



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Influencia de la Construcción de la Marina Veramar  
sobre el Arrecife de Hornos, Golfo de México**

**TESIS**

**Que para obtener el título de  
BIÓLOGA**

**PRESENTA**

**Jennifer Paredes Lugo**

**Director**

**Dr. Guillermo J. Horta Puga**

Los Reyes Iztacala Edo. de México, 2014.





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.

*A mis padres:*

*Gracias por formarme como una persona de valor y calidad para la vida,  
por sus consejos, sabiduría y paciencia. Gracias por permitirme realizar mis sueños y  
siempre darme esperanzas.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme otorgado el mejor espacio de desarrollo académico y cultural.

A mi asesor de tesis Dr. Guillermo J. Horta Puga por su paciencia, consejos e inigualable guía.

A mis sinodales por enseñarme y guiarme a un mejor desempeño. Especialmente al Biol. José Luis Tello Musi y a la M. en C. Aura Aletse Morales Aranda, por ir más allá de su deber y brindarme un cálida amistad.

A mis padres por su apoyo incondicional y darme el regalo de la educación y una vida plena.

A mis hermanos por ayudarme a sobrellevar los tiempos difíciles.

A mis grandes amistades (Nuria, Arely, Yetza, Kevin, Jorge, Piña y Martha), que a lo largo de estos años me ayudaron a siempre mirar al frente con seguridad y continuar mejorando.

A todos los miembros de la bodeguita arrecifal (Alex, Jhoan, Karen, Victor, Jacky, Dan, Gaby, Verde, Chava y Felipe), por brindarme su amistad y siempre estar ahí para escucharme y ayudarme a mejorar.

A Cesar, por apoyarme y ser un gran pilar en mi vida.

Finalmente al proyecto CONABIO GM005 y los prestadores de servicios: Dorado Buceo y SCUBAVER, por su excelente atención y apoyo a este proyecto.

*Por mi Raza Hablará el Espíritu.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<i>Objetivo general</i> .....	12
<i>Objetivos particulares</i> .....	12
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
<i>Área de estudio</i> .....	13
<i>Zonas de Muestreo</i> .....	14
<i>Diseño Metodológico</i> .....	14
<i>Trabajo de campo</i> .....	15
<b>Corales Hermatípicos</b> .....	15
<b>Reclutamiento Coralino y Gremios Algales</b> .....	17
<b>Densidad de Erizos Ramodeadores</b> .....	18
<i>Trabajo de gabinete</i> .....	18
<b>Corales Hermatípicos</b> .....	18
<b>Reclutamiento Coralino y Gremios Algales</b> .....	21
<i>Análisis de resultados</i> .....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	22
<i>Estado General del Arrecife Hornos</i> .....	22
<i>Datos sobre el efecto potencial de la construcción de la Marina Veramar</i> .....	28
<b>DISCUSIÓN</b> .....	34
<i>Planicie</i> .....	34
<i>Talud de Barlovento</i> .....	42
<i>Consideraciones finales</i> .....	48
<b>CONCLUSIONES</b> .....	51
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	52
<i>Publicaciones científicas</i> .....	52
<i>Reportes periodísticos</i> .....	57
<b>ANEXO I</b> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pescadores a lo largo del Dique Sur.....	2
Figura 2. Objetos encontrados por el INAH en el Arrecife Hornos.....	2
Figura 3. Antigua Ciudad de Veracruz conocida como Ciudad de Tablas.....	3
Figura 4. Extracción de roca coralina .....	3
Figura 5. Ciudad de Veracruz, siglo XIX.....	4
Figura 6. Hornos de Cal.....	4
Figura 7. Plano general de construcción de las instalaciones portuarias.....	5
Figura 8. Rompeolas Norte.....	6
Figura 9. Composición del Puerto de Veracruz.....	6
Figura 10. Antiguo Acuario de Veracruz.....	7
Figura 11. Escuela Náutica Mercante.....	8
Figura 12. Muro de Pescadores .....	8
Figura 13. Acuario de Veracruz en su actual ubicación.....	9
Figura 14. Marina Veramar y Dique Sur del Puerto .....	10
Figura 15. Dragado en la Planicie del Arrecife Hornos .....	10
Figura 16. Vertimiento de desechos durante la construcción de la Marina Veramar.....	11
Figura 17. Plano general de la Marina Veramar.....	11
Figura 18. Mapa Arrecife Hornos.....	13
Figura 19. Área muestreada.....	15
Figura 20. Colocación de transecto.....	16
Figura 21. Toma de datos de la comunidad coralina.....	16
Figura 22. Toma de fotocuadrantes.....	17
Figura 23. Fotocuadrante.....	17
Figura 24. Contabilización de erizos ramoneadores.....	18
Figura 25. Abundancia relativa en la zona de Planicie.....	36
Figura 26. Condición general de la comunidad de corales hermatípicos.....	37
Figura 27. Condición de salud de las colonias coralinas.....	38
Figura 28. Cobertura de los gremios algales, y la densidad de erizos.....	39
Figura 29. Porcentaje de sustrato ocupado por corales, algas y otros.....	40
Figura 30. Cobertura de roca coralina, arenas y otros invertebrados sésiles.....	40
Figura 31. Porcentaje de cambio de la zona de Planicie.....	41
Figura 32. Organismos bentónicos pertenecientes a la clasificación de Otros .....	41
Figura 33. Abundancia relativa en el Talud de Barlovento.....	43
Figura 34. Condición general de la comunidad de corales hermatípicos .....	44
Figura 35. Condición de salud de las colonias coralinas.....	45
Figura 36. Cobertura de los gremios algales y la densidad de erizos .....	46
Figura 37. Porcentaje de sustrato ocupado por corales, algas y otros .....	47
Figura 38. Ejemplo de Hoja de Registro de datos de campo.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fechas de muestreo para ambas zonas.....	14
Tabla 2. Esfuerzo de muestreo por campaña y zonas.....	22
Tabla 3. Abundancia relativa de las especies.....	23
Tabla 4. Parámetros ecológicos de la comunidad de corales.....	25
Tabla 5. Cobertura de gremios algales, roca coralina, arena y Otros.....	26
Tabla 6. Densidad y abundancia de erizos ramoneadores.....	27
Tabla 7. Cobertura total de corales, algas y otros del sustrato.....	27
Tabla 8. Datos, con relación a la construcción de la Marina Veramar.....	28
Tabla 9. Abundancia con relación a la construcción de la Marina Veramar, Planicie	29
Tabla 10. Abundancia con relación a la construcción de la Marina Veramar. Talud de Barlovento.....	29
Tabla 11. Parámetros ecológicos de la comunidad de corales.....	32
Tabla 12. Cobertura relativa de gremios algales.....	32
Tabla 13. Densidad y abundancia de erizos ramoneadores.....	33
Tabla 14. Cobertura total de corales, algas y otros del sustrato.....	33
Tabla 15. Impacto ambiental generado en las áreas arrecifales adyacentes por la construcción de Puertos Industriales y/o Turísticos.....	49
Tabla 16. Impacto ambiental generado en las áreas arrecifales adyacentes por la construcción de Marinas.....	50
Tabla 17. Especies de coral, reportadas para el SAV.....	58

## RESUMEN

Este trabajo describe los cambios de algunos atributos de la comunidad coralina, gremios algales y densidad de erizos ramoneadores, del Arrecife Hornos, tras la construcción de la Marina Veramar. Debido a que la obra se llevó a cabo directamente en la Planicie Arrecifal, se seleccionaron dos zonas arrecifales (Planicie Arrecifal y Talud de Barlovento), con la finalidad de diferenciar el comportamiento de una comunidad arrecifal recién impactada. En la zona de Planicie para caracterizar la estructura de la comunidad arrecifal, se llevaron a cabo dos campañas de muestreo, una antes de que iniciara la construcción de la marina y otra una vez finalizada. Mientras que en el Talud de Barlovento se contaba con datos desde el 2009 hasta la fecha, por lo que fueron ordenados en periodos de tiempo relacionados con la construcción de la marina.

En la zona de Planicie, la composición de especies no mostró cambios relacionados con la marina. Las afectaciones por la construcción de la Marina Veramar, se evidencian en los valores de densidad, cobertura y talla; variando significativamente en los tres casos. Éstos cambios nos indicaron que hay menos corales en la zona y que las colonas pequeñas no lograron sobrevivir a las condiciones generadas por la construcción de la Marina Veramar. En el caso de la cobertura de gremios algales, también cambiaron significativamente; las algas carnosas y el césped algal disminuyeron su cobertura, mientras que las algas calcáreas aumentaron su cobertura después de la construcción de la marina. Éstos cambios se deben al aumento en la turbidez del agua, así como a la resistencia al daño mecánico que tienen las algas calcáreas. Mientras que la densidad de erizos ramoneadores no se vio afectada por la construcción de la Marina Veramar.

En la zona del Talud de Barlovento, se observó una tendencia de disminución en la densidad, cobertura y talla coralina. Los cambios fueron significativos en cobertura y talla coralina. En el caso de los gremios algales, las algas carnosas y el césped algal aumentaron significativamente, mientras que las algas calcáreas disminuyeron su cobertura significativamente. En la densidad de erizos ramoneadores también se observó una disminución. Sin embargo; los cambios observados no son atribuibles a la construcción de la Marina Veramar. De manera general, podemos concluir que la construcción de la Marina Veramar, en la zona de Planicie afectó negativamente a la comunidad de corales hermatípicos, ocasionando un cambio en la composición de gremios algales, así como benefició el área desnuda, no cubierta por corales y/o algas. Mientras que en el Talud de Barlovento, los cambios observados son propios de la dinámica de una comunidad arrecifal impactada, por lo que no son atribuibles a la construcción de la Marina Veramar.



## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral han sido catalogados como uno de los ecosistemas más diversos, además de brindar una gran cantidad de bienes y servicios (Chávez et al. 2010), esto aunado a su gran belleza, los han hecho objeto de múltiples estudios. Sin embargo; debido a su cercanía a la costa y a la actual situación ambiental, se encuentran bajo un fuerte estrés y los arrecifes mexicanos no son la excepción (García y Nava 2006, Santander y Propin 2009). Uno de los principales servicios ambientales que ofrecen los arrecifes de coral, es la protección de la línea de costa del oleaje intenso causado por las tormentas. Esto ha sido causa de la construcción de puertos a gran escala y marinas pequeñas, para dar punto de amarre y protección, desde embarcaciones pequeñas, a buques de gran escala (ver consideraciones finales). Un ejemplo lo fue el puerto de Tulum en el Caribe Mexicano, durante la época Maya (García 2013), y el puerto más importante, que ha sido la puerta de entrada hacia nuestro país desde hace más de quinientos años, Veracruz (Padilla 2010).

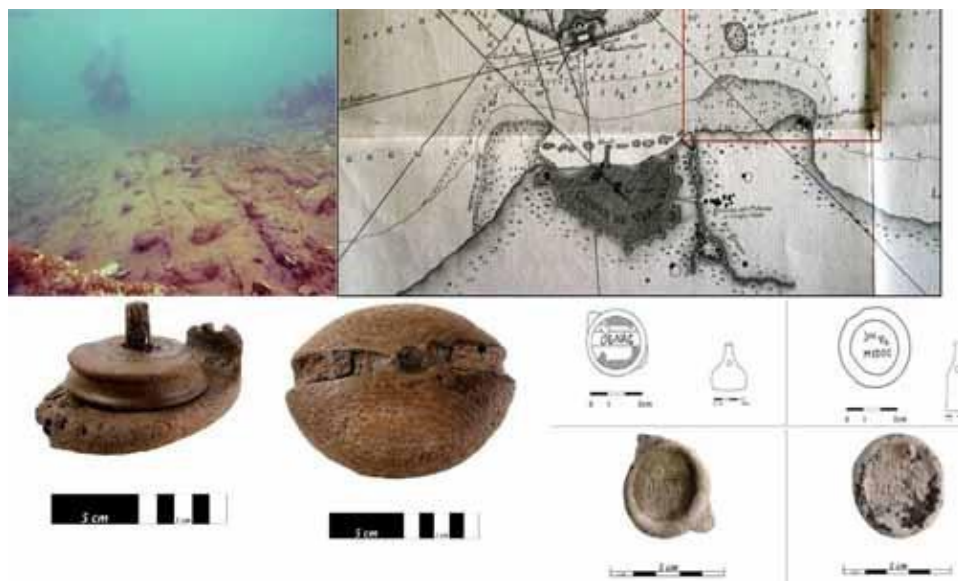
En el área oceánica del sur del Golfo de México los arrecifes se encuentran agrupados en cuatro sistemas: los arrecifes del Banco de Campeche, los arrecifes costeros del sur de Veracruz, el Sistema Arrecifal Tuxpan y el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Tunnell 2010, Ortiz-Lozano et al. 2013). El SAV comprende cerca de 28 arrecifes de coral divididos naturalmente en grupos Norte y Sur por la influencia del río Jamapa. El grupo Norte comprende arrecifes relativamente pequeños cercanos a la costa y el grupo Sur comprende arrecifes de mayor tamaño, y en su mayoría se encuentran a mayor distancia de la costa (Tunnell 2010, Diario Oficial de la Federación 2012). El primer grupo incluye a 13 arrecifes ubicados frente a las costas de la ciudad de Veracruz, ocho arrecifes de plataforma, dos arrecifes de bancos sumergidos y tres costeros, estos últimos fuertemente influenciados por su cercanía al principal puerto del país, especialmente el Arrecife Hornos (Lara et al. 1992).

Se sabe que el Arrecife Hornos ha sido utilizado por el hombre como un área de obtención de recursos pesqueros (Figura 1) desde tiempos prehispánicos (Lezcano et al. 2014). Por su ubicación, y la influencia de los vientos del “Norte”, así como los vientos de tormenta y huracanes, que hacen derivar de su rumbo a las embarcaciones de vela y aún los de motor, muchos barcos de diferente calado y eslora han encallado (Figura 2) en las inmediaciones de éste y otros arrecifes aledaños (Periódico Oficial 1884, El Imparcial 1909, La Librería 1909). Aunque la ciudad de Veracruz oficialmente fue fundada en 1521 por Hernán Cortés, no fue sino hasta inicios del siglo XVII que finalmente se estableció en el lugar que hoy le encontramos. En un inicio las construcciones fueron de madera (Figura 3); sin embargo, la necesidad de tener mejores edificaciones, que fueran más resistentes al clima tropical, y ante la ausencia en las inmediaciones de materiales de construcción adecuado (roca), se utilizó la roca coralina, conocida como Piedra Múcar, que se encontraba en abundancia en los arrecifes (Figura 4). La roca coralina viva o muerta se extrajo por miles de toneladas. Para mediados del siglo XIX, fueron construidos con Piedra Múcar más de 1000 edificios (Lerdo de Tejada 1850, Carricart-Ganivet 1998, Palacios 2001), la muralla de protección de la ciudad, los fuertes como el Castillo de San Juan de Ulúa y los Baluartes (Figura 5). Asimismo, la roca coralina se utilizó para la producción de cal, que también fue utilizada

durante el proceso de construcción. Los hornos de cal, se ubicaron fuera de la ciudad (Figuras 5 y 6), en la explanada junto al arrecife que hoy deriva su nombre de la existencia de éstos hornos desde el siglo XVIII, y que continuaron funcionando hasta principios del siglo XX (MIA 2004, Veracruz Antiguo 2013).



**Figura 1. Pescadores a lo largo del Dique Sur que atraviesa el Arrecife Hornos (<http://aguapasada.wordpress.com/2013/04/29/pescadores-en-veracruz-serie-cotidianas-1/>. Consultado: 28/07/2014)**



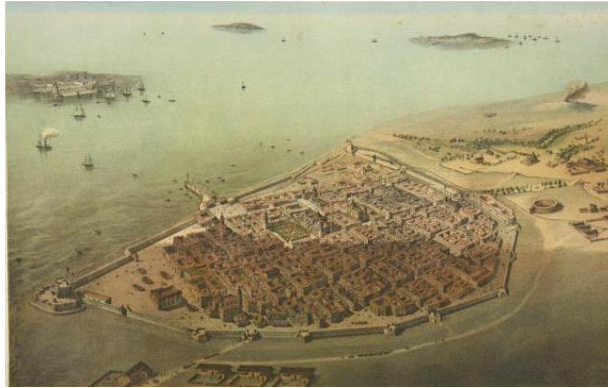
**Figura 2. Objetos encontrados por el INAH en el Arrecife Hornos, el arrecife actuó como trampa de naufragios hasta antes de la renovación y modernización del muelle en 1902. (<http://www.inah.gob.mx/boletines/8-investigaciones-y-estudios-historicos/6629-investigan-objetos-de-naufragios-ocurridos-en-veracruz>. Consultado: 28/07/2014)**



**Figura 3. Antigua Ciudad de Veracruz conocida como la ciudad de tablas (ca. 1603). (<http://aguapasada.wordpress.com/2012/11/29/1890-una-vista-de-veracruz-por-angel-nunez-ortega/>. Consultado: 28/07/2014)**



**Figura 4. Extracción de roca coralina. (<http://ala-liberacionanimal.org/>. Consultado: 28/07/2014)**



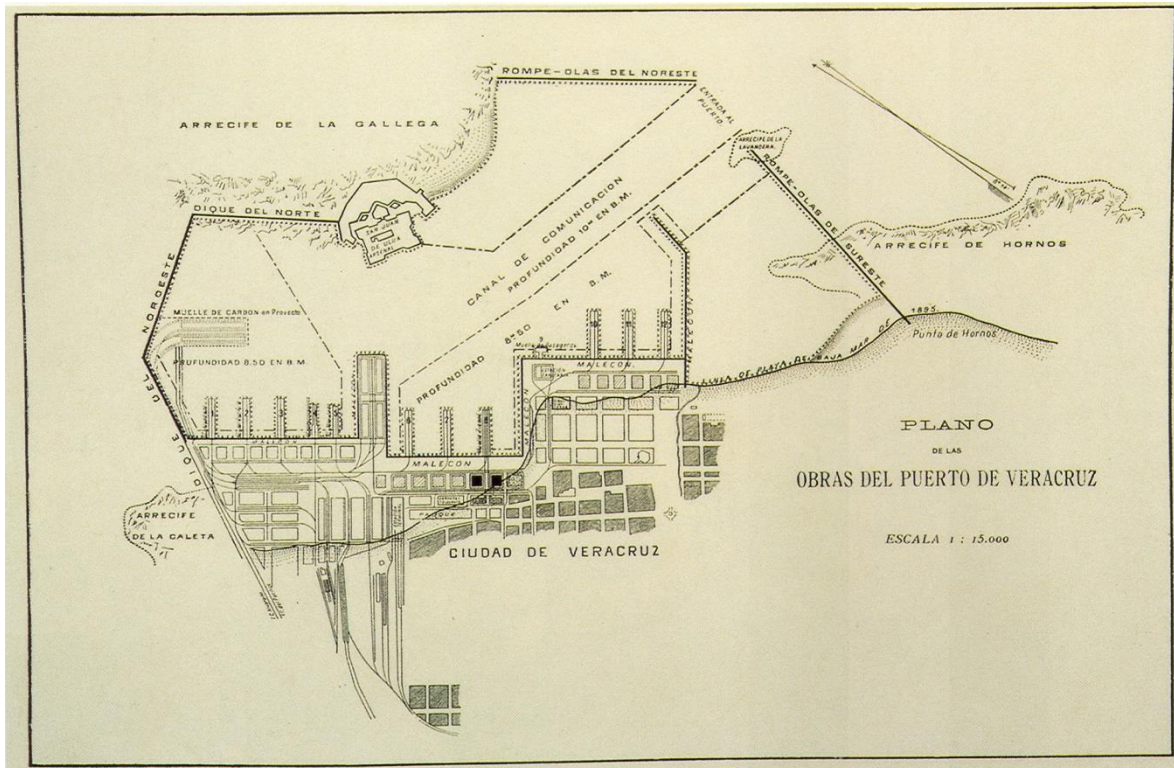
**Figura 5. Ciudad de Veracruz, siglo XIX. Del lado derecho, se aprecia una columna de humo que muestra la ubicación de los hornos de cal, junto al Arrecife Hornos. (<http://aguapasada.wordpress.com/>. Consultado: 28/07/2014)**



**Figura 6. Hornos de cal a los cuales el arrecife debe su nombre (ca. 1849). ([https://www.facebook.com/RecordandoMiViejoVeracruz/photos\\_stream](https://www.facebook.com/RecordandoMiViejoVeracruz/photos_stream). Consultado: 28/07/2014)**

A finales del siglo XIX, durante la presidencia de Porfirio Díaz, quién se propuso modernizar la infraestructura en materia de comunicaciones y transportes. Así, se decidió crear el puerto industrial y mercante más grande de nuestro país, ordenó ampliar la capacidad e instalaciones portuarias de Veracruz (Pérez 2003). El programa de construcción incluyó (Figura 7): (1) el Dique Norte, que une el continente con el Arrecife la Gallega, pasando por el Arrecife de la Caleta; (2) el Rompeolas Norte, desde el Arrecife la Gallega hasta la boca del puerto; (3) el Rompeolas Sur, cuya construcción inició en el mismo Arrecife de Hornos, y se extiende hasta el Arrecife de La Lavandera; y (4) los muelles, bodegas y terreno ganado al mar, sobre todo al sur (Figura 8 y 9) (Pérez 2003). La construcción del puerto implicó la remoción y dragado de miles de toneladas de materiales

del fondo (roca coralina incluida), pero también la resuspensión de sedimentos, y el vertido de roca y bloques de concreto directamente sobre los arrecifes de Caleta, Gallega, Lavandera y Hornos, con el consecuente daño mecánico a la estructura arrecifal (Domínguez 1990, Vargas-Hernández et al. 1993, Palacios 2001, Horta-Puga 2010, Moreno-Casasola 2011).



