

Informe final* del Proyecto DM002

Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa

Responsable:	Dr. Horacio Pérez España
Institución:	Universidad Veracruzana Centro de Ecología y Pesquerías
Dirección:	Calle Hidalgo 617 Col. Rio Jamapa C.P. 94290 Boca del Río, Veracruz
Correo electrónico:	hperez@uv.mx , hespana@gmail.com
Teléfono/Fax:	Tel.: 01 (229) 956 7227
Fecha de inicio:	Abril 28, 2006
Fecha de término:	Julio 21, 2008
Principales resultados:	Informe final, Fotografías, Videotransectos, Hoja de Cálculo
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	Pérez España, H. y J. M. Vargas Hernández, 2008. Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa. Universidad Veracruzana. Centro de Ecología y Pesquerías Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM002 . México D. F.
Forma de citar Hoja de cálculo	Pérez España, H. y J. M. Vargas Hernández, 2008. Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera Etapa. Universidad Veracruzana. Centro de Ecología y Pesquerías Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. DM002 . México D. F.

Resumen:

Se presentan los resultados obtenidos en el primer año de desarrollo del proyecto. Durante esta etapa se caracterizaron las lagunas arrecifales mediante sensores remotos, identificándose cinco grandes categorías de sustrato. Se realizaron perfiles batimétricos; se obtuvo que los arrecifes varían bastante en cuanto a rugosidad, pero se distingue una mayor profundidad en barlovento. Se realizó una caracterización bentónica del sustrato, mediante videotrasectos perpendiculares y paralelos a la línea de costa. En ambos casos el componente más abundante fue el tapete algal, aunque los resultados difirieron en cuanto a las especies de coral más abundantes. Se pusieron trampas de sedimento y hasta la fecha se ha encontrado que la tasa de sedimentación fue notablemente más alta en la temporada de norte, con valores de más de 2 kg/m²/día, la diferencia entre el valor mínimo y máximo entre arrecifes y épocas fue de hasta dos órdenes de magnitud. Los valores cambian notablemente entre arrecifes. La mayor sedimentación se obtuvo en la zona profunda. Se midieron parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, turbidez), pudo detectarse un claro patrón durante el año. En la temporada de nortes el agua está más fría y mezclada, y en la temporada de lluvias, el agua es más cálida y se forman dos capas, una somera, cálida, de baja visibilidad y una profunda más fría y de menor turbidez. Respecto a las variables biológicas se determinaron las enfermedades sobre los corales, pudieron registrarse ocho enfermedades distintas sobre 14 especies de corales. La plaga blanca y el blanqueamiento fueron las de mayor prevalencia. Se midió el reclutamiento coralino como el número de colonias menores a 2 cm; se registraron 14 especies distintas y las de mayor densidad fueron de los géneros *Agaricia* y *Siderastrea*. Se realizaron censos de peces para determinar la comunidad coralina; se registraron 82087 organismos, pertenecientes a 109 especies y 31 familias. Pomacentridae, Serranidae, Haemulidae y Scaridae fueron las familias con un mayor número de especies (13, 12, 9 y 8, respectivamente). *Coryphopterus personatus/hyalinus*, es la especie dominante, su abundancia representa el 49% de la abundancia total. Se estimaron las tallas de los peces y las más grandes se presentaron en los arrecifes del norte. Se evaluó también la abundancia de juveniles de peces y pudo notarse que durante el verano existe un pico en su abundancia. Al igual que en los adultos la especie dominante fue *C. personatus/hyalinus*. Se realizaron análisis mediante índices ecológicos y correlaciones. Mediante un análisis de cluster se encontró que las asociaciones de peces se mantienen constantes por arrecife y profundidad, sin importar mucho la época del año. Se realizó

un análisis para identificar los grupos funcionales de peces, lográndose identificar ocho grupos. Finalmente, del resultado del análisis de la salud de los arrecifes no se encontró un patrón claro ni con relación a la profundidad ni con la distancia a la costa. La salud del sistema puede obtenerse con nueve de las 15 variables empleadas para su caracterización. Del análisis de eficientización del monitoreo se encontró que el esfuerzo puede reducirse a casi una tercera parte del realizado en este primer año de caracterización sin perder demasiada información.

- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
- ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

PROYECTO DM002 “CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y MONITOREO DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO: PRIMERA ETAPA”

Responsable:

Horacio Pérez España, Dr.
Investigador Titular “C”
Tel. (229) 9567227
Fax: (229) 9567070
hperez@uv.mx

Corresponsable:

Juan Manuel Vargas Hernández, C. M. en C
Técnico Académico Titular “C”
Tel. (229) 9567227
Fax: (229) 9567070
jmvargash@gmail.com

Colaboradores

Héctor Reyes Bonilla, Dr.
Jacobo Santander Monsalvo, P. Biol.
Ruth Sarahí Gómez Villada, Biol.
Miguel Ángel Lozano Aburto
Jezahel Miranda Zacarías
Maribel Damián Velázquez
Anel Hernández Romero
Miguel Ángel Román Vives

Institución: Universidad Veracruzana, Centro de Ecología y Pesquerías,

Dirección: Calle Hidalgo 617, Col. Río Jamapa, C.P. 94290, Boca del Río, Veracruz

Área natural protegida: Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Fecha de inicio: 15 de agosto de 2006

Boca del Río Veracruz, a 6 de septiembre de 2007.

Índice

Resumen	3
Objetivos	4
Justificación	5
Antecedentes	6
Área geográfica	7
Metodología	8
<i>Selección de sitios</i>	8
<i>Caracterización topográfica</i>	9
<i>Sedimentación</i>	10
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>	11
<i>Caracterización coralina</i>	11
<i>Caracterización ictiológica</i>	13
<i>Análisis de la información</i>	14
Resultados	16
<i>Caracterización topográfica</i>	16
<i>Sedimentación</i>	24
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>	28
<i>Caracterización coralina</i>	32
<i>Caracterización ictiológica</i>	37
<i>Análisis de la información</i>	44
Discusión	64
Conclusiones	66
Referencias	67

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos en el primer año de desarrollo del proyecto. Durante esta etapa se caracterizaron las lagunas arrecifales mediante sensores remotos, identificándose cinco grandes categorías de sustrato. Se realizaron perfiles batimétricos; se obtuvo que los arrecifes varían bastante en cuanto a rugosidad, pero se distingue una mayor profundidad en barlovento. Se realizó una caracterización bentónica del sustrato, mediante videotrasectos perpendiculares y paralelos a la línea de costa. En ambos casos el componente más abundante fue el tapete algal, aunque los resultados difirieron en cuanto a las especies de coral más abundantes. Se pusieron trampas de sedimento y hasta la fecha se ha encontrado que la tasa de sedimentación fue notablemente más alta en la temporada de norte, con valores de más de $2 \text{ kg/m}^2/\text{día}$, el incremento fue de hasta dos órdenes de magnitud en algunos arrecifes. Los valores cambian notablemente entre arrecifes. La mayor sedimentación se obtuvo en la zona profunda. Se midieron parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, turbidez), pudo detectarse un claro patrón durante el año. En la temporada de nortes el agua está más fría y mezclada, y en la temporada de lluvias, el agua es más cálida y se forman dos capas, una somera, cálida, de baja visibilidad y una profunda más fría y de menor turbidez. Respecto a las variables biológicas se determinaron las enfermedades sobre los corales, pudieron registrarse ocho enfermedades distintas sobre 14 especies de corales. La plaga blanca y el blanqueamiento fueron las de mayor prevalencia. Se midió el reclutamiento coralino como el número de colonias menores a 2 cm; se registraron 14 especies distintas y las de mayor densidad fueron de los géneros *Agaricia* y *Siderastrea*. Se realizaron censos de peces para determinar la comunidad coralina; se registraron 82087 organismos, pertenecientes a 109 especies y 31 familias. Pomacentridae, Serranidae, Haemulidae y Scaridae fueron las familias con un mayor número de especies (13, 12, 9 y 8, respectivamente). *Coryphopterus personatus/hyalinus*, es la especie dominante, su abundancia representa el 49% de la abundancia total. Se estimaron las tallas de los peces y las más grandes se presentaron en los arrecifes del norte. Se evaluó también la abundancia de juveniles de peces y pudo notarse que durante el verano existe un pico en su abundancia. Al igual que en los adultos la especie dominante fue *C. personatus/hyalinus*. Se realizaron análisis mediante índices ecológicos y correlaciones. Mediante un análisis de cluster se encontró que las asociaciones de peces se mantienen constantes por arrecife y profundidad, sin importar mucho la época del año. Se realizó un análisis para identificar los grupos funcionales de peces, lográndose identificar ocho grupos. Finalmente, del resultado del análisis de la eficientización del monitoreo se encontró que el esfuerzo puede reducirse a casi una tercera parte del esfuerzo realizado en este primer año de caracterización sin perder demasiada información.

Palabras clave: Caracterización, monitoreo, peces, corales, sedimentación, enfermedades, índices, modelos.

Objetivos

Objetivo general:

1. Proporcionar información actualizada sobre el estado en que se encuentra el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, de manera que sirva como línea base para planes de monitoreo.
2. Elaborar y desarrollar un plan de monitoreo que permita determinar cambios biológicos y ecológicos resultado de procesos naturales o de efectos antropogénicos determinados con relación a la línea base establecida previamente.
3. Proporcionar información de la manera en que se relacionan los distintos componentes del ecosistema de manera que se pueda tener una visión integral de los componentes biológicos y la manera en que se afectan o benefician entre sí.

NOTA: Para lograr el objetivo 3, la información se complementará utilizando otros proyectos actualmente en curso

Objetivos particulares:

- 1.1. Proporcionar información geográfica de la ubicación y topografía de los arrecifes coralinos del PNSAV
- 1.2. Proporcionar datos de diversidad y abundancia de los corales y peces en los principales arrecifes del PNSAV
- 1.3. Proporcionar información sobre los principales grupos funcionales del ecosistema
- 2.1. Elaborar un programa de monitoreo que permita detectar cambios biológicos y ecológicos en la comunidad de peces y corales
- 2.2. Desarrollar durante seis años el programa de monitoreo de peces y corales y correlacionar los datos con parámetros fisicoquímicos y de sedimentación.
- 2.3. Reunir y analizar la información para que en el mediano plazo pueda contarse con indicadores numéricos de la salud del ecosistema.
- 3.1 Con base en la información sobre los grupos funcionales, determinar la manera en que se relacionan entre sí.
- 3.1 Construir un modelo que involucre la pesca como un depredador del ecosistema cuantificando los flujos entre los distintos componentes y que permita hacer simulaciones que permitan determinar las posibles respuestas como resultado de medidas de manejo específicas.

Justificación

La conservación de los recursos costeros y oceánicos en el país se enmarca dentro de diversos compromisos contraídos por México. Dentro de ellos el Convenio sobre Diversidad Biológica; el mandato de Yacarta sobre biodiversidad Biológica Marina y Costera; la convención de Naciones Unidas sobre la Ley del Mar; la agenda 21; el Convenio de Cartagena para la Protección y desarrollo del Medio Marino. En 1997 México se unió al Año Internacional de los Arrecifes y en 1998 se participo en la declaración del Año internacional de los Océanos.

El PNSAV es el único parque marino de México expuesto a efectos locales tan fuerte como las descargas del río Jamapa, que descarga $1670 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ y bajo la influencia ocasional del Río Papaloapan que descarga $20000 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ (PEMEX, 1987), con grandes volúmenes de sedimentos los cuales no han sido aun cuantificados. Se sabe sin embargo, que las descargas de los ríos son ricas en nutrientes además de sedimentos; ambas características son nocivas para los arrecifes coralinos pues prefieren condiciones oligotróficas y de aguas claras (Veron, 2000). Es también la zona coralina junto a la ciudad costera más grande México (INEGI, 2005) y por el parque atraviesan los barcos del que es también el puerto más grande del país, con un tráfico anual de entre 1809 y 1505 buques (APIVER, 2005). Algunos de estos buques han tenido impactos contra los arrecifes, lo cual ha creado daños severos locales en los arrecifes cercanos al puerto. De esta manera se tienen múltiples factores de impacto: el influjo de descargas municipales, industriales y agropecuarias de los centros urbanos adyacentes y cercanos, aunado a lo cual se tiene el vertimiento de contaminantes y sedimentos terrígenos provenientes de las cuencas hidrológicas así como las actividades portuarias del área que provocan la resuspensión de sedimentos finos y además eventuales derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas. Aparte de estos factores, en el parque se desarrolla una actividad pesquera artesanal que obtiene en promedio, casi dos toneladas de producto diario (Jiménez-Badillo, et al. en prensa). Por otro lado, en el parque existe una actividad turística que incluye buceo deportivo, paseos en lanchas y viajes a algunas de las playas y zonas someras del parque sin embargo no existen estadísticas disponibles de esta actividad. A pesar de todo lo anterior, el PNSAV es un reservorio rico en especies coralinas de origen caribeño y por el sistema de corrientes litorales probablemente aporta larvas al Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (Arrecifes Lobos, Enmedio, Blanquilla, Tangüijjo, y Tuxpan) y recibe impulsos de reclutamientos antillanos (Vargas-Hernández et al., 1993).

Por los motivos anteriores, es importante tener, primero, una caracterización del área que además ha sido decretada Parque Nacional y después un sistema de monitoreo que permita detectar los cambios en los recursos, ya sea como respuesta directa a acciones locales o bien como respuesta a eventos de mayor escala. Por otro lado, sobra decir que para poder realizar un manejo adecuado de un Área Protegida es necesario contar, en primer término, con un conocimiento básico de cuáles son los recursos que se están protegiendo y cuál es su estado para tener una línea base de comparación. En el área se han realizado una gran cantidad de estudios; en una revisión bibliográfica realizada pudimos encontrar 240 trabajos. Sin embargo, la gran mayoría de estos son tesis de licenciatura y resúmenes de congresos, es decir, han respondido a intereses específicos y no han tenido una continuidad ni una visión integral.

Por esta razón proponemos ahora hacer una caracterización que permita tener una línea base que sirva como referencia para evaluar el estado de salud del ecosistema y al mismo tiempo como referencia para un programa de monitoreo a largo plazo. Hemos

seleccionado grupos clave del ecosistema: corales y peces, por ser estos la base del ecosistema y gran parte de su función. Este monitoreo tiene como característica principal ser de bajo costo y bajo impacto y además ser sensible tanto a los impactos locales como a los de origen regional y global. El conocimiento de estas características es relevante para mantener sistemas de información que ayuden a tomar decisiones para el manejo y conservación de este parque nacional.

Antecedentes

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992 (Diario Oficial de la Federación, 1992). El plan de manejo que se elaboró para el parque aún no ha sido aprobado por las autoridades correspondientes, sin embargo en él se hace evidente la necesidad de realizar estudios biológicos, ecológicos y socioeconómicos.

En la zona se han realizados diversos estudios en los arrecifes, sin embargo estos han sido puntuales en cuanto a su duración y al número de especies que involucran y en su gran mayoría están conformados por “literatura gris”, tales como resúmenes de congresos y tesis. Por ejemplo, desde el punto de vista de la caracterización de la fisiografía de los arrecifes, hasta el momento existen cuatro trabajos avocados a ello (Lara-Pérez, 1989; PEMEX, 1987; Vargas-Hernández et al., 2000; Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2004) dentro de los cuales solo algunos de los arrecifes están estudiados de manera intensiva. En cuanto a estudios ecológicos existen trabajos puntuales de algunos de los arrecifes (e.g. Chávez et al. 1970, Resendez 1971, Fuentes 1981, Roberts 1981, Aladro-Lubel 1984, Rodarte-Orozco 1985, Bravo y Camacho 1989, González-González 1989, Aceves-Jiménez 1992, García-Salgado 1992, Bernández de la Granja 1993, Carricart-Genivet 1994, Beaver et al. 1996, Lara y González 1998). Aún así, estos trabajos pueden brindar información valiosa para hacer la caracterización y al mismo tiempo servir como referencia para comparar los resultados obtenidos por el presente proyecto. Tenemos una base de datos con 240 trabajos realizados en la zona, y hemos obtenido los más importantes de ellos.

Durante los últimos 15 años la Universidad Veracruzana ha venido realizando estudios en el PNSAV, lo cual nos permite tener información sobre la topografía, sobre las comunidades coralinas y sobre las comunidades de peces, entre otras. El Centro de Ecología y Pesquerías se creó en el año 2000, y desde su creación ha tenido como objeto de estudio el PNSAV, en el cual ha desarrollado varios proyectos de investigación y tiene otros más en desarrollo actualmente. Entre los proyectos cuyos resultados servirán de base para el presente proyecto se encuentran dos que serían la base de la caracterización: “Monitoreo oceanográfico y biológico” realizado durante el 2004 y “Geomorfología y escenarios bióticos del Sistema Arrecifal Veracruzano (GEBSAV)” iniciado a finales de los 90’s y que continua en operación con el apoyo y colaboración del Acuario de Veracruz, A.C.

A la fecha sabemos que el área total de los arrecifes es de 3200 has (Arceo-Briseño, 2005) y en la zona habitan alrededor de 1400 especies (Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2004). Sánchez-Wall (1994) describió 33 especies de poliquetos en Isla de Enmedio, en tanto Rioja (1960) reportó 55 especies de poliquetos en Isla Verde. Vargas-Hernández et al. (2002) hicieron una recopilación de las listas de peces reportados en la zona y encontró un total de 248 especies. Gómez (2002) ha descrito 20 especies de esponjas en el área en tanto Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1998) reportan 38 especies de

corales hermatípicos en el PNSAV. Un listado actualizado con comentarios sobre la biogeografía de las especies de corales duros del Atlántico Mexicano está en prensa (Horta-Puga et al.). Finalmente, Morales et al. (1998) realizaron una compilación de los trabajos ficoflorísticos llevados a cabo en el área y encontraron un total de 158 especies.

