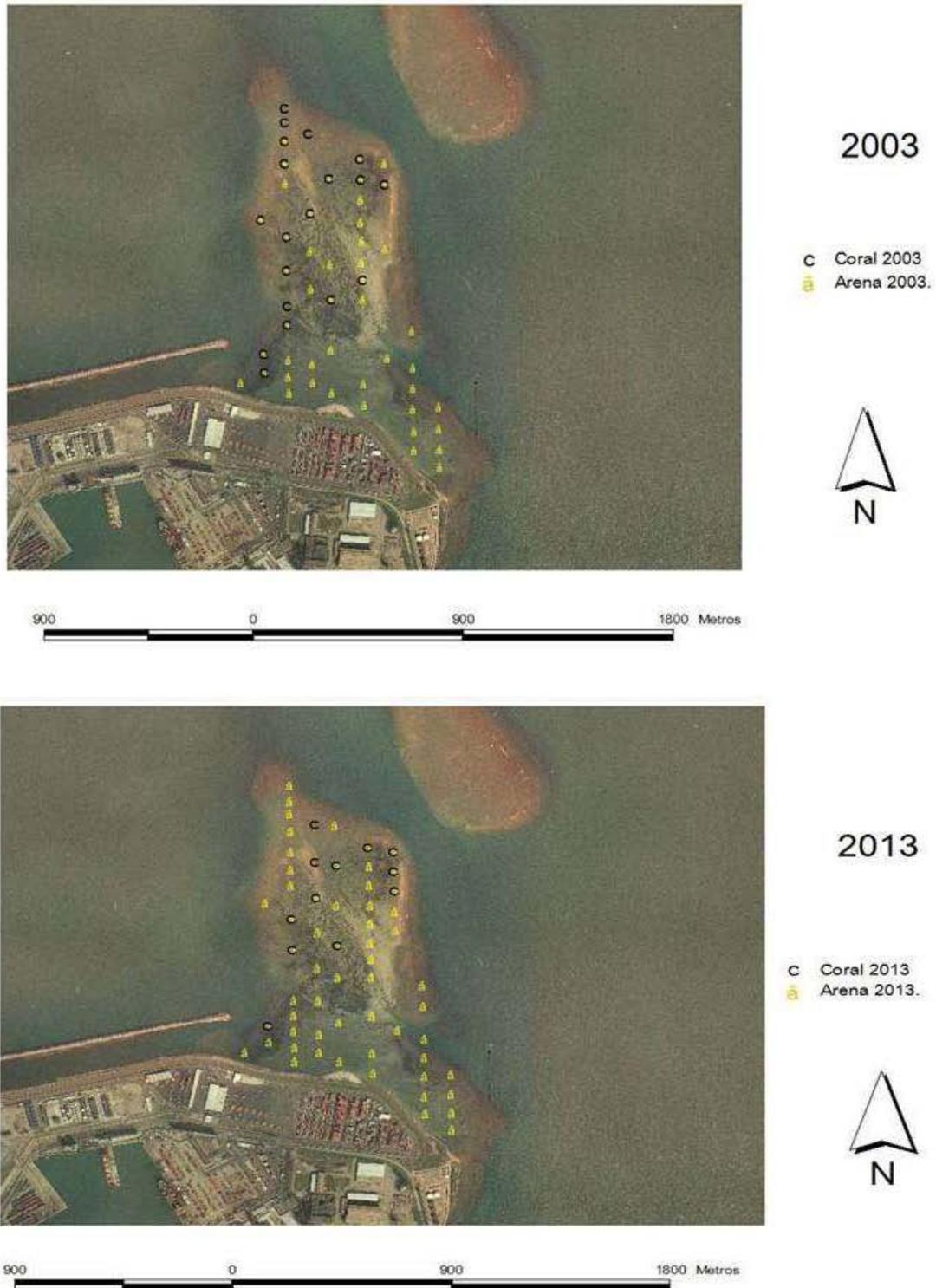


Fig.13 Relación Coral Hermatípico-Arena en 2003 y 2013 .se observa el aumento proporcional de arena en 2013.