**Figura 7. Plano general de construcción de las instalaciones portuarias, (ca. Fines del siglo XIX) (<http://centrohistorico.veracruzmunipio.gob.mx/cartografia.php?idreg=12> Consultado: 28/07/2014).**

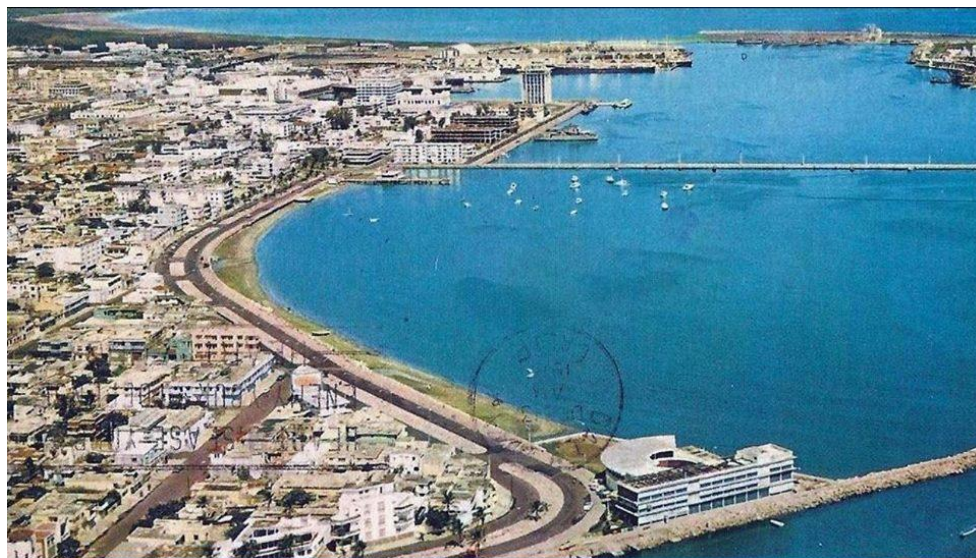


**Figura 8. Rompeolas Norte cuyo propósito es conectar tierra firme con la fortaleza de San Juan de Ulúa. (<http://aguapasada.wordpress.com/>. Consultado: 28/07/2014)**



**Figura 9. Composición del puerto de Veracruz, en donde se alcanza a ver el rompeolas Sur construido sobre el Arrecife Hornos así como el rompeolas Norte sobre el Arrecife Gallega (ca. 1914) (<http://aguapasada.wordpress.com/2012/11/25/1914-primeras-fotos-aereas-de-veracruz/>. Consultado: 28/07/2014)**

El crecimiento sostenido de la mancha urbana alcanzó finalmente al Arrecife de Hornos, ya que en sus inmediaciones se construyó, durante las décadas de los 1940s y 1950s, el Antiguo Acuario de Veracruz (Figura 10), la Escuela Náutica Mercante (Figura 11), y el Muro de Pescadores (Figura 12) (FIDENA 2011). Ya a inicios de la década de los 1990s, se construyó el actual Acuario de Veracruz (Figura 13), al extremo sur del arrecife. Muy probablemente toda esta actividad de construcción influyó negativamente en el Arrecife Hornos, aunque no se tiene registro del daño causado.



**Figura 10. Antiguo Acuario de Veracruz en los años 70.**  
([https://www.facebook.com/RecordandoMiViejoVeracruz/photos\\_stream](https://www.facebook.com/RecordandoMiViejoVeracruz/photos_stream).  
Consultado: 28/07/2014)



**Figura 11. Escuela Náutica Mercante. (<http://planetarium-list.com/planetarium/187-escuela-nautica-mercante-cap-alt-fernando-siliceo-y-torres>. Consultado: 28/07/2014).**



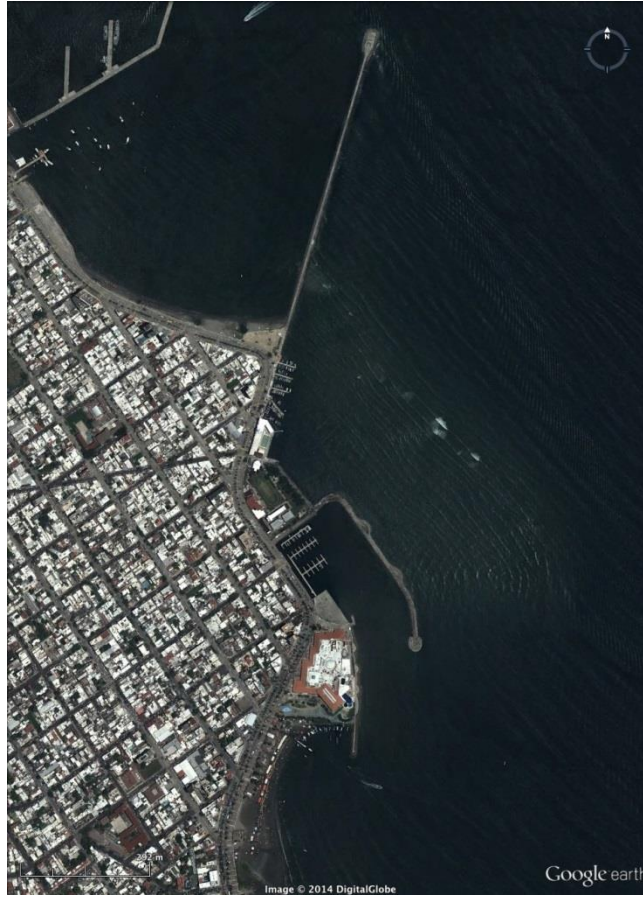
**Figura 12. Muro de Pescadores, ubicado en la planicie del Arrecife Hornos.**





**Figura 13. Acuario de Veracruz en su actual ubicación, en el extremo superior derecho, se ve la Marina Veramar. (<http://blogacuariodeveracruz.com/tag/historia-del-acuario-de-veracruz/>. Consultado: 28/07/2014).**

El Arrecife Hornos en la actualidad se encuentra afectado por la descarga de afluentes pluviales, el tráfico de embarcaciones menores, así como el turismo (Castillo-Sarabia 2007, Horta-Puga y Tello Musi 2009, Vera-Hidalgo 2008, Sánchez 2010). El turismo en Veracruz ha generado la construcción de instalaciones de atraque menores como el club de Yates en la Playa Regatas (MIA 2004). El Arrecife Hornos se encuentra dentro de la poligonal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) (Diario Oficial de la Federación 1992). Sin embargo, debido a errores de delimitación precisa de la poligonal, parte del arrecife quedó fuera de la poligonal. Este vacío legal facilitó la aprobación de la construcción de una nueva marina, la Marina Veramar en 2010 (Figura 14), la cual se ubicó directamente sobre la planicie del arrecife. Para su edificación se construyó un rompeolas al oeste usando 28,000 m<sup>3</sup> de bloques de concreto; se dragó 2.9 Ha del arrecife, en donde se removieron 58,000 m<sup>3</sup> de sedimentos biogénicos arrecifales, hasta alcanzar una profundidad de 2.4 m en la dársena y 3.5 m en el canal de navegación; y se construyeron tres muelles flotantes con numerosos puntos de atraque, además de ganar terreno al mar (MIA 2004). La actividad de construcción implicó un daño considerable al arrecife por la resuspensión de sedimentos, el vertido directo de bloques, la generación de desechos, y las labores de relleno, lo que afectó drásticamente a la comunidad arrecifal (Figura 15 y 16) (Horta-Puga y Tello Musi 2010, Bello 2011).



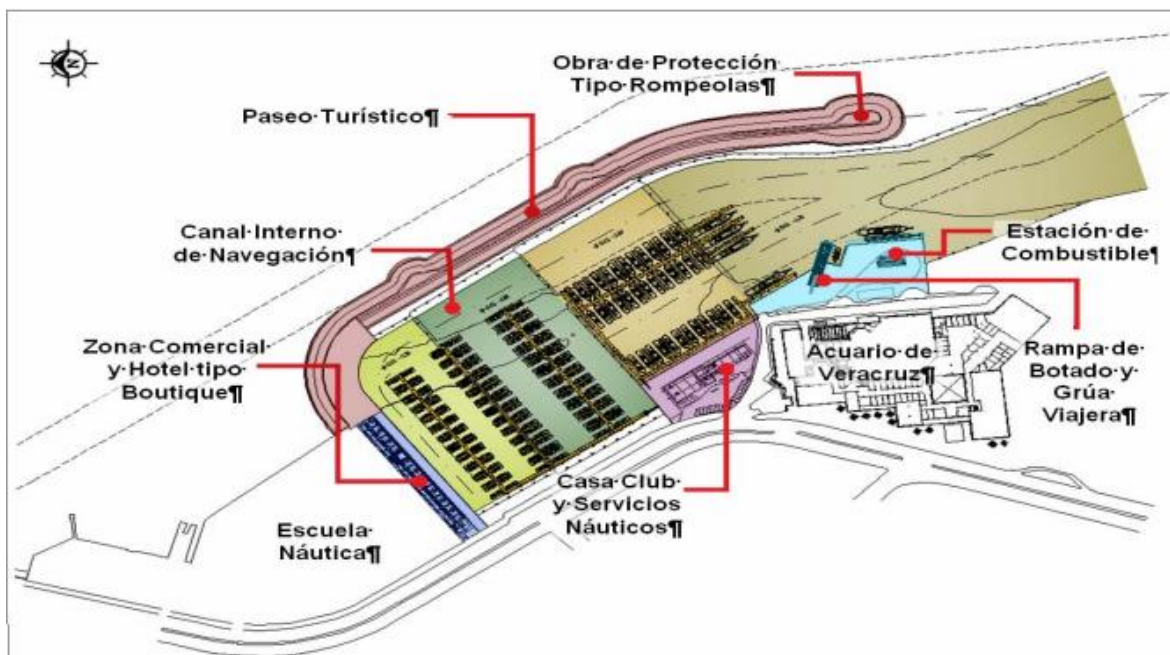
**Figura 14. Marina Veramar y Dique Sur del Puerto de Veracruz (Google Earth. Consultado: 28/07/2014).**



**Figura15. Dragado en la Planicie del Arrecife Hornos.**



**Figura 16. Vertimiento de desechos durante la construcción de la Marina Veramar.**



**Figura 17. Plano general de la Marina Veramar. (Manifestación de Impacto Ambiental).**

Además se dragó un canal externo de navegación, para los pescadores, con su debida señalización, al este del rompeolas (Hernández 2011, Ortega 2011, Ruiz 2011).

Hasta la fecha pocos estudios científicos se han realizado sobre el Arrecife Hornos, entre ellos se cuentan los que describen su geomorfología (Lara et al. 1992, Chávez et al. 2010), los que hablan de los impactos al arrecife (Heilprin 1890, Emery 1963, Horta-Puga y Tello Musi 2009, Horta-Puga 2010), los que describen las comunidades bióticas (McMillan 1979, Winfield et al. 2007, Terrados et al. 2008, Godínez-Ortega 2009, Horta-Puga y Tello Musi 2009). Así como diversas tesis (Ortíz-Lozano 2006, Castillo-Sarabia 2007, Nuñez 2008). Sin embargo, no existen registros del impacto causado por la actividad humana en el área. Afortunadamente, en el año 2006 se inició un proyecto ambicioso de evaluación del SAV, el proyecto CONABIO DM005 y GM005: Sistema Arrecifal Veracruzano: Condición actual y programa permanente de monitoreo (<http://www.conabio.gob.mx>). Este proyecto incluyó la evaluación de la comunidad de corales hermatípicos, erizos ramoneadores y la comunidad algal del Arrecife Hornos, y a partir del 2009 y hasta la fecha, se viene haciendo la evaluación semestralmente, lo que ha permitido obtener datos del antes, durante y después, de la construcción de la Marina Veramar. Considerando la existencia de datos precisos para este arrecife, ésto permitió plantearse lo siguiente: ¿Cuál es el grado de afectación del Arrecife Hornos por la construcción de la Marina Veramar? ¿Se han registrado cambios en la estructura de las comunidades arrecifales? Para contestar estas interrogantes, se planteó hacer un estudio que permitiera conocer las diferencias en los principales parámetros descriptores de las comunidades de corales hermatípicos, erizos ramoneadores y las algas, antes, durante y después de la construcción de la marina, y así poder determinar el grado de impacto.

*Objetivo general:*

Determinar el efecto que ha causado la construcción de la Marina Veramar en la comunidad arrecifal del Arrecife Hornos.

*Objetivos particulares:*

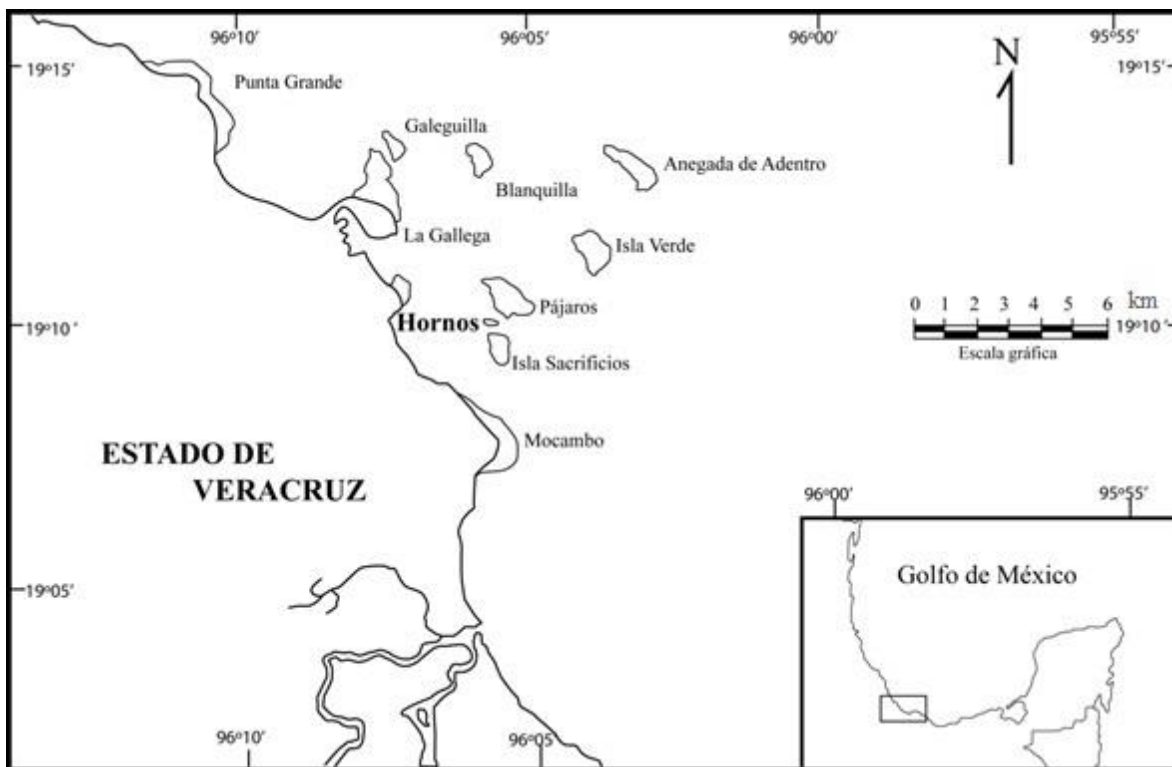
1. Determinar la estructura de la comunidad de corales hermatípicos, la cobertura de los gremios algales (algas carnosas, césped algal y algas calcáreas); así como, la densidad de erizos ramoneadores *Echinometra* sp. y *Diadema antillarum*, a lo largo del tiempo (2009-2014).
2. Comparar los datos obtenidos sobre la estructura de las comunidades arrecifales, a lo largo del tiempo, para así poder determinar el grado de impacto de la construcción de la Marina Veramar en el Arrecife Hornos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

Hornos, pertenece al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV); que fue declarado Área Natural Protegida con el carácter de Parque Nacional en el año de 1992 (Diario Oficial de la Federación 1992), y recién modificado en la extensión de su poligonal en diciembre 2012 (Diario Oficial de la Federación 2012). Es un arrecife de tipo costero con una geomorfología que consiste del Talud de Barlovento o Arrecife Frontal, Planicie Arrecifal y Cresta Arrecifal (Lara et al. 1992). El arrecife se encuentra localizado (Figura 18) aproximadamente en las coordenadas  $19^{\circ}11'28''\text{N}$  y  $96^{\circ}07'15''\text{W}$  y abarca 1 km de costa; en su parte más ancha mide 250 m (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993).

La Marina Veramar, se encuentra construida directamente sobre la Planicie Arrecifal de Hornos, y comprende un área total de  $95,160\text{ m}^2$ , de los cuales  $81,446\text{ m}^2$  corresponden a territorio marino y  $13,713\text{ m}^2$  corresponden a terreno ganado al mar (MIA 2004). Colinda al Norte con la Escuela Náutica Mercante Fernando Siliceo, al Oeste con la vialidad boulevard Manuel Ávila Camacho, al Sur con el centro comercial Plaza Acuario y hacia el Este con el Golfo de México (MIA 2004).



**Figura 18. Mapa del Sistema Arrecifal Veracruzano.**

### Zonas de Muestreo

**Planicie Arrecifal:** Zona de alta energía con grandes extensiones de pastos marinos, los cuales permiten la estabilización del sedimento, además de servir de hábitat a peces (Caso et al. 2004).

**Talud de Barlovento:** Zona de alta energía, donde dominan especies de coral ramificadas y de rápido crecimiento, funciona como trampa de sedimento (Caso et al. 2004, Chávez et al. 2010).

### Diseño Metodológico

El programa de muestreo incluyó el estudio de las comunidades de corales hermatípicos, erizos ramoneadores y la comunidad algal del Arrecife Hornos (Figura 18) durante el periodo 2009-2014 (Tabla 1). Los datos incluidos en este estudio derivan del proyecto CONABIO: *Sistema Arrecifal Veracruzano: Condición actual y programa permanente de monitoreo* (GM005). Para la realización de este trabajo se seleccionaron dos puntos de muestreo, uno en el Talud de Barlovento (19°11'35-44" N, 96°07'10-19" W) y otro en la zona de Planicie Arrecifal (19°11'24-31" N, 96°07'09-18" W) (Figura 19). Debido a que el arrecife se encuentra bajo fuertes y constantes fuentes de impacto, el conocer el comportamiento de la zona del Talud de Barlovento permitió discriminar si las variaciones encontradas en la zona de Planicie son en consecuencia a la construcción de la marina y no parte de la dinámica de un arrecife impactado. Así, se obtuvieron datos sobre las comunidades arrecifales previos a la construcción de la marina (2009), durante el período de construcción (2010-2013), y posteriores (2013-2014). Lo que permitirá, determinar el impacto tras la construcción de la marina.