Una característica del PNSAV respecto a sus características fisicoquímicas es la variabilidad estacional determinada por el patrón de vientos y el patrón hidrodinámico dominante que, de abril a agosto, genera corrientes marinas que van de sur a norte y de septiembre a marzo va de norte a sur (Zavala et al. 2003). Este contraste ambiental de periodicidad estacional crea dos épocas del año pues estos patrones además están asociados a una mayor turbulencia asociada con los “nortes” que ocurren en otoño e invierno y la temporada de lluvias, que ocurre en el verano (Tunnell, 1988), implicando cambios en el volumen y naturaleza de la materia orgánica particulada que se introduce al ecosistema así como en el destino de las aguas negras de la ciudad. Estas características fisicoquímicas sin duda producen cambios en la comunidad biológica de los arrecifes, sin embargo se desconoce la naturaleza de dichos cambios.

Área geográfica.

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) comprende 23 arrecifes y fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992 (Diario Oficial de la Federación 1992). El PNSAV se encuentra situado entre las coordenadas 19°00'00'' - 19°16'00'' N y 95°45'00'' - 96°12'00'' W, en la porción central del Estado de Veracruz, el cual colinda al N con Tamaulipas y el Golfo de México; al E con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas; al S con Chiapas y Oaxaca; al W con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí. A nivel local, está ubicado frente a los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. La extensión del PNSAV es de 52,238 ha (Diario Oficial de la Federación 1992) y está constituido por un conjunto de arrecifes en distintos grados de afectación. De manera natural se encuentran divididos geográficamente en dos áreas: norte y sur. La parte intermedia son aguas sobre fondos suaves y arenosos poco explorados. Los arrecifes de la parte norte se localizan frente al Puerto de Veracruz, todos ubicados por arriba de la isobata de los 40 m, representan menos de un tercio en extensión de los de la parte sur y están constituidos en general por arrecifes de menor extensión. Los arrecifes de la parte sur se ubican frente a Punta Antón Lizardo, a unos 20 Km al SO del Puerto de Veracruz, todos estos se encuentran por arriba de la isobata de los 50 m. Su cercanía a la costa y las desembocaduras de ríos importantes como el Jamapa y el Papaloapan resaltan la influencia de los contaminantes urbanos hacia las áreas arrecifales. Al norte del parque se ubica la desembocadura del Río La Antigua, al sur el Papaloapan y la desembocadura del río Jamapa divide al parque en dos áreas; los acarreos de estos ríos provocan que las aguas sean poco transparentes (CONANP, 2005).

El PNSAV está incluido en el polígono 49, una de las 70 áreas de alta biodiversidad que son contempladas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en la evaluación que se realizó dentro del Programa de Regiones Prioritarias Marinas de México con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). La figura 1 muestra la ubicación del PNSAV y de los arrecifes que lo conforman.

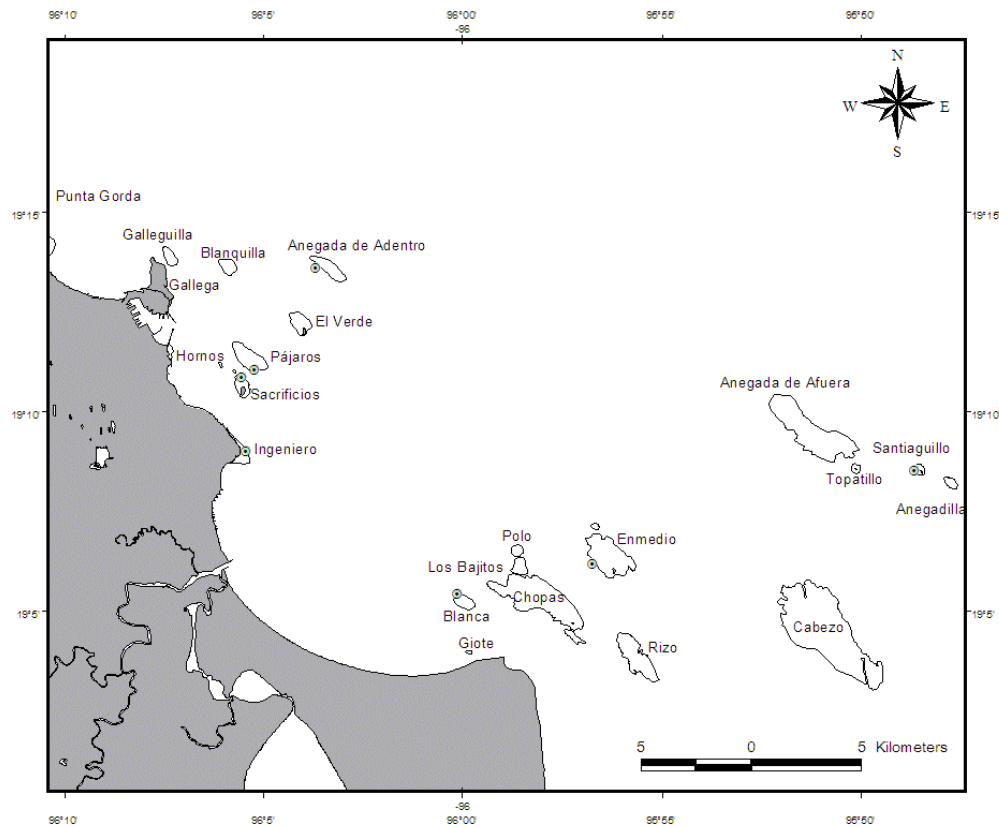


Figura 1. Mapa del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Metodología.

Selección de sitios

La selección de los sitios obedece a resultados obtenidos en estudios anteriores elaborados por nuestro equipo de trabajo y en la experiencia sobre el PNSAV. Se eligieron con base en tres aspectos: representatividad, mayor cobertura coralina e impacto por encallamientos. Se seleccionaron ocho sitios, cuatro de la zona norte, tres de la zona sur y un sitio en las zonas de impacto por encallamiento de barcos. En cada sitio se trabajará a dos profundidades distintas, 3 y 15 metros. A continuación se mencionan y se explican brevemente las razones de su elección:

Zona norte

Ingeniero: es un arrecife costero, con muy baja cobertura coralina, pero con una comunidad béntica muy particular. Es representativo de los arrecifes costeros del Sistema Arrecifal Veracruzano.

Sacrificios: la zona de barlovento es muy interesante debido a su elevada cobertura de coral vivo. El monitorear este sitio será un buen punto de referencia para los arrecifes de plataforma intermedios situados frente al puerto de Veracruz.

Anegada de Adentro: la zona de sotavento es la de mayor cobertura y donde durante el 2004 se observaron muchas colonias de diversas especies blanqueadas. Es un excelente sitio representativo de los arrecifes de plataforma externos frente al puerto.

Verde: Para completar la secuencia de arrecifes se decidió también incluir el arrecife ubicado en Isla Verde.

Zona sur

Blanca: un arrecife intermedio de plataforma del grupo Antón Lizardo, es muy relevante y un punto de referencia porque en él se han encontrado los valores más elevados de reclutamiento coralino.

Enmedio: con una cobertura coralina elevada, este arrecife intermedio de plataforma es representativo del grupo Antón Lizardo.

Santiaguillo: uno de los arrecifes de plataforma más alejados de la costa en el grupo Antón Lizardo. Su cobertura coralina es elevada.

Zonas de encallamientos

Pájaros: Un sitio que abarca tanto al área de impacto por el buque alemán Rubin como el área adjunta para comparación. El fin es evaluar la recuperación natural del sitio impactado. Se eligió esta zona por ser la de mayor impacto en los últimos años y ser además relativamente reciente, lo que nos permite dar un seguimiento de su recuperación.

Caracterización topográfica

Determinación de características mediante sensores remotos.

La turbidez existente en el Sistema Arrecifal Veracruzano es un impedimento para poder caracterizar las áreas arrecifales en las zonas de pendiente arrecifal (más de 2 m de profundidad) utilizando fotografía aérea o imágenes de satélite debido a la poca penetración que se tienen con esas técnicas, no así para las lagunas arrecifales. Por esta razón se propone la caracterización de las lagunas arrecifales delimitando las áreas que correspondan a las características de las imágenes u objetos. Tales objetos pueden representar pastos marinos, zonas de arena o áreas cubiertas con coral vivo o muerto entre otras. Se trataron las imágenes mediante procesos no supervisados y supervisados mediante corroboraciones de los distintos objetos en campo. Las fotografías aéreas fueron obtenidas de INEGI y las imágenes de satélite proporcionadas por la CONANP a través de la administración del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. También se obtuvieron imágenes de un vuelo realizado con apoyo del Gobierno del Estado y otro proyecto de la dependencia. Las imágenes fotográficas son ortofotos digitales escala 1:75,000 del año 1995. Georeferenciadas en UTM, datum itr92 y elipsoide GRS80. La resolución de pixel equivale a 1m y 2m en otras imágenes. De las satelitales fueron imágenes Landsat, con una resolución de 30 m por pixel. Las fotografías fueron del año 2000. El software para el

tratamiento de imágenes fue Idrisi 32 versión 132.2. La cartografía base ya se tiene en ArcView y de ella ya se ha derivado información correspondiente a las áreas arrecifales, perímetros, distancias a la costa más cercana y otros aspectos geométricos. Esta cartografía digital generada del programa GEBSAV, se aplicó para la elaboración del programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional (Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2001). Los arrecifes a caracterizar serán: Gallega, Galleguilla, Blanquilla, Isla de Sacrificios, Pájaros, Ingeniero, Anegada de Adentro, Isla Verde, Hornos, Blanca, Chopas, Cabezo, Santiaguillo, Topatillo, Enmedio, Rizo, Anegada de Afuera

Perfiles batimétricos y caracterización béntica.

Como resultado del proyecto Caracterización Macrobéntica (Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2004) se obtuvieron gráficos de los perfiles batimétricos y distancia a la cresta arrecifal de las pendientes de los 17 principales arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (mencionados previamente), incluyendo barlovento y sotavento. La complejidad topográfica se midió utilizando el método de la cadena; se tendió una cadena metálica por el contorno del fondo, esta distancia fue el cociente para dividir la distancia lineal de inicio y fin de la cadena. Una mayor complejidad da una menor distancia lineal y por lo tanto un mayor número. En esos perfiles se tomaron video transectos desde la base de los arrecifes para determinar los porcentajes de coberturas bénticas mediante el software CoArrCP (Vargas-Hernández, 2004). Con esa información podemos caracterizar a los arrecifes determinando los patrones de zonación batimétrica de los grupos biológicos.

Sedimentación

Se pusieron trampas de sedimentos de PVC. Las trampas fueron construidas siguiendo las recomendaciones de Almada-Villeda, et al. 2003. Se construyeron sobre una base de cemento y los tubos colectores son de PVC unidos a las varillas por medio de cintas o abrazaderas. El diámetro del tubo colector es de 5 cm y la longitud de 60 cm; poniendo atención a la relación de aspecto entre la longitud y el diámetro del tubo, manteniendo una relación de 12:1. Cada unidad está constituida por una serie de tres varillas colocadas en un bloque cúbico de cemento. En cada varilla se colocó una trampa de sedimento; en el extremo inferior se colocaron frascos cuya tapa fue perforada para dejar pasar el tubo. Dichas tapas están pegadas al tubo por lo que los frascos colectores se enroscan y desenroscan facilitando así la recolección de muestras y el recambio de frascos. Las bocas de las trampas están a 1 m del fondo.

Se colocó una unidad a cada profundidad en que se realicen los monitoreos bentónicos y de peces. Esperamos que las trampas colocadas más cerca de la desembocadura del Río Jamapa y más cerca de la superficie sean las que capturen una mayor cantidad de sedimentos. Las trampas se cambiaron cada dos meses por la frecuencia de monitoreo.

En el laboratorio se pasó cada muestra por un filtro por decantación. Cada filtro se enjuagó varias veces pasando agua destilada suavemente por el filtro en el embudo para remover residuos de sedimento. Cada filtro se secó en un horno a 70°C hasta obtener un peso constante. El peso de los sedimentos se obtuvo de la diferencia entre el peso total menos el peso del papel. La tasa de sedimentación (TS) se calculó como g de sedimento por m^2 por día ($g\ m^{-2}\ día^{-1}$) mediante la ecuación 1:

$$TS = \frac{WS}{D \times (\pi r^2)} \quad 1$$

donde WS es el peso seco del sedimento, D es el número de días que la trampa estuvo en operación y r es el radio de la boca de la trampa.

Parámetros fisicoquímicos

Turbidez. La turbidez es importante debido a que impide el paso de luz, importante para las zooxantelas simbiotas de los corales (Veron, 2000). Esta variable se midió mediante dos metodologías. 1) mediante observación directa estimando la distancia horizontal hasta la cual podía distinguirse la cinta utilizada en los transectos. Dado que la cinta era graduada podía saberse cual era la distancia de observación. Las lecturas se efectuaron entre las 10:00 y las 14:00 hs para tener buenas condiciones de luz (CARICOMP, 2001). 2) Mediante una sonda multiparámetros marca YSI modelo 6600. La sonda mide la turbidez en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) (Fondriest Environmental, 2004); estas medidas serán comparadas con las mediciones visuales para determinar la correlación existente entre ambas.

Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH. Estos parámetros fueron medidos mediante una sonda multiparámetros YSI 6600 (Fondriest Environmental, 2004). La sonda fue calibrada cada salida y se programó para que tome medidas de estos parámetros cada 2 minutos. Un buzo llevó consigo la sonda, de tal manera que fue registrando los parámetros señalados durante el recorrido del buzo y con ello se pudo elaborar un perfil de cada buceo en cada zona. La periodicidad de la medición de los parámetros fisicoquímicos fue aproximadamente de cada dos meses.

Caracterización coralina

Estimación de composición y cobertura.

Para estimar la composición y cobertura bentónica se utilizó la técnica de video transectos (Aronson y Swanson, 1997). Para ello se empleó una cámara de video digital Sony modelo DCR-HC85 Mini DV, con lente Carl Zeiss y montada dentro de un Housing Top Dawg. La longitud de cada transecto fue de 10 m. La grabación se realizó manteniendo el lente a 50 cm del fondo aproximadamente, con la cámara vertical al fondo y avance lento para tomar imágenes claras de cada video obtenido. Se hicieron cinco videotransectos en cada profundidad en cada sitio de muestreo. Se obtuvieron 20 imágenes de video por cada 10 metros de longitud. Esto implica 100 imágenes por cada profundidad y sitio. Las imágenes fueron obtenidas a través de su captura directa a un memory stick, procurando evitar traslapamiento entre imágenes. Para determinar la cobertura se utilizó la técnica de conteo de puntos, generando 10 puntos aleatorios sobre cada foto con lo cual se obtuvieron 1000 puntos para caracterizar cada profundidad en cada sitio. El análisis de las fotos se hizo mediante el software CoArrCP (Coberturas Arrecifales por Conteo de Puntos) Versión 1.01 (Vargas-Hernández, 2004). Ya existe un catálogo de 84 componentes béticos para los arrecifes veracruzanos, resultante de estudios anteriores y se tiene la facilidad de exportar resultados a Excel (Vargas-Hernández, 2004). Diez de estos componentes corresponden a diferentes tipos de algas (tapetes algales, algas coralinas, algas incrustantes, etc.). Para determinar el tamaño de las colonias se midieron aquellas que quedaron bajo la cinta

utilizada para trazar cada uno de los transectos de 10 m. La validación de las especies observadas en los videotransectos se realizó con observaciones de campo.

Mediante estas técnicas, se obtuvieron los componentes bentónicos incluyendo especies y tipos de sustrato, más los porcentajes relativos de coberturas para cada componente y sus patrones de distribución. Se ha demostrado que la cobertura béntica obtenida mediante estos procedimientos no difieren estadísticamente con aquellos estimados por métodos tradicionales como intercepto lineal (Loya, 1978; Dodge *et al*, 1982) y además tiene la ventaja de reducir el esfuerzo y tiempo de muestreo, se mantienen registros permanentes y los videos pueden ser tomados por buzos sin experiencia en la identificación de organismos, no así el análisis que requiere de personal capacitado. Aún cuando en México los videotransectos no son parte usual de los programas de monitoreo en Parques Nacionales, estos son aplicados en países como Estados Unidos y Australia. Los resultados que hemos obtenido de su aplicación en arrecifes veracruzanos indica que es una excelente técnica para monitoreo arrecifal. Esta caracterización será realizada una sola vez para cada profundidad y cada sitio.

Enfermedades y blanqueamiento

Para determinar enfermedades y blanqueamiento se empleó una modificación de la metodología AGRRA (2000) ya que no usamos interceptos lineales sino que fueron tomadas en cuenta las colonias coralinas presentes en un área de 20 m² ubicados sobre cada videotransecto, con lo cual se tuvieron 100 m² para cada profundidad. Se decidió esta modificación para tener una mayor representatividad en el número de las colonias a evaluar en lo referente a sus dimensiones, enfermedades o el estado respecto al blanqueamiento y muerte. Los detalles de las estimaciones están basados en AGRRA. Las dimensiones de cada colonia enferma o con blanqueamiento (diámetros mayor y menor, altura) fueron estimadas usando un metro gradado cada 10cm. Viendo las colonias desde arriba, en vista plana, se determinaron los porcentajes de enfermedades, blanqueamiento y muerte antigua y reciente. La muerte antigua difiere de la reciente cuando no es posible distinguir en la parte afectada los coralitos. El blanqueamiento es considerado cuando la superficie del tejido colonial es translucido, blanquecino y permite observar el esqueleto calcáreo. Se hicieron anotaciones sobre la presencia de hiperplasma o neoplasma, además de cicatrices por ataque de depredadores. Las enfermedades fueron identificadas en campo con base a las recomendaciones proporcionadas en AGRRA. Esta actividad se realizó cuatro veces al año.