.....RELACIÓN CORAL MUERTO-ARENA

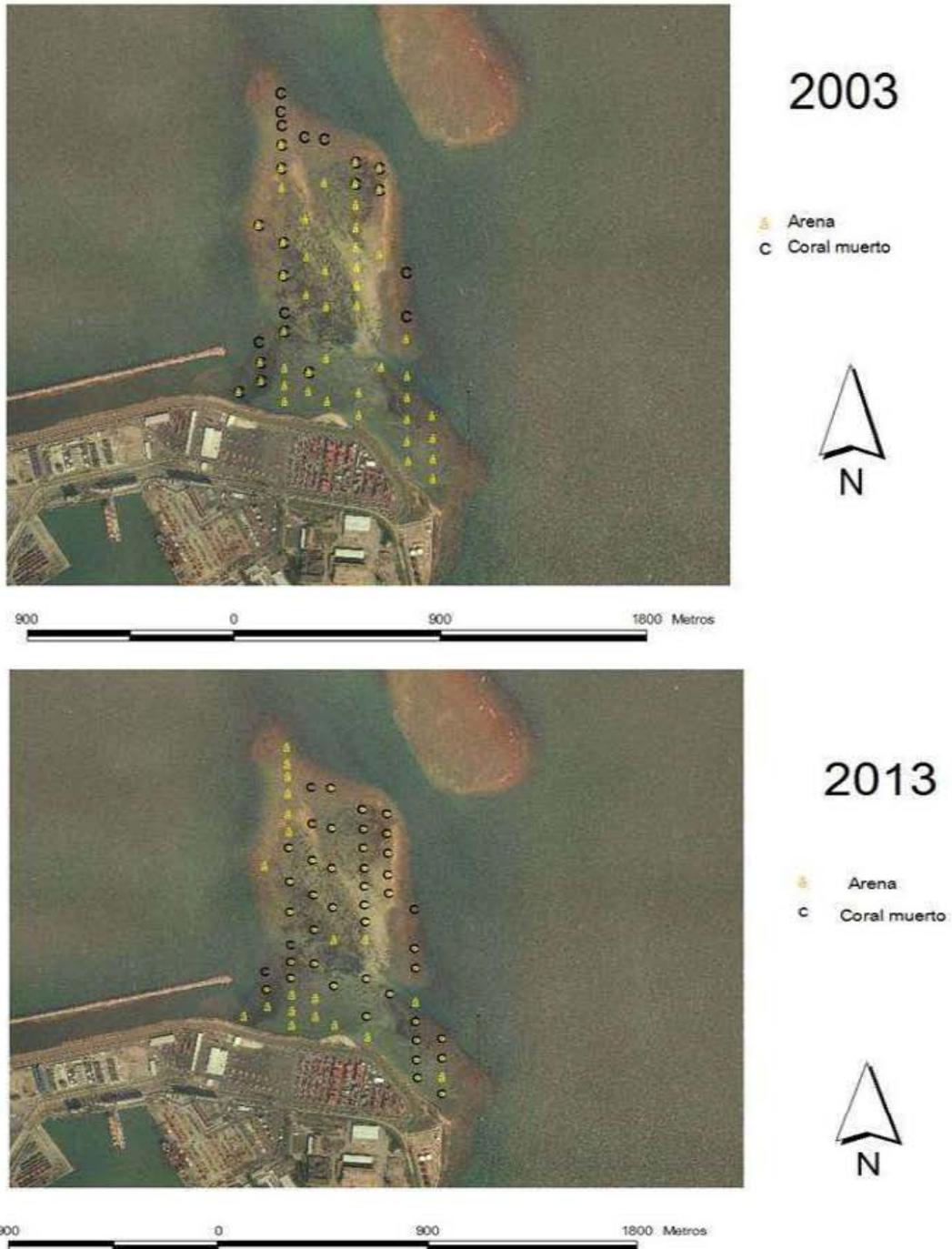


Fig.14 Relación Coral muerto- Arena en 2003 y 2013 se observa como actualmente la arena cubre el coral muerto sin dejar sustrato para reclutas

DISCUSIÓN.

La Gallega, arrecife perteneciente al SAV, debido a su cercanía a la costa, se considera uno de los arrecifes más afectados por diversos factores, siendo el aporte de sedimentos, el que más degrada este ecosistema, principalmente por los daños que provoca a los corales (Guzmán y Holst,1993; Lirman y Manzello, 2006; Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013); en comparación a lo reportado en 2003 con los resultados obtenidos en este trabajo (2013), se muestran modificaciones, tanto en el porcentaje de los biotopos que lo conforman como en la distribución de los mismos.

En los biotopos determinados en el arrecife La Gallega para 2003 y 2013, en cuanto a porcentaje de cobertura, sólo se notaron diferencias estadísticamente significativas para *Thalassia*, Coral Hermatípico y otros, sin embargo, al calcular el valor de importancia de los biotopos, los de mayor importancia en ambos años son arena y coral muerto; en el caso particular de la arena, biotopo que tuvo mayor porcentaje de cobertura en ambos años, con un aumento promedio actual, del 9%, se encontró que algunos de los cuadrantes cercanos a la costa mostraban un aumento de más del 50% de cobertura, además se registraron 12 cuadrantes más cubiertos de arena, dicho resultado demuestra que este arrecife se sigue azolvando por la descarga de sedimentos acarreados por los ríos, así como por la construcción de rompeolas, relleno de áreas para expansión portuaria y desecho de escombros (Horta-Puga,2010; Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013), este arrecife que era un arrecife de plataforma, se transformó a un arrecife costero al quedar pegado a la orilla por las construcciones portuarias, eso hace que el arrecife tenga los mismos problemas que sufren todos los arrecifes costeros, como Hornos, Punta gorda, Mocambo, etc. (Tello-Musi, com. per.)

Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano en 2013 realizaron un trabajo sobre los efectos de la expansión de instalaciones portuarias en arrecifes poco profundos del SAV, donde mencionan que La Gallega es uno de los más afectados por la construcción de estructuras de protección costera debido al aporte de sedimentos que esto genera, siendo este uno de los factores de impacto más influyentes, ya que en un

periodo de 100 años, se ha perdido el 50 % de su área original (Stephen et al., 2014), sin mencionar el efecto deletéreo que esto ha causado en su biota. Es importante recalcar que el efecto de la sedimentación natural, aunado a la constante sedimentación causada por actividades antropogénicas y mal manejo de las costas, afecta significativa y negativamente a los arrecifes, llegando en ocasiones a consecuencias letales, puesto que el daño mecánico provocado por la sedimentación causan una notable disminución sobre la diversidad coralina (Ochoa et al. 1998; Herrera-Moreno et al. 2009), situación similar se encontró en Bahías de Huatulco Oaxaca, donde Granja y López en 2008 estudiaron la sedimentación de estas comunidades arrecifales, encontrando que el alto grado de sedimentación en la zona estaba disminuyendo significativamente la diversidad coralina.

En cuanto a la diversidad de coral hermatípico, fue *Siderastrea* el único género encontrado en 2013, a diferencia de 2003 donde se encontró *Siderastrea*, *Millepora*, *Porites* y *Diploria*. Se sabe que los corales hermatípicos que se encuentran sometidos a una gran descarga de sedimentos generalmente tienden a mostrar una disminución en la tasa de fotosíntesis, provocada por una baja en la temperatura del ecosistema a causa de la disminución de luz por estos sedimentos, lo que se ve reflejado en una disminución de su tasa crecimiento (Horta-Puga y Carriquirry, 2008; Salas-Monreal et al., 2009); de igual manera la contaminación a consecuencia del aporte de aguas residuales, así como de sustancias tóxicas, generan cambios metabólicos y enfermedades bacterianas en los corales, lo cual disminuye su crecimiento y reproducción (Gutiérrez-Ruiz et al., 2010; Stephen et al, 2014); sin embargo, algunas especies resultan más eficientes ante la expulsión de partículas sedimentadas sobre ellas, haciéndolas menos vulnerables (Herrera-Moreno et al, 2009; Alcolado-Prieto, 2012) como es el caso de *Siderastrea* (Álvarez-Filip et al., 2013), aunque la presencia de especies oportunistas que también soportan estas condiciones de estrés, pueden ser las únicas que poblen estos arrecifes perturbados, estas especies no benefician al ecosistema pues no tienen la capacidad para mantener el desarrollo de los

arrecifes, pues su aporte de carbonato de calcio no pueden soportar el mantenimiento y el crecimiento arrecifal (Álvarez-Filip et al., 2013).

En un estudio realizado por Alcolado-Prieto y colaboradores en La Habana, en 2012 en un arrecife expuesto a contaminación, *Siderastrea* fue el género que se presentó con mayor abundancia, al igual que lo encontrado en este estudio en el arrecife La Gallega, ya que este coral posee una resistencia extrema al estrés por sedimentación, pues tiene mecanismos de defensa que le permiten tener una óptima limpieza ante sedimentos por medio de un comportamiento activo como, hinchazón de tejidos, producción de moco, y acción ciliar, mecanismos que le permiten remover los sedimentos que caen sobre su tejido; *Siderastrea* es capaz de resistir el sedimento teniendo menores consecuencias fisiológicas que otras especies (Guzmán y Holst,1993;Lirman y Manzello,2006), de esta manera logra obtener la luz necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis, sin embargo, bajo esta presión el tamaño de los organismos se ve afectado; Nugues y Roberts en un estudio realizado en 2003 acerca de la mortalidad parcial en arrecifes masivos mencionan que es *Siderastrea* un género que tiende a soportar el estrés por sedimentación, sin embargo, el alto gasto de energía empleado para remover el sedimento, trae como consecuencia que estos organismos no alcancen grandes tallas y lleguen a perderse por completo (Guzmán y Holst,1993; McClanahan y Obura, 1997), ya que los juveniles pueden ser particularmente más sensibles a las altas tasas de sedimentación, por consecuencia son más propensos a ser sofocados por los sedimentos que se encuentran suspendidos, por lo que los individuos más pequeños tienden a una mayor tasa de mortalidad; además, en el caso de fragmentación se generan piezas demasiado pequeñas como para que estas puedan sobrevivir, lo cual desencadena una disminución en la población de corales (Wittemberg y Hunte, 1992; Elahi y Edmonds, 2007), esto mismo se ha encontrado en los resultados de este trabajo, pues hay menos corales del género *Siderastrea* y los que se encuentran son de tallas pequeñas ya que de los 411 corales del genero *Siderastrea* presentes en 2003 con una talla promedio de $8.5\pm 5.3\text{cm}$ actualmente, se reportaron 297 con tallas promedio de $6\pm 3.6\text{cm}$. Es importante recalcar que no sólo la sedimentación es un factor que influye en la