**Tabla 1**  
**Fechas de muestreo para ambas zonas.**

<b>Campaña</b>	<b>Fecha</b>	<b>Planicie</b>	<b>Talud de Barlovento</b>
<b>CGE</b>	jun/2006 y nov/2007	Si	Si
<b>C-01</b>	sep/2009	No	Si
<b>C-02</b>	abr/2010	No	Si
<b>C-03</b>	oct/2010	No	Si
<b>C-04</b>	jun/2011	No	Si
<b>C-06</b>	oct/2012	No	Si
<b>C-07</b>	mar/2013	No	Si
<b>C-08</b>	oct/2013	No	Si
<b>C-09</b>	mar/2014	Si	No



**Figura 19. Área muestreada, el área roja corresponde a la zona de muestreo del Talud de Barlovento y el área amarilla corresponde a la zona de muestreo de Planicie Arrecifal.**

### *Trabajo de campo*

### **Corales Hermatípicos**

Para obtener los datos de la comunidad coralina (Escleractinia + Milleporina), se utilizó el método de transecto, este método es ampliamente utilizado para el muestro de comunidades coralinas (Horta-Puga 2003, Álvarez-Filip et al. 2011). Que consiste en colocar los transectos, entre los 3 y 6 m de profundidad para la zona del Talud de Barlovento, y a los 0.5 a 1.5 m en la zona de Planicie Arrecifal, y se colocaron paralelos a la línea de costa (Figura 20). Para que la muestra fuera representativa se necesitaron tantos transectos como fueron necesarios para registrar 100 colonias coralinas vivas (Horta-Puga y Tello Musi 2009). Cada transecto tuvo 10 m de longitud, y se tomaron los siguientes datos (en vista superior) a cada individuo/colonia que cayó en el transecto, con ayuda de hojas previamente diseñadas para facilitar su registro (Figura 21, Anexo I):

1. Especie: se utilizó el nombre con una abreviatura (Ej: Ss= *Siderastrea siderea*).

2. Longitud de intercepción: distancia, en cm, bajo la línea del transecto (las mediciones de longitud se hicieron con un tubo de PVC de 1 m, marcado cada 5 cm).

3. Talla (cm): en cada colonia se determinó el diámetro máximo ( $D_{max}$ ) en vista superior, el diámetro perpendicular ( $D_{per}$ ) (con respecto al diámetro máximo) y la altura (Alt).

4. Mortalidad parcial (MP): se determinó por una estimación visual del porcentaje de tejido muerto con respecto al área total de la colonia; así mismo se registró, si la mortalidad era reciente (R) (identificable porque en la porción afectada se aprecia el esqueleto) o es antigua (A) (reconocible porque la porción afectada está cubierta por algas u otros organismos).

5. Enfermedades. Se determinó si el individuo se encontraba enfermo y la enfermedad que lo afectaba, mediante el uso de guías fotográficas sumergibles.



**Figura 20. Colocación de transecto.**

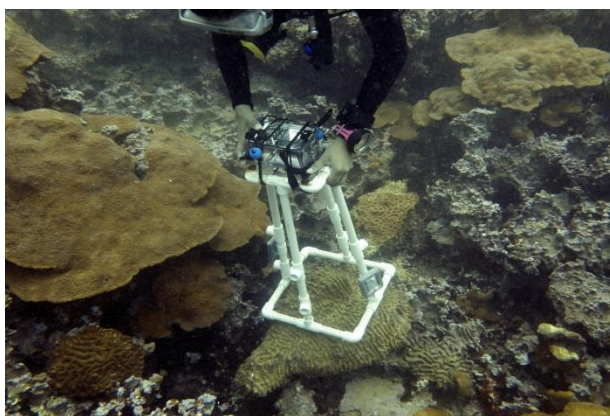


**Figura 21. Toma de datos de la comunidad coralina.**

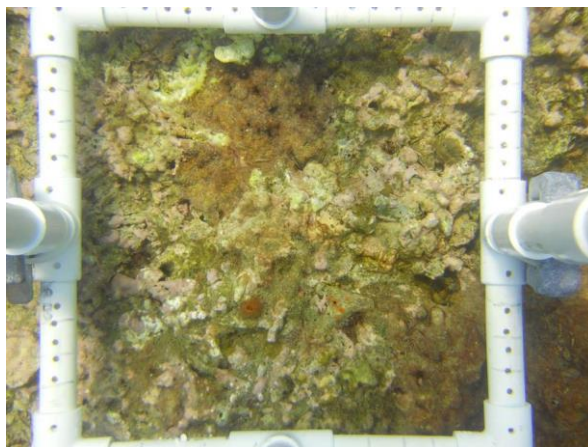


## Reclutamiento Coralino y Gremios Algales

En el caso del reclutamiento coralino y cobertura de algas, se utilizó el método de fotocadrante (AGRRA 2000, Horta-Puga 2003, Álvarez-Filip et al. 2011). Se tomaron al menos 120 fotografías para contar así con un área mínima de 7.5m<sup>2</sup>. Los fotocadrantes se colocaron en el fondo sobre un sustrato rocoso (Figura 22) en áreas carentes de invertebrados sésiles grandes (>25 cm). Se tomaron fotografías con ayuda de una cámara subacuática (Nikon colpix, 5 mega pixeles) a un área delimitada por un cuadrante de PVC de 25x25 cm (Figura 23) y fueron almacenadas para su posterior análisis (Horta-Puga y Tello Musi 2009).



**Figura 22. Toma de fotocadrantes.**



**Figura 23. Fotocadrante.**

## Densidad de Erizos Ramodeadores

En el caso de la densidad de erizos ramoneadores, fue estimada utilizando los transectos colocados para la comunidad coralina, y con ayuda de una barra de 1 m de longitud marcada por la mitad, se siguió a lo largo del transecto (Figura 24) contando todos los erizos (*Echinometra* sp. y *Diadema antillarum*), que se ubicaban a una distancia de 50 cm o menos, lo que implica un cuadrante en cinta de 10 m<sup>2</sup>.



Figura 24. Contabilización de erizos ramoneadores.

*Trabajo de gabinete*

## Corales Hermatípicos

Con los datos obtenidos se construyó una base datos, a través de la cual se cuantificaron los siguientes atributos.

**Cobertura Coralina (Cob):** Ésta variable se calculó por transecto y posteriormente se obtuvo el promedio general.

$$\text{Cob} = \frac{\sum Li}{10}$$

Donde:

$\Sigma$ = Sumatoria de la longitud de intersección

Li= Longitud de intersección por transecto

**Densidad Coralina (DC):** Ésta variable se calculó por transecto y posteriormente se obtuvo el promedio general.

$$DC = \frac{\sum Col}{10}$$

Donde:

$\Sigma$  Col= Suma de colonias por transecto

**Abundancia Relativa (Ar):** Ésta variable se calculó por especie.

$$Ar = \frac{\sum Col(100)}{Tc}$$

Donde:

$\Sigma$  Col= Suma de colonias de la misma especie

Tc= Total de colonias

**Mortalidad Parcial (MP):**

$$MP = \frac{\sum Col}{Tc}$$

Donde:

$\Sigma$  Col= Suma de colonias afectadas por Mortalidad Parcial

Tc= Total de colonias

**Porcentaje de Tejido Afectado por Mortalidad Parcial (T-MP)**

$$T - MP = \frac{\sum \%}{Tc}$$

$\Sigma$  %: Suma de los porcentajes

Tc: Total de Colonias

**Enfermedades (Enf)**

$$Enf = \frac{ColE}{Tc} (100)$$

Donde:

ColE= Colonias Enfermas

Tc= Total de colonias

### **Blanqueamiento (Bla)**

$$\text{Bla} = \frac{\text{ColB}}{\text{Tc}} (100)$$

Donde:

ColB= Colonias Blanqueadas

Tc= Total de colonias

### **Índice de Diversidad de Shannon Weaver (H')**

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

Pi= Proporción de la especie i en la muestra= ni/N

S= número de especies en la muestra

N= número total de individuos en la muestra

### **Diversidad Máxima (H<sub>max</sub>)**

$$H_{\text{max}} = \text{Ln}(\text{Tsp})$$

Donde:

Ln= Logaritmo natural

Tsp= Total de Especies registradas

### **Equitatividad de Pielou (E)**

$$E = \frac{H'}{H_{\text{max}}}$$

Donde:

H'= Índice de diversidad de Shannon Wiener

H<sub>max</sub>= Diversidad Máxima

## **Reclutamiento Coralino y Gremios Algales**

Los análisis visuales se realizaron con ayuda de Photoshop CS3 Software, Inc.

1.- Reclutamiento coralino (RC): se contabilizaron los reclutas por medio un análisis visual; considerando como recluta a las colonias que se han fijado y han logrado desarrollar un esqueleto menor a dos centímetros. Los reclutas se identificaron a nivel de género al que pertenece.

2.- Gremios Algales: se determinó la cobertura relativa de cada gremio, mediante una estimación visual, considerando tres principales gremios: Algas Carnosas, Césped Algal y Algas Calcáreas. Así como se determinó el porcentaje ocupado por roca desnuda, arena y otros invertebrados sésiles.

### *Análisis de resultados*

Para saber si existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a nuestras variables, se utilizó estadística no paramétrica. Ésta decisión se tomó por la alta variación en el tamaño de la muestra (Quinn y Keough 2002). Para la zona de Planicie, se realizaron pruebas de Mann-Whitney, la cual no supone normalidad en los datos, así como no exige que el tamaño de la muestra sea el mismo. Ésta prueba nos dice si las muestras perteneces a una misma población o a diferentes poblaciones (Quinn y Keough 2002). En el caso de la zona del Talud de Barlovento, debido a que se cuenta con tres muestras, se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis (Quinn y Keough 2002).

Ambas pruebas se realizaron con ayuda del programa GraphPad 5 Prism Software, Inc. Los datos son presentados graficados con SigmaPlot 11.0 Software, Inc. Como el promedio más menos la desviación estándar.

## RESULTADOS

### *Estado General del Arrecife Hornos*

La Tabla 2 resume los datos del esfuerzo de muestreo, de cada campaña utilizada en este estudio. Como podrá observarse, no siempre se pudo obtener el número mínimo de datos, de corales requeridos (100 colonias, ver sección de Materiales y Métodos). Lo anterior se debió, principalmente, a la muy baja cobertura coralina, por lo cual era frecuente que las colonias quedaran fuera de los transectos. Por lo que se refiere a los fotocuadrantes, no se presentó ningún problema, siempre se obtuvieron el mínimo programado (120).

**Tabla 2**  
**Esfuerzo de muestreo por campaña y zonas del Arrecife Hornos, SAV**

CGE	Fecha	Planicie			Talud de Barlovento		
		Tr	Col	FC	Tr	Col	FC
CGE	jun/2006	14	137	149	22	93	152
	nov/2007						
C01	sep/2009				12	50	146
C02	abr/2010				35	127	120
C03	oct/2010				22	82	120
C04	jun/2011				33	119	120
C06	oct/2012				28	76	120
C07	mar/2013				38	122	120
C08	oct/2013				21	71	120
C09	mar/2014	41	167	120			

Tr= Número de transectos. Col= Número de colonias. FC= Fotocuadrantes.

### *Abundancia relativa coralina*

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la abundancia relativa de las dos zonas muestreadas. En términos generales para la zona de Planicie *Siderastrea radians* (77.1±2.3 %) es la especie más abundante, seguida de *Siderastrea siderea* (13.3±6.4 %) y *Pseudodiploria* sp. (6.8±7.9 %). Para la zona del Talud de Barlovento *Millepora alcicornis* (31.9±12.3 %) es la más abundante, seguida de *Oculina diffusa* (24.6±6.6 %) y *Montastraea cavernosa* (16.9±12.1 %).

### *Densidad coralina*

A lo que se refiere a los valores de densidad (Tabla 4). La zona de Planicie el valor más alto se registró en la CGE (0.9±0.6 Ind/m). Igualmente en la zona del Talud de Barlovento (0.4±0.2 Ind/m); sin embargo, a partir de la campaña C06, ésta variable comenzó a disminuir (0.3±0.2 Ind/m).

**Tabla 3**  
**Abundancia relativa (%) de las especies registradas en el Arrecife Hornos, SAV**

Especie	Planicie			Talud de Barlovento								
	CGE	C09	P	CGE	C01	C02	C03	C04	C06	C07	C08	P
<i>Colpophyllia natans</i>				1.1		0.8			2.6	0.8		1.3±0.9
<i>Pseudodiploria</i> sp.	12.4	1.2	6.8±7.9									
<i>P. strigosa</i>					2			3.4	1.3			2.2±1.1
<i>Manicina areolata</i>					2			0.8				1.4±0.8
<i>Millepora alcicornis</i>					32	40.2	9.8	47.9	36.8	32.8	23.9	31.9±12.3
<i>Montastraea cavernosa</i>				43	8	18.1	23.2	0.8	19.7	13.9	8.5	16.9±12.1
<i>Orbicella faveolata</i>							1.2					0.15±0.4
<i>Oculina diffusa</i>				17.2	34	23.6	31.7	29.4	15.8	21.3	23.9	24.6±6.6
<i>Porites astroides</i>								0.8		2.5		1.6±1.2
<i>Scolymia cubensis</i>										0.8		0.1±0.3
<i>Siderastrea radians</i>	78.8	75.5	77.1±2.3	10.8	16	5.5		7.6	17.1		14.1	11.8±4.7
<i>Siderastrea siderea</i>	8.8	17.8	13.3±6.4	14	6	11	32.9	8.4	1.3	27.9	22.5	15.5±11.2
<i>Stephanocoenia intersepta</i>		5.5	2.75±3.9	14		0.8	1.2	0.8	5.3		7	4.8±5.2

P= Promedio.

### *Densidad de reclutas*

En el arrecife se registraron reclutas pertenecientes a seis géneros: *Agaricia*, *Colpophyllia*, *Oculina*, *Porites*, *Siderastrea* y *Stephanocoenia*. Siendo *Siderastrea* el más frecuente en ambas zonas.

La densidad de reclutas (Tabla 4) el valor más alto se registró para la zona de Planicie en la C09 (0.7 Ind/m<sup>2</sup>), mientras que en el Talud de Barlovento, se registró en la CGE (0.9 Ind/m<sup>2</sup>).

### *Cobertura coralina*

En la CGE se registró la más alta cobertura para ambas zonas (Tabla 4), en la zona de Planicie (8.8±9.4 %) y en el Talud de Barlovento (4.3±2.7 %). Reportando los valores más bajos en las últimas campañas (C08 2.3±1.3 % y C09 2.9±3.5 %).

### *Talla*

Las colonias coralinas en promedio, para la zona de Planicie fueron más grandes en la C09 ( $20.8 \pm 13.5$  cm), mientras que, en el Talud de Barlovento las tallas más grandes se reportan en la C06 ( $17.1 \pm 12.8$  cm) (Tabla 4).

### *Mortalidad parcial*

En términos generales, en la zona de Planicie, las colonias afectadas por mortalidad parcial (Tabla 4), en la última campaña la mortalidad disminuyó (C09 17.2 %), igualmente que en la zona del Talud de Barlovento (C08 12.7 %). El tejido afectado por mortalidad parcial fue mayor en la CGE para ambas zonas, en Planicie  $22.7 \pm 22.4$  % y  $25.2 \pm 24$  % en el Talud de Barlovento.

### *Enfermedades*

Los resultados de promedio con respecto a las enfermedades se comportan de manera similar a los encontrados por mortalidad parcial (Tabla 4). Los valores más altos para ambas zonas son en la CGE, en la zona de Planicie (10.9 %), mientras que en Talud de Barlovento (4.3 %), en ésta zona en cuatro ocasiones no se han registrado individuos enfermos (C02, C03, C06 y C08).

### *Blanqueamiento*

El número de colonias afectadas por el fenómeno de blanqueamiento (Tabla 4), es mayor en la CGE en ambas zonas, Planicie (4.4 %) y en el Talud de Barlovento (11.8 %).

### *Diversidad ecológica*

En términos generales, el índice de Shannon-Weaver indicó que el Arrecife Hornos, tiene una diversidad baja. En la zona de Planicie la diversidad fue mayor en la C09 (1.2 Bits/Ind) y en el Talud en la C08 (1.7 Bits/Ind). La diversidad máxima el valor más alto en el Talud de Barlovento se registró en el C04 (2.2 Bits/Ind), y en Planicie en la C09 (1.6 Bits/Ind). Mientras que la equitatividad de Pielou es mayor en el Talud de Barlovento en la C08 (0.9) y en Planicie en la C09 (0.7).



**Tabla 4**  
**Parámetros ecológicos de la comunidad de corales del Arrecife Hornos, SAV**  
**Planicie**

	DC	DR	Cob	Talla	MP	T-PM	Enf	Bla	H'	H <sub>max</sub>	E
	Ind/m	Ind/m <sup>2</sup>	%	cm	%	%	%	%			
CGE	0.9±0.6	0.6	8.8±9.4	10.6±10.8	35	22.7±22.4	10.9	4.4	0.6	1.1	0.6
C09	0.4±0.4	0.7	2.9±3.5	20.8±13.5	17.2	21.8±13.8	3.7	0.6	1.2	1.6	0.7
P	0.7±0.4	0.7±0.1	5.9±4.2	15.7±7.2	26±12.6	22.3±0.6	7.3±5.1	2.5±2.7	0.9±0.4	1.4±0.4	0.7±0.1
<b>Talud de Barlovento</b>											
CGE	0.4±0.2	0.9	4.3±2.7	14.5±12.2	30.1	25.2±24	4.3	11.8	1.5	1.8	0.8
C01	0.4±0.2	0.4	2.7±1.4	11.9±7.3	48	22.6±19	2	4	1.6	1.9	0.8
C02	0.4±0.2	0.1	3.5±2.5	13.6±9.8	32.2	15.9±13	0	4.7	1.5	1.9	0.8
C03	0.4±0.1	0.1	2.5±1.8	9.6±7.7	32.5	18.9±18	0	3.6	1.4	1.8	0.8
C04	0.4±0.1	0.9	2.6±1.8	13.4±10	21	24.2±15	3.4	0.8	1.4	2.2	0.6
C06	0.3±0.2	0.5	2.8±2.7	17.1±12.8	7.9	10.8±4.9	0	2.6	1.6	2.1	0.8
C07	0.3±0.2	0.8	2.8±1.9	14±10.9	19.7	22.7±21	1.6	4.1	1.5	1.9	0.8
C08	0.3±0.2	0.4	2.3±1.3	9.2±5.6	12.7	17.2±18	0	1.4	1.7	1.8	0.9
P	0.4±0.1	0.5±0.3	2.9±0.7	12.9±2.6	25.5±12.8	19.7±4.9	1.4±1.7	4.1±3.4	1.5±0.1	1.9±0.1	0.8±0.1

DC= Densidad Coralina. DR= Densidad de Reclutas. Cob= Cobertura Coralina. MP= Mortalidad Parcial. T-MP= Tejido afectado por Mortalidad Parcial. Enf= Enfermedades. Bla= Blanqueamiento. H'= Índice de diversidad de Shannon-Weaver. H<sub>max</sub>= Diversidad máxima. E= Índice de Equitatividad. P= Promedio

#### *Estructura de la comunidad algal*

Dentro de los gremios algales (Tabla 5), las algas carnosas son más abundantes en Planicie (5.7±5.7 %) que en el Talud de Barlovento (4.3±5.7 %). Mientras que el grupo con mayor cobertura en ambas zonas en el césped algal, en Planicie es menor (25.9±8.1 %), que en el Talud de Barlovento (37.1±22 %). La cobertura de algas calcáreas es mayor en el Talud de Barlovento (21.5±12.3 %) que en la zona de Planicie (15.6±9.3 %). La roca coralina tiene mayor cobertura en el Talud de Barlovento (13.3±11.8 %), que en la Planicie (5.1±3.5 %); la cobertura por arenas es mayor en Planicie (21.5±16.5 %), que en el Talud de Barlovento (7.7±5.8 %). Mientras que el espacio ocupado por otros invertebrados es mayor en la zona de Planicie (28.7±26 %) que en el Talud de Barlovento (17.6±9.5 %).

#### *Comunidad de erizos ramoneadores*

En cuanto a la comunidad de erizos ramoneadores (Tabla 6), la mayor densidad de erizos se encuentra en la zona del Talud de Barlovento (9.8±3.4 Ind/m<sup>2</sup>). En la zona de Planicie todos los individuos registrados pertenecen al género *Echinometra*. En la zona del Talud de Barlovento, el 98.7±2.3 % pertenece al género *Echinometra* y el otro 1.4±2.3 % al género *Diadema*.

### *Sustrato total*

En cuanto a la composición general del sustrato (Tabla 7), en la zona de Planicie la cobertura de Otros (48.7±11 %) es la más alta, desplazando a la comunidad de algas (45.5±6.8 %). En la zona del Talud de Barlovento, las algas continúan siendo el grupo dominante del sustrato (63.5±16.7 %).