Reclutamiento coralino

Para determinar el reclutamiento se tiraron cuadrantes de 25 x 25 cm cada 2 m, a lo largo del transecto de 10 m utilizado para los demás grupos. En cada cuadrante se estimó la densidad de los corales menores a 2 cm de diámetro máximo; estos organismos fueron identificados y medidos. Cada cuadrante se tiró de manera alternada a la derecha e izquierda del transecto lineal. Al final, se obtuvieron 25 cuadrantes para cada nivel de profundidad en cada sitio. Se decidió no utilizar el método recomendado por Almada-Villela *et al* (2003) debido que al utilizar materiales externos no se estaría midiendo realmente el reclutamiento en el arrecife. Esta actividad se realizó cuatro veces al año.

Caracterización ictiológica

Riqueza y densidad

Se realizaron censos visuales mediante equipo SCUBA a las dos profundidades a las que se pusieron los muertos con las trampas de sedimento, 3 y 15 m. Los censos se realizaron mediante transectos de 10 x 4 m según modificaciones de los transectos lineales utilizados en otros estudios (e.g. Bortone et al. 1991, Pérez-España et al., 1996; Elorduy Garay y Jiménez Gutierrez, 2000). Hemos visto que mediante este tipo de transectos se tiene una buena representatividad y dado el número de réplicas nos permite tener una buena imagen de cada sitio y cada profundidad y además nos permite hacer los análisis estadísticos correspondientes con una buena medida de la variancia. El buzo avanza nadando a sobre fondo identificando y contando las especies que se encuentran en un cilindro imaginario de 2 m alrededor de él. Cuando se tuvo alguna duda sobre una especie se tomaron fotos de los organismos mediante una cámara digital Sony, de 5 megapíxeles o bien se realizaron esquemas con las características distintivas del pez. En todos los censos se requirió de una preparación previa de los buzos para uniformizar el criterio de censado (Thompson y Mapstone, 1997). Se realizaron 5 transectos en cada profundidad y en cada sitio. Los censos se realizaron entre las 10 y las 15 hrs, que son las de mayor luminosidad y para evitar el ocultamiento de especies debido a la oscuridad. La periodicidad de los censos fue bimestral.

Los datos de riqueza de especies serán complementados con buceo errante a la misma profundidad. En ambos casos se tomarán fotografías para elaborar un catálogo de las especies de la zona.

Tallas

Debido a que en el PNSAV se lleva a cabo la pesca artesanal, es importante conocer acerca de las tallas máximas de las especies capturadas pues se sabe que un efecto directo de la pesca es la reducción de tallas (Munro y Pauly, 1983), y al mismo tiempo, el establecimiento de zonas de exclusión pesquera muestra incrementos en las tallas (e.g. Sumaila et al., 2000). De acuerdo con los estudios realizados por Pérez-España et al. (2005), se sabe que las familias Acanthuridae, Haemulidae, Kyphosidae, Lutjanidae, Scaridae y Serranidae, son las que presentan una mayor frecuencia tanto en las capturas como en los censos visuales en el PNSAV. Por esta razón, se realizaron censos, anotando la talla promedio de los organismos registrados. Para esto se utilizó la tabla de acrílico como punto de referencia de la talla de los organismos vistos (e.g. Almada-Villela, et al. 2003). Mediante este estudio se espera poder registrar un incremento en las tallas cuando se creen zonas de exclusión de la pesca. La periodicidad de los censos será bimestral.

Reclutamiento

Una medida de la salud de las poblaciones es el reclutamiento. Para medir el reclutamiento en los peces se realizaron censos visuales. Un buzo distinto se encargó de registrar las especies y tallas de todos los juveniles. La periodicidad de los censos fue bimestral. De esta manera esperamos encontrar el pico del periodo reproductivo para las especies más abundantes.

Análisis de la información

Índices ecológicos

Se utilizarán los índices ecológicos clásicos de: riqueza de Margaleff, diversidad de Shannon, equidad de Pielou y dominancia de McNaughton de acuerdo con Magurran (2004). Los valores de estos índices serán comparados entre sitios en un mismo tiempo, entre tiempos distintos para un mismo sitio y comparados con los de otras zonas arrecifales. Esto nos dará una medida de comparación entre los distintos arrecifes estudiados, como varía la comunidad en el tiempo y como se comporta con relación a otros sitios.

Se utilizará además el índice de distinctividad taxonómica (Warwick y Clarke, 1995) como una medida de la riqueza filogenética y por lo tanto genética de los recursos del PNSAV. Este índice ha sido aplicado de manera exitosa en organismos bentónicos (e.g. Warwick y Clarke, 1998) y ha sido también probado en comunidades de peces (Hall y Greenstreet, 1998).

Correlaciones

Mediante análisis de correlación múltiple (correlación de Pearson, Zar, 1999), se buscará alguna relación entre las características biológicas y los parámetros fisicoquímicos de manera que esta información sirva para determinar si la presencia o ausencia de alguna especie o variaciones en su abundancia pueden ser debido a características particulares de algún sitio. En estas correlaciones se incluirán los datos de sedimentación. A mediano y largo plazo estas correlaciones podrán indicarnos sobre el efecto de algún evento sobre la comunidad (e.g. Booth y Beretta, 2002).

Grupos funcionales

La habilidad de los ecosistemas para soportar impactos depende de su estructura funcional así como de la importancia y abundancia de especies clave (Hector et al. 2001). Desde este punto de vista es indispensable conocer la función de las especies dentro del ecosistema. La biodiversidad ligada a la función de cada especie en los ecosistemas es un concepto conocido como diversidad funcional; y la teoría dice que a mayor diversidad se tendrá una mayor redundancia ecológica con lo cual el sistema será más estable (e.g. Gessner et al., 2004). Para probar esto en el PNSAV se está trabajando actualmente en la descripción de los grupos funcionales considerando todas las especies de peces registradas. Combinando esta información con los resultados de los censos estaremos en posibilidad de conocer los grupos funcionales en cada sitio y los servicios ambientales que pueden proporcionarse en cada zona dependiendo de esta diversidad funcional. Para esto se han considerado nueve variables. Se tomaron las siguientes características de cada una de las especies: Posición en la columna de agua, profundidad, hora de alimentación, gregarismo, modo de alimentación, forma de nado, nivel trófico, relación longitud-altura y talla máxima.

Los valores para cada variable se obtuvieron de la base de datos Fishbase (Froese y Pauly, 2005), y de publicaciones como Humann y Deloach (2002) y Allen y Robertson (1998). Se estandarizarán los datos de cada una de las nueve características utilizadas. La matriz de similitud se construirá utilizando el índice de similaridad de Bray-Curtis para finalmente construir el árbol usando el modelo de agrupación de "group linkage". Para ello se utilizará el programa PRIMER 5 (Clarke y Warwick, 2001). Mediante el monitoreo de la riqueza y abundancia de especies podrá conocerse de la desaparición o modificación de los grupos funcionales, lo cual es una medida del funcionamiento del ecosistema.

Eficientización del monitoreo

Para medir si el nivel al cual se está monitoreando es eficiente se realizarán varios análisis. El primer punto será estimar el nivel mínimo de cambio detectable de los índices ecológicos calculados previamente, así como para la abundancia de las especies dominantes. Se usarán pruebas de poder “prospectivas” (Steidl y Thomas, 2001) con el fin de saber cuál es el nivel de cambio en el indicador de interés que podremos detectar estadísticamente con base en un tamaño de muestra dado (aquel que hemos definido previamente para los monitoreos), la variabilidad del indicador (definida como el error típico del mismo), y valores definidos previamente de error alfa (normalmente 0.05) y beta (0.05, 0.10 y 0.25, recomendados en Cohen, 1988). Finalmente, se empleará el método de “precisión absoluta” (Feisinger, 2001) para conocer el número de censos que deben realizar si la administración del PNSAV está interesada en detectar estadísticamente cambios interanuales en los indicadores de un cierto nivel o “tamaño del efecto” (definido como un porcentaje de la diferencia de medias de cada índice antes y después de un evento; Krebs, 1999).

Para detectar las variables fundamentales primeramente se debe definir qué arrecifes están en mejores condiciones que otros, es decir, debe cuantificarse la “salud del ecosistema” de alguna manera. A este respecto, Kramer (2003) realizó un estudio a escala del Atlántico occidental (de Florida y las Bahamas, hasta Brasil), donde aplicó todas las variables medidas por el protocolo AGRRA dentro de un análisis de ordenación (usando dendrogramas de agrupamiento), y definió la condición de los arrecifes de cada grupo con base en las características tomadas como “favorables” en estudios del tipo, incluyendo el SAM (p.e. alta cobertura de coral, baja cantidad de algas, baja mortalidad e incidencia de enfermedades, etc.; Almada Villela et al., 2003), se clasificarán en “sanos”, “afectados” o “dañados”, de manera similar a lo realizado por Kramer (2003). Una vez con esta clasificación

La técnica que se pretende emplear es original y será descrita en cierto detalle. Inicialmente se usará el coeficiente de correlación de Pearson (Zar, 1999) para detectar cuáles de las variables que se midan muestran evidencia de estar ligadas. Una correlación alta y significativa indica variables ligadas que pueden ser eliminadas al elegir, del par involucrado, aquellas que son más sencillas de tomar ya sea porque requieren menos tiempo de campo o menos experiencia de parte de los observadores. A continuación, se repetirán los análisis de agrupamiento para definir las comunidades y se comprobará si los árboles producidos son significativamente distintos empleando pruebas de Mantel con el programa PC-ORD (McCune et al., 2002). Finalmente, se hará otra selección de variables pero esta vez a partir de la prueba BVSTEP de Clarke y Warwick (2001). Este análisis parte de la matriz de similitud en la que se basa una cierta ordenación (en este caso, la que forma grupos de localidades con base en todas las variables de estudio), y emplea un algoritmo de “recorte” (“peeling”) que selecciona subgrupos de variables, estima la matriz de similitudes entre sitios a partir de este subgrupo de datos, y finalmente define si la ordenación resultante es significativamente igual a la original. Con esta prueba podremos entonces elegir el número mínimo de variables que debe emplearse para caracterizar los arrecifes y su salud en el futuro.

Resultados

Caracterización topográfica

Determinación de características mediante sensores remotos.

Las visitas a los arrecifes para caracterizar el tipo de sustrato se realizaron en el mes de mayo. Debido a la baja resolución de las fotografías satelitales que eran las que presentaban mayor cantidad de bandas para el análisis y debido a la poca posibilidad de diferenciar hábitats con las fotografías aéreas del INEGI por estar en tonos de grises, se utilizaron fotografías aéreas no georeferenciadas obtenidas de un vuelo en el mes de junio como parte de un proyecto alterno de la Dependencia, para poder afinar las características de las fotografías satelitales y de INEGI. La figura 2 muestra un ejemplo del trabajo que se realizó y cual fue el resultado final. Solo se pudieron distinguir cinco clases. La información del trabajo de campo no pudo emplearse debido a la descripción demasiado fina que se hizo y a la baja resolución de las imágenes de satélite. La figura 3 es una fotografía de la isla.

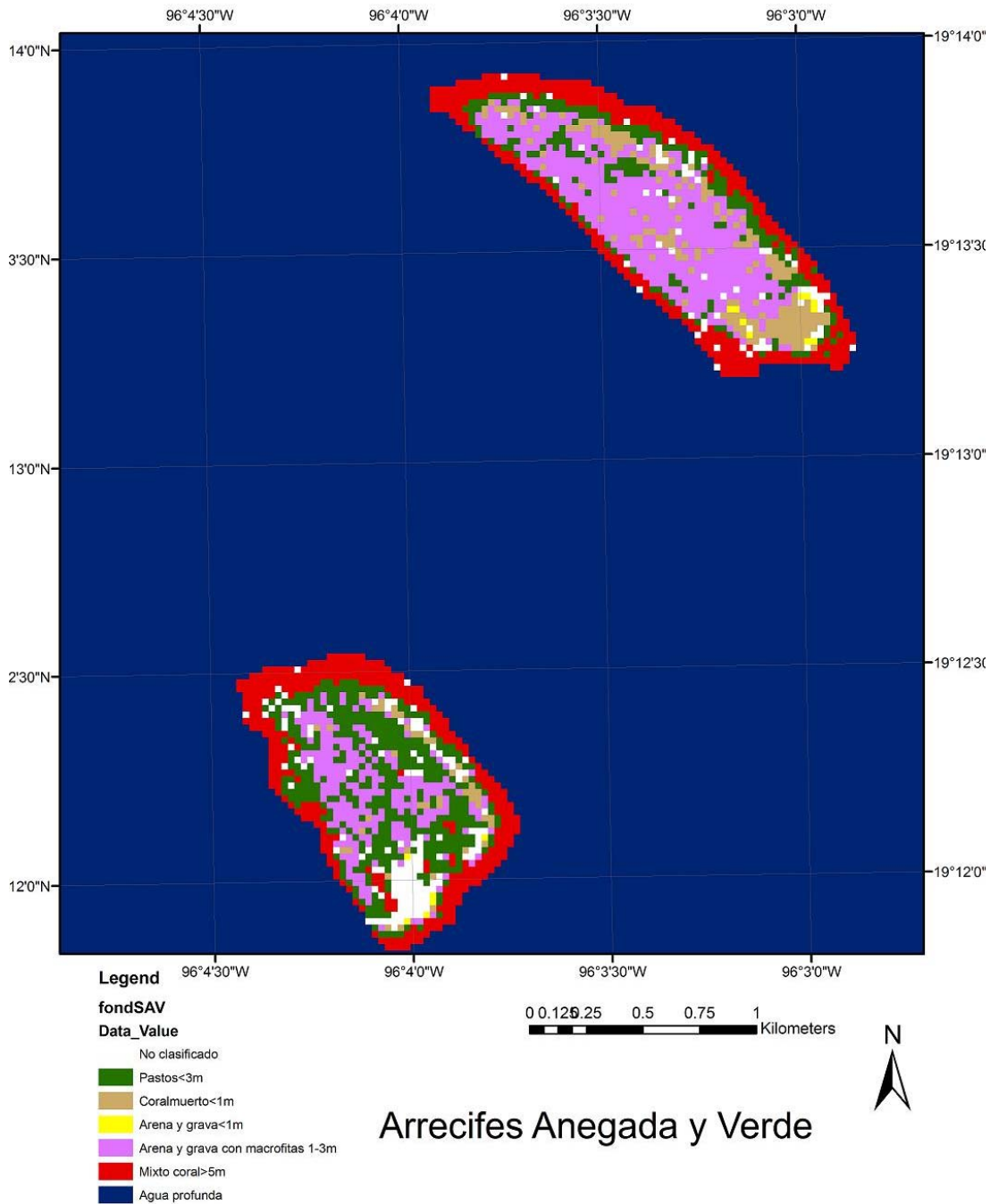


Figura 2. Ejemplo de las clases identificadas mediante percepción remota. En blanco aparece la isla y los puntos que el programa no pudo asociar a alguna clase en particular.



Figura 3. Fotografía aérea de Isla Verde. Tomada por J. Bello Pineda en junio de 2007.

Los datos de la cartografía se encuentran en la carpeta “percepción remota PNSAV” y los metadatos en el archivo “metadatos percepción remota PNSAV.docx”

Perfiles batimétricos y caracterización bentónica.

Los perfiles batimétricos se muestran en la figura 4, como puede verse, las pendientes y su rugosidad varían bastante entre los arrecifes pero puede distinguirse un patrón general en donde se ve que la pendiente de sotavento es más somera que la de barlovento, con algunas excepciones.

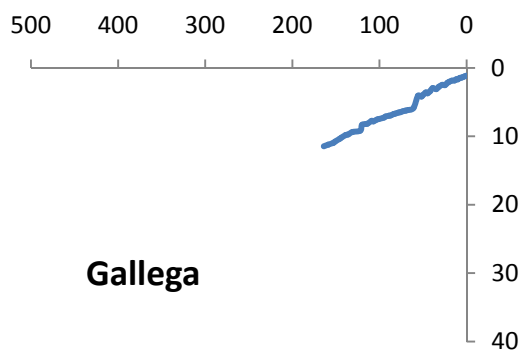


Figura 4. Perfil batimétrico de los arrecifes del PNSAV.

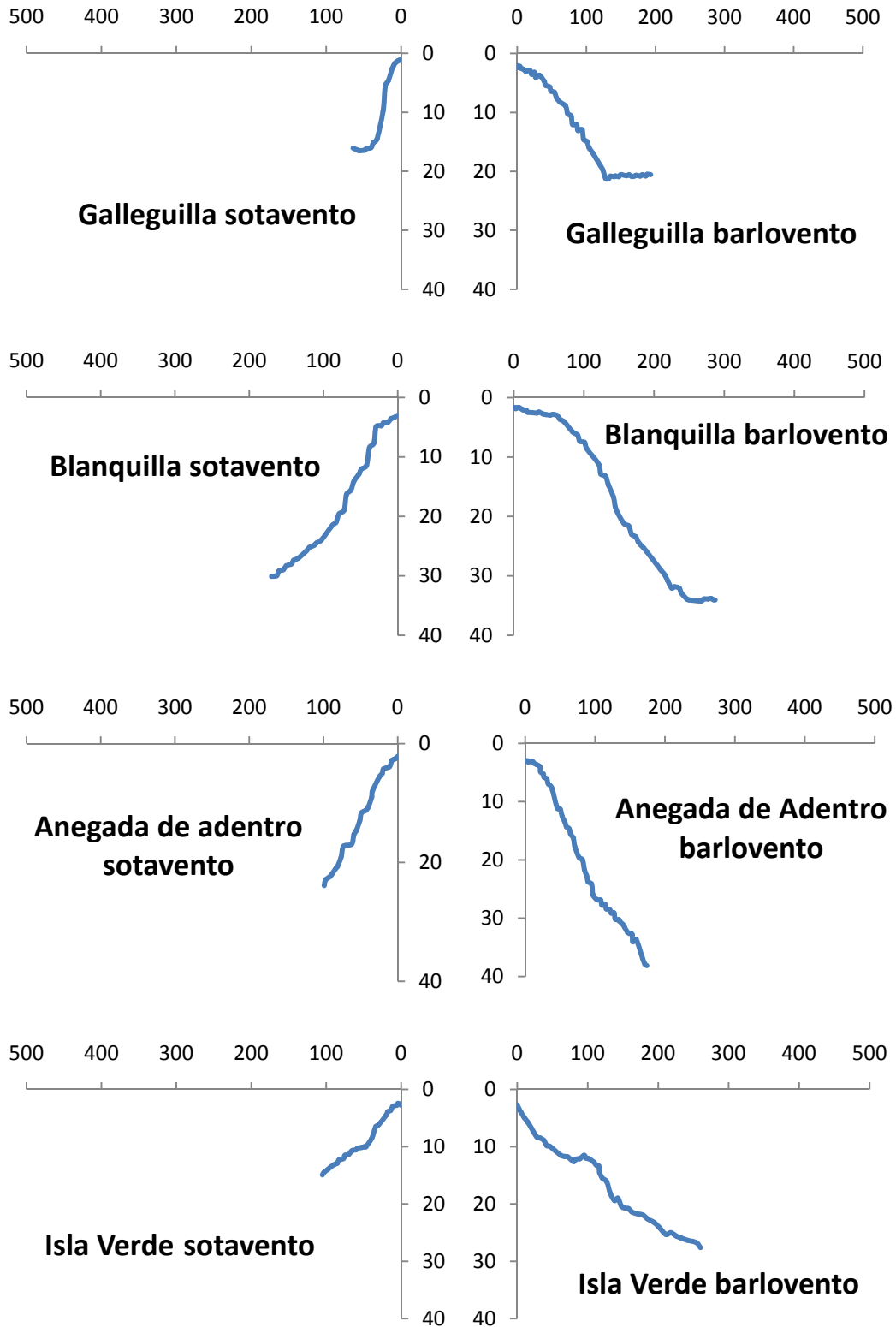


Figura 4. ... continuación. Perfil batimétrico de los arrecifes del PNSAV.