pérdida de diversidad y abundancia coralina, pues también factores como la sobre-pesca y extracción ilegal de organismos afectan de igual forma al ecosistema (Ortiz-Lozano,2006; Horta-Puga,2010; Gutiérrez-Ruiz et al, 2011), situación que se refleja en lo encontrado para el biotopo de coral muerto, ya que aunque el aumento del porcentaje de cobertura no es significativo, es uno de los biotopos que presentaron mayor importancia, además estuvo presente en 37 cuadrantes más que en 2003,y la zona actual donde se reportó este biotopo se extiende en toda la planicie y hacia la costa, siendo principalmente padecería lo encontrado, mientras que en el 2003 se encontraba sólo en la zona de sotavento, lo cual indica que el conjunto de factores como son: enterramiento de los organismos por exceso de sedimentos, fragmentación y mortalidad parcial a causa de agentes patógenos, han contribuido notablemente a la pérdida de coral vivo.

En el presente trabajo se observó que principalmente el exceso de sedimentos y la fragmentación son factores que han dañado severamente el ecosistema, pues en los cuadrantes que anteriormente se reportó coral hermatípico ahora se encuentran casi totalmente cubiertos por arena o coral muerto, y los corales que anteriormente se encontraban en esos sitios presentan un diámetro más pequeño, los diámetros máximos de *Siderastrea* son menores en 2013 (4-6cm) que los reportados en 2003 (5-10 cm), debido a que están siendo enterrados por los sedimentos, presentan mortalidad parcial, o se han fragmentado, además de que la cantidad de reclutas encontrados para el único género que presentó este arrecife (*Siderastrea*) disminuyó de manera importante, pues para 2013 sólo se encontraron 18 reclutas, mientras que en 2003 había 137, por lo que lo encontrado actualmente 0.75 reclutas/m² se encuentra por debajo de la densidad de reclutamiento coralino en planicie para el SAV que es 4.1 reclutas/m² (Horta-Puga y Tello-Musi, 2009), esto se debe a que el reclutamiento coralino se inhibe por altos niveles de sedimentación, pues causa una disminución en el éxito de la fertilización, ya que las partículas en suspensión pueden dañar los espermatozoides, esto reduce su viabilidad y de esta manera se reduce la posibilidad de fertilización (Ochoa-López et al., 1998;Glimour, 1999); otro factor que obstaculiza el asentamiento larval es la pérdida de sustratos duros, ya que es

en estos sitios donde pueden adherirse; actualmente se encontró que aquellos cuadrantes que anteriormente presentaban coral muerto el cual puede servir de asentamiento larval, ahora se encuentran cubiertos por arena, dejando sin sustrato favorable a los reclutas, ya que es requerimiento fundamental en un arrecife un sustrato duro para la óptima fijación de larvas, lo cual trae como consecuencia una disminución en la cobertura coralina (Alcolado, 2004). Sin embargo, cabe destacar que en la actualidad se ha demostrado que una baja cobertura coralina promueve la diversidad en otras especies arrecifales al aumentar la disponibilidad de espacio y hábitat, así como refugio para comunidades (Vicencio de la Cruz, 2013), situación encontrada en el biotopo correspondiente a otros , el cual se encontró en el tercer lugar de importancia, y mostró un aumento en su porcentaje con diferencias estadísticamente significativas con respecto a lo encontrado en 2003, con una diferencia de casi el 11%; en cuanto a su distribución, también mostró cambios notables pues, en 2013, dicho biotopo se encontró extendido en toda la planicie, aunque la mayoría se encontraba dirigido hacia la zona central y cresta arrecifal, destacando que, de los 71 cuadrantes muestreados, se encontró en 48, siendo tanto anémonas como erizos los más abundantes mientras que para 2003 este biotopo se presentó principalmente en zona de barlovento y cresta arrecifal, principalmente asociados a sustratos rocosos, predominando anémonas principalmente del género *Palythoa*, siendo estas invertebrados con un gran potencial adaptativo, además de adherirse generalmente a coral muerto. El aumento de estos organismos refiere un indicador de aumento de perturbación en el área, ya que se sabe que la mayor abundancia de géneros resistentes a sedimentación significan intensidad de factores degradantes del ecosistema (Valderrama et al., 2013); además, la presencia de erizos sugiere un aumento en el contenido de material orgánico, consecuencia del aumento en descargas, lo cual eleva la disponibilidad de alimento y con ello el aumento de organismos (Nodarse, 2001), si los erizos son uno de los organismos más abundantes, puede disminuir el reclutamiento coralino por el consumo directo de los reclutas de coral (Wittemberg y Hunte, 1992); por otra parte, en el caso de las anémonas su incremento puede deberse al aumento de coral muerto, por lo que aquellos

géneros que se adhieren a sustratos rocosos poseen más disponibilidad de hábitat (González-Muñoz, 2005), sin embargo, también hay especies de anémonas como *Actinostella fluosculifera*, que crecen en sustratos blandos en donde predomina la arena, que son de alta sedimentación, en estas zona esta especie puede formar parches clonales de grandes extensiones (Garcia-Casimiro,2013), como lo encontrado en los muestreos de esta investigación (obs. pers.), por lo que la presencia de especies oportunistas muestra riesgo en el ecosistema pues no tienen la capacidad para mantener el desarrollo de los arrecifes