**Tabla 5**  
**Cobertura relativa (%) de gremios algales, roca coralina, arenas y otros en el Arrecife Hornos**

<b>Planicie</b>							
	<b>Carnosas</b>	<b>Césped Algal</b>	<b>Calcáreas</b>	<b>Roca Coralina</b>	<b>Arena</b>	<b>Otros</b>	<b>Total</b>
<b>CGE</b>	9.7±17.4	31.6±21.4	9±7.6	7.6±13.4	33.2±24.5	10.3±13.5	100
<b>C09</b>	1.7±7.2	20.2±14.6	18.8±10.6	2.6±3.6	9.7±10.1	47±22.1	100
<b>P</b>	5.7±5.7	25.9±8.1	15.6±9.3	5.1±3.5	21.5±16.5	28.7±26	
<b>Talud de Barlovento</b>							
<b>CGE</b>	0.2±1	60.9±18.5	19±12.2	3.6±4.3	4±6.2	14.1±12.6	100
<b>C01</b>	0.2±1.7	10.3±11.1	22.1±11.3	34.6±18.8	19.3±13.5	14.7±8.4	100
<b>C02</b>	0±0	30.3±19	27.3 ±10	21±11.5	10.8±5.4	18±8.3	100
<b>C03</b>	0±0	59.9±17.8	15.2±12.7	11.8±11	3.3±4.6	10.6±6.9	100
<b>C04</b>	0.8 ±4	64.3±19.3	0 ±0.5	17.8±15.4	7.4±6.7	10.5±7.7	100
<b>C06</b>	10.7±15.2	36.2±25.2	36.5 ±23	0.2±1.1	0.1±0.6	16.6±13.9	100
<b>C07</b>	13.8±11	21.4±20.9	14.8±14.9	0.8±2.7	9.1±8.5	40±19.1	100
<b>C08</b>	8.4±11	13.6±14.9	37.4±22.6	16.6±16.3	7.8±7.6	16.1±12.2	100
<b>P</b>	4.3±5.7	37.1±22	21.5±12.3	13.3±11.8	7.7±5.8	17.6±9.5	

P= Promedio

**Tabla 6**  
**Densidad y abundancia de erizos ramoneadores del Arrecife Hornos , SA**  
**Planicie**

	<b>Erizos</b> <b>Ind/m<sup>2</sup></b>	<i>Echinometra</i>	<i>Diadema</i>
<b>CGE</b>	7.5±5.8	100	0
<b>C09</b>	5.5±4.5	100	0
<b>P</b>	6.5±1.4	100	0
<b>Talud de Barlovento</b>			
<b>CGE</b>	5.8±3.3	93	7
<b>C01</b>	13.6±5.7	99.8	0.2
<b>C02</b>	12.3±6.9	99.3	0.7
<b>C03</b>	8.5±4.5	99.7	0.3
<b>C04</b>	14.6±6	99.5	0.5
<b>C06</b>	8.2±6.5	99.2	0.8
<b>C07</b>	9.6±9.5	99	1
<b>C08</b>	5.7±3.3	99.7	0.3
<b>P</b>	9.8±3.4	98.7±2.3	1.4±2.3

P= Promedio

**Tabla 7**  
**Cobertura total (%) de corales, algas y otros del sustrato del Arrecife Hornos ,**  
**SAV**

<b>Planicie</b>			
	<b>Coral</b>	<b>Algas</b>	<b>Otros</b>
<b>CGE</b>	8.8	50.3	40.9
<b>C09</b>	2.9	40.7	56.4
<b>P</b>	5.9±4.2	45.5±6.8	48.7±11
<b>Talud de Barlovento</b>			
<b>CGE</b>	4.3	76.6	19
<b>C01</b>	2.7	31.6	65.6
<b>C02</b>	3.5	73.2	24.3
<b>C03</b>	2.5	73.2	24.3
<b>C04</b>	2.6	63.4	33.9
<b>C06</b>	2.8	81.6	16.1
<b>C07</b>	2.8	48.7	48.5
<b>C08</b>	2.3	59.3	38.4
<b>P</b>	2.9±0.7	63.5±16.7	33.8±16.7

P= Promedio

*Datos sobre el efecto potencial de la construcción de la Marina Veramar*

Con la finalidad de determinar si la construcción de la Marina Veramar tuvo un impacto negativo en las comunidades bióticas del Arrecife Hornos, SAV, se agruparon los datos en Períodos de tiempo, relacionados con la construcción de la Marina Veramar. El Período previo (2006-2009); el Período durante el cual se llevó a cabo la construcción (2010-2013); y el Período posterior a la construcción (2013-). Cada período se reconocerá por las siglas: Período Previo = PP; Período de Construcción = PC; Período Posterior = PD. Al PP corresponden las campañas de muestreo: CGE, C01. Al PC corresponden las campañas de muestreo: C02, C03, C04, C06 y C07. Y al PD corresponde la campaña de muestreo: C08 y C09 (Tabla 8).

**Tabla 8**  
**Datos, con relación a la construcción de la Marina Veramar**

<b>Planicie</b>					
	<b>Campaña</b>	<b>Tr</b>	<b>Col</b>	<b>FC</b>	<b>Re</b>
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	14	137	149	6
<b>PD</b>	<b>C09</b>	41	167	120	5
<b>Talud de Barlovento</b>					
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	22	93	152	4
	<b>C01</b>	12	50	146	4
<b>PC</b>	<b>C02</b>	35	127	120	1
	<b>C03</b>	22	82	120	1
	<b>C04</b>	33	119	120	7
	<b>C06</b>	28	76	120	4
	<b>C07</b>	38	122	120	6
<b>PD</b>	<b>C08</b>	21	71	120	3

PP = Período Previo. PC= Período de Construcción. PD = Período Posterior. Tr= Transectos. Col= Colonias. FC= Fotocuadrantes. Re= Reclutas.

En términos de abundancia (Tabla 9), en la zona de Planicie, tanto antes como después de la construcción de la marina, la especie más abundante es *S. radians* (77.1±2.3 %). Después de la construcción *S. intersepta* (5.5 %), la cual no había sido reportada antes, superó a *Pseudodiploria* sp. (1.2 %). En el Talud de Barlovento (Tabla 10), las especies más abundantes antes de la construcción son *M. cavernosa* (25.5±24.7 %)> *O. diffusa* (25.6±11.9 %)> *S. radians* (13.4±3.7 %). Durante la construcción, las más abundantes son *M. alcornis* (33.5±14.4 %)> *O. diffusa* (24.4±6.4 %)> *S. siderea* (16.3±13.5 %). Después de la construcción las más abundantes son *M. alcornis* junto con *O. diffusa* (23.9 %) > *S. siderea* (22.5 %).

**Tabla 9**  
**Abundancia relativa (%) de las especies registradas, con relación a la construcción de la Marina Veramar**

Especie	Planicie	CGE	C09	P
		PP	PC	
<i>Pseudodiploria</i> sp.		12.4	1.2	6.8±7.9
<i>Siderastrea radians</i>		78.8	75.5	77.1±2.3
<i>Siderastrea siderea</i>		8.8	17.8	13.3±6.4
<i>Stephanocoenia intersepta</i>		0	5.5	2.75±3.9

PP = Período Previo. PD = Período Posterior. P= Promedio

**Tabla 10**  
**Abundancia relativa (%) de las especies registradas, con relación a la construcción de la Marina Veramar**

Especie	Talud de Barlovento		PP			P			PC		P		PD
	CGE	C01	C02	C03	C04	C06	C07	C08	C08				
<i>Colpophyllia natans</i>	1.1		0.6±0.8	0.8		2.6	0.8	1.4±1					
<i>Pseudodiploria strigosa</i>		2	1±1.4		3.4	1.3		2.4±1.5					
<i>Manicina areolata</i>		2	1±1.4		0.8			0.2±0.4					
<i>Millepora alcicornis</i>		32	16±22.6	40.2	9.8	47.9	36.8	32.8	33.5±14.4			23.9	
<i>Montastraea cavernosa</i>	43	8	25.5±24.7	18.1	23.2	0.8	19.7	13.9	15.1±8.7			8.5	
<i>Orbicella faveolata</i>					1.2				0.2±0.5				
<i>Oculina diffusa</i>	17.2	34	25.6±11.9	23.6	31.7	29.4	15.8	21.3	24.4±6.4			23.9	
<i>Porites astroides</i>						0.8		2.5	1.7±1.2				
<i>Scolymia cubensis</i>								0.8	0.2±0.5				
<i>Siderastrea radians</i>	10.8	16	13.4±3.7	5.5		7.6	17.1		10.1±6.2			14.1	
<i>Siderastrea siderea</i>	14	6	10±5.7	11	32.9	8.4	1.3	27.9	16.3±13.5			22.5	
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	14		7±9.9	0.8	1.2	0.8	5.3		2±2.2			7	

PP = Período Previo. PC= Período de Construcción. PD = Período Posterior. P = Promedio.

### *Densidad coralina*

En la zona de Planicie (Tabla 11), antes de la construcción de la marina es más alta (0.9±0.6 Ind/m), que después (0.4±0.4 Ind/m). Mientras que en la zona del Talud de Barlovento, tanto antes como durante la construcción de la marina, éste parámetro se mantuvo (0.4±0 Ind/m y 0.4±0.1 Ind/m). Para después de la construcción comenzar a disminuir (0.3±0.2 Ind/m).

### *Densidad de reclutas*

Antes de la construcción de la marina (Tabla 11), en la zona de Planicie se registraron seis reclutas y después de la construcción cinco reclutas. En la zona del Talud de Barlovento

antes de la construcción de la marina se registraron ocho reclutas, 19 durante y tres después.

La densidad de reclutas (Tabla 11), después de la construcción de la marina en la zona de Planicie es mayor ( $0.7 \text{ Ind/m}^2$ ). Mientras que en la zona del Talud de Barlovento antes de la construcción de la marina ( $0.7 \pm 0.4 \text{ Ind/m}^2$ ), es mayor que durante la construcción ( $0.5 \pm 0.4 \text{ Ind/m}^2$ ), así como después de la construcción de la marina ( $0.4 \text{ Ind/m}^2$ ).

#### *Cobertura coralina*

La cobertura coralina (Tabla 11) en la zona de Planicie es mayor antes de la marina ( $8.8 \pm 9.4 \%$ ), que después ( $2.9 \pm 3.5 \%$ ). En el Talud de Barlovento, antes de la construcción es mayor ( $3.5 \pm 1.1 \%$ ), que durante ( $2.8 \pm 0.4 \%$ ) y después ( $2.3 \pm 1.3 \%$ ) de la marina.

#### *Talla*

La talla promedio (Tabla 11), antes de la marina en la zona de Planicie, es menor ( $10.6 \pm 10.8 \text{ cm}$ ), que después de la construcción ( $20.8 \pm 13.5 \text{ cm}$ ). En la zona del Talud de Barlovento las colonias presentaron tallas similares tanto antes ( $13.2 \pm 1.8 \text{ cm}$ ), como durante ( $13.5 \pm 2.7 \text{ cm}$ ) la construcción, mientras que después de la marina la talla promedio disminuyó ( $9.2 \pm 5.6 \text{ cm}$ ).

#### *Mortalidad Parcial*

Las colonias afectadas por mortalidad parcial (Tabla 11), en la zona de Planicie son más antes de la marina ( $35 \%$ ). En la zona del Talud de Barlovento la mortalidad parcial, es mayor antes de la marina ( $39.1 \pm 12.7 \%$ ), que durante ( $22.7 \pm 10 \%$ ) y después ( $12.7 \%$ ).

El tejido afectado por mortalidad parcial (Tabla 11), en la zona de Planicie es mayor antes de la marina ( $22.7 \pm 22.4 \%$ ). Igualmente en el Talud de Barlovento es mayor antes de la marina ( $23.9 \pm 1.8 \%$ ) que durante ( $18.5 \pm 5.4 \%$ ) y después ( $17.2 \pm 18 \%$ ).

#### *Enfermedades*

En la zona de Planicie (Tabla 11), éste parámetro es mayor ( $10.9 \%$ ), antes de la construcción de la marina. En el Talud de Barlovento es mayor antes ( $3.2 \pm 1.6 \%$ ), que durante ( $1 \pm 1.5 \%$ ) y después ( $0 \%$ ) de la marina.

#### *Blanqueamiento*

Las colonias afectadas por éste fenómeno (Tabla 11) en la zona de Planicie, es mayor ( $4.4 \%$ ) antes de la marina. Mientras que en el Talud de Barlovento es mayor antes ( $7.9 \pm 6 \%$ ) de la marina, que durante ( $3.2 \pm 1.5 \%$ ) y después ( $1.4 \%$ ).

#### *Diversidad ecológica*

El Índice de Shannon-Weaver en la zona de Planicie (Tabla 11) indicó que la diversidad, la diversidad máxima son mayores después de la marina ( $H' 1.2 \text{ Bits/Ind}$ ,  $H_{\text{max}} 1.6 \text{ Bits/Ind}$ ), así como la equitatividad ( $0.7$ ). Igualmente en el Talud de Barlovento indicó que la

diversidad, la diversidad máxima son mayores antes de la construcción de la marina ( $H' 1.6 \pm 0.1$  Bits/Ind,  $H_{\max} 1.9 \pm 0.1$  Bits/Ind y  $E 0.8 \pm 0$ ).

#### *Estructura de la comunidad algal*

En la zona de Planicie la cobertura de los gremios algales (Tabla 12) cambió antes y después de la marina. Antes de la marina el césped algal tenía la mayor cobertura ( $31.6 \pm 21.4$  %) > carnosas ( $9.7 \pm 17.4$  %) > calcáreas ( $9 \pm 7.6$  %). Después de la marina el césped algal disminuyó su cobertura ( $20.2 \pm 14.6$  %) > calcáreas ( $18.8 \pm 10.6$  %) > carnosas ( $1.7 \pm 7.2$  %). En el Talud de Barlovento, antes de la construcción de la marina el grupo con mayor cobertura es el césped algal ( $35.6 \pm 35.8$  %) > calcáreas ( $20.6 \pm 2.2$  %) > carnosas ( $0.2 \pm 0$  %). Mientras que durante la construcción de la marina el grupo con mayor cobertura es el césped algal ( $42.4 \pm 18.8$  %) > calcáreas ( $18.8 \pm 13.9$  %) > carnosas ( $5.1 \pm 6.7$  %). Después de la construcción de la marina las algas calcáreas son el grupo que tiene mayor cobertura ( $37.4 \pm 22.6$  %) > césped algal ( $13.6 \pm 14.9$  %) > carnosas ( $8.4 \pm 11$  %). En Planicie la cobertura de roca coralina fue mayor antes de la construcción de la marina ( $7.6 \pm 13.4$  %), igual que la de arenas ( $33.2 \pm 24.5$  %), mientras que la cobertura de otros fue mayor después de la construcción ( $47 \pm 22.1$  %). En el Talud de Barlovento la cobertura de roca coralina fue mayor antes de la marina ( $19.1 \pm 21.9$  %), igual que la de arenas ( $11.7 \pm 10.8$  %); mientras que la de otros fue mayor durante la construcción de la marina ( $19.1 \pm 12.1$  %).

#### *Comunidad de erizos ramoneadores*

La Tabla 13 muestra la densidad de erizos. En la zona de Planicie, la densidad es mayor antes de la marina ( $7.5 \pm 5.8$  Ind/m<sup>2</sup>). En Talud de Barlovento la densidad es mayor durante la construcción de la marina ( $10.6 \pm 2.7$  Ind/m<sup>2</sup>), que antes ( $9.7 \pm 5.5$  Ind/m<sup>2</sup>) y después ( $5.7 \pm 3.3$  Ind/m<sup>2</sup>). En cuanto al género al que pertenecen los individuos registrados, la incidencia en la zona del Talud de Barlovento del género *Echinometra* fue mayor después (99.7 %) de la construcción, que durante ( $99.3 \pm 0.3$  %) y antes ( $96.4 \pm 4.8$  %). En la zona de Planicie todos los individuos registrados son del género *Diadema*.

#### *Sustrato total*

La Tabla 14 resume los datos de sustrato total, en la zona de Planicie antes de la marina, el grupo que cubría mayor área son las algas (50.3 %), sin embargo, después de la construcción de la marina el grupo de otros (56.4 %), es quien tiene mayor cobertura. En el Talud de Barlovento antes de la construcción de la marina, las algas son el grupo con mayor cobertura ( $54.1 \pm 31.8$  %), durante la construcción la cobertura de éste grupo siguió siendo mayor y además aumentó ( $68 \pm 12.6$  %). Aunque después de la construcción de la marina disminuyó su cobertura (59.3 %), las algas siguen siendo el grupo con mayor cobertura.

**Tabla 11**  
**Parámetros ecológicos de la comunidad de corales, con relación a la construcción de la Marina Veramar**

		Planicie										
		DC	DR	Cob	Talla	MP	T-PM	Enf	Bla	H'	H <sub>max</sub>	E
		Ind/ m	Ind/ m <sup>2</sup>	%	cm	%	%	%	%	Bits/I nd		
PP	CGE	0.9±0.6	0.6	8.8±9.4	10.6±10.8	35	22.7±22.4	10.9	4.4	0.6	1.1	0.6
PD	C09	0.4±0.4	0.7	2.9±3.5	20.8±13.5	17.2	21.8±13.8	3.7	0.6	1.2	1.6	0.7
		Talud de Barlovento										
PP	CGE	0.4±0.2	0.9	4.3±2.7	14.5±12.2	30.1	25.2±24	4.3	11.8	1.5	1.8	0.8
	C01	0.4±0.2	0.4	2.7±1.4	11.9±7.3	48	22.6±19	2	4	1.6	1.9	0.8
	P	0.4±0	0.7±0.4	3.5±1.1	13.2±1.8	39.1±12.7	23.9±1.8	3.2±1.6	7.9±6	1.6±0.1	1.9±0.1	0.8±0
	C02	0.4±0.2	0.1	3.5±2.5	13.6±9.8	32.2	15.9±13	0	4.7	1.5	1.9	0.8
	C03	0.4±0.1	0.1	2.5±1.8	9.6±7.7	32.5	18.9±18	0	3.6	1.4	1.8	0.8
PC	C04	0.4±0.1	0.9	2.6±1.8	13.4±10	21	24.2±15	3.4	0.8	1.4	2.2	0.6
	C06	0.3±0.2	0.5	2.8±2.7	17.1±12.8	7.9	10.8±4.9	0	2.6	1.6	2.1	0.8
	C07	0.3±0.2	0.8	2.8±1.9	14±10.9	19.7	22.7±21	1.6	4.1	1.5	1.9	0.8
	P	0.4±0.1	0.5±0.4	2.8±0.4	13.5±2.7	22.7±10	18.5±5.4	1±1.5	3.2±1.5	1.5±0.1	2±0.2	0.8±0.1
PD	C08	0.3±0.2	0.4	2.3±1.3	9.2±5.6	12.7	17.2±18	0	1.4	1.7	1.8	0.9

PP = Período Previo. PC = Período de Construcción. PD = Período Posterior. P = Promedio. DC = Densidad Coralina. DR = Densidad de Reclutas. Cob = Cobertura Coralina. MP = Mortalidad Parcial. T-MP = Tejido afectado por Mortalidad Parcial. Enf = Enfermedades. Bla = Blanqueamiento. H' = Índice de diversidad de Shannon-Weaver. H<sub>max</sub> = Diversidad máxima, E = Índice de Equitatividad.

**Tabla 12**  
**Cobertura relativa (%) de gremios algales, roca coralina, arenas y otros con relación a la construcción de la Marina Veramar**

		Planicie						
		Carnosas	Césped Algal	Calcáreas	Roca Coralina	Arena	Otros	Total
PP	CGE	9.7±17.4	31.6±21.4	9±7.6	7.6±13.4	33.2±24.5	10.3±13.5	100
PD	C09	1.7±7.2	20.2±14.6	18.8±10.6	2.6±3.6	9.7±10.1	47±22.1	100
		Talud de Barlovento						
PP	CGE	0.2±1	60.9±18.5	19±12.2	3.6±4.3	4±6.2	14.1±12.6	100
	C01	0.2±1.7	10.3±11.1	22.1±11.3	34.6±18.8	19.3±13.5	14.7±8.4	100
	P	0.2±0	35.6±35.8	20.6±2.2	19.1±21.9	11.7±10.8	14.4±0.4	
	C02	0±0	30.3±19	27.3 ±10	21±11.5	10.8±5.4	18±8.3	100
	C03	0±0	59.9±17.8	15.2±12.7	11.8±11	3.3±4.6	10.6±6.9	100
PC	C04	0.8 ±4	64.3±19.3	0 ±0.5	17.8±15.4	7.4±6.7	10.5±7.7	100
	C06	10.7±15.2	36.2±25.2	36.5 ±23	0.2±1.1	0.1±0.6	16.6±13.9	100
	C07	13.8±11	21.4±20.9	14.8±14.9	0.8±2.7	9.1±8.5	40±19.1	100
	P	5.1±6.7	42.4±18.8	18.8±13.9	10.3±9.6	6.1±4.4	19.1±12.1	
PD	C08	8.4±11	13.6±14.9	37.4±22.6	16.6±16.3	7.8±7.6	16.1±12.2	

PP = Período Previo. PC = Período de Construcción. PD = Período Posterior. P = Promedio.