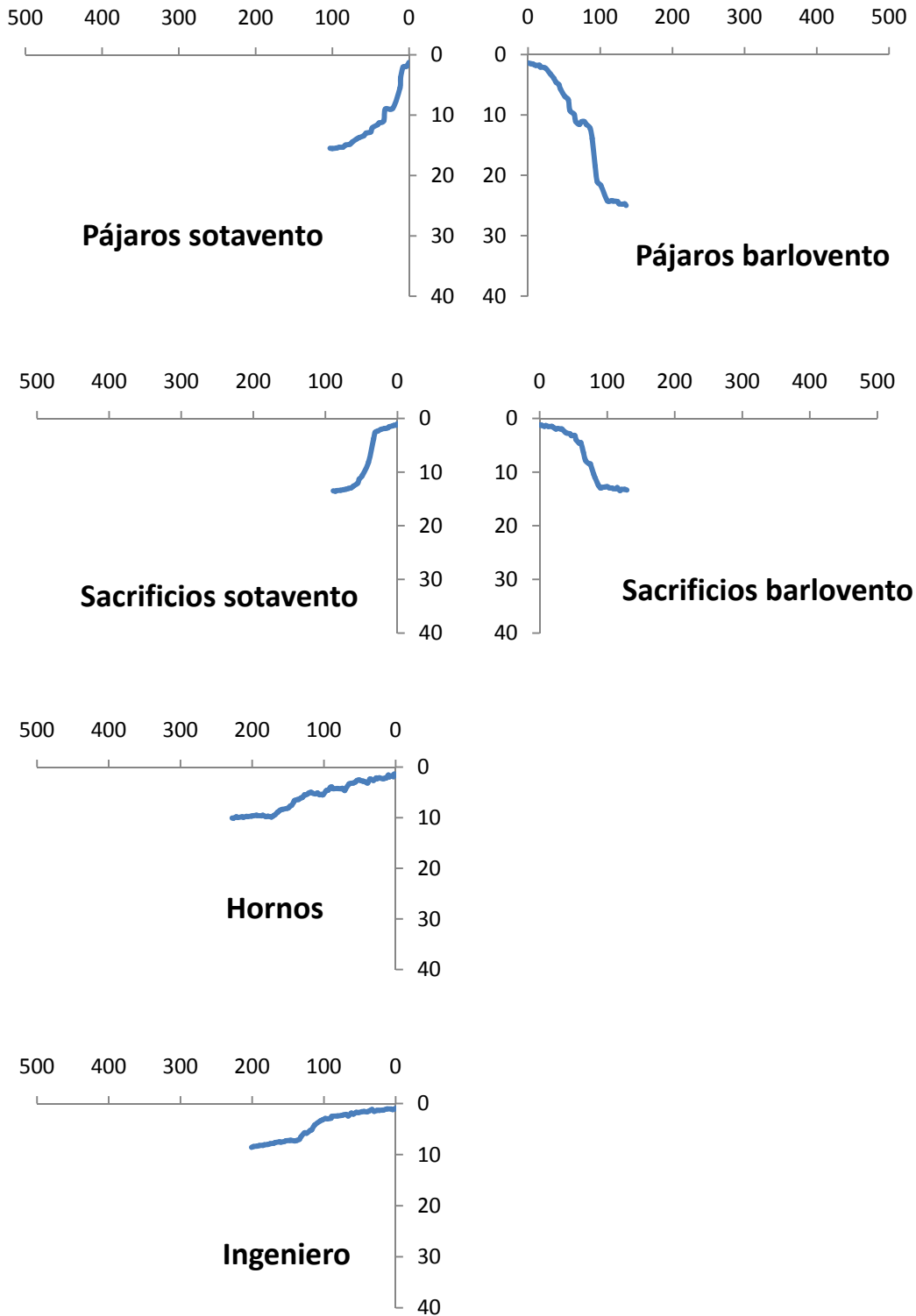


Figura 4. ... continuación. Perfil batimétrico de los arrecifes del PNSAV.

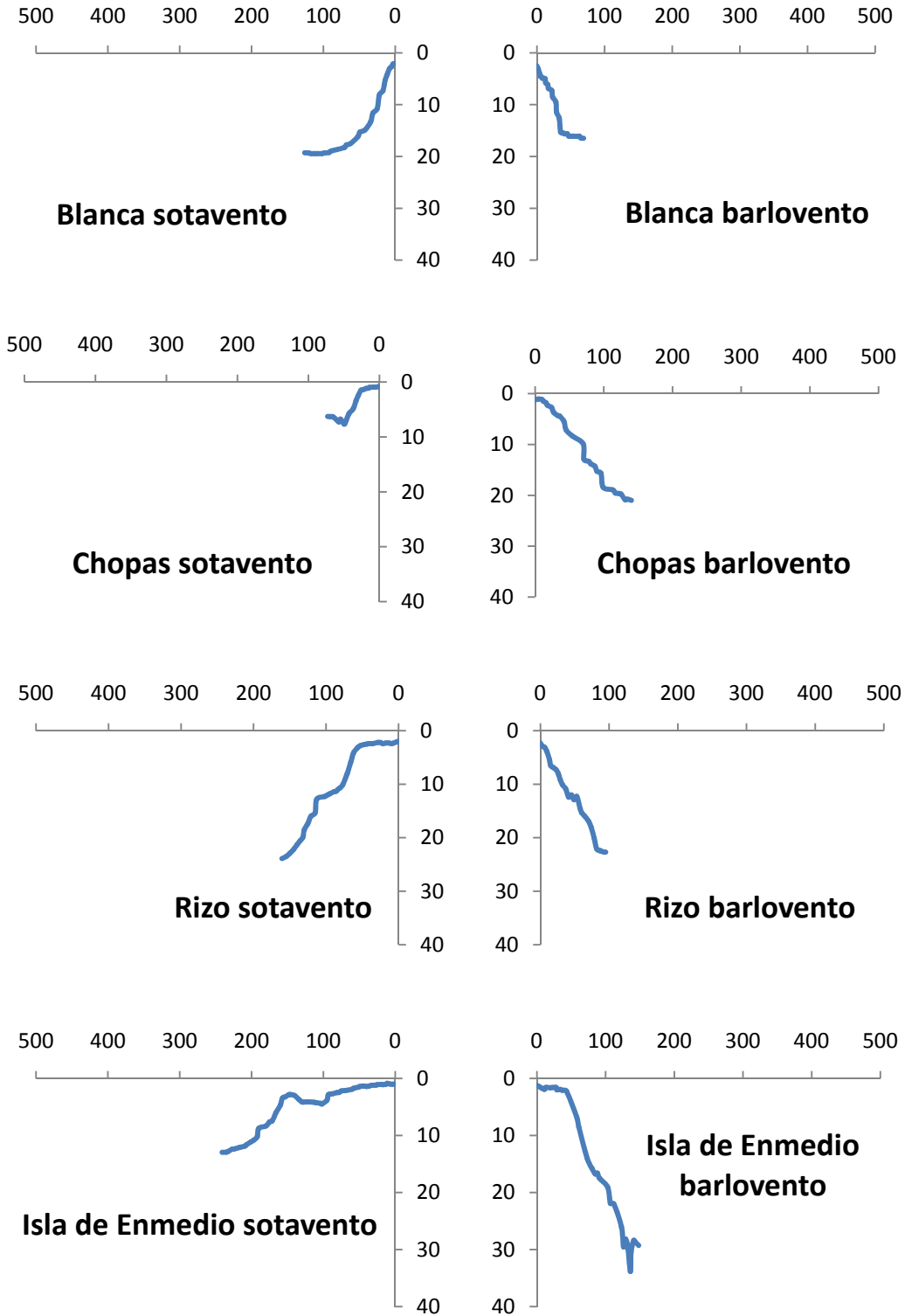


Figura 4. ... continuación. Perfil batimétrico de los arrecifes del PNSAV.

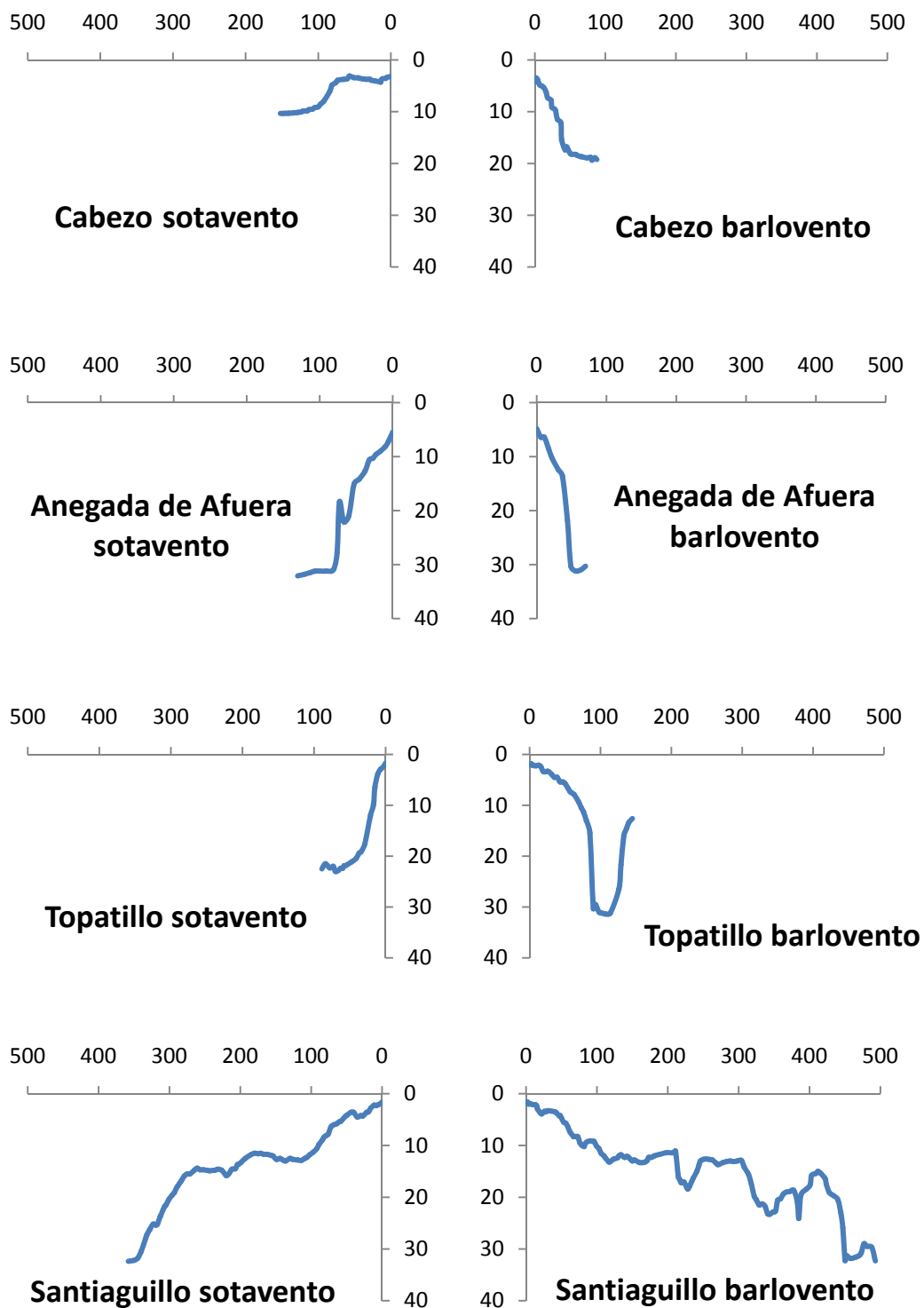


Figura 4. ... continuación. Perfil batimétrico de los arrecifes del PNSAV.

La base de datos con los perfiles y la complejidad topográfica se presentan en la hoja “perfiles batimétricos” y “complejidad topográfica” de l archivo “Base de datos final DM002.xlsx”. La columna “Arrecife” contiene el nombre del arrecife, la columna “puntos” contiene una numeración consecutiva de los puntos que se fueron tomando, “latitud” y

“longitud” corresponden a la ubicación geográfica y “distancia” es la distancia desde el punto de inicio en la zona somera hasta el final de transecto en la zona profunda, de manera perpendicular a la orilla de la laguna arrecifal. Los datos de cobertura bentónica se muestran en la hoja “cobertura bentónica por zona” del mismo archivo. De acuerdo con estos datos de los videotransectos las especies de coral más frecuentemente encontradas fueron: *Colpophyllia natans* (19 de 28 videotransectos), *Montastrea cavernosa* (15), *Diploria strigosa* (14), *Diploria clivosa* (13), *Siderastrea radians* (12), *S. siderea* (12) y *Montastrea flaveolata* (11). El componente no coralino más abundante fue el tapete algal. En la hoja de calculo los nombres son los mismos que en la hoja previa y además, la “zona” se refiere a la ubicación del arrecife respecto al embate de las olas; sotavento se refiere a la zona protegida y barolovento a la zona expuesta. La cobertura coralina está expresado en porcentaje del total de elementos identificados en los videotransectos. Las columnas con los intervalos de profundidad indican en que profundidades se encontraron los elementos del videotransecto.

En cuanto a la zonación, en la tabla 1 se muestran los grupos más representativos y su presencia o ausencia en las distintas profundidades. Como puede verse, los tapetes algales siempre tuvieron porcentajes altos de presencia en todos los arrecifes a todas las profundidades; otro grupo representativo fueron las algas coralinas, aunque su presencia disminuyo hacia las profundidades mayores. Los corales mostraron presencia en todas las profundidades aunque hubo una mayor riqueza en profundidades someras.

Tabla 1. Porcentaje de presencia de componentes bentónicos en los arrecifes estudiados a cada intervalo de profundidad. En rojo se señalan los valores mayores o iguales al 10% y en azul los mayores a 5% pero menores a 10.

Componentes	Intervalos de profundidad (m)							
	0-3	>3-6	>6-9	>9-12	>12-15	>15-18	>18-21	>21-24
<i>Acropora cervicornis</i>	0.7		0.4				5.0	
<i>Acropora palmata</i>	0.7	0.8	1.1	1.1			5.0	2.6
<i>Acropora prolifera</i>			0.4					
<i>Agaricia agaricites</i>		0.4	0.4		0.9			
<i>Agaricia lamarcki</i>			0.4			1.3		5.1
Alga calcárea	3.5	4.2	4.4	4.9	7.5	3.8		2.6
Alga no identificada	1.4	0.8	1.5	1.6	1.9	5.1		5.1
Algas coralinas	7.0	8.1	7.6	8.1	14.0	9.0	5.0	5.1
Anémonas	2.1	1.2	0.7	1.6	0.9	1.3		
Arena	4.9	3.8	4.4	2.7	1.9	5.1	5.0	7.7
Arena y coral muerto	4.2	4.2	4.4	4.3	1.9	1.3		7.7
<i>Ascidia nigra</i>	0.7	0.4						
Cascajo de coral	4.2	3.8	3.3	4.3	2.8	1.3		
<i>Colpophyllia breviserialis</i>		0.4	0.4	0.5	0.9	0.0		
<i>Colpophyllia natans</i>	3.5	4.2	3.3	5.9	7.5	3.8	5.0	
Componente no id.	2.8	4.2	4.4	5.9	4.7	6.4	5.0	7.7
Coral muerto	7.0	5.8	5.8	8.1	8.4	9.0	5.0	7.7
<i>Diadema antillarum</i>		0.4						2.6
<i>Dictyota sp</i>	1.4	1.2	0.4	1.6	0.9	2.6		
<i>Diploria clivosa</i>	2.1	1.9	3.6	2.7	0.9			
<i>Diploria strigosa</i>	2.8	2.7	3.3	2.2		1.3		2.6
Equinometra	7.0	4.6	4.4	2.7	2.8			
<i>Erithropodium caribaeorum</i>	2.8	3.5	3.3	0.5				
Escleractinio no identificado		0.4						
Esponja globular	3.5	2.7	3.6	2.7	0.9	2.6	5.0	2.6
Esponja incrustante	4.2	6.5	5.5	6.5	2.8	3.8	5.0	5.1
Esponja tubular	2.1	3.8	4.4	3.2	1.9	1.3		
<i>Galaxaura sp</i>		0.4	0.4	0.5	0.9	1.3		
<i>Halimeda opuntia</i>	1.4	0.4	1.1	1.1		2.6		
<i>Halimeda sp</i>						1.3		

Tabla 1. Continuación...