En cuanto al biotopo de algas, se mostró una disminución en la cobertura de éste, pues para 2003 presentaba una cobertura igual al 2.66%, mientras que para 2013 solo del 1.76%, mostrando disminución en su distribución, pues hubo una diferencia de cuatro cuadrantes en los que no se presentó este biotopo en 2013, además de que en su mayoría está presente en el área de costa, mientras que en 2003 se encontraba más hacia barlovento, lo cual puede explicarse debido al incremento de erizos, pues son quienes se alimentan de estas algas y aunque en comunidades arrecifales sanas se prevé una población abundante de herbívoros (Horta-Puga y Tello-Musi,2009), es fundamental un equilibrio entre ambas, pues las algas son de gran importancia en la ecología de este ecosistema, pues aportan material calcáreo a la estructura del arrecife además de ser importantes fuentes de producción primaria lo cual sirve como soporte alimenticio, igualmente proveen oxígeno al sistema, aunque es importante señalar que el hecho de que la cobertura de algas sea mayor a lo encontrado para coral hermatípico puede ser indicador de perturbación en el sistema por la característica que poseen de colonización después de un impacto al ecosistema (Blanco et al,2012).

Por otra parte, en el biotopo correspondiente a *Thalassia*, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en su porcentaje de cobertura, mostrando una disminución en lo encontrado en 2013 ya que para 2003 se encontró un porcentaje de cobertura de 25.46%, mientras que diez años después se encontró de 8.09%, además de mostrar un cambio en su distribución actual, pues este se encuentra como manchones mezclados con arena hacia la parte

central del arrecife cuando anteriormente se presentaban extendidos en forma de franja cerca de la costa, sin embargo, actualmente esta zona se encuentra totalmente cubierta por arena a causa del alto grado de sedimentación; se sabe que *Thalassia* tiende a favorecer el enriquecimiento orgánico de su biomasa, genera altas concentraciones de sedimento, su follaje atenúa el oleaje y favorece la sedimentación (Nuguet et al., 1977; Vicencio de la Cruz, 2013), aunque en otros estudios se reporta *Thalassia* en las zonas con mayor cobertura de arena, en este caso se mostró una diferencia pues es precisamente los cuadrantes con mayor cobertura de arena donde se mostró pérdida de *Thalassia*, sin embargo, se sabe que *Thalassia* tiende a colonizar en zonas someras, ya que se encuentra expuesta a alta luminosidad (Ibarra-Morales et al,2007).

Los arrecifes coralinos son ecosistemas de fácil degradación, por lo que se encuentran totalmente vulnerables ante impacto de carácter antropogénico, ya que aunque también están expuestos a impacto por causas naturales, son los asentamientos humanos en sus inmediaciones, la actividad industrial y la explotación pesquera, las principales causas que aceleran su deterioro (Chávez e Hidalgo,1987) pues como consecuencia de estas actividades se pronostica que en un periodo de 20 a 40 años, más de la mitad de los arrecifes existentes habrán desaparecido o se habrán transformado en áreas desiertas de corales y dominados por algas y organismos colonizadores primarios (Vicencio de la Cruz,2013).

Es la construcción de estructuras costeras, como rompeolas, las que contribuyen a la pérdida de superficie arrecifal, pues este tipo de construcciones con el tiempo genera una limitación en el flujo de energía; como es el caso del arrecife La Gallega, ya ha perdido cerca del 50% de su superficie original, como consecuencia del impacto por expansión portuaria (Valadez-Rocha y Ortiz-Lozano, 2013) actualmente se propuso desincorporar al arrecife punta gorda del polígono que corresponde al Parque Marino Sistema Arrecifal Veracruzano, propuesta en la que el argumento para excluir el arrecife ha sido que la cobertura coralina se ha visto diezmada, pero no se ha evaluado su capacidad de amortiguamiento, tanto

para el arrecife La Gallega como Galleguilla (Vicencio,2012), y tampoco se ha hecho ningún esfuerzo por parte de la CONANP para tratar de recuperarlo o disminuir los impactos.