**Tabla 13**  
**Densidad y abundancia de erizos ramoneadores, con relación**  
**a la construcción de la Marina Veramar**

<b>Planicie</b>				
	<b>Campaña</b>	<b>Erizos Ind/m<sup>2</sup></b>	<b><i>Echinometra</i></b>	<b><i>Diadema</i></b>
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	<b>7.5±5.8</b>	100	0
<b>PD</b>	<b>C09</b>	5.5±4.5	100	0
<b>Talud de Barlovento</b>				
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	5.8±3.3	93	7
	<b>C01</b>	13.6±5.7	99.8	0.2
<b>P</b>		<b>9.7±5.5</b>	<b>96.4±4.8</b>	<b>3.6±4.8</b>
<b>PC</b>	<b>C02</b>	12.3±6.9	99.3	0.7
	<b>C03</b>	8.5±4.5	99.7	0.3
	<b>C04</b>	14.6±6	99.5	0.5
	<b>C06</b>	8.2±6.5	99.2	0.8
	<b>C07</b>	9.6±9.5	99	1
<b>P</b>		<b>10.6±2.7</b>	<b>99.3±0.3</b>	<b>0.7±0.3</b>
<b>PD</b>	<b>C08</b>	<b>5.7±3.3</b>	<b>99.7</b>	<b>0.3</b>

PP = Período Previo. PC = Período de Construcción. PD = Período Posterior. P = Promedio.

**Tabla 14**  
**Cobertura total (%) de corales, algas y otros del**  
**sustrato, con relación a la construcción de la Marina**  
**Veramar**

<b>Planicie</b>				
		<b>Coral</b>	<b>Algas</b>	<b>Otros</b>
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	<b>8.8</b>	<b>50.3</b>	40.9
<b>PD</b>	<b>C09</b>	2.9	40.7	<b>56.4</b>
<b>Talud de Barlovento</b>				
<b>PP</b>	<b>CGE</b>	4.3	76.6	19
	<b>C01</b>	2.7	31.6	65.6
<b>P</b>		<b>3.5±1.1</b>	<b>54.1±31.8</b>	<b>42.3±33</b>
	<b>C02</b>	3.5	73.2	24.3
	<b>C03</b>	2.5	73.2	24.3
<b>PC</b>	<b>C04</b>	2.6	63.4	33.9
	<b>C06</b>	2.8	81.6	16.1
	<b>C07</b>	2.8	48.7	48.5
<b>P</b>		<b>2.8±0.4</b>	<b>68±12.6</b>	<b>29.4±12.4</b>
<b>PD</b>	<b>C08</b>	<b>2.3</b>	<b>59.3</b>	<b>38.4</b>

PP = Período Previo. PC = Período de Construcción. PD = Período Posterior. P = Promedio.

## DISCUSIÓN

### *Planicie*

Uno de los principales problemas que conllevan las construcciones cercanas a la línea de costa, es el aumento de sólidos en suspensión, sedimentación y turbidez del agua. Éstas condiciones ocasionan fuertes impactos en las comunidades arrecifales (Rogers 1990, Ochoa et al. 1998, Fabricius 2005, Horta-Puga 2010). En el caso de la diversidad, debido a los frecuentes impactos que ha recibido el arrecife, la composición de especies actuales lo ubican con la diversidad más baja del SAV (Horta-Puga y Tello Musi 2009), con sólo cuatro especies. Por lo que se refiere a la abundancia relativa (Figura 25), durante el período posterior a la construcción de la Marina Veramar, se registró *S. intersepta*, lo que disparó los valores de diversidad y diversidad máxima ( $H' 1.2$  Bits/Ind y  $H_{\max} 1.6$  Bits/Ind). Sin embargo, la abundancia de *S. radians* no se vio afectada. Así, en términos generales, no se presentó un cambio importante en la estructura de la comunidad. Mientras que el género *Siderastrea*, debe su éxito en el arrecife a la capacidad de remover sedimentos y resistir el estrés por sedimentación (Hidalgo et al. 2011), así como a su alta capacidad de reproducción (Soong y Lang 1992, Soong 1993).

Las afectaciones ocasionadas al arrecife por la construcción de la Marina Veramar, se evidencian directamente en la cobertura, densidad y talla de los corales en la zona (Figura 26 A, B y C), cuyos valores promedio en las etapas previa y posterior son significativamente diferentes. La cobertura y densidad disminuyeron un 68 % y 56 % respectivamente, y la talla aumentó un 95 % (Figura 31). Éste último valor podría estar sobrestimado debido a la presencia de colonias muy grandes de *Pseudodiploria* sp. Sin embargo, la comunidad coralina está mayormente compuesta por *S. radians*, la cual antes de la construcción de la marina tenía una talla promedio de  $6.7 \pm 4.5$  cm y después de la construcción de la marina su talla promedio es de  $9.3 \pm 4.2$  cm, lo que nos hace suponer que éstos cambio se deben a la generación de sedimentos en suspensión durante la construcción de la Marina Veramar; y que estos sedimentos cubrieron la superficie de los corales, afectando funciones vitales, como la fotosíntesis y respiración (Telesnicki y Goldberg 1995) de las colonias, estas condiciones pudieron ocasionar la muerte de las colonias pequeñas; lo que se vio reflejado en que, posiblemente, sólo sobrevivieron los corales de tallas grandes. Los corales grandes, al representar una mayor superficie, más la habilidad de remover sedimentos, ayudaron a que sobrellevaran las condiciones generadas por la marina. El tamaño también es necesario para superar enfermedades (García et al. 2003, Charpentier 2014). Por lo que la disminución en la mortalidad parcial, enfermedades y blanqueamiento (Figura 27 A, C y D), se debe a que las colonias que sobrevivieron son más resistentes y por lo tanto se enferman menos, dando paso a lo que pareciera una comunidad más saludable.

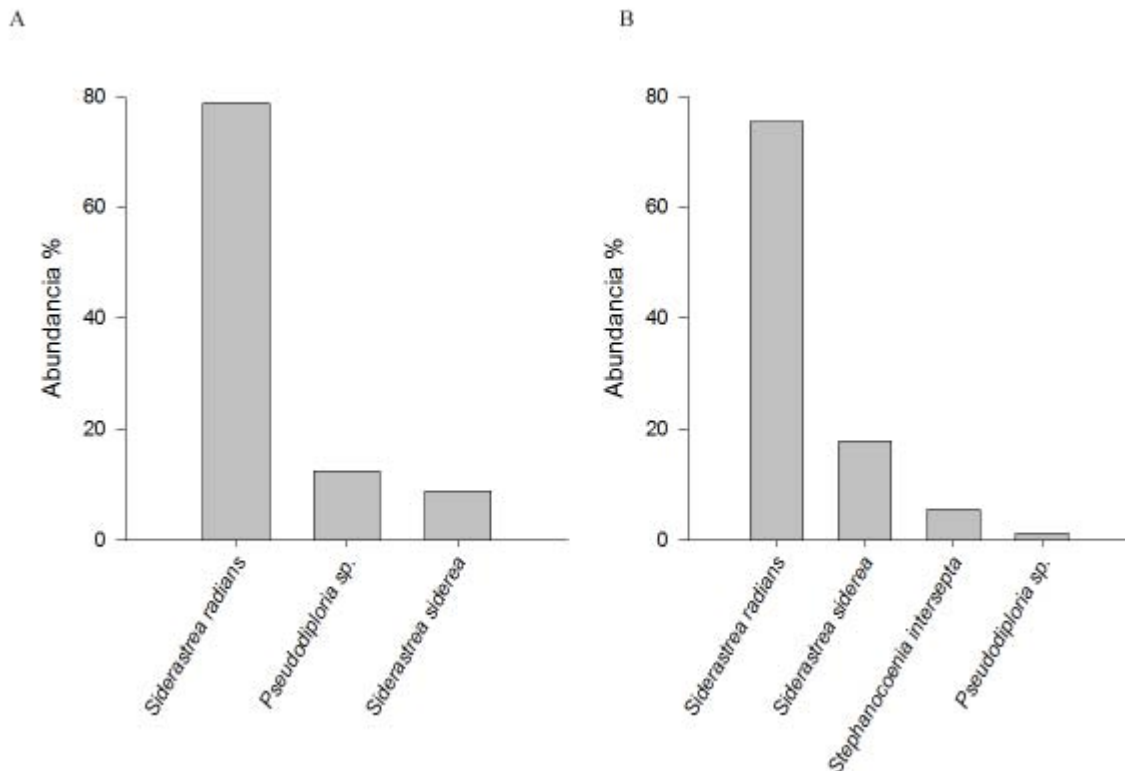
La densidad de reclutas es un factor muy variable, que por sí sólo no puede darnos una explicación de lo que está sucediendo en el reclutamiento. A pesar de esto, las colonias registradas, son iguales a las especies adultas, lo que sugiere que las condiciones en el arrecife complican la supervivencia de otras especies de coral (Vidal et al. 2005).

Los corales, no pueden formar un arrecife por ellos mismos; las algas contribuyen enormemente a la productividad y crecimiento del arrecife. Así, al ser las principales competidoras por sustrato de los corales, si se dan las condiciones adecuadas (p. ej. concentraciones elevadas de nutrientes y/o tasa bajas de herbivoría), llegan a desplazarlos rápidamente (Herrera-López et al. 2004). Los tres principales gremios algales (Figura 28 A, B y C), presentaron cambios significativos, en el período posterior a la construcción de la marina. Las algas carnosas disminuyeron su cobertura en un 82 % (Figura 31). Debido a que la descarga de nutrientes provenientes del continente llega a favorecer a este grupo, y a que en Hornos hay vertimientos directos, se esperaría que su cobertura aumentara (Littler y Litter 1984, Polanía 2010). Sin embargo; no fue así, por lo que suponemos que eventualmente se agotaron los nutrientes generados por la marina, y debido a que es un grupo vulnerable al daño mecánico su cobertura disminuyó, dando paso a que otro grupo ocupara el sustrato disponible. Las algas calcáreas, aumentaron su cobertura en un 100% (Figura 31), éste gremio contribuye enormemente a la biomasa del arrecife (Littler y Littler 1984), y son exitosas en zonas de alta energía (Glynn y Leyte 1997, Guardia 2006, Lehman 2010). Sin embargo; llegan a ser susceptibles a la sedimentación (Fabricius 2005). Este comportamiento no se observó en Hornos, lo que se puede deber a que las algas tienen un ciclo de vida corto, por lo que para poder determinar que este grupo no se vio afectado por la sedimentación, se debieron de haber obtenido datos específicos del gremio durante la fase de mayor intensidad en las obras (2010); sin embargo, al aumentar el espacio disponible por la mortandad de otros componentes bióticos de la comunidad arrecifal, las algas calcáreas incrementaron su cobertura. El césped algal, disminuyó su cobertura un 38 % (Figura 31), a pesar de que aún es el grupo con mayor cobertura se sabe que es un grupo resistente a la sedimentación, por lo que logró sobrellevar las circunstancias. Sin embargo; no es resistente al daño mecánico, ya que son poco exitosas en zonas de alta energía (Purcell 2000, Fabricius et al. 2005), la disminución se puede deber al daño ocasionado por las acciones de dragado durante las obras. Así, la construcción la marina generó un cambio en la composición de gremios algales, de tal manera que lo que se está observando actualmente puede ser la respuesta de éste grupo a largo plazo.

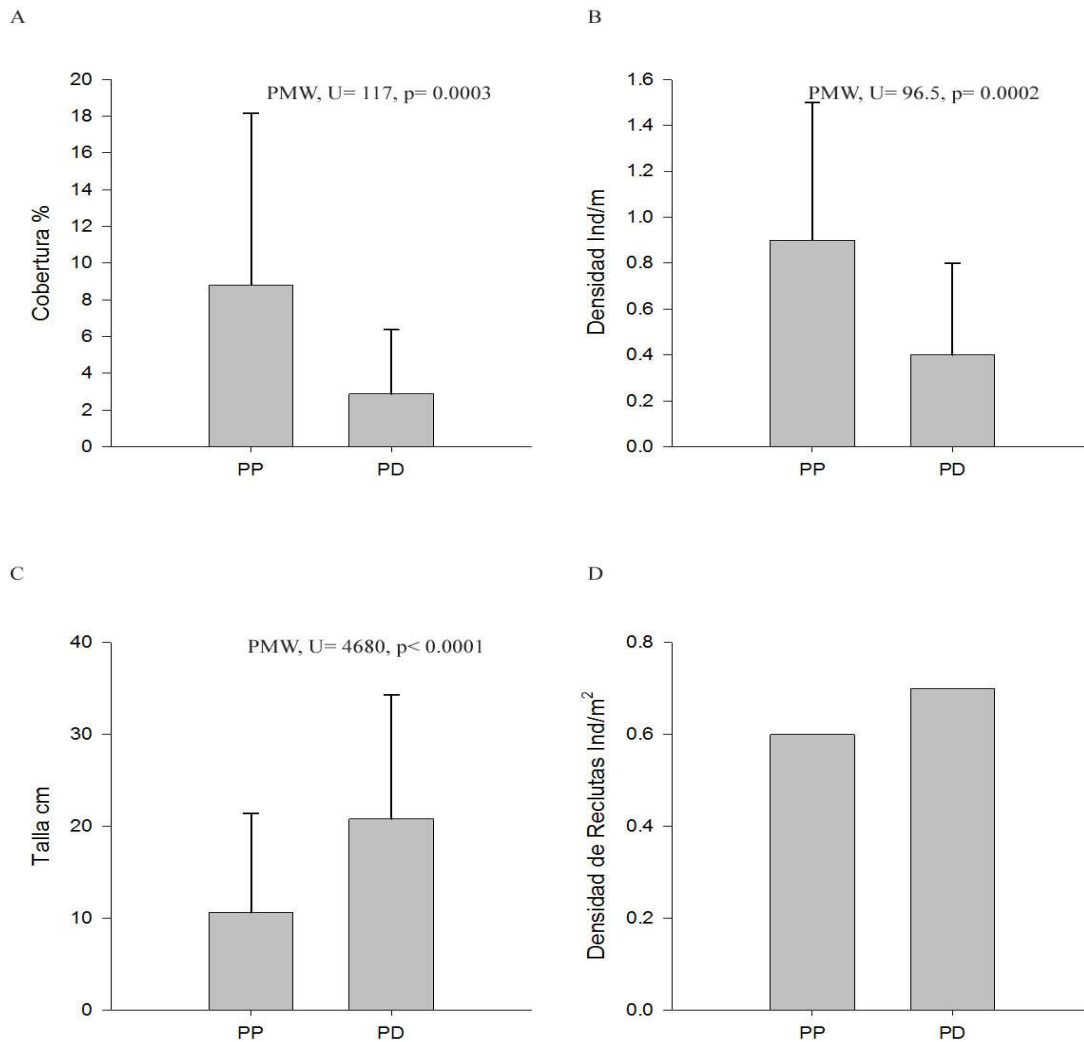
Este último gremio (césped algal) se encuentra ligado a la abundancia de erizos ramoneadores (Van Steveninck y Back 1986). Y a pesar de que Hornos presenta la más alta densidad de erizos del SAV (Horta-Puga y Tello Musi 2009), la cobertura de césped algal indicó que el ramoneo no es eficaz para la salud del arrecife, esto se debe a que todos los individuos pertenecen al género *Echinometra*. El cual no es tan eficiente como *Diadema*, que desde el evento de mortalidad masiva (Lessions et al. 1984), ocasionó que la eficiencia en el ramoneo disminuyera, ya que un individuo de éste género es capaz de recorrer mayor distancia (Herrera-López et al. 2004). Los erizos (Figura 28 D), disminuyeron su densidad en un 27 % (Figura 31); sin embargo, las diferencias no son significativas. Por lo que la composición de erizos no se vio afectada por la construcción de la Marina Veramar, debido a que son organismos móviles capaces de desplazarse según las condiciones.

En términos generales los organismos bentónicos sésiles, entre ellos los corales y las algas, compiten por sustrato (Figura 29 A y B); debido a que representa oportunidades de crecimiento, alimentación, etc. En el período previo a la construcción, el grupo que cubría mayor parte del sustrato eran las algas. Sin embargo; en el período posterior el grupo que

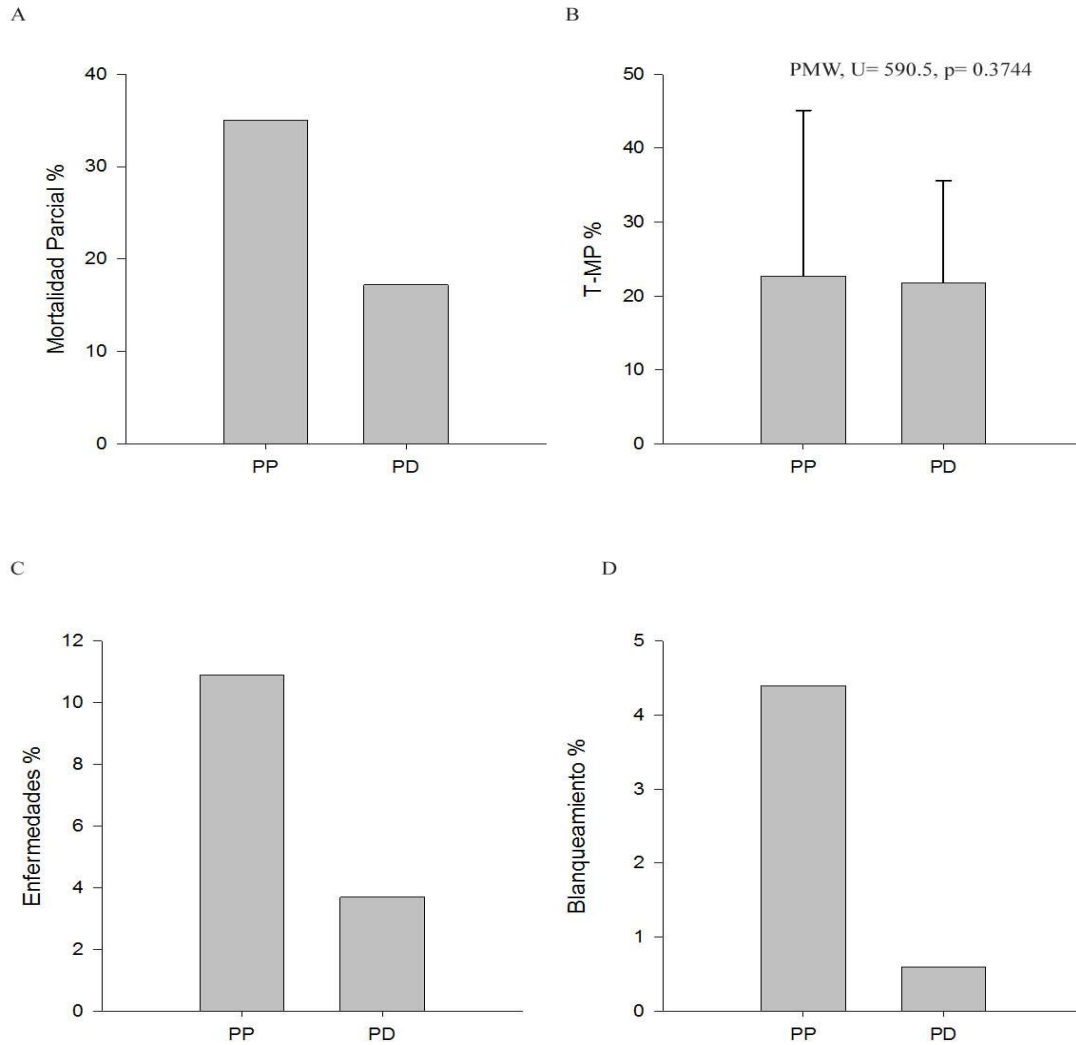
cubre mayor porcentaje de sustrato, son los catalogados como otros. El grupo de otros en el período previo fue mayormente compuesto por arenas, mientras que en el período posterior se conformó por otros invertebrados (Figura 30), en donde cabe resaltar la mayoría de estos otros son anémonas (Figura 32). Las anémonas, han sido catalogadas como organismos que predominan en arrecifes donde la abundancia de corales es baja, lo que genera una gran cantidad de grietas en donde las anémonas pueden desarrollarse bien e incluso llegar a ser dominantes por encima de los corales y las algas (Barrios et al. 2002, Tkachenko et al. 2007).