Componentes	0-3	>3-6	>6-9	>9-12	>12-15	>15-18	>18-21	>21-24
Hidroide			0.4					
Holoturoideo		0.4						
<i>Lobophora variegata</i>			0.7	1.1	2.8			
Macroalgas	3.5	1.5	2.2	1.6		2.6	5.0	2.6
<i>Madrasis decactis</i>		0.8	0.7	1.1			5.0	2.6
<i>Millepora alcicornis</i>	2.8	1.2	0.4				5.0	
<i>Millepora sp</i>		0.4						
<i>Montastrea annularis</i>	2.1	1.2	1.1	1.1		1.3		2.6
<i>Montastrea cavernosa</i>	2.1	2.7	2.5	3.2	3.7	5.1		2.6
<i>Montastrea faveolata</i>	1.4	0.8	1.5	2.7	2.8	3.8	5.0	2.6
<i>Montastrea franksi</i>			0.7	0.5	0.9	1.3		
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	0.7							
<i>Oculina diffusa</i>	1.4	0.8	1.1	1.1				
<i>Oculina varicosa</i>		1.5	0.7					2.6
<i>Palythoa caribaeorum</i>	1.4	0.8						
Plexaurella			0.4					
Polichaeta		1.5	0.7					
<i>Porites astreoides</i>	1.4	1.9	1.5	0.5	2.8	1.3		2.6
<i>Siderastrea radians</i>	0.7	2.3	1.8	2.2	2.8	2.6	5.0	2.6
<i>Siderastrea siderea</i>	2.1	1.2	1.1	2.7	5.6	3.8	10.0	2.6
<i>Stephanocoenia michelinii</i>		0.4				1.3		2.6
<i>Stylaster roseus</i>			0.4					
Tapete algal	9.2	9.2	9.5	9.2	14.0	12.8	20.0	10.3
<i>Trididemum solidum</i>	0.7		0.4					
<i>Tripneustes ventricosus</i>		0.4						
<i>Zoanthus pulchellus</i>		0.4						

Sedimentación

Se construyeron 16 trampas iguales a la de la figura 5.

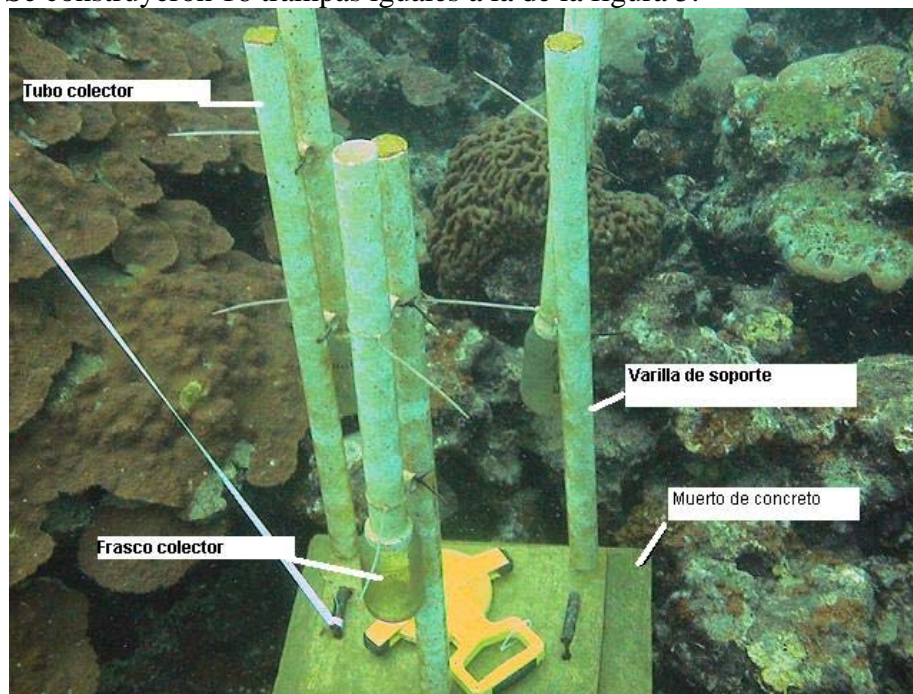


Figura 5. Diseño de las trampas de sedimento.

Estas trampas se colocaron en los sitios elegidos previamente y para su colocación se contó con la supervisión de personal de la Dirección del Parque Nacional Sistema

Arrecifal Veracruzano perteneciente a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Los valores de las tasas de sedimentación se proporcionan en la hoja llamada “tasas de sedimentación” del archivo “Base de datos final DM002.xlsx”. Cabe mencionar que en este archivo de Excel se encuentran todos los datos del proyecto.

Tras analizar los datos de sedimentación se pudo observar que existe un ciclo en las tasas de sedimentación. Las menores tasas se observaron durante la temporada de secas, las cuales se empiezan a incrementar durante la temporada de lluvias y alcanzan los valores máximos en la temporada de nortes (figura 6).

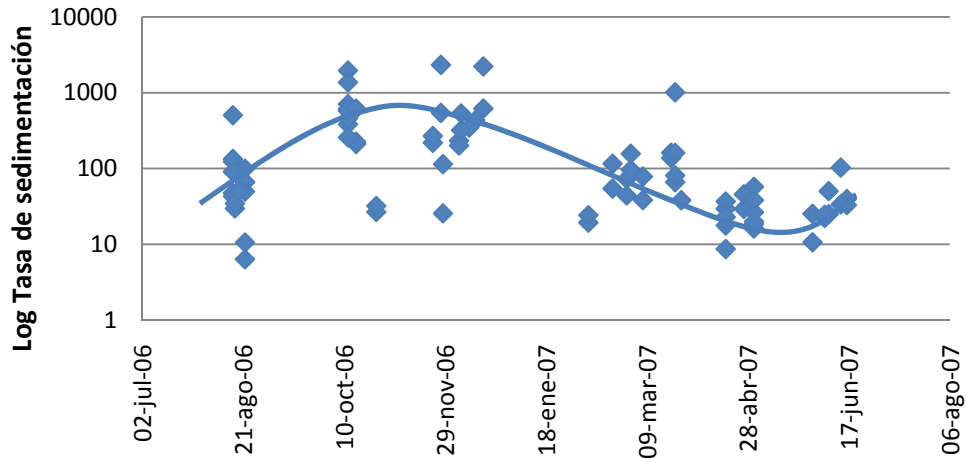


Figura 6. Valores de las tasas de sedimentación (gr peso seco m⁻² día⁻¹) en los arrecifes estudiados. Se muestra la fecha de inicio de colecta.

No se observa un patrón general de una menor sedimentación en la zona somera como habíamos supuesto, aunque por arrecife, con excepción de Santiaguillo todos los arrecifes mantienen un patrón consistente con ellos mismos; esto es, los arrecifes de Sacrificios barlovento y Anegada de adentro mostraron una mayor sedimentación en las trampas de la zona somera en tanto el resto de los arrecifes mostró una mayor sedimentación en la zona profunda para cada temporada (Fig. 7).

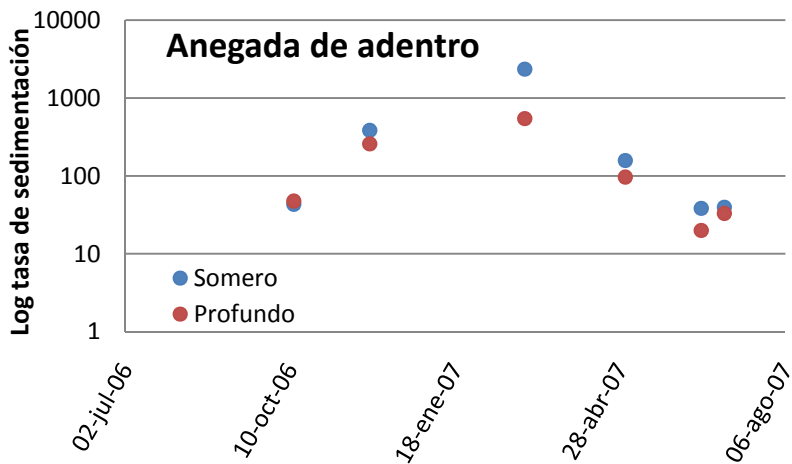


Figura 7. Tasas de sedimentación por arrecife y profundidad en cada fecha de colocación de los colectores en las trampas de sedimento.

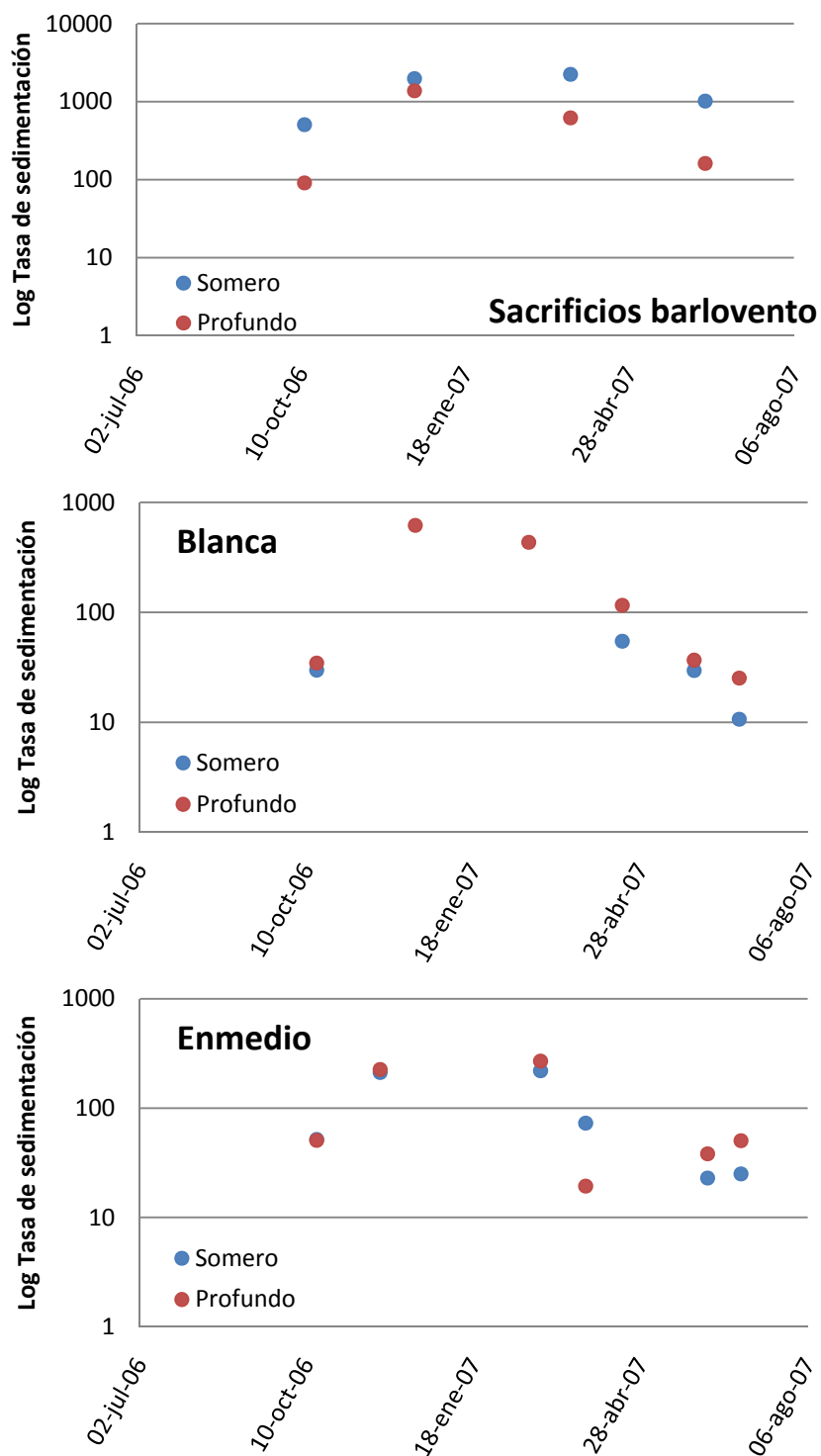


Figura 7. ... continuación. Tasas de sedimentación por arrecife y profundidad en cada fecha de colocación de los colectores en las trampas de sedimento.

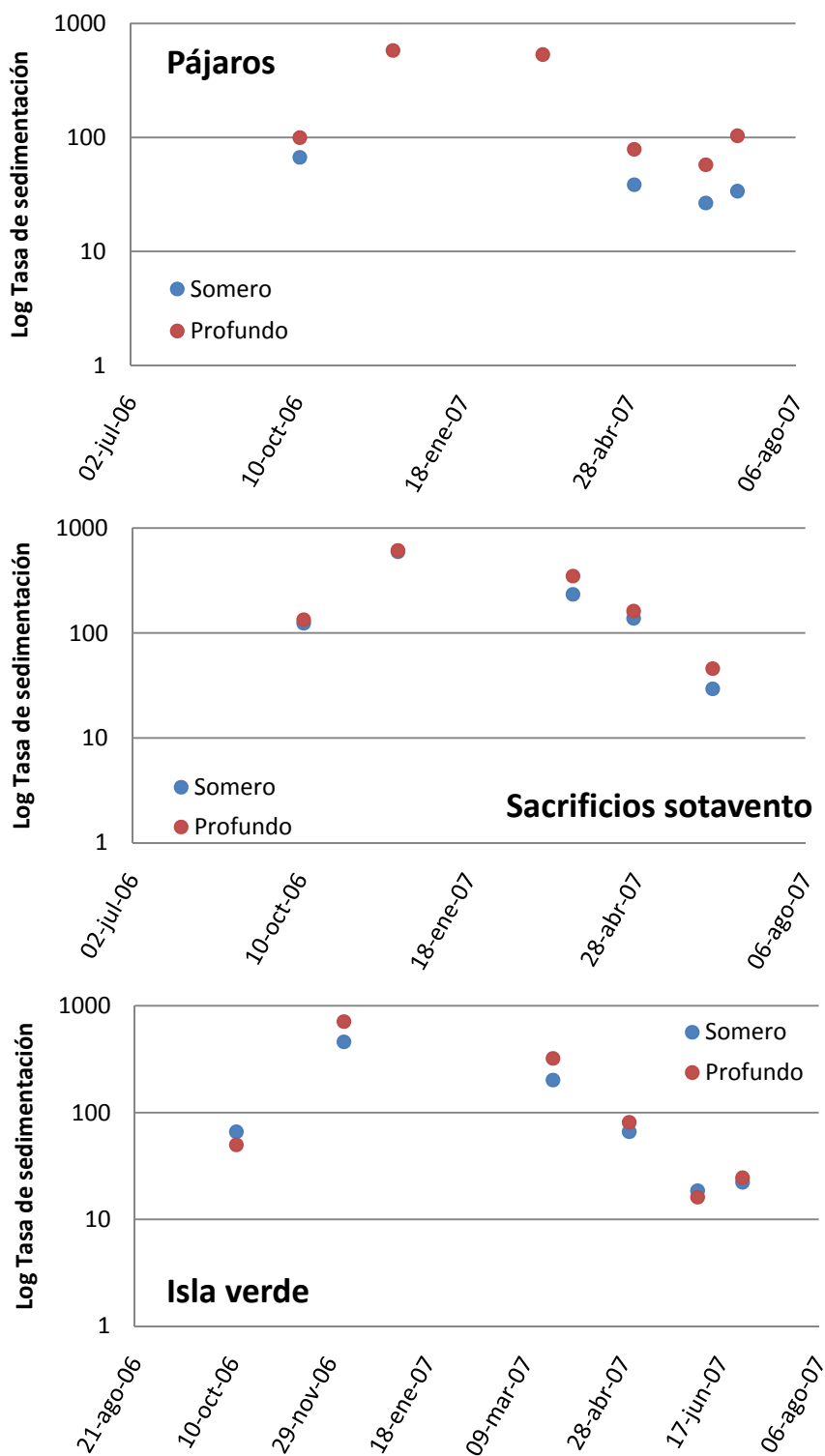


Figura 7. ... continuación. Tasas de sedimentación por arrecife y profundidad en cada fecha de colocación de los colectores en las trampas de sedimento.

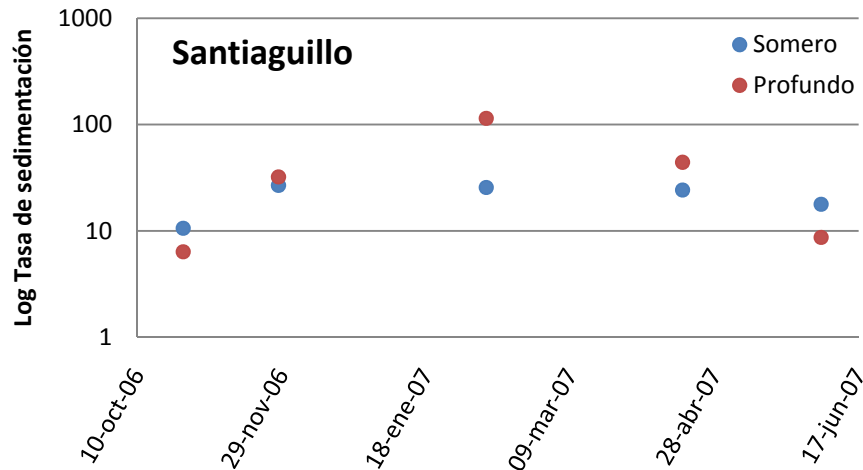


Figura 7. ... continuación. Tasas de sedimentación por arrecife y profundidad en cada fecha de colocación de los colectores en las trampas de sedimento.