Con la ampliación del puerto se pretende la construcción de dos rompeolas, uno de 3.6 Km y el otro de 4.4Km así como de un vertedero de 90 Km, fragmentando Punta Gorda, lo cual traerá como consecuencia un cambio importante en la dinámica de la costa, alterando aún más los patrones de sedimentación, creando nuevas áreas de sedimentación sobre el parche de Punta Gorda y uno más entre el rompeolas más pequeño hacia el sur y el arrecife La Gallega (Valadez-Rocha y Ortiz –Lozano,2013), el cual actualmente presenta problemas de sedimentación que está repercutiendo directamente sobre su cobertura coralina, pues la cobertura depende del reclutamiento y crecimiento coralino, viéndose limitado por las altas concentraciones de sedimento, ya que con la tasa de sedimentación actual, en diez años recibiría cerca de 6.7 toneladas de sedimento, siendo uno de los sitios más afectados en la parte norte del SAV; es importante señalar que con la construcción del nuevo puerto la tasa de sedimentación incrementará, al verse limitada, la circulación pues la velocidad de la corriente se hace más lenta debido a la fricción con el sedimento, lo cual causará alteración en la estabilidad de este ecosistema, pues el oleaje es un factor elemental para prevalecer el equilibrio, ya que las corrientes marinas se encargan de remover el sedimento y transportan gran cantidad, tanto de agua como de energía, por lo que influyen en la distribución de temperatura y salinidad, esto como resultado afecta tanto a las condiciones ambientales como a la productividad primaria en el agua, pues se sabe que la temperatura y la salinidad son algunos de los factores elementales en el desarrollo del arrecife (Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008; Ramirez,2006;Salas-Monreal *et al.*,2009).

La mala planeación de expansión portuaria traerá consigo efectos letales para el arrecife, pues si en diez años hubo un incremento importante de sedimento, aún con el amortiguamiento que Punta Gorda ofrecía, con la construcción de los dos rompeolas la circulación se verá modificada, trayendo como consecuencia una

sedimentación más acelerada en el arrecife y por lo tanto, un deterioro acelerado, ya que no es sólo la alteración en las variables que existen en el ecosistema la causa de pérdida de especies, si no esta misma perdida de especies la que trae como consecuencia una alteración en el equilibrio del mismo pues las especies que quedan se encuentran con un exceso de recursos lo cual permite incrementar sus poblaciones y esto llega a afectar a otros organismos que habitan en el sistema (Alcolado, 2001), puesto que monopolizan el espacio, situación que está siendo reflejada en este arrecife pues la alteración de un factor como ha sido el exceso de sedimento, ha modificado el equilibrio del mismo.

Es importante actuar a favor de la conservación de manera oportuna y eficaz estableciendo planes de manejo adecuados, sobre todo con bases científicas, donde resulte elemental conocer la biodiversidad de estos ecosistemas y de este modo saber lo que se está protegiendo y lo que su pérdida implica y así evitar la desaparición de estos ecosistemas tan complejos y diversos como son los arrecifes de coral.

CONCLUSIONES.

- De los biotopos tomados en cuenta para este estudio, fueron *Thalassia*, Coral hermatípico e invertebrados los que mostraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a su cobertura con respecto a lo encontrado en 2003.
- A diferencia del estudio realizado por González- Martínez en 2003 la mayor cobertura de arena se encuentra distribuida en todo el arrecife y no solo en la parte central lo cual podría indicar incremento en la sedimentación; en cuanto al coral muerto mostró un cambio en su distribución ya que a diferencia de lo reportado en 2003 actualmente se encontró distribuido en toda la planicie, indicando que la sedimentación ha contribuido a la pérdida de coral.
- En cuanto a coral hermatípico su disminución con respecto a lo encontrado por González- Martínez resultó estadísticamente significativo, además de mostrar una disminución en cuanto a diversidad pues de los cuatro géneros encontrados en 2003 solo se encontró uno actualmente, *Siderastrea* el cual mostró una disminución en su abundancia así como también es su diámetro máximo con respecto a lo encontrado en 2003.

LITERATURA CITADA.

Archituv Y. y Z Dubinsky. 1990. Evolution and Zoogeography of Coral Reefs pp 1-9 In Ecosystems of the world 25, Coral Reefs. Z. Dubinsky (ed). Elsevier.550 pp.

Alcolado, M.P. 2004. Manual de capacitación para la alerta temprana en arrecifes coralinos. Instituto de oceanografía. Agencia del medio Ambiente.45pp.

Alcolado-Prieto, P. H. Caballero Aragón y P.M Alcolado. 2012 Reclutamiento de corales pétreos en arrecifes a diferentes distancias de fuentes de contaminación en La Habana, Cuba. In Rev. Biología Tropical. 60(3):981-994

Álvarez-Filip, L. J. P. Carricart-Ganivet. G. Horta-Puga.R. Iglesias-Prieto. 2013. Shifts in coral-assemblage composition do not ensure persistence of reef functionality. Nature. Scientific reports. 3: 3486.1-5pp.

Carricart-Ganivet, J.P.y G. Horta-Puga.1993. Arrecifes de Coral en México. En Biodiversidad Marina y Costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, pp. 81-92865 p

Carricart-Ganivet, J.P.1998.Corales escleractinios, "piedra mucar" y San Juan de Ulúa, Veracruz, en Ciencia y Desarrollo70-73.