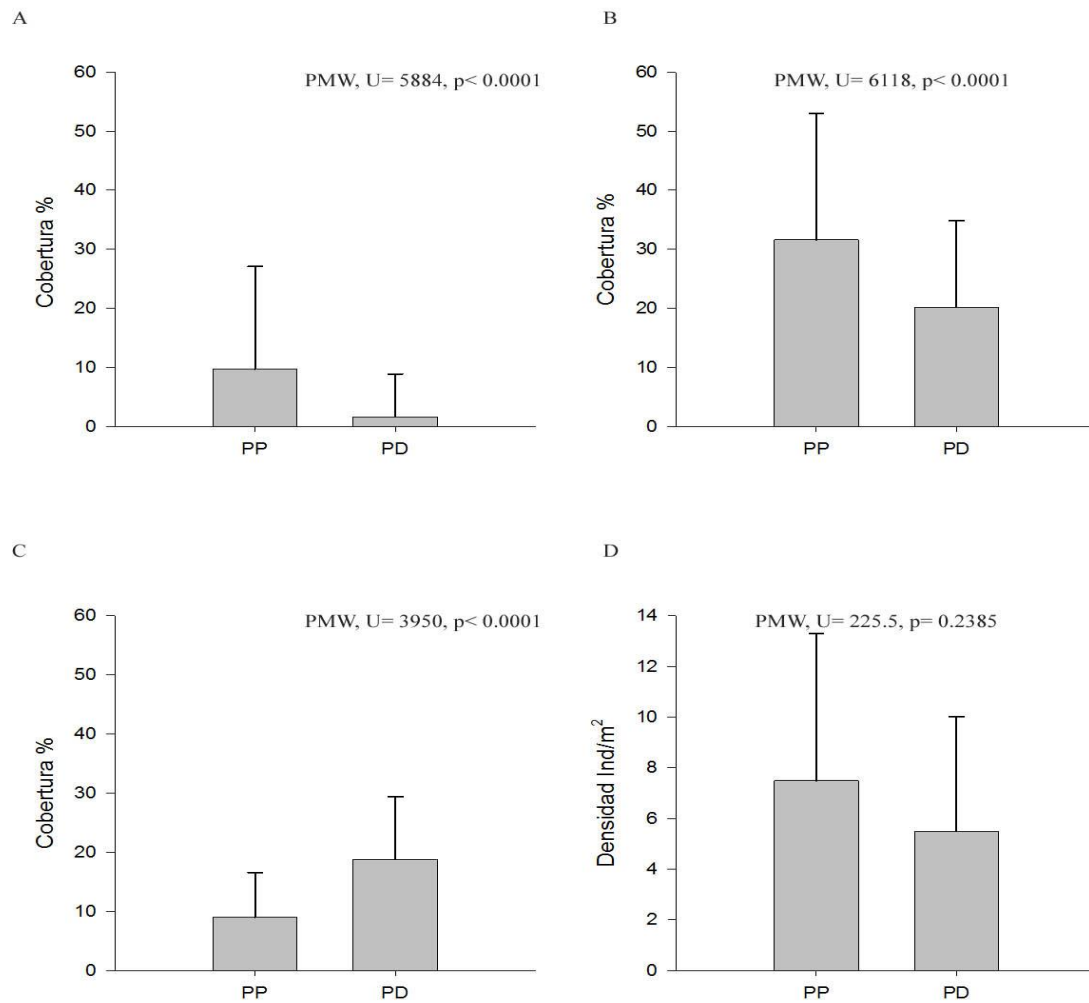
**Figura 25. Abundancia relativa de las especies registradas en Planicie. A: Abundancia Relativa en PP (n= 137 colonias). B: Abundancia Relativa en PD (n= 167 colonias).**



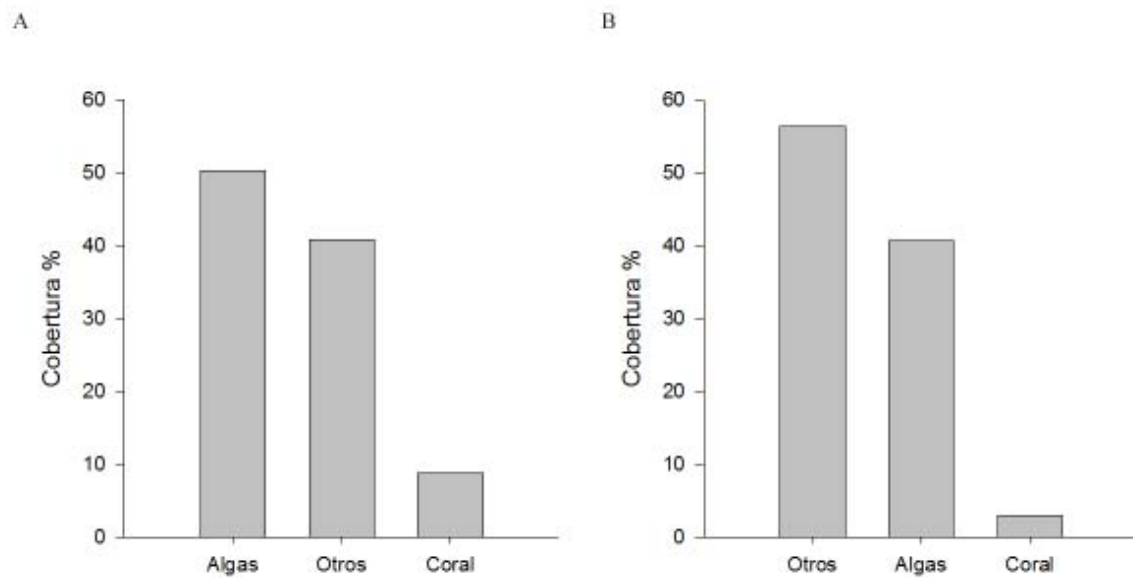
**Figura 26. Condición general de la comunidad de corales hermatípicos. A: Cobertura coralina. B: Densidad coralina. C: Talla promedio de las colonias (PP n= 137 colonias y PD n= 167 colonias). D: Densidad de reclutas (PP n= 149 fotocuadrantes y PD n= 120 fotocuadrantes). Valores de U y p, de la prueba de Mann-Whitney (PMW).**



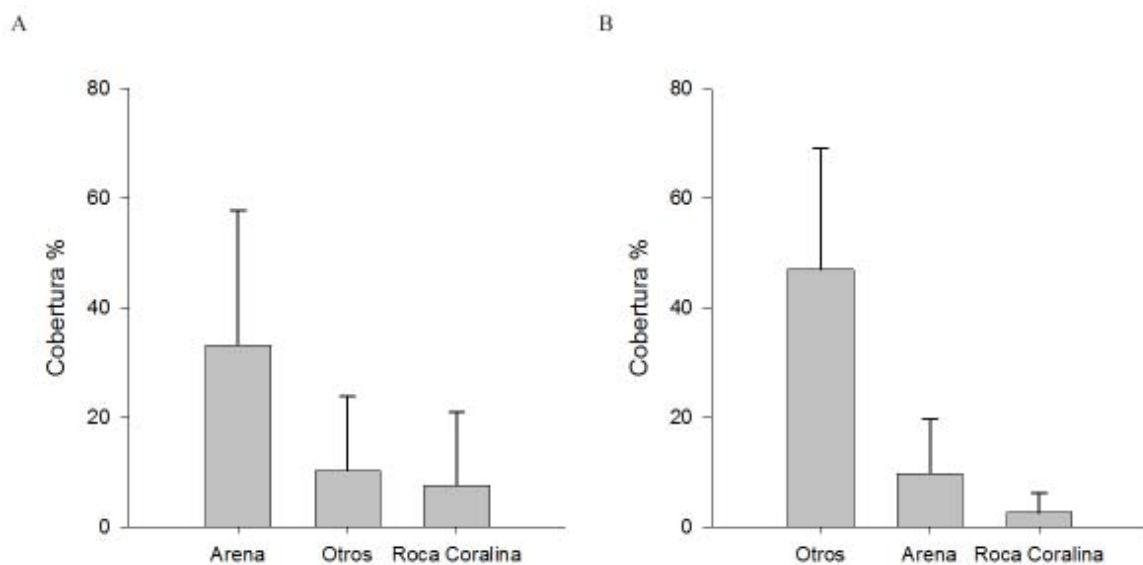
**Figura 27. Condiciones de salud de las colonias coralinas del Arrecife Hornos. A: Colonias afectadas por mortalidad parcial. B: Tejido afectado por mortalidad parcial (T-MP). C: Colonias afectadas por enfermedades y D: Colonias afectadas por el fenómeno de blanqueamiento (PP n= 137 colonias y PD n= 167 colonias). Valores de U y p, de la prueba de Mann-Whitney (PMW).**



**Figura 28. Cobertura de los gremios algales, y la densidad de erizos. A: Cobertura de algas carnosas. B: Cobertura del césped algal. C: Cobertura de algas calcáreas (PP n= 149 fotocuadrantes y PD n= 120 fotocuadrantes). Y D: Densidad de erizos ramoneadores (PP n= 14 transectos y PD n= 41 transectos). Valores de U y p, de la prueba de Mann-Whitney (PMW).**

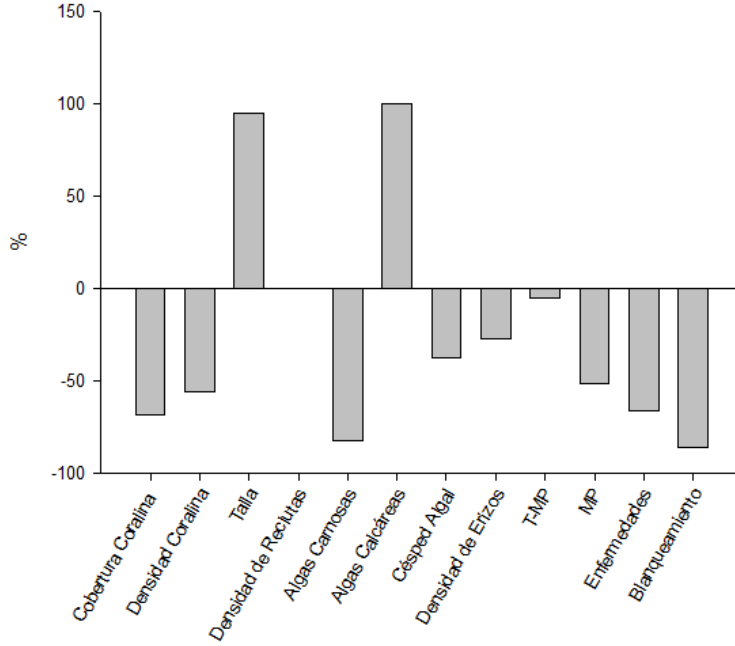


**Figura 29. Porcentaje de sustrato ocupado por corales, algas y otros. A: Cobertura de sustrato en PP (n= 137 colonias, 149 fotocuadrantes). B: Cobertura de sustrato en PD (n= 167 colonias, 120 fotocuadrantes).**

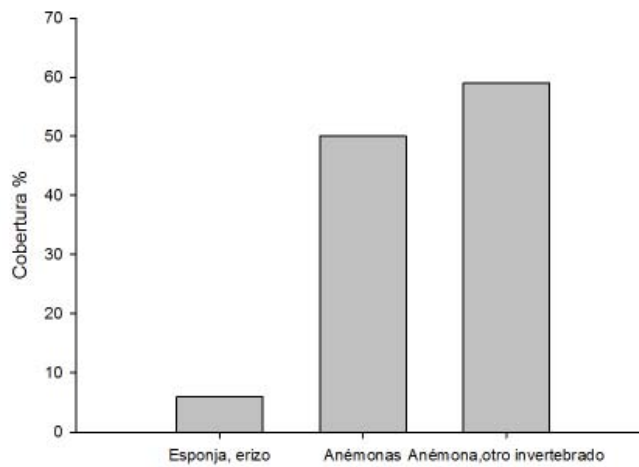


**Figura 30. Cobertura relativa de roca coralina, arenas y otros invertebrados sésiles del Arrecife Hornos. A: Cobertura de sustrato en PP (n= 149 fotocuadrantes). B: Cobertura de sustrato en PD (n= 120 fotocuadrantes).**





**Figura 31. Porcentaje de cambio de la comunidad coralina, algal y de erizos ramoneadores, con respecto al valor inicial PP. T-MP: Tejido afectado por mortalidad parcial. MP: Mortalidad parcial.**



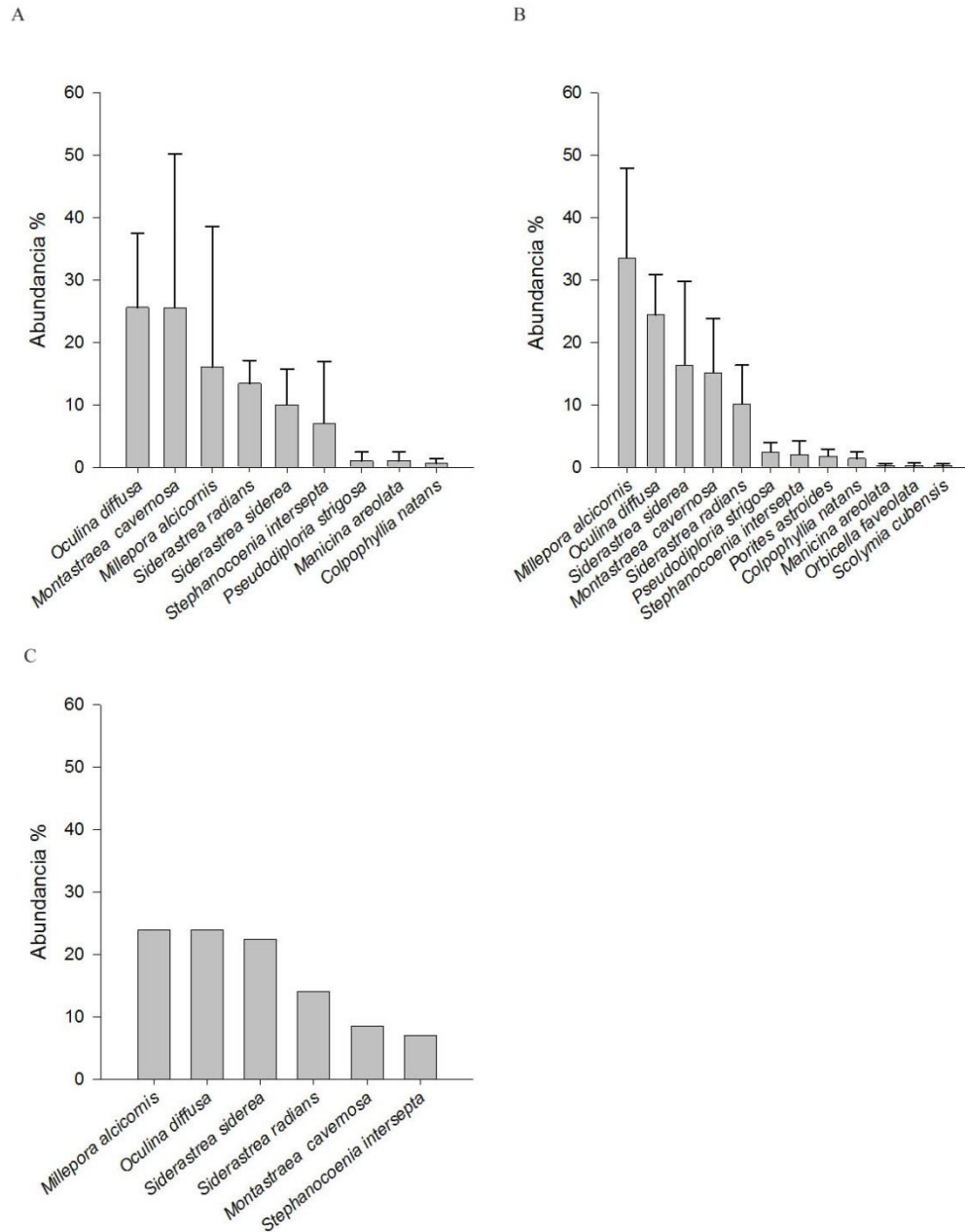
**Figura 32. Organismos bentónicos pertenecientes a la clasificación de Otros invertebrados del Arrecife Hornos, en el período posterior a la construcción de la marina.**

## *Talud de Barlovento*

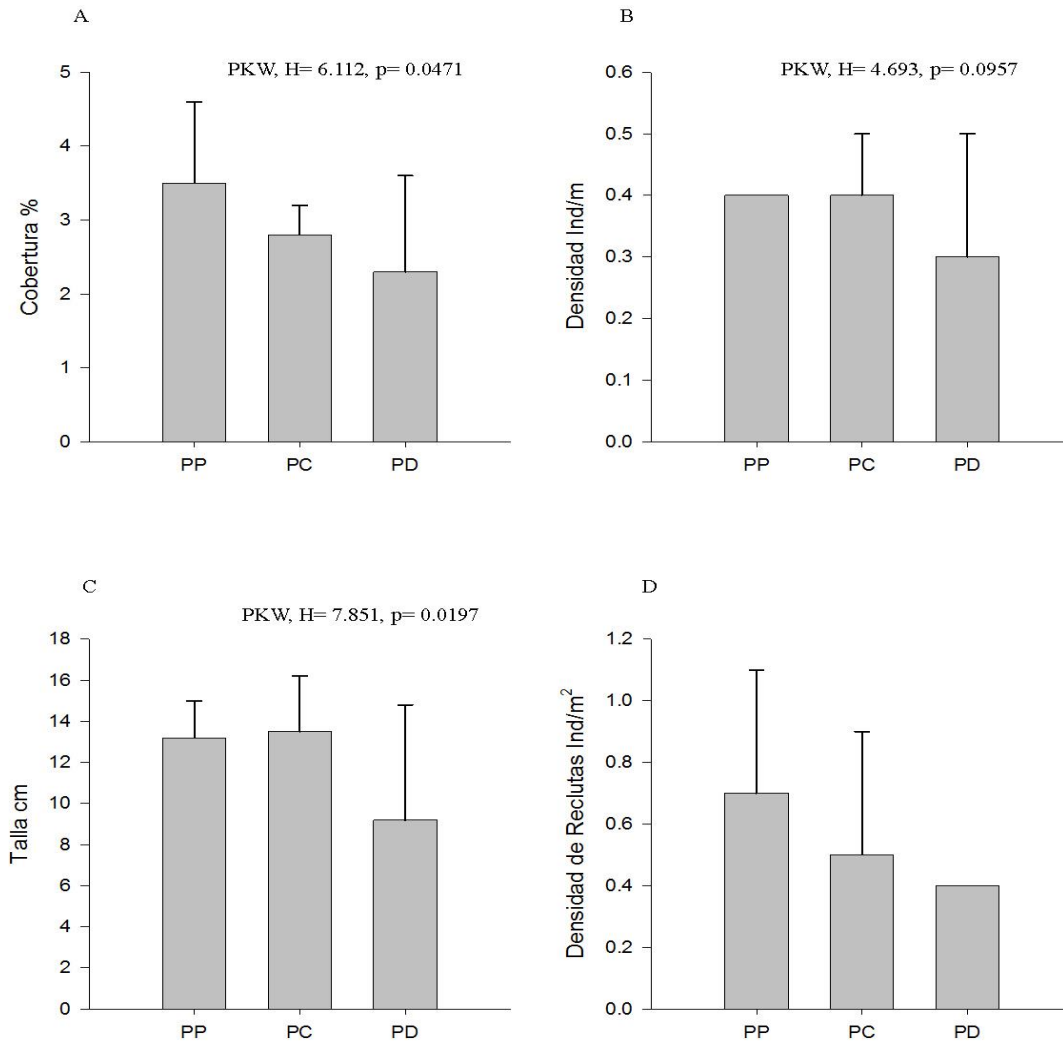
En el Talud de Barlovento, en especial la zona donde se muestreó, se encuentra relativamente lejana a la construcción de la Marina Veramar, separada, y quizás protegida del impacto ambiental, por la Cresta Arrecifal. Así, los cambios observados en la comunidad arrecifal no son tan marcados como en el caso de la zona de Planicie. En términos generales no hubo un cambio significativo en la estructura de la comunidad de corales hermatípicos, siendo *Millepora alcicornis*, *Oculina diffusa* y *Montastraea cavernosa*, las especies dominantes en prácticamente todos los periodos (Figura 33). La especie más abundante y con mayor cobertura es *M. alcicornis*, es una especie adaptada a arrecifes someros debido a que su morfología, la hace resistente al oleaje y la sedimentación (Lewis 1989). La abundancia de *M. alcicornis* fue igualada por *O. diffusa* en el período posterior a la construcción de la Marina Veramar, esto se debe al éxito que tiene las colonias con una morfología ramificada a la sedimentación (Purcell 2000). Mientras que *M. cavernosa*, es una de las especies formadoras de arrecifes más importantes, dentro de las características que la convierten en una especie exitosa se encuentra su capacidad de manejar sedimentos (Wesseling et al. 1999, Horta-Puga y Carriquiry 2008), así como su capacidad de competir por sustrato (Ferriz-Domínguez y Horta-Puga 2001). *Siderastrea siderea*, debe su éxito a su alto potencial reproductivo (Ferriz-Domínguez y Horta-Puga 2001), ya que después de las especies mencionadas, es una de las más abundantes.