Nótese que hubo que usar una escala logarítmica para mostrar los valores de sedimentación pues la diferencia entre el menor y el mayor valor es de dos órdenes de magnitud.

Aquí cabe señalar que hubo temporadas en las que en algunos arrecifes no se pudo obtener sedimento porque debido a las fuertes corrientes o a las redes de los pescadores algunas trampas eran destruidas. Esto pasó de manera especial en las trampas someras de Blanca y Pájaros.

Parámetros físico-químicos

Se obtuvieron las mediciones correspondientes a los puntos donde se colocaron los muertos y a las dos profundidades manejadas en cada punto. Los valores promedio para cada profundidad en cada arrecife en cada una de las fechas se muestran en la hoja “parámetros físico-químicos” del archivo “Base de datos final DM002.xlsx”. Como se mencionó en un oficio enviado a la CONABIO, la sonda multiparámetro con la cual se realizaba la toma de datos tuvo un problema y dejó de funcionar por lo que los datos de esa temporada fueron cubiertos con un mini CTD. En la hoja correspondiente a los datos del mini CTD podrá verse que la temperatura no tiene datos de varianza ni desviación estándar ya que por un error en la configuración de la computadora en la que se bajaban los datos del mini CTD los valores aparecían con una escala diferente. Lamentablemente los datos originales se perdieron pues la computadora del proyecto tuvo un error grave del sistema y al momento de escribir el presente reporte no ha sido posible recuperar la información. Solo pudieron obtenerse los valores de las medias, siendo imposible recalculer los valores de varianza y desviación estándar.

La figura 8 muestra los valores de temperatura; en ella puede verse una disminución desde el inicio del estudio hasta el mes de febrero y después un incremento hasta casi alcanzar los valores del mes de agosto. El mes de junio fue particular ya que los datos mostraron una gran dispersión, básicamente debido a la formación de una termoclina, en donde en la parte profunda se obtenían datos de aguas frías en tanto las aguas superficiales presentaban temperaturas elevadas (Figura 9).

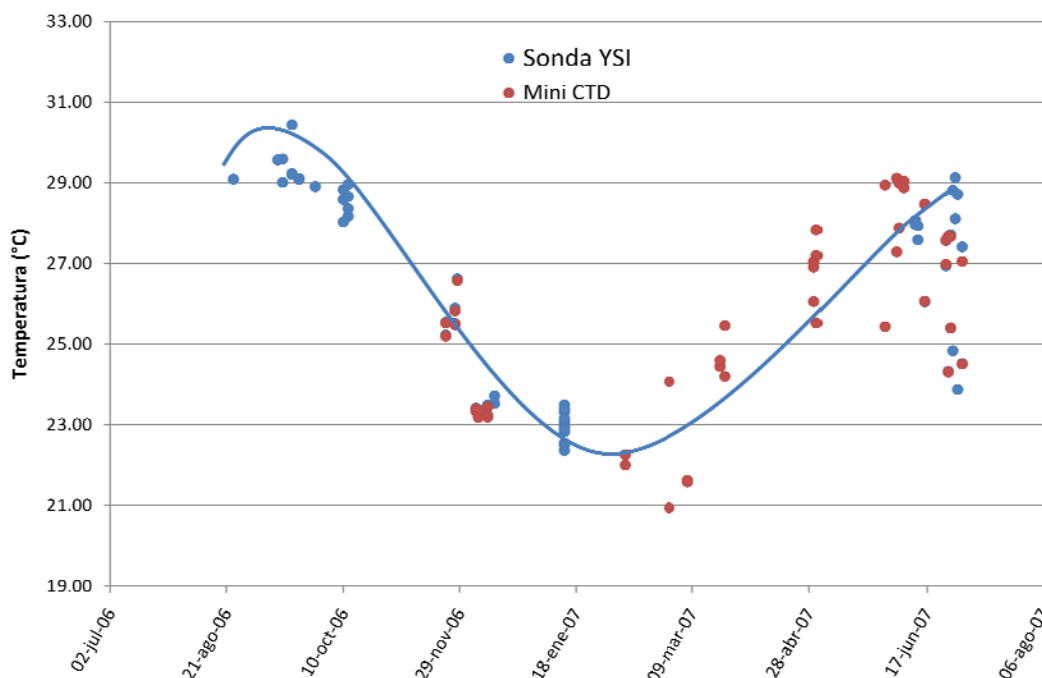


Figura 8. Valores promedio de la temperatura en los sitios de estudio. Los círculos azules muestran temperaturas tomadas con la sonda YSI y los marrón los valores obtenidos con el mini CTD.

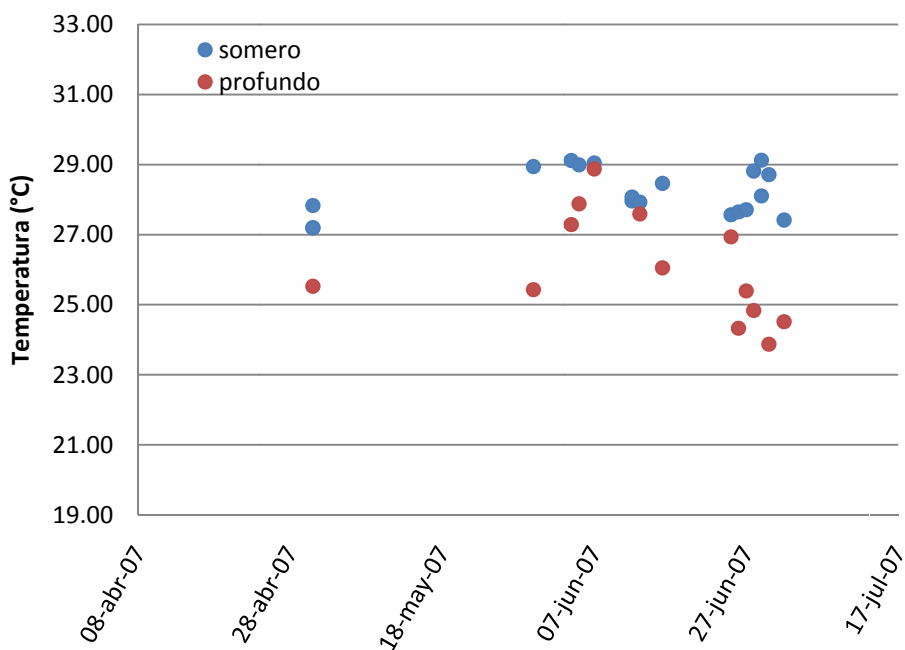


Figura 9. Valores promedio de las temperaturas de abril a julio. Nótese que los valores son mayores en las zonas someras.

Con respecto a la salinidad, no se encontró ningún patrón claro, ya que mientras con la sonda YSI se obtuvo una tendencia ligeramente hacia el incremento durante el periodo de estudio, con el mini CTD se obtuvo una tendencia a disminuir (figura 10). En ambos casos se tuvieron que eliminar valores extremos, pues estaban fuera del rango lógico.

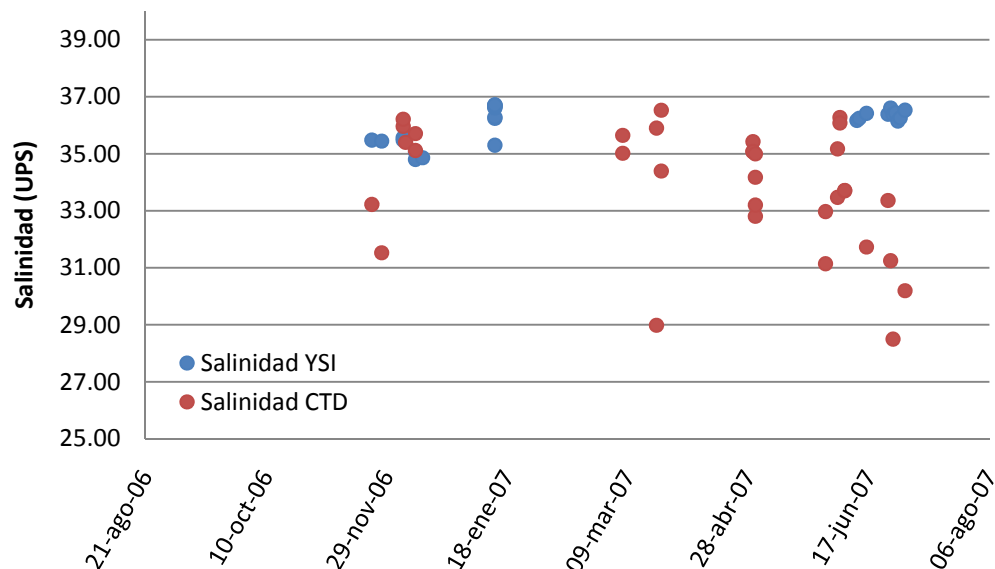


Figura 10. Valores de salinidad a lo largo del tiempo.

Además de la temperatura y la salinidad se midieron los parámetros señalados en la tabla 2. En la tabla se señalan también las columnas (variables) y su significado.

Tabla 2. Nombres y descripciones de las variables (columnas) que aparecen en la hoja de medición de variables fisico-químicas. * son las mediciones hechas mediante la sonda multiparámetros YSI.

Nombre	Descripción
No. muestreo	Se refiere a las campañas de muestreo.
Nombre de localidad	Se señala el nombre del arrecife en donde se tomaron los datos.
Fecha	Es la fecha en que fueron tomados los datos.
Hora inicial y final	Hora de inicio y fin de la toma de datos.
n	Número de datos tomados
Nivel profundidad	Se utiliza un 1 para mediciones someras y 2 para profundas, según la ubicación de las trampas de sedimento.
Profundidad (m)*	Es la profundidad de la toma de datos expresada en metros. Para todas las variables se calculó la media, desviación estándar y varianza.
Temperatura (°C)*	Es la temperatura a la profundidad correspondiente expresada en grados Celsius.
Salinidad (UPS)*	Es la salinidad a la profundidad correspondiente expresada en Unidades Prácticas de Salinidad.
Oxígeno disuelto (mg/L)*	Concentración de oxígeno disuelto expresado en mg de Oxígeno por litro de agua.
pH	Potencial Hidrógeno.
Turbidez (NTU)*	Medición de la turbidez a la profundidad correspondiente expresada en Unidades Nefrométricas de Turbidez.
Visibilidad Obs. Directa	Medición de la visibilidad a la profundidad correspondiente expresada en metros de visibilidad. Esta medición se realizó de manera directa en el campo.

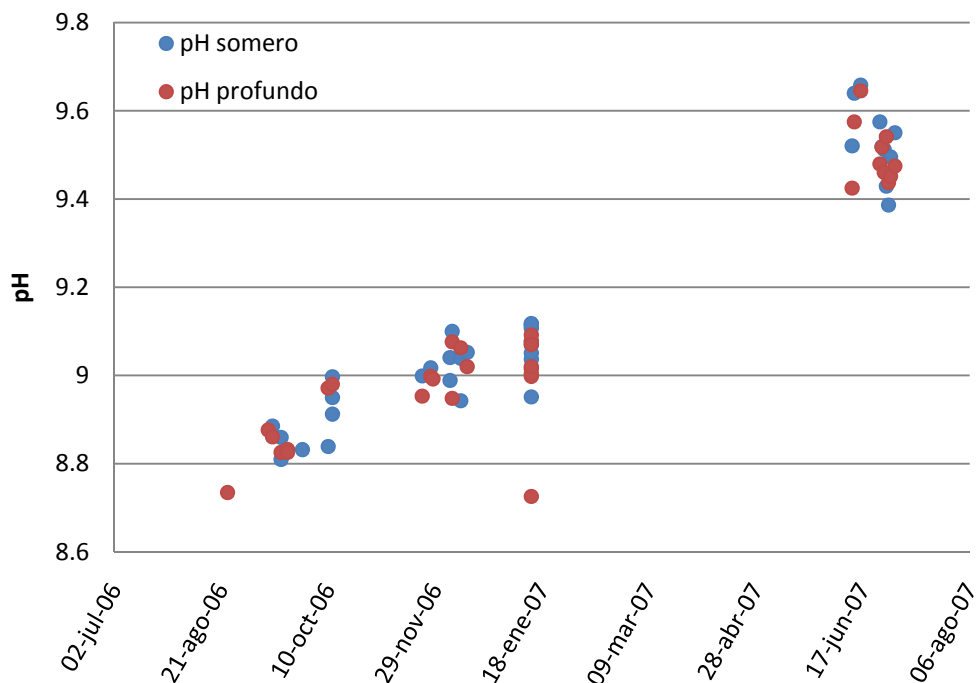


Figura 11. Valores de pH en los arrecifes estudiados según la profundidad a lo largo del tiempo.

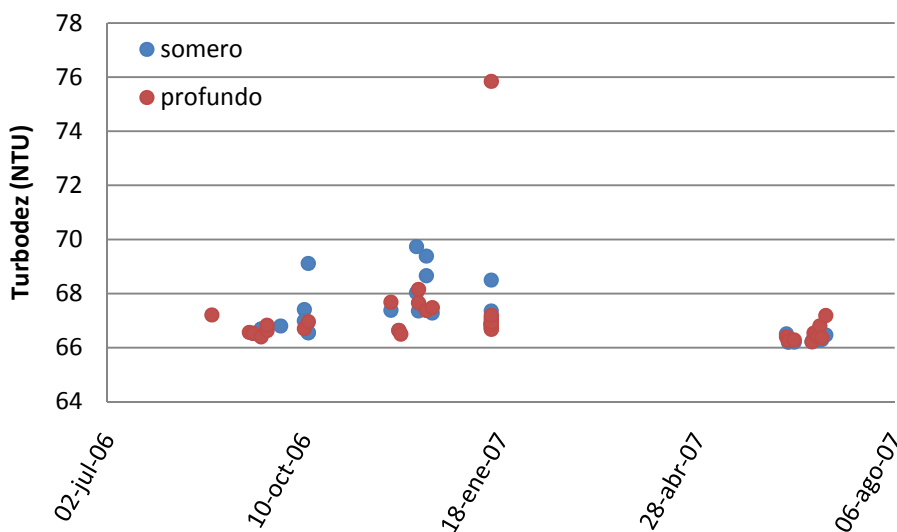


Figura 12. Valores de Turbidez en los arrecifes estudiados según la fecha y la profundidad.

Las figuras 11 y 12 muestran los valores de pH y turbidez respectivamente; en ella se puede observar que los valores de pH se incrementan. No se observa una diferencia clara entre niveles de profundidad. La turbidez muestra los valores similares durante todo el año aunque hay sitios con valores más altos durante la temporada de nortes. Estos valores coinciden con los de visibilidad, observados de manera directa durante los censos (fig. 13). A mayor turbidez hay una menor visibilidad aunque la relación no es lineal sino potencial negativa.

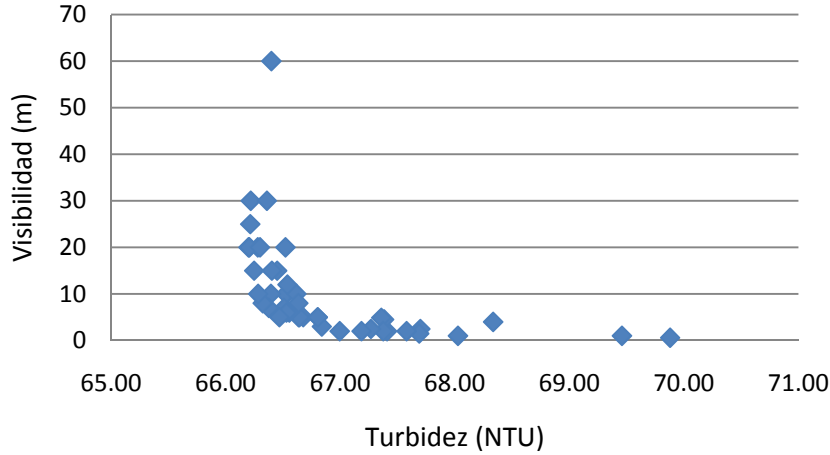


Figura 13. Relación entre la turbidez medida con la sonda YSI y la visibilidad, medida por observación directa.

Los valores de Oxígeno disuelto estuvieron muy disparados por lo que no se incluye su gráfica aunque se incluyen en la base de datos de Excel.

Caracterización coralina

Estimación de composición y abundancia

Se revisaron un total de 16400 puntos sobre las fotografías obtenidas de los videotransectos. Se tomaron 20 fotos por cada transecto. Dado que se hicieron 5 transectos a cada profundidad se tienen 100 fotos por profundidad en cada arrecife y 1000 puntos analizados sobre las fotos. Se registraron un total de 56 componentes bentónicos, de los cuales los más abundantes fueron los tapetes algales (26% del total), la arena (17%) y coral muerto (13.6%). Los corales más abundantes fueron *Montastrea cavernosa* (4.5%), *Montastrea annularis* (4.3%) y *Colpophyllia natans* (3.7%).

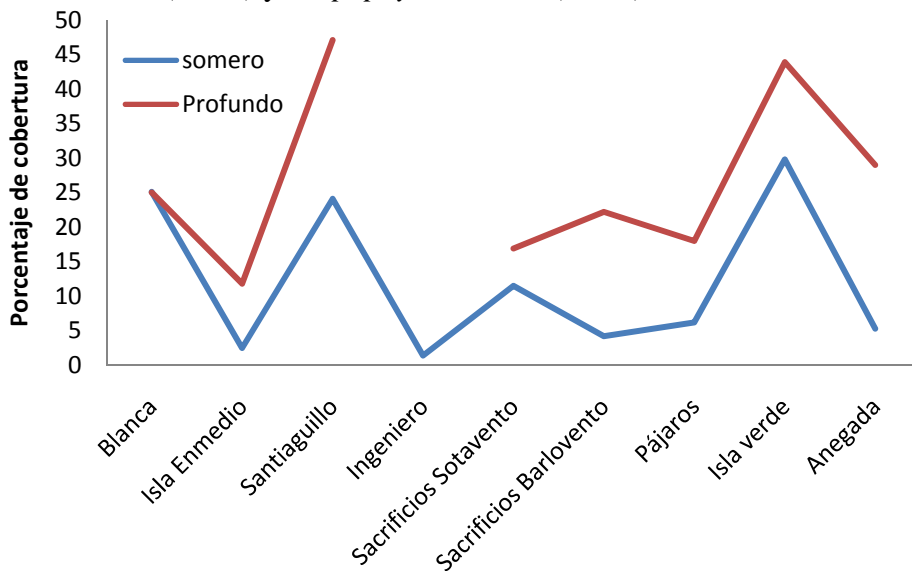


Figura 14. Valores de cobertura coralina por arrecife y por profundidad.