CONABIO. 1995. Atlas de reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas. SEMARNAP. Primera edición.México.120pp.

Chávez, A.E y E. Hidalgo, 1987. Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst.Cienc. Del Mar y Limnol.* UNAM, México, 15(1):167-176p.

Diario Oficial de la Federación (DOF), 2012. Decreto por el que se modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque

Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave. Jueves 29 de Noviembre. 21 (3): 1-14 pp.

Elahi, R. P. J. Edmunds.2007.Consequences of Wesson in the coral *Siderastrea siderea* growth rates of small colonies and clonal input to population structure. Coral Reefs .26:271–276

García-Casimiro, E. 2013. Factores que afectan la distribución de la anemona *Actinostella Flusculifera* del arrecife La Gallega Veracruz.UNAM. FES Iztacala.Tesis de Licenciatura.42pp.

Glimour, J. 1999. Experimental investigation into the effects of suspended sedimenton fertilization, larval survival and settlement in a scleractinian coral.Marine Biology 135: 451-462.

Gobierno de Veracruz. 2011. Gaceta Oficial de Veracruz. Septiembre, 2011. México

González-Martínez, C. 2003. Caracterización y distribución de los biotopos de la planicie arrecifal, La Gallega, Veracruz. México. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.63pp.

González-Muñoz, R.E.2005. Estructura de la comunidad de anemonas del arrecife La Galleguilla, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura., Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.53pp

González-Muñoz R, Simões N, Tello-Musi JL, Rodríguez E 2003(Sea anemones (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria) from coral reefs in the southern Gulf of México. ZooKeys 341: 77–106.

Granja-Fernández M.R y R. A. López-Pérez.2008. Sedimentación en comunidades arrecifales de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México.in Rev. Biología Tropical. (56)3. San José.

Guzman, H.M y I. Holst. 1993. Effects of Chronic Oil-Sediment Pollution on the Reproduction of the Caribbean Reef Coral *Siderastrea siderea*. Marine Pollution Bulletin (26)5:276-282pp.Gran Bretaña.

Gutiérrez-Ruiz. V. Miguel A. M. Carlos H. Román-Vives. Vergara y Ernesto I. 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: 249-260.

Horta Puga, G Y J. L. Tello Musi. 2009. Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM005. México D. F.

Herrera-Moreno, A.L Betacourt. Fernández P. Alcolado Menendez. 2009. Impactos a los arrecifes coralinos al oeste del rio Haina, San Cristóbal, República Dominicana. Instituto de Oceanología. La Habana, Cuba.

Horta-Puga G. y J.D Carriquiry. 2008. Crecimiento del Coral Hermatípico *Montrastaea Caverosa* en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Ciencias Marinas. (34)001.107-112pp. Universidad de Baja California. Ensenada Baja California. México.

Horta-Puga G. Impactos Ambientales. 2010 en Arrecifes sur del Golfo. Instituto Politécnico Nacional. México.

Ibarra Morales, N. y L. G. Abarca Arenas, 2007. Distribución, abundancia y biomasa de *Thalassia testudinum* en la laguna del arrecife Sacrificios, Veracruz. In: A. Granados Barba, L. G. Abarca Arenas y J.M. Vargas Hernández

(Eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad. 161-172pp.

Islas-Peña, T.V. 2003. Pelecípodos de planicie arrecifal La Gallega, Veracruz, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. 102pp.

Keller B, D. Daniel F. Gleason. McLeod, E. Woodley C, M. Satie Airame B, D. . Friedlander A, Grober-Dunsmore, R. Johnson J, E. Miller. S, L. Steneck R, S. 2009. Climate Change, Coral Reef Ecosystems, and Management Options for Marine Protected Areas. Pp. 1-20. En Environmental Management.

Lirman, D. y D. Manzello. 2006. Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (pallas) to sub-optimal salinity and sediment burial. In Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 369:72-77pp.

McClanahan, T.R. y D. Obura. 1997. Sedimentation effects on shallow coral communities in Kenya. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 209:103-107.

Margalef, R. 1977. Ecología. 2ª ed. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. 386-390 pp.

Nugues, M.M. Y C.M. Roberts. 2003. Partial mortality in massive reef corals as an indicator of sediment stress on coral reefs. Marine Pollution Bulletin 46:314-323pp.

Nugent, R.S. E. Jordan, R. De la Torre. 1977. Investigaciones preliminares de la biomasa de *Thalassia testudinum konig*, en la costa del Caribe mexicano: Nota Científica. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Contribución 79 del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Nordarse, K.A. 2001. Abundancia y distribución del erizo *echinometra lucunter* (linnaeus) (echinodermata, echinoidea) en un arrecife del litoral norte de ciudad de

la habana. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. Rev. Invest. Mar. 22(2):107-115.