En términos generales, se observó una tendencia importante de disminución de la cobertura, la densidad y talla coralina (Figura 34 A, B y C), aunque las diferencias entre periodos sólo son significativas para la cobertura y talla (Figura 34 A, B y C). Esto podría significar que los corales de tallas grandes no sobrevivieron, afectando a la comunidad coralina y explicando los cambios observados. Sin embargo, no se puede atribuir a la construcción de la marina este cambio, ya que podría estar enmascarado por la dinámica natural de las comunidades biológicas. La incidencia de colonias enfermas, blanqueadas y/o afectadas por mortalidad parcial (Figura 35 A, C y D), en el período posterior a la construcción fueron más bajas. Esto sugiere que las actividades de construcción de la marina no tuvieron un efecto sobre estos parámetros ecológicos, y los cambios observados sólo fueron un reflejo de la dinámica natural de la comunidad.

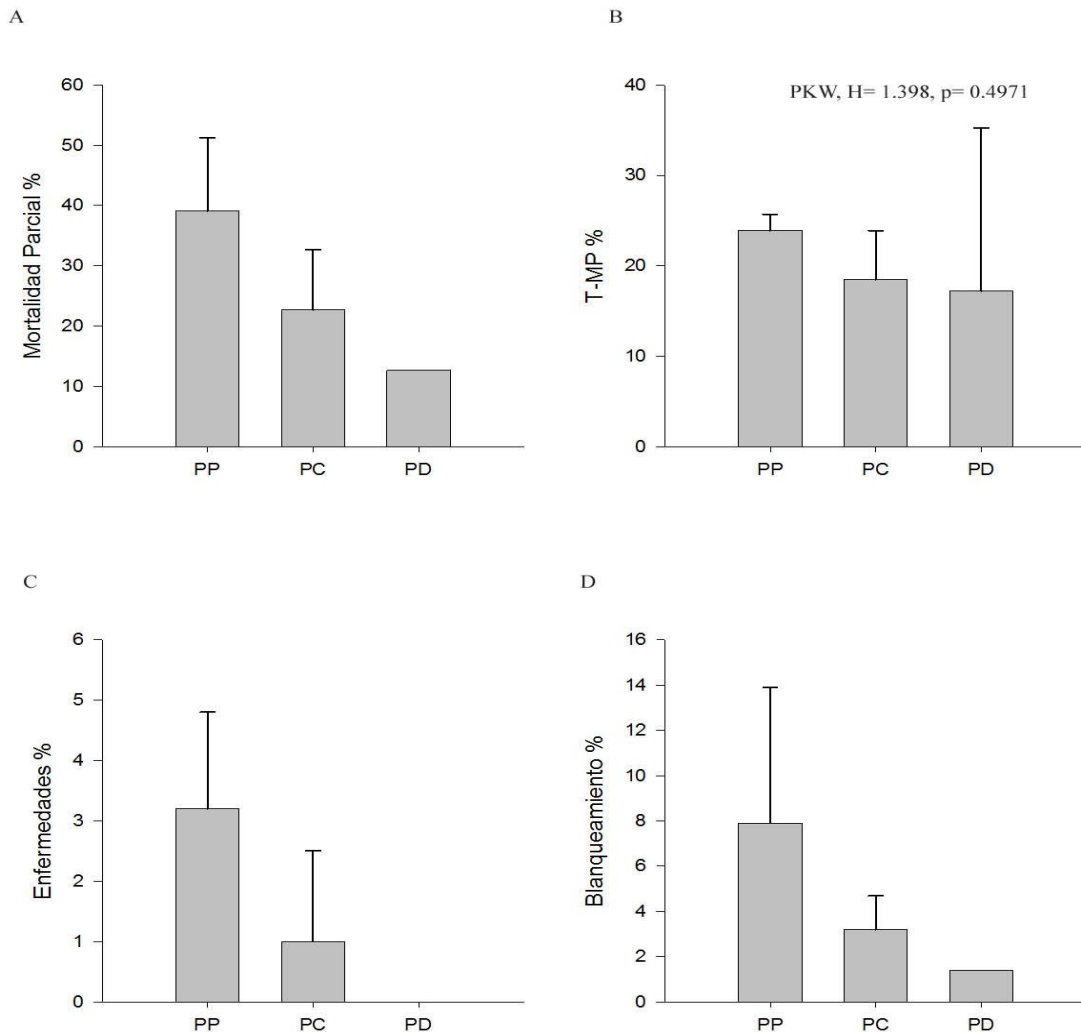
La comunidad algal presentó cambios importantes (Figura 36). La cobertura de las algas calcáreas y de algas carnosas (Figura 36 A y C) aumentó significativamente, lo que sugiere un impacto importante derivado de un posible aumento de nutrientes, quizás relacionado con la construcción de la Marina Veramar. Sin embargo; la disminución del césped algal, y de la densidad de erizos, contrastan fuertemente, lo que sugiere una relación compleja entre las habilidades competitivas de los diferentes gremios algales (Brandt y Guarderas 2002). Estos cambios, no pueden ser atribuidos a la construcción de la Marina Veramar. El sustrato total en la zona es ocupado principalmente por algas, mientras que la cobertura de coral y de otros se ha mantenido a lo largo del tiempo (Figura 37). Así, de manera general podemos determinar que los cambios observados en la zona son propios de la dinámica de la comunidad arrecifal y no se encuentran directamente relacionados con la construcción de la Marina Veramar.



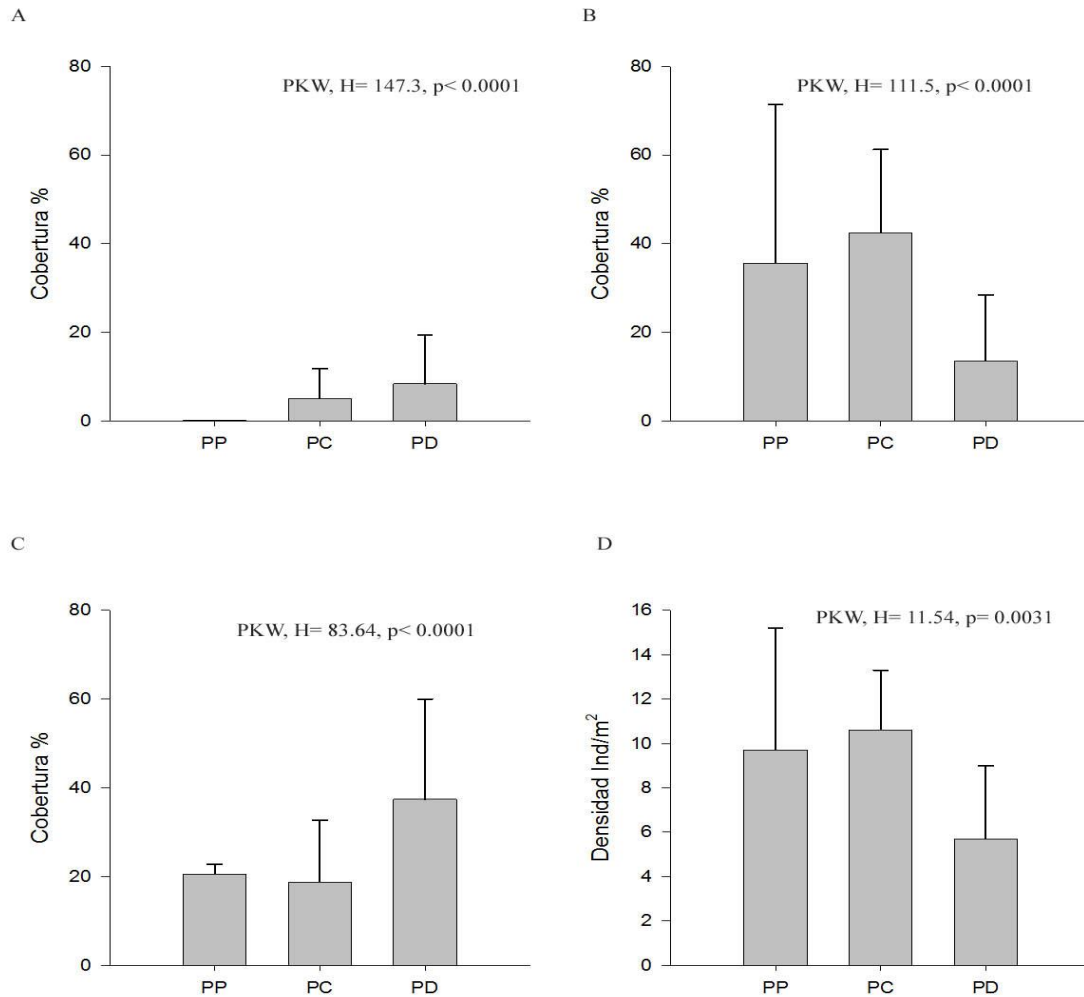
**Figura 33. Abundancia relativa sobre el Arrecife Hornos. A: Abundancia Relativa en PP (n= 143 colonias). B: Abundancia Relativa en PC (n= 526 colonias). C: Abundancia Relativa en PD (n= 71 colonias).**



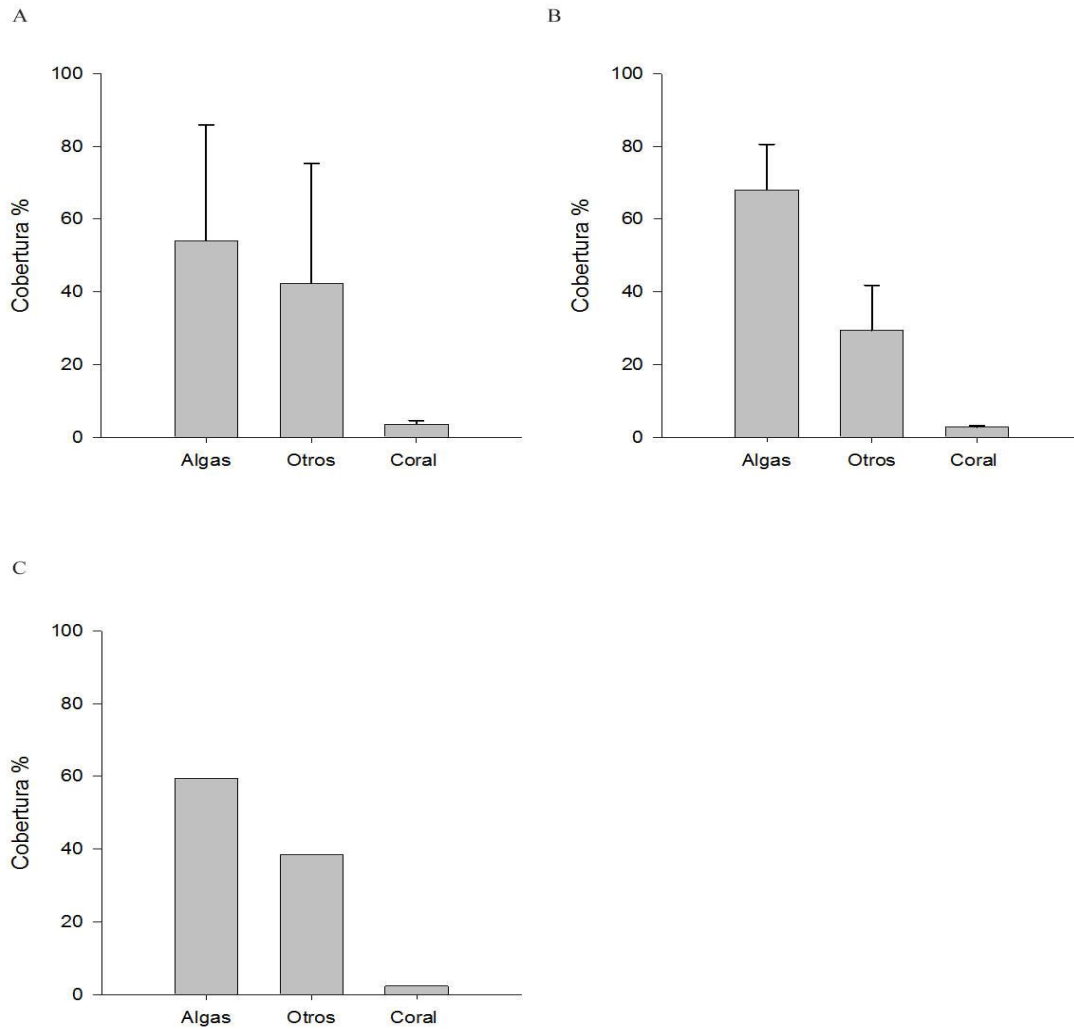
**Figura 34. Condición general de la comunidad de corales hermatípicos. A: Cobertura coralina. B: Densidad coralina. C: Talla promedio de las colonias (PP n= 143 colonias, PC n= 526 colonias y PD n= 71 colonias) y D: Densidad de Reclutas (PP n= 298 fotocuadrantes, PC n= 600 fotocuadrantes y PD n= 120 fotocuadrantes). Valores de H y p, de la prueba de Kruskal-Wallis (PKW).**



**Figura 35. Condición de salud de las colonias coralinas del Arrecife Hornos. A: Colonias afectadas por mortalidad parcial. B: Tejido afectado por mortalidad parcial (T-MP). C: Colonias afectadas por enfermedades y D: Colonias afectadas por el fenómeno de blanqueamiento (PP n= 143 colonias, PC n= 526 colonias y PD n= 71 colonias). Valores de H y p, de la prueba de Kruskal-Wallis (PKW).**



**Figura 36. Cobertura de gremios algales y densidad de erizos. A: Cobertura de algas carnosas. B: Cobertura del Césped Algal. C: Cobertura de algas calcáreas, (PP n= 298 fotocuadrantes, PC n= 600 fotocuadrantes y PD n= 120 fotocuadrantes). Y D: Densidad de erizos ramoneadores (PP n= 34 transectos, PC n= 156 transectos y PD n= 21 transectos). Valores de H y p, de la prueba de Kruskal-Wallis (PKW).**



**Figura 37. Porcentaje de sustrato ocupado por corales, algas y otros. A: Período previo PP (n= 143 colonias, 298 fotocuadrantes). B: Cobertura de sustrato durante la construcción (n= 526 colonias, 156 fotocuadrantes) y C: Período posterior a la construcción (n= 71 colonias, 120 fotocuadrantes) de la Marina Veramar.**

### *Consideraciones finales*

El tráfico marítimo internacional ha aumentado ostensiblemente durante las últimas décadas, por ejemplo, en el 2011 creció un 4% y transportó un volumen total de 8,700 millones de toneladas (ONU 2012). En el mismo año en América Latina y el Caribe se transportaron 41.3 millones toneladas (Pérez 2012). En México, el puerto con mayor movilización es Veracruz, el cual en el 2013 tuvo un movimiento anual de carga de 19.4 millones de toneladas (APIVER 2014). Así, cada vez es mayor la necesidad de contar con más y mejores instalaciones portuarias, no sólo en México, sino también a escala global. Ejemplos de esto es la reciente propuesta de ampliación de los puertos de Veracruz (Ver.), Tuxpan (Ver.), Mazatlán (Sin.), Altamira (Tamps.) y Ensenada (BC.) (<http://cdn.presidencia.gob.mx/pni/programas-y-proyectos-de-inversion.pdf?v=1>).

Asimismo, en otras localidades también se han llevado a cabo la construcción y/o ampliación de las instalaciones portuarias existentes, por ejemplo el puerto de Cartagena (Colombia), Puerto Cortés y San Lorenzo (Honduras) y La Rochelle (Francia) (Ahner 2011, Acosta 2012, Ríos 2013). Los puertos conllevan una serie de impacto ambiental (Tabla 14). Sin embargo; esto ha llevado a la construcción de “marinas” para el desarrollo de actividades recreativas como son: pesca deportiva y artesanal, turismo y buceo (Tabla 15), las cuales han afectado negativamente el ambiente (Davenport y Davenport 2006, Horta-Puga 2010, Vargas 2010). De manera general, la construcción de estructuras protectoras de la costa y de instalaciones portuarias como son: rompeolas, diques, muelles, y zonas de carga y descarga y de servicios, han afectado: Incrementando las tasas de sedimentación y la concentración de diversos contaminantes químicos (hidrocarburos, metales pesados, nutrientes, materia orgánica, etc.), así también han causado una disminución importante de las comunidades bióticas en los ecosistemas adyacentes (Roig 2003, Bardaji et al. 2009).

En el caso de la Marina Veramar, cuya construcción fue el resultado de la necesidad de incrementar los puntos de atraque y abrigo de yates y embarcaciones deportivas. Ésta se construyó directamente sobre el Arrecife Hornos, esto a pesar de formar parte de un Área Natural Protegida (PNSAV).

Los resultados de este estudio muestran que la construcción generó daños importantes a la comunidad arrecifal en la zona de Planicie, los que se resumen en:

1. Una disminución del 68 % de la cobertura coralina.
2. Una disminución del 56 % de la densidad coralina.
3. Un aumento significativo en la talla promedio (95 %), derivado de la muerte de la mayoría de los corales de tallas pequeñas (<10 cm).
4. Un aumento ostensible (37 %) en el área desnuda, no cubierta por corales y/o algas.
5. Una aumento de casi 100 % en la cobertura de las algas calcáreas, derivado, posiblemente del resultado de un aumento en la turbidez.

La Marina Veramar está planeada en dos etapas y la evaluación de este trabajo sólo contempló hasta el final de la primera, por lo que si se llega a concluir el proyecto los daños ambientales serán aún mayores que los reportados aquí. Además, el arrecife actualmente se



encuentra afectado por afluentes de aguas residuales, la pesca y el turismo. Es así, que de continuar estas prácticas y con el actual estado de la comunidad arrecifal, las probabilidades de que el Arrecife Hornos se convierta en un área de escombros coralino y desaparezca la comunidad coralina que lo constituye son altas (Horta-Puga y Tello Musi 2010). Sin lugar a dudas, el desarrollo económico de la industria costera continúa avanzando por encima del bienestar ecológico. Por lo que, la difusión de prácticas turísticas menos agresivas con el ambiente y promover el turismo ecológico, son la única respuesta para disminuir el deterioro acelerado de la costa.

**Tabla 15**  
**Impacto ambiental generado en las áreas arrecifales adyacentes por la construcción de Puertos Industriales y/o Turísticos**

Lugar	Daño	Autor y Año
Sydney, Australia	La presencia de un rompeolas aumentó la cobertura de algas y abundancia de moluscos de la zona, así como disminuyó la abundancia peces.	Blockley 2007, Chapman 2003
Aegean, Turquía	La llegada de navíos aumentó la contaminación por vertimiento de aguas residuales.	Burak et al. 2005
Montevideo, Uruguay	Los muelles impiden que las corrientes y olas sigan su curso, generando un aumento en la sedimentación afectando al ecosistema con pérdida de la biodiversidad.	Gautreau 2006
Weipa, Australia	Tráfico portuario aumentó la cobertura de especies invasoras, desplazando a las nativas.	Hoedt et al. 2001
Miami, Florida	Los muelles y rompeolas generan cambios en las zonas de rompimiento de olas alterando la forma de las playas y la circulación horizontal y vertical de los sedimentos.	Kraus 1988, Kraus y McDougal 1996

**Tabla 16**  
**Impacto ambiental generado en las áreas arrecifales adyacentes por la construcción de**  
**Marinas**

<b>Lugar</b>	<b>Daño causado</b>	<b>Autor y Año</b>
Mar mediterráneo	Las embarcaciones utilizadas en actividades turísticas aceleran el deterioro de las costas, aumentando las tasas de sedimentación, descargas de aguas residuales y contaminación por combustibles.	Davenport y Davenport 2006
Queensland, Australia	La presencia de marinas deportivas, permitió que embarcaciones provenientes de distintos lugares interaccionaran, generando un aumento en la abundancia del briozoo introducido <i>Watersipora subtorquata</i> , por encima de briozoos nativos.	Floerl et al. 2004
Bermuda, Reino Unido	La pintura de embarcaciones turísticas estacionadas, libera compuesto químicos que alteran la composición de los sedimentos arrecifales.	Jones 2007
Isla Menorca, España	Las embarcaciones turísticas que atracan en la isla generan un aumento en la descarga de aguas negras, y de las tasas de sedimentación, además de la pérdida de praderas de pastos marinos.	Roig 2003

## CONCLUSIONES

En la zona de Planicie, la abundancia relativa y la densidad de erizos ramoneadores no fueron afectadas por la construcción de la Marina Veramar. Las afectaciones por la construcción de la Marina Veramar, se evidencian directamente en la disminución de la cobertura y densidad coralina. Así como, en el aumento en la talla promedio de las colonias, a consecuencias de la muerte de los corales de tallas pequeñas (<10 cm). Además, la cobertura total de sustrato, pasó de ser ocupado mayormente por algas a ser ocupado por área no cubierta por corales y/o algas. En cuanto a la cobertura de los gremios algales, hubo un aumento en la cobertura de las algas calcáreas, como resultado de un aumento en la turbidez.