Al analizar los arrecifes por separado se observó que algunos presentaron coberturas coralinas con valores de hasta 47%, en tanto otros presentaron menos de 2%. En la figura 14 se puede ver que siempre la zona profunda tuvo una mayor cobertura coralina y que los arrecifes con mayor cobertura fueron Santiaguillo en la zona sur y Verde en la zona norte.

Los resultados se encuentran en la hoja de Excel llamada “caracterización bentónica” en el archivo “base de datos final DM002.xlsx”. En la tabla 3 se explican los nombres de las variables en esa hoja.

Tabla 3. Descripción de las variables de la hoja de cálculo de la caracterización bentónica.

Nombre de columna	Descripción
Componentes	Es el nombre del organismo u objeto que queda sobre cada uno de los puntos aleatorios generados en las fotografías.
Lugar	Es el nombre del arrecife en donde se hizo el estudio.
Profundidad	La profundidad del transecto
Transecto	Dado que en cada profundidad se realizaron 5 transectos esta columna indica en cual de ellos fueron tomadas las fotografías.
Fecha	La fecha de realización del transecto

Enfermedades y blanqueamiento

Se registraron ocho enfermedades: banda amarilla, banda negra, banda blanca, mancha morada, mancha oscura, plaga blanca y blanqueamiento. El blanqueamiento se incluyó como enfermedad aunque no necesariamente puede serlo. La de mayor frecuencia fue la plaga blanca y la de menor frecuencia fue la banda blanca y las manchas moradas. La tabla 4 explica los campos de la hoja de Excel “enfermedades” en la cual se encuentran los datos. Esta hoja se encuentra dentro del archivo “Base de datos final DM002.xlsx”.

Tabla 4. Descripción de los campos de la hoja con los datos de enfermedades en corales.

Nombre de columna	Descripción
Localidad	Se refiere al sitio en donde se hizo el estudio. La ubicación geográfica es la misma que en la de la hoja de fisicoquímicos.
Fecha	Es la fecha de realización del estudio.
Prof	Profundidad del transecto
Nº transecto	Dado que a cada profundidad se realizaron 5 transectos, se señala a cual de ellos corresponde el dato de enfermedad.
Enfermedad	Es el nombre de la enfermedad registrada.
Especies	El nombre del coral enfermo.
Diametro mayor	El diámetro máximo del coral enfermo.
Diametro menor	El diámetro mínimo del coral enfermo.
Altura	La altura del coral enfermo.
% de daño	Porcentaje de cobertura de la enfermedad respecto al tamaño total de la colonia.

La distribución de enfermedades por arrecife se muestra en la figura 15 y 16. Puede verse que el arrecife con mayor numero de colonias enfermas fue Santiaguillo seguido de

Pájaros, ya sea sin considerar (figura 15) o considerando el blanqueamiento (figura 16). En general el patrón se mantiene con o sin el blanqueamiento.

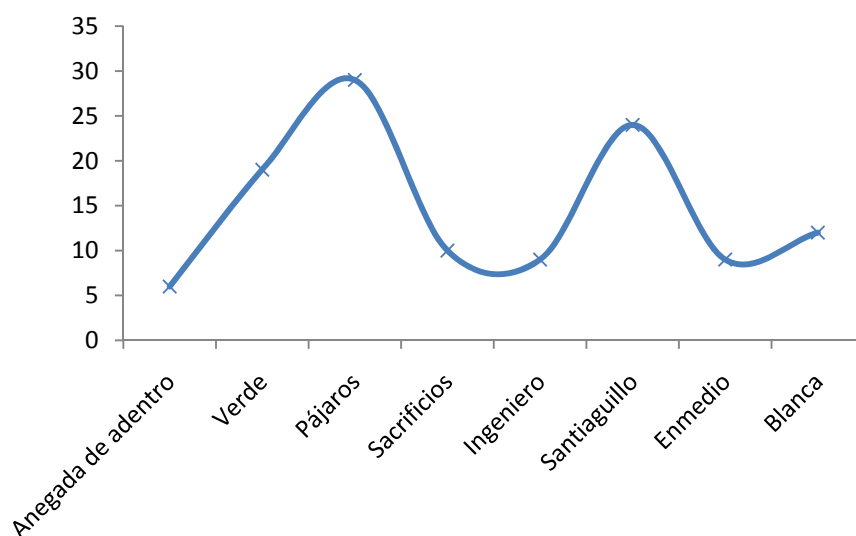


Figura 15. Número de colonias enfermas por arrecife sin considerar el blanqueamiento.

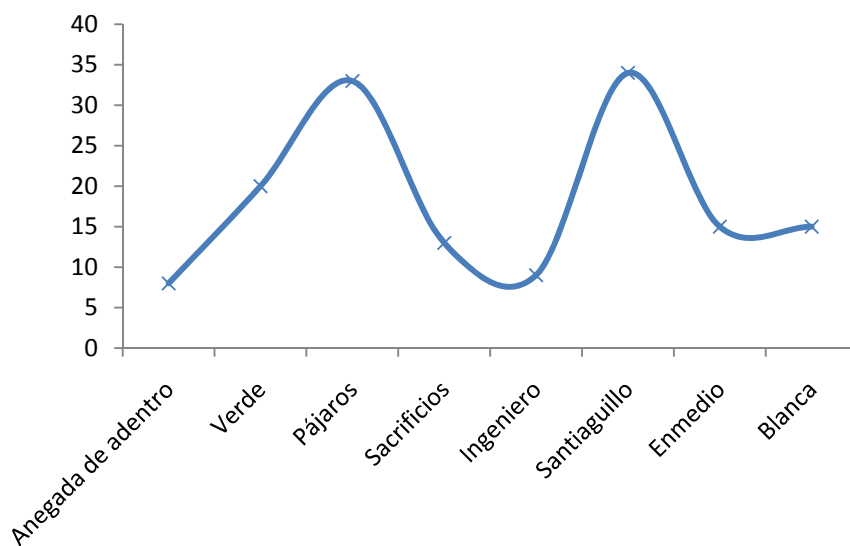


Figura 16. Número de colonias enfermas por arrecife considerando el blanqueamiento.

Al analizarlas por profundidad se pudo observar que en general el número de colonias enfermas fue mayor en la zona profunda que en la zona somera, pero esto presentó algunas excepciones.

Al analizar el número de colonias enfermas por época del año se observa que el mayor número se obtuvo al final de la temporada de lluvias que coincide con la época cálida del agua (figura 17).

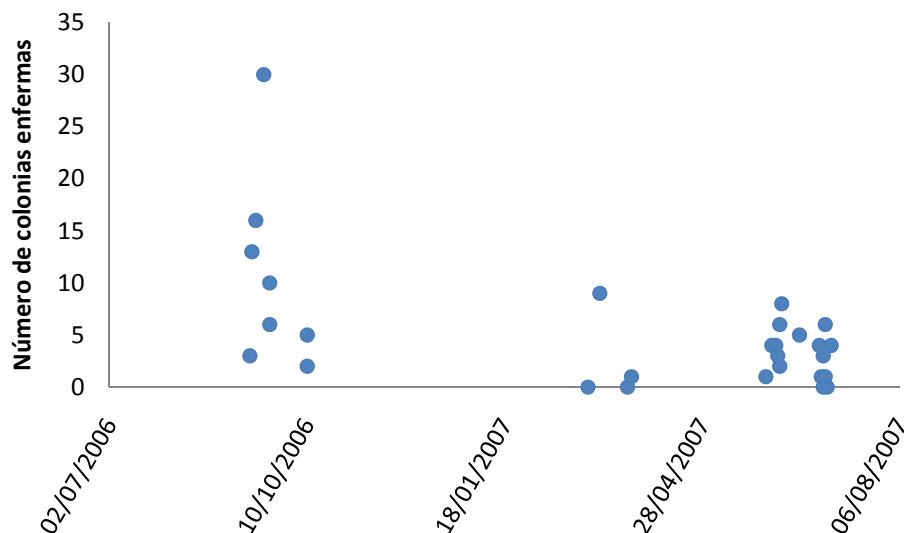


Figura 17. Número de colonias enfermas por arrecife según la época del año.

En la tabla 5 se muestran las especies de corales y las enfermedades que presentaron.

Tabla 5. Corales y enfermedades que les afectaron. Puede observarse que las especies del género *Siderastrea* fueron las que presentaron el mayor número de enfermedades.

Especies	Enfermedad
<i>Acropora cervicornis</i>	Blanqueamiento
<i>Agaricia lamarcki</i>	Plaga blanca
<i>Agaricia agaricites</i>	Plaga blanca
<i>Colpophyllia natans</i>	Banda amarilla, Blanqueamiento, Plaga blanca
<i>Diploria clivosa</i>	Blanqueamiento, Plaga Blanca
<i>Diploria strigosa</i>	Banda amarilla, Blanqueamiento, Plaga blanca
<i>Montastrea annularis</i>	Plaga Blanca
<i>Montastrea cavernosa</i>	Banda Blanca, Blanqueamiento, Plaga blanca
<i>Montastrea flaveolata</i>	Banda amarilla, Blanqueamiento, Plaga blanca, Mancha oscura
<i>Oculina diffusa</i>	Blanqueamiento
<i>Oculina sp.</i>	Plaga blanca
<i>Siderastrea radians</i>	Banda Blanca, Blanqueamiento, Plaga blanca, Banda Negra, Mancha oscura, Manchas moradas
<i>Siderastrea siderea</i>	Banda negra, Blanqueamiento, Plaga blanca, Mancha oscura, Manchas moradas
<i>Stephanochoenia michelini</i>	Plaga blanca

Reclutamiento coralino

Se registró un total de 648 organismos menores a 2 cm de diámetro con la metodología empleada. Se registraron 14 especies, aunque cabe aclarar que debido al tamaño algunas no fue posible llegar a nivel de especie y solo quedaron a género. Los

arrecifes con el mayor número de especies fueron Verde y Blanca, en tanto Ingeniero solo presentó una especie.

Al hacer un análisis de número de colonias por arrecife y por profundidad se pudo ver que no existe un patrón por profundidad, y más bien algunos arrecifes presentan valores altos o bajos en ambas profundidades (Fig. 18). Los arrecifes con el mayor número de colonias fue Blanca, seguido de Verde y Santiaguillo; en contraste los arrecifes con menor número de reclutas fueron Ingenieros y Enmedio.

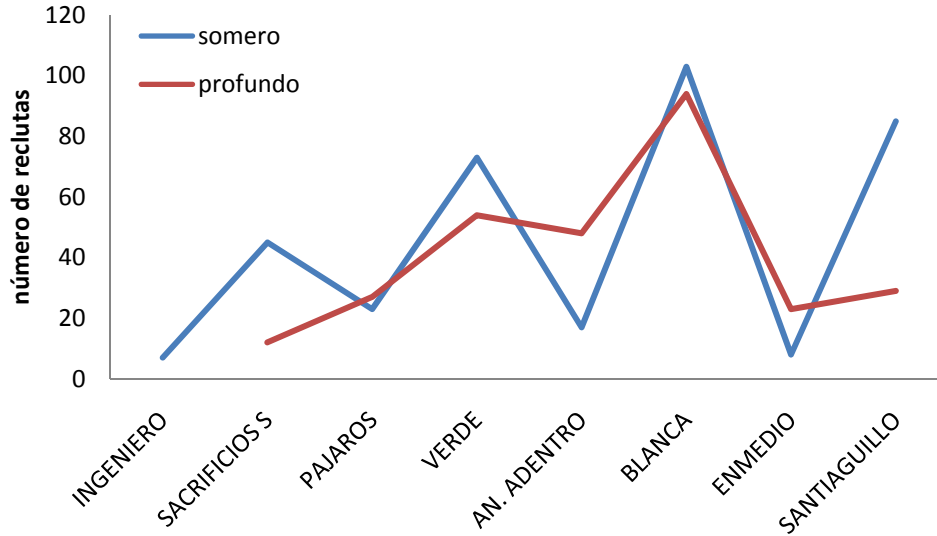


Figura 18. Número de reclutas totales por arrecife y profundidad.

Las especies con el mayor número de reclutas fueron *Agaricia* spp. y *Siderastrea* spp., entre ambas representan más del 50% del número total de reclutas registrados. *Montastrea cavernosa*, *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans* que tuvieron el mayor porcentaje de cobertura coralina tienen reclutas con porcentajes menores al 4% (fig. 19).

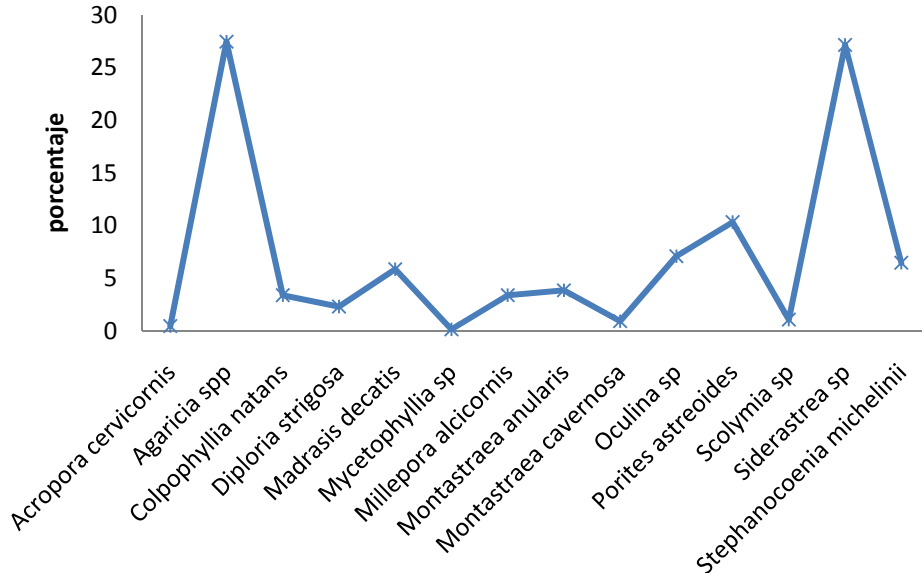


Figura 19. Porcentaje de reclutas de corales por especie o género.

Caracterización ictiológica

Riqueza y densidad

Se registraron un total de 82087 organismos, pertenecientes a 109 especies y 31 familias. Pomacentridae, Serranidae, Haemulidae y Scaridae fueron las familias con un mayor número de especies (13, 12, 9 y 8, respectivamente). *Coryphopterus personatus/hyalinus*, es la especie dominante, su abundancia representa el 49% de la abundancia total, le siguen en orden de abundancia *Chromis multilineata*, *Halichoeres bathyphilus* (12 y 8% respectivamente) son las únicas especies que presentan una abundancia mayor al 5% de toda la base de datos; en conjunto sus abundancias representan casi el 70% de la abundancia total.

El número promedio de individuos por censo (2*10 m) fue de 185, con un máximo de 1807 y un mínimo de 0. El número promedio de especies por transecto fue de 11, con un máximo de 26 y un mínimo de 0. Dado que la turbidez afecta el número de individuos avistados se graficó el número de individuos con relación a la visibilidad en cada sitio (figura 20), puede verse que hasta cierta visibilidad esta si afecta al número de especies, después de lo cual parece ya no tener mucho efecto. Para el caso de la riqueza de especies el efecto parece ser menor, ya que solo a visibilidades muy bajas se nota un número bajo de especies (figura 21).

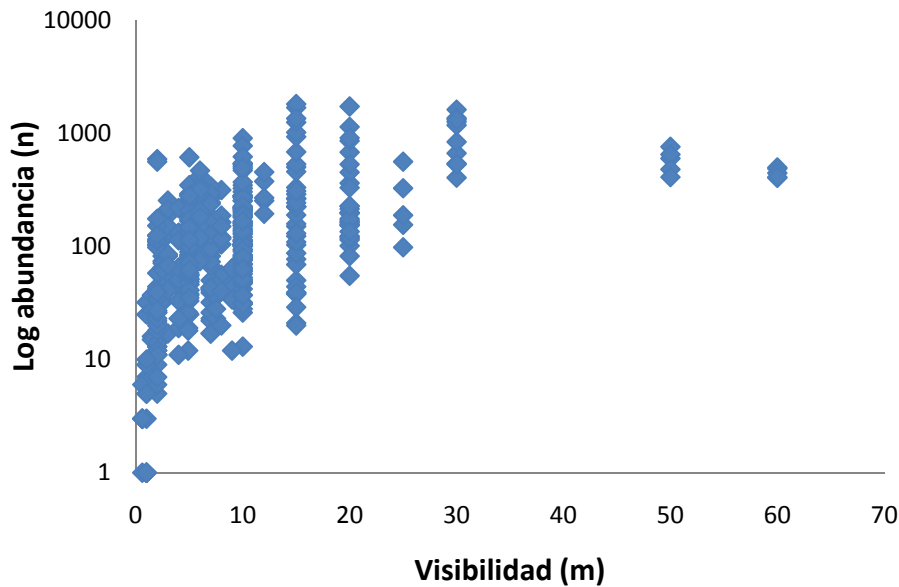


Figura 20. Número de organismos registrados en función de la visibilidad durante el buceo.