Ochoa- López E. Héctor R. Bonilla, James K.M.1998. Daños por sedimentación a las comunidades coralinas del sur de la isla Socorro, archipiélago de Revillagigedo, México. Ciencias Marinas, 24:(2)233-240, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Ortiz-Lozano, L.D.2006.Análisis Crítico de la Zonas de Regulación y Planeación en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Ensenada Baja California, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de ciencias Oceanológicas. 187pp.

Palacios, E. 2001. Composición de Especies de Macrocorales Hermatípicos de zonas Arrecifales someras de Veracruz, Ver, su uso como material de construcción en el castillo de San Juan de Ulúa. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. 52pp

PEMEX. 1994. Manifestación de impacto ambiental. Corporación Internacional Tecnoconsult SA. De SV. Veracruz, México.

Periódico Oficial. 1887. Sección de Leyes. Contrato de construcción dique noreste.

Ramírez, J.2006.Corrientes Oceánicas. Universidad Interamericana de Puerto Rico. Recinto Ponce. (360)2:2-9pp.

Ramos-Elorduy, R.A.2003.Mesogastropodos de la planicie Arrecifal La Gallega, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, 60pp

Schuhmacher, H., 1978 Arrecifes Coralinos. Omega. Barcelona, España .228 pp.

Siglo Diez y Nueve.1883 .Novena Época. Año 42. (83) Num13, 541.Junio 29. México.

Siglo Diez y Nueve. 1889. Novena Época. Año 48(95).Núm. 15,378.Mayo 9. México.

Secretaria de Fomento. 1887. Peridico Oficial.14 Mayo 1887.Mexico

Salas-Pérez J. J. y A. Granados-Barba. 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera* 21(3), 281-301.

Salas-Monreal. D. A. Salas-de-León M. A. Monreal-Gómez M. L. Rivero'n-Enza'stiga. 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*.pp.1-9.

Stephen S. B. Nicholas A. J.Graham y Sean R. Connolly. 2014.Evidence for multiple stressor interactions and effect son coral reefs.*Global Change Biology* 20, 681–697.

Tello-Musi, J.L. 2000. Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, 61 p.

Tunnell J. W, Chávez E. A. Withers K. 2010. Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Instituto Politécnico Nacional. Mexico.293pp

Vargas-Hernández, J.M.A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp 559-575. *In: Biodiversidad marina y costera de México.* S.I. Salazar-Vallejo y González, N.E. (eds.).Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 p.

Valadez-Rocha V. Y Ortiz-Lozano L. 2013.Spatial and Temporal Effects of Port Facilities Expansion on the Surface Area of Shallow en Environmental Management Coral Reefs pp. 1-11.

Valderrama, S.P. Alcolado, P.M.Caballero, H. Aragón. E. Cobian Rojas.D.2013Condition of coral reefs in the Guanaha cabibes National Park, Cuba.Rev. Mar. Cost. Vol. 5: 69-86.

Vargas-Hernández, J.M.A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 559-575. En: Biodiversidad marina y costera de México. S.I. Salazar-Vallejo y González, N.E. (eds.).Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 p.

Vargas-Hernández, L. Jiménez-Badillo y V. Arenas-Fuentes. 2002. La Pesca en el Sistema Arrecifal Veracruzano. pp 13-16 En: La Pesca en Veracruz y sus Perspectivas de Desarrollo. P. Guzmán-Anaya, C. Quiroga Brahms, C. Díaz-Luna, D. Fuentes Castellanos, C. M. Contreras y G. Silva-López. Universidad Veracruzana y CRIP. México. 434 pp.

Vicencio- De la Cruz, F.2013.Estructura de las comunidades macro bentónicas y nectónicas asociadas a los sustratos rocosos coralinos del arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis Maestría. Universidad Veracruzana.97pp.

Wittenberg M. W. Hunte.1992. Effects of eutrophication and sedimentation on juvenile corals. Abundance, mortality and community structure. Bellairs Research Institute of McGill University, St. James, Barbados, West Indies and Biology Department, McGill University, 1205 Dr. Penfield Ave. Montreal, Quebec, Canada.Marine Biology 112, 131-138.

ANEXO

Trabajo de Gabinete.

La cobertura, frecuencia, dominancia y valor de importancia de cada biotopo, así como la densidad coralina fue calculada de la siguiente manera.

Cobertura: Área que ocupa un biotopo con respecto al área muestreada, se obtuvo mediante el porcentaje de cobertura calculado para cada biotopo con respecto al área total muestreada que es igual a 0.25h, posteriormente se extrapolo al área total de la planicie.

Frecuencia: Número de veces que aparece un biotopo en el total de cuadrantes.

$F_i = J_i/k$ donde J_i es igual al número de apariciones del biotopo i y k igual al número de cuadrantes.

Dominancia: Área que un biotopo ocupa con respecto al área total muestreada

$C_i = n_i/A$ donde n_i es igual al área cubierta por el biotopo i y A es igual al área total muestreada.

Valor de importancia: Se calculó tomando en cuenta los datos obtenidos mediante los cálculos antes mencionados.

$R_i = R F_i + R C_i$.