En la zona del Talud de Barlovento, la abundancia relativa no se vio afectada por la construcción de la Marina Veramar, ya que *M. alcicornis* y *O. diffusa*, continúan siendo las especies más abundantes. Para el resto de las variables se evidencia una tendencia a la disminución en términos de cobertura, densidad y talla coralina. Así como, cambios en la cobertura de los gremios algales; mientras que la cobertura de algas calcáreas y de algas carnosas aumentó, la cobertura de césped algal disminuyó. Además de una disminución en la densidad de erizos ramoneadores. En cuanto a la cobertura total de sustrato; las algas continúan siendo el grupo predominante, mientras que la cobertura de coral y de otros se ha mantenido a lo largo del tiempo.

De manera general podemos concluir que la construcción de la Marina Veramar, afectó de manera negativa a la comunidad de corales hermatípicos, permitiendo cambios en la composición de gremios algales, así como benefició el área desnuda, no cubierta por corales y/o algas en la zona de Planicie. Mientras que en la zona del Talud de Barlovento, los cambios reportados son propios de la dinámica de una comunidad arrecifal impactada, por lo que no son atribuibles a la construcción de la Marina Veramar.

## BIBLIOGRAFÍA

### *Publicaciones científicas:*

- Acosta**, K. 2012. Cartagena, entre el progreso industrial y el rezago social. Documentos de trabajos sobre Economía Regional. Banco de la República. Cartagena. 64p.
- Ahner**, D. 2011. Conectar Europa. El transporte y la política regional. Panorama.Unión Europea. 28p.
- Álvarez-Filip**, L. N. K. Dulvy, I. M. Côte, A. R. Watkinson y J. A. Gill. 2011. Coral identity underpins architectural complexity on Caribbean reefs. *Ecological Applications*. 21(6): 8p.
- Bardají**, T. C. Zazo, A. Cabrero, C. J. Dabrio, J. L. Goy, J. Lario y P. G. Silva. 2009. Impacto del cambio climático en el litoral. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 17(2): 14p.
- Barrios**, S. L. M. J. O. Reyes, G. R. Navas y C. B. García. 2002. Distribución de las anémonas (Anthozoa: Actinaria y Corallimorpharia) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Ciencias Marinas*. 28(1): 13p.
- Bello**, J. 2011. La relevancia de los sistemas de arrecifes coralinos veracruzanos. *Suplemento Científico de la Jornada Veracruz*. Número especial. 3p.
- Blockley**, D. J. 2007. Effects of wharves on intertidal assemblages on seawalls in Sydney Harbour, Australia. *Marine Environmental Research*. 63: 19p.
- Brandt**, M. y P. Guarderas. 2002. Erizos de Mar. In: Danulat, E. y G. J. Edgar (Eds.). Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos. Santa Cruz Galápagos, Ecuador. 22p.
- Burak**, S. E. Dogan y C. Gazioglu. 2004. Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean y Coastal Management*. 47: 13p.
- Carricart-Ganivet**, J. P. y G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral en México. In: Salazar-Vallejo S. I. González en (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México. 12p.
- Carricart-Ganivet**, J. P. 1998. Corales escleractinios, “Piedra Mucar” y San Juan de Úlua, Veracruz. *Ciencia y Desarrollo*. 141: 3p.
- Castillo-Sarabia**, L. E. 2007. *Macrofauna bentónica en fondos blandos del Arrecife Hornos, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. Tesis de Maestría (Biología Marina). Posgrado. Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 58p.
- Charpentier**, B. 2014. *The role of colony size in the resistance and tolerance of scleractinian corals to bleaching caused by thermal stress*. Tesis Maestría en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad de Ottawa. 129p.
- Chapman**, M. G. 2003. Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*. 264: 9p.
- Chávez**, A. E. W. J. J.R. Tunnell y K. Withers. 2010. Zonación y Ecología de los Arrecifes: Plataforma Veracruzana y Banco de Campeche. In: Tunnell J. W, E. A. Chávez y K. Withers (Eds.). Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México.41p.

- Davenport**, J. y J. L. Davenport. 2006. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 67: 13p.
- Diario Oficial de la Federación**. 1992. Decreto 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, con superficie de 52,238-91-50 hectáreas: Diario Oficial de la Federación, México (24 de Agosto de 1992), 9p.
- Diario Oficial de la Federación**. 2012. Decreto que 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, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas. 14p.
- Domínguez**, P. O. 1990. El puerto de Veracruz: la modernización a finales del siglo XIX. *Centro de Investigaciones históricas del Instituto de Investigaciones Humanísticas de la Universidad Veracruzana*. 16p.
- Emery**, K. O. 1963. Estudios Regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*. 3: 7p.
- Fabricius**, K. E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and corals reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 22p.
- Fabricius**, K. G. De'ath, L. McCook, E. Turak y D. M. Williams. 2005. Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the inshore Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin*. 51: 15p.
- Ferriz-Domínguez**, N. y G. Horta-Puga. 2001. Short-term aggressive behavior in scleractinian corals from La Blanquilla reef, Veracruz Reef System. *Revista de Biología Tropical*. 49(1): 8p.
- FIDENA**, Fideicomiso de Formación y Capacitación para el Personal de la Marina Mercante Nacional. 2011. Manual de Alumno Náutico. 2da edición. Escuelas Náuticas Mercantes. México. 37p.
- Floerl**, O. T. K. Pool y G. Inglis. 2004. Positive interactions between nonindigenous species facilitate transport by human vectors. *Ecological Applications*. 14(6): 13p.
- García**, A. A. Cróquer y S. M. Pauls. 2003. Relación entre incidencias de enfermedades y la estructura de tallas y especies en corales del parque nacional Archipiélago de los Roques, Venezuela. *Interciencia*. 27(9): 5p.
- García**, M. y G. Nava. 2006. Guía de procedimientos en eventos de impactos a arrecifes coralinos. CONANP. PNSAV. 28p.
- García**, Z. H. 2013. El desarrollo portuario en el Corredor Cancún-Rivera Maya, Quintana Roo. División de Posgrado. UNAM. Facultad de Arquitectura. 21p.
- Gautreau**, P. 2006. La Bahía de Montevideo: 150 años de modificación de un paisaje costero y subacuático. *Bases para la conservación y manejo de la costa Uruguaya*. Vida Silvestre. Montevideo. 14p.
- Glynn**, P.W. y M. E. Leyte, 1997. Coral reefs of Huatulco, West México: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Revista Biología Tropical*. 45(3): 15p.
- Godínez-Ortega**, J. L. P. G. Ramírez y K. Pedraza-Venegas. 2009. Cambios en la flora bentónica de Arrecife Hornos (Veracruz, México). *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 12(2): 7p.

- Guardia**, E. P. González-Díaz, A. Valdivia y O. G. Ontivero. 2006. Estructura y salud de la comunidad de corales en arrecifes de la zona de buceo de cayo levisa, archipiélago los colorados, Cuba. *Revista Investigaciones Marinas*. 27(3): 12p.
- Heilprin**, P. A. 1890. The corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of México. *Proceedings of the Acaemy of Natural Sciences of Philadelphia*, 42: 13p.
- Herrera-López**, G. A. Cruz-Reyes, J. C. Hernández, N. García, G. González-Lorenzo, M. C. Gil-Rodríguez, A. Brito y J. M. Falcón. 2004. Alimentación y diversidad algal en la dieta del erizo *Diadema antillarum* en Tenerife, Islas Canarias. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*. 25(3-4): 12p.
- Hidalgo**, G. L. Busustil, P. Alcolado-Prieto, N. R. Villiers y P.M. Alcolado. 2011. Características de Bentos en nueve sitios de buceo del polo turístico de Santa Lucía (Camagüey, Cuba). *Serie Oceanológica*. 9: 12p.
- Hoedt**, F. E. J. H. Choat, J. J. Cruz, K. M. Neil y J. Collins. 2001. Survey of the port of Weipa: Port marine baseline surveys and surveys for introduced marine pest. Final report. Prepared for ports corporation queensland. *CCR Reef research centre and school of marine biology and aquaculture James cook University*. 43p.
- Horta-Puga**, G. 2003. Condition of selected reef sites in the Veracruz Reef System (stony corals and algae). *Atoll Research Bulletin*. 496: 9p.
- Horta-Puga**, G. y J. D. Carriquiry. 2008. Growth of the hermatypic coral *Montastraea cavernosa* in the Veracruz Reef System. *Ciencias Marinas*. 34(1): 6p.
- 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.
- Horta-Puga**, G. y J. L. Tello Musi. 2010. Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Reporte de campaña de monitoreo (C-03) proyecto No. GM005. México D. F.
- Horta-Puga**, G. 2010. Impactos ambientales. In: Tunnell J.W, E.A. Chávez y K. Withers (Eds.). Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 19p.
- Jones**, R. J. 2007. Chemical contamination of a coral reef by the grounding of a cruise ship in Bermuda. *Marine Pollution Bulletin*. 54: 7p.
- Kraus**, C. N. 1988. The effects of seawalls an the beach: An extended literatura review. *Journal of Coast Research*. 4: 28p.
- Kraus**, C. N. y W. G. McDougal. 1996. Th effects of seawall on the beach: Part I, An Updated Literature Review. *Journal of Coastal Research*. 12(2): 11p.
- Lara**, M. C. P. C. García y J. J. Espejel. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*. 1: 9p.
- Lehman**, R. L. 2010. Algas de los arrecifes. In: Tunnell J.W, E.A. Chávez y K. Withers (Eds.). Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 12p.

- Lerdo de Tejada**, M. 1850. Apuntes históricos de la heroica ciudad de Vera-cruz. Imprenta de Ignacio Cumplido. 226p.
- Lessions**, H. A. D. R. Robertson y J. D. Cubt. 1984. Spread of *Diadema* Mass Mortality Through the Caribbean. *Science*. New Series. 226: (4672). 3p.
- Lezcano**, B. E. F. M. A. Erguete y C. E. Angles. 2014. La calidad de Agua en los ecosistemas costeros de México. INE. SEMARNAT. 407p.
- Lewis**, J. B. 1989. The ecology of Millepora. *Coral reefs*. 8: 8p.
- Littler**, M. M. y D. S Littler. 1984. Models of tropical reef biogenesis: the contribution of algae. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*. 1: 12p.
- McMillan**, C. 1979. Differentiation in response to chilling temperaturas among populations of three marine spermatophytes, *thalassia testudinum*, syringodium filiforme and halodule wrightii. *American Journal of Botany*. 66(7): 9p.
- MIA**. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional Sector Turismo. 2004. Marina Veramar. Gobierno del Estado de Veracruz. 163p.
- Moreno-Casasola**, P. 2011. Dunas, Arrecifes, Humedales ¿Para que los necesitamos?. *Suplemento Científico de la Jornada Veracruz*. Número especial. 4p.
- Nuñez**, R. J. 2008. Cobertura de los principales gremios algales del Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Licenciatura (Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 58p.
- ONU**. Organización de las Naciones Unidas. 2012. En transporte Marítimo. Informe de la secretaria de la UNCTAD. Naciones Unidas. Nueva York y Ginebra. 210p.
- Ochoa**, L. E. B. H. Reyes y J. K. Mejía. 1998. Daños por sedimentación a las comunidades coralinas del sur de la Isla Socorro, archipiélago de Revillagigedo, México. *Ciencias Marinas*. 22(2): 9p.
- Ortiz-Lozano**, L. D. 2006. *Análisis crítico de las zonas de regulación y planeación en el parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Tesis de Doctorado (Ciencias en oceanografía costera). Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. México. 200p.
- Ortiz-Lozano**, L. H. Pérez-España. A. Granados-Barba. C. González-Gándara. A. Gutiérrez-Velázquez y J. Martos. 2013. The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*. 86: 10p.
- Padilla**, S. L. S. 2010. Puerto de México geoestratégicos y espacios clave. Una aproximación desde la perspectiva geográfica. *Revista Transporte y Territorio N° 3*, Universidad de Buenos Aires. 20p.
- Palacios**, C. 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 (Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 47p.
- Pérez**, M. R. 2003. Veracruz. La elevación de un puerto. Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales. Universidad Veracruzana. 1(1): 4p.
- Pérez**, S. G. 2012. Movimiento portuario contenedorizado de América Latina y el Caribe 2011. *Boletín FAL*. 307(3): 8p.
- Polanía**, J. 2010. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos de Colombia. *Gestión y Ambiente*. 13(3): 11p.

- Purcell**, S. W. 2000. Association of epilithic algae with sediment distribution on a windward reef in the northern great barrier reef, Australia. *Bulletin of Marine Science*. 66(1): 16p.
- Quinn**, P. G. y M. J. Keough. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge, University Press. United Kingdom. 557p.
- Ríos**, B. 2013. Navegar en el primer mundo. *Mercados y Tendencias*. 22p.
- Rogers**, C.S. 1990. Response of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*. 62: 17p.
- Roig**, M. F.X. 2003. Análisis de frecuentación del turismo náutico-recreativo del medio marino de la Isla de Menorca. Consecuencias ambientales de su falta de regularización. *Cuadernos Geográficos*. 33: 12p.
- Sánchez**, H. M. 2010. *Sinopsis de las familias de anélidos poliquetos bentónicos en el arrecife Hornos, Veracruz, México*. Tesis Licenciatura (Biología). Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz ITBOCA.
- Santander**, B. L. C. y E. Propin. 2009. Impacto ambiental del turismo en el buceo en arrecifes de coral. *Cuadernos de Turismo*. 24: 20p.
- Soong**, K. y J. Lang. 1992. Reproductive Integration in Reef Corals. *Biological Bulletin*. 183: 14p.
- Soong**, K. 1993. Colony size as a species character in massive reef corals. *Coral Reefs*. 12: 7p.
- Telesnicki**, G. J. y W. M. Goldberg. 1995. Effects of turbidity on the photosynthesis and respiration of two south Florida reef coral species. *Bulletin of Marine Science*. 57(2): 13p.
- Tkachenko**, K. S. W. Bing-Je, F. Lee-Shing y F. Tung-Yung. 2007. Dynamics of a coral reef community after mass mortality of branching *Acropora* corals and an outbreak of anemones. *Marine Biology*. 151: 10p.
- Terrados**, J. P. Ramírez-García, O. Hernández-Martínez, K. Pedraza y A. Quiroz. 2008. State of *Thalassia testudinum* Banks ex König meadows in the Veracruz Reef System, Veracruz, México. *Aquatic Botany*. 88: 9p.
- Tunnell**, J. R. W. J. 2010. Distribución de los arrecifes. In: Tunnell J.W, E.A. Chávez y K. Withers (Eds.). Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 12p.
- Van Steveninck**, R. E. D. y R. P. M. Bak. 1986. Changes in abundance of coral-reef bottom components related to mass mortality of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Marine Ecology Progress Series*. 34: 7p.
- Vargas** E. 2010. Impactos ambientales de los desarrollos turísticos y residenciales. Informe final. Universidad de Stanford y Washington, DC. 167p.
- Vargas-Hernández**, J. M. A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In: Salazar-Vallejo, S. I. y N.E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO CIQRO, México: 856p.
- Vera-Hidalgo**, A. D. 2008. *Composición y estructura de las familias de anélidos poliquetos bentónicos en el Arrecife Hornos, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura (Biología) Instituto tecnológico de Boca del Río, Veracruz. ITBOCA.
- Vidal**, A. M. C.M Villamil y A. Acosta. 2005. Composición y densidad de corales juveniles en dos arrecifes profundos de San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 34: 14p.



- Wesseling**, I. A. J. P. M. Uychiaoco, T. A. Aliño y J. E. Vermaat. 1999. Damage and recovery of four Philippine corals from short-term sediment burial. *Marine Ecology Progress Series*. 176: 5p.
- Winfield**, I. L.G. Abarca-Arenas y S. Cházaro-Olvera. 2007. Crustacean macrofoulers in the Veracruz coral system, SW Gulf of Mexico: checklist, spatial distribution and diversity. *Cahiers de Biologie Marine*. 48: 9p.

*Reportes periodísticos:*

- AGRRA**. 2000. Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment. <http://www.agrra.org/>, consultado 30/06/2013.
- APIVER**. Administración Portuaria Integral de Veracruz S.A de C.V. 2014. Movimiento anual de carga. <http://www.puertodeveracruz.com.mx/apiver/es/estadisticas/movimiento-anual-de-carga>, consultado 02/10/2014.
- El Imparcial**. 1909. 9 Víctimas del Norte en Veracruz. Hemeroteca Nacional Digital. <http://www.hndm.unam.mx/>, consultado 17/07/2013.
- Hernández**, O.O. 2011. Frenan pescadores la Marina Veramar. Imagen de Veracruz. Disponible en: <http://www.imagendeveracruz.com.mx/vernota.php?id=73520>, consultado 30/06/2013.
- La Librería**. 1909. El Norte en Veracruz. Hemeroteca Nacional Digital. <http://www.hndm.unam.mx/>, consultado 17/07/2013.
- Ortega**, I. 2011. Frenan pescadores la Marina Veramar. El Clarín Veracruzano. <http://www.clarinveracruzano.com/frenaran-pescadores-la-Marina-Veramar/>, consultado 17/07/2013.
- Periódico Oficial**. 1884. El vapor Libertad. Hemeroteca Nacional Digital. <http://www.hndm.unam.mx/>, consultado 17/07/2013.
- Ruiz**, R.I. 2011. Protestan pescadores por Marina Veramar. Imagen de Veracruz. <http://www.imagendeveracruz.com.mx/vernota.php?id=89867>, consultado 30/06/2013.
- Veracruz Antiguo**. 2013. Mapa del siglo XIX con el puerto de Veracruz y sus alrededores. <http://aguapasada.wordpress.com/2011/09/23/mapa-del-siglo-xix-del-puerto-de-veracruz-y-sus-alrededores/>, consultado 26/07/2014.

## ANEXO I.

### Hoja de Registro

UNAM, FES IZTACALA  
UBIPRO

CONABIO GM005  
SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

COLECTOR:

FECHA:

Transecto	#Ind	Sp	LI	Dmax	Dper	Alt	%MP	T-MP	Enf	%Enf	Obs/Erizos

**Figura 38. Ejemplo de Hoja de Registro de datos de campo.**

*Abreviaturas de las especies de coral.*

**Tabla 17.**  
**Especies de coral reportadas para el SAV**

Abr	Especie	Abr	Especie
Acp	<i>Acropora palmata</i>	Ok	<i>Orbicella franksi</i>
Aga	<i>Agaricia agaricites</i>	Mus	<i>Mussa angulosa</i>
Agf	<i>Agaricia fragilis</i>	Myl	<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>
Agh	<i>Agaricia humilis</i>	Myd	<i>Mycetophyllia danniana</i>
Agl	<i>Agaricia lamarcki</i>	Myf	<i>Mycetophyllia ferox</i>
Cn	<i>Colpophyllia natans</i>	Ocu	<i>Oculina diffusa</i>
Pc	<i>Pseudodiploria clivosa</i>	Pas	<i>Porites astreoides</i>
Ps	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	Pbra	<i>Porites branneri</i>
Lc	<i>Leptoseris cucullata</i>	Pdiv	<i>Porites divaricata</i>
Md	<i>Madracis decactis</i>	Pfur	<i>Porites furcata</i>
Mareo	<i>Manicina areolata</i>	Ppor	<i>Porites Porites</i>
Mal	<i>Millepora alcicornis</i>	Scu	<i>Scolymia cubensis</i>
Oan	<i>Orbicella annularis</i>	Sir	<i>Siderastrea radians</i>
Mcav	<i>Montastraea cavernosa</i>	Ss	<i>Siderastrea siderea</i>
Ofav	<i>Orbicella faveolata</i>	Sti	<i>Stephanocoenia intersepta</i>

Abr= Abreviatura