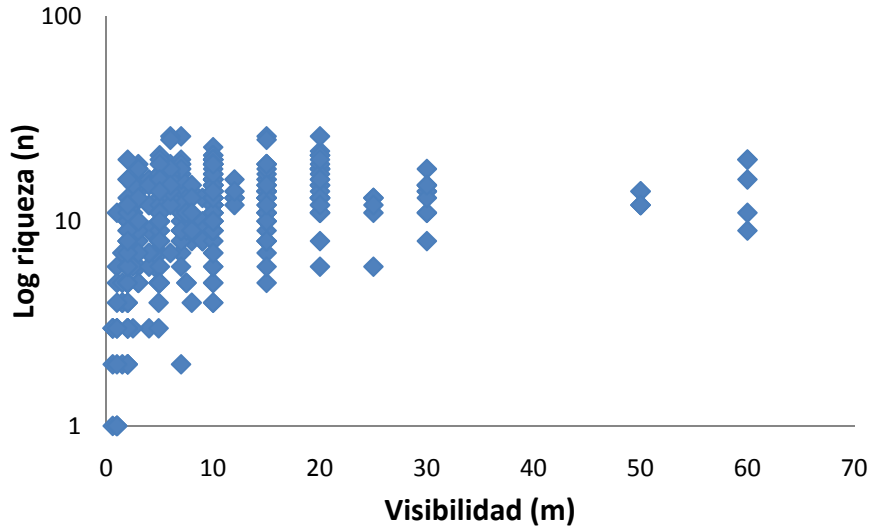


Figura 21. Número de especies registradas en función de la visibilidad durante el buceo.

Al graficar el número de organismos promedio por arrecife (densidad dado que nuestra unidad de muestreo es la misma) se puede observar que con excepción de sacrificios, la abundancia de peces fue mayor en los arrecifes profundos (fig. 22). También puede observarse que los arrecifes más alejados de la costa son los que presentaron las mayores abundancias de peces, la cual disminuyó hacia la zona costera. No se observa una diferencia entre los arrecifes del norte y los del sur, aunque los arrecifes con los mayores valores de abundancia fueron los del norte. En cuanto a la riqueza de especies el patrón no fue tan claro, y en tres de los ocho arrecifes la riqueza fue mayor en la zona somera que en la zona profunda. El patrón de mayor o menor número de especies respecto a la línea de costa fue menos claro, aunque en general en los censos someros se observa que el número de especies disminuye conforme se aproxima a la línea de costa, con excepción de sacrificios, que muestra un número elevado de especies (Fig. 23).

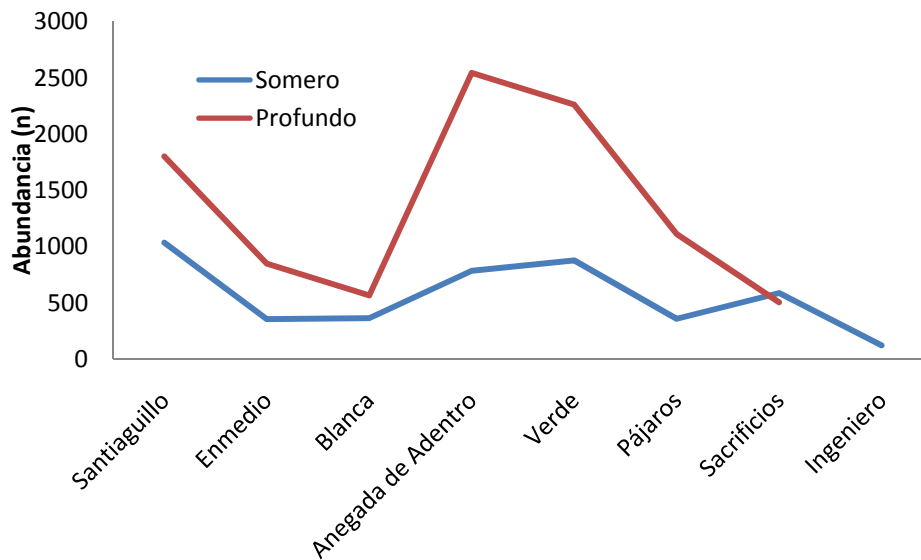


Figura 22. Abundancia promedio de organismos por arrecife y en cada profundidad.

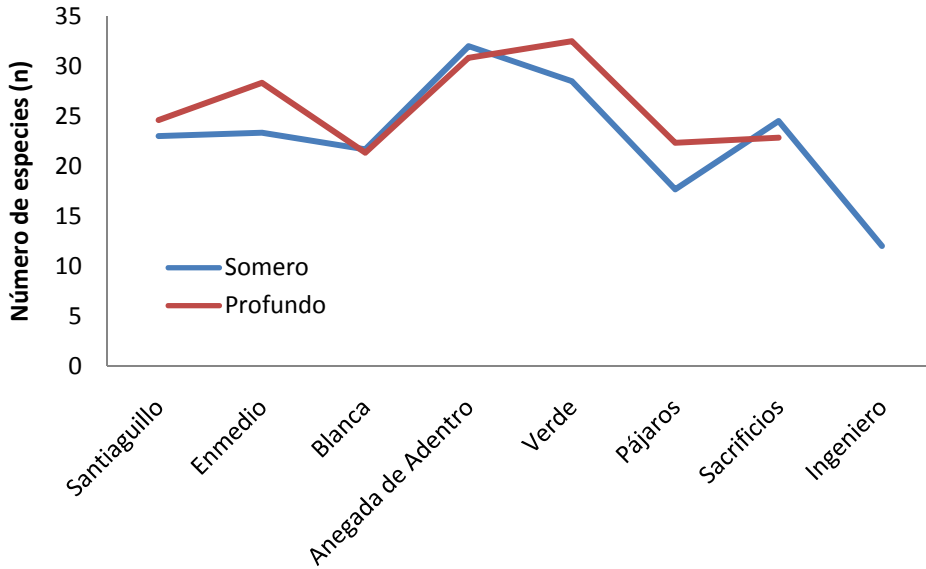


Figura 23. Riqueza promedio de especies por arrecife a las distintas profundidades.

Al observar el comportamiento de la abundancia por arrecife y profundidad a través de tiempo se observa que existe una disminución en los meses de nortes aunque el patrón por niveles de profundidad no es claro (Fig. 24).

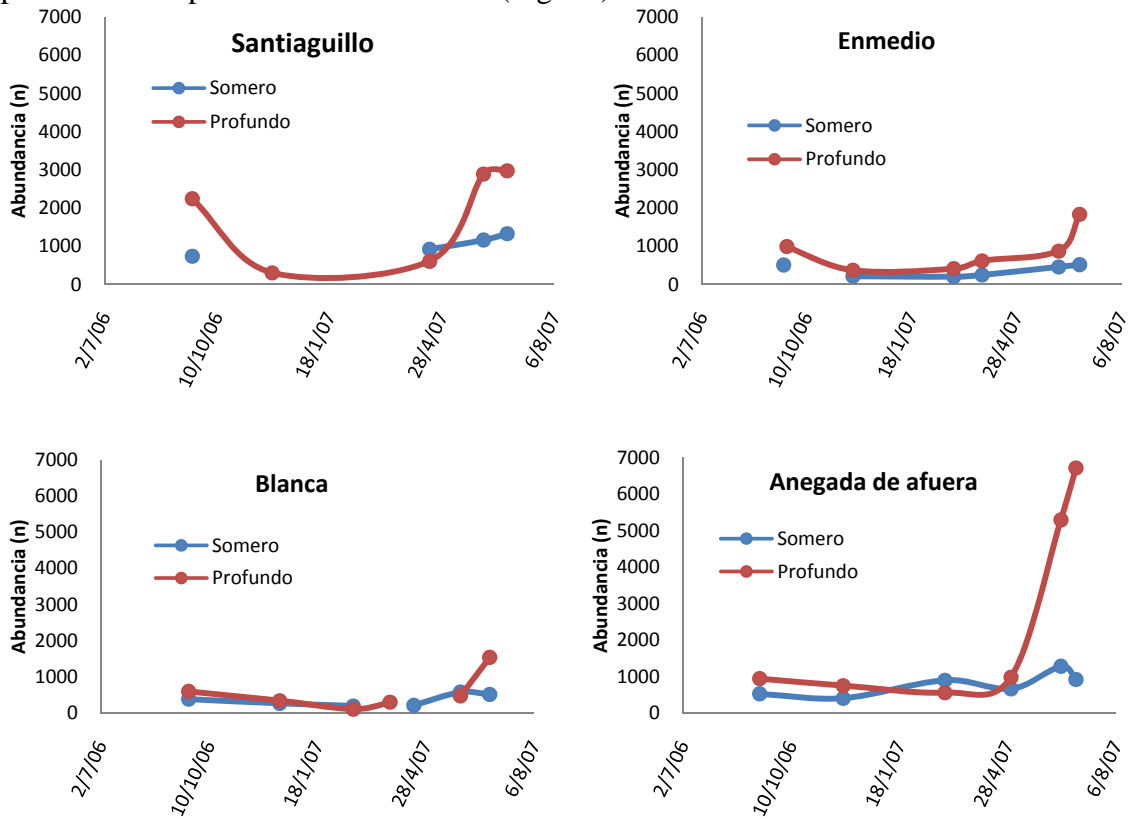


Figura 24. Número de organismos por arrecife, por fecha y por nivel de profundidad en los arrecifes estudiados.

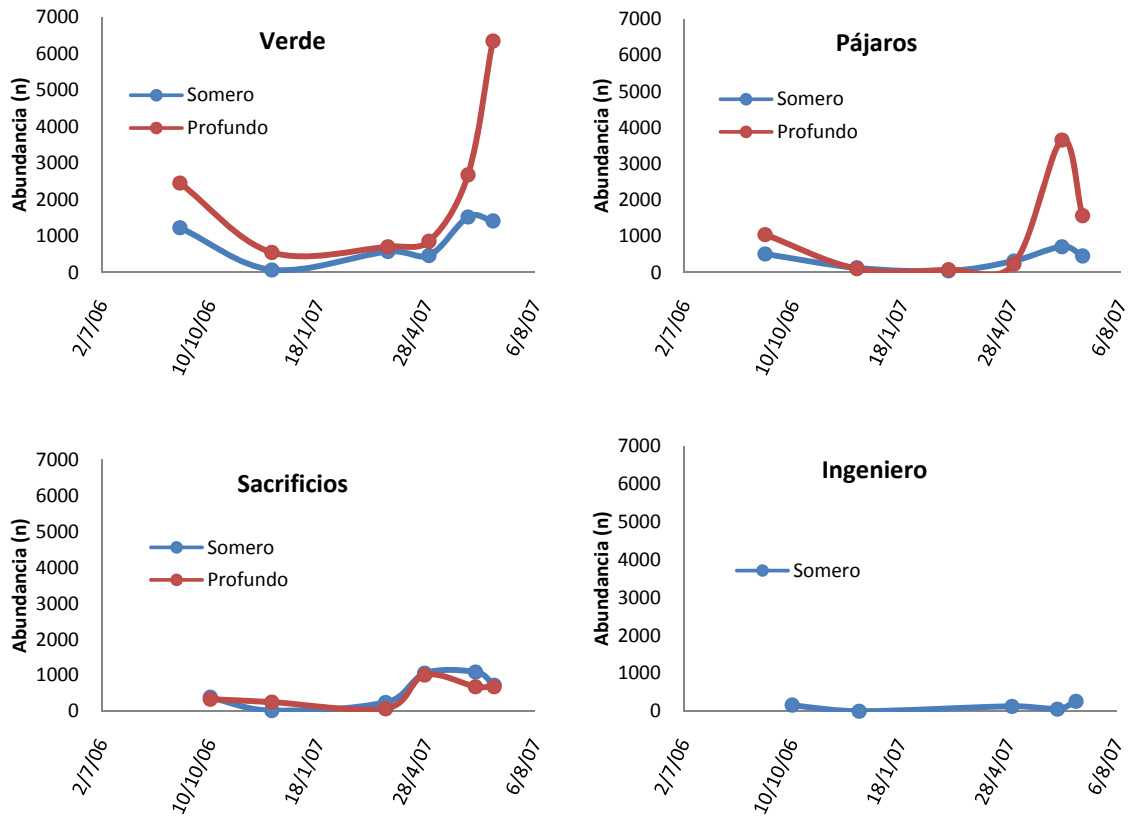


Figura 24. Número de organismos por arrecife, por fecha y por nivel de profundidad en los arrecifes estudiados.

Los datos de las abundancias se encuentran en la hoja de Excel llamada “abundancia peces” dentro del archivo “Base de datos final DM002.xlsx” Los campos son los mismos que en las hojas anteriores con excepción de Especie y Familia que se refiere al nombre de la familia taxonómica a la que pertenece y la especie al nombre científico.

Tallas

Con respecto a las tallas para las diferentes familias, el cuadro 6 muestra que los arrecifes del norte mostraron las tallas mas grandes y que estas no fueron exclusivas de alguna profundidad, es decir, se encuentran organismos grandes tanto en zonas someras como profundas. En ese mismo cuadro puede verse que Anegada de adentro, el arrecife más alejado de la costa en la zona norte, fue el arrecife que presentó las tallas máximas para todas las familias.

La base de datos se encuentra en el archivo “Base de datos final DM002.xlsx” en la hoja “tallas peces”. En esa base se muestran no solo las tallas de las familias comprometidas sino de todas las especies avistadas durante los censos.

Tabla 6. Tallas promedio y máximas para las distintas familias; se muestra también en el arrecife que se encontraron y el nivel de profundidad.

Familia	Talla promedio	Talla máxima	Arrecife con tallas máximas	
			Somero	Profundo
Acanthuridae	19.75	35	Anegada	Sacrificios
Chaetodontidae	9.68	40		Sacrificios
Haemulidae	19.84	45	Anegada	
Labridae	8.47	40		Pájaros
Lutjanidae	19.94	40	Verde, Santiaguillo	Anegada, Verde, Blanca
Pomacentridae	5.36	20	Ingeniero, Anegada	Verde
Scaridae	15.29	70	Anegada	Anegada
Serranidae	16.55	60	Anegada	

Reclutamiento

Al analizar el número de reclutas avistados durante el estudio se puede observar durante todo el año se registraron juveniles de peces, sin embargo se observa un pico durante el verano (Figura 25). Este mismo comportamiento se observa si se analiza la riqueza de especies (figura 26).

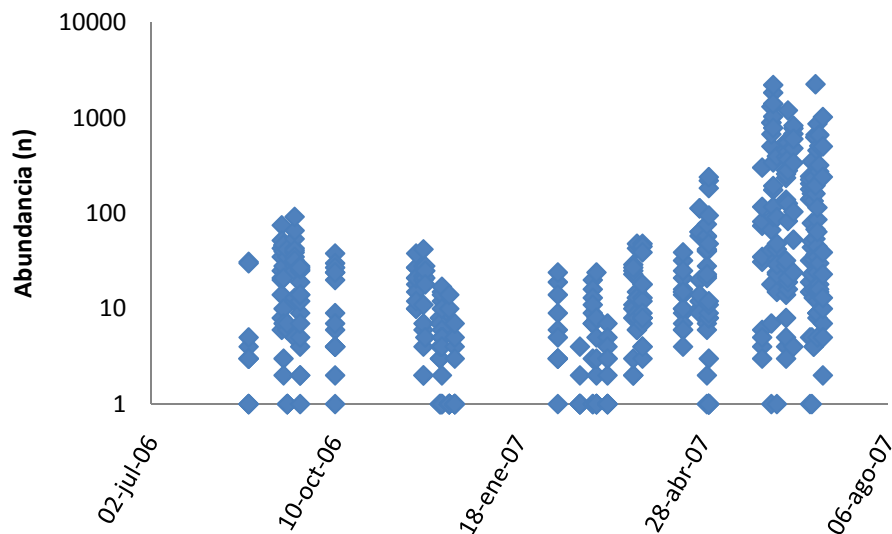


Figura 25. Abundancia de juveniles de peces en cada uno de los censos durante el año. Nótese la escala logarítmica del eje vertical.

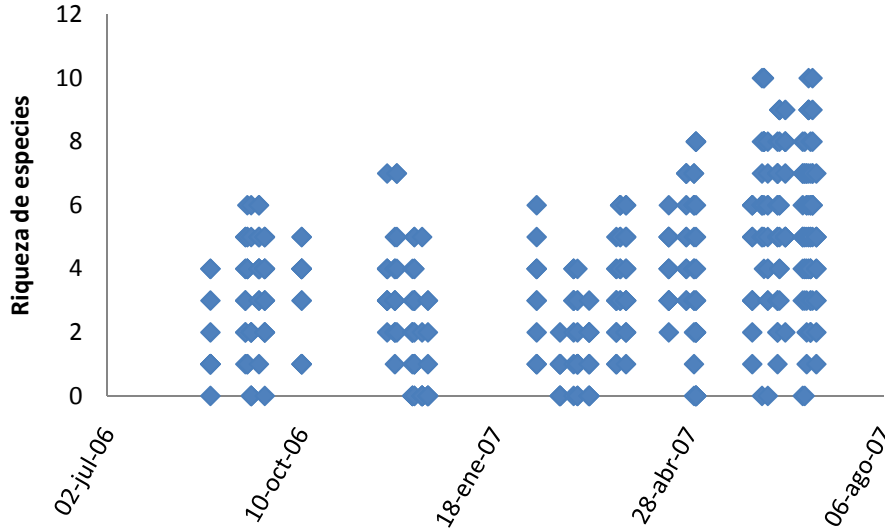


Figura 26. Número de especies con juveniles en cada uno de los censos a lo largo del año.

Al analizar cual fue la especie que presentó más juveniles a lo largo del año se pudo notar que al igual que con los adultos, *Coryphopterus personatus/hyalinus* fue la especie con más juveniles; sin embargo, al analizar la frecuencia de juveniles en los censos realizados se pudo notar que las especies del género *Stegastes* fueron las que presentaron una mayor frecuencia de ocurrencia (figuras 27 y 28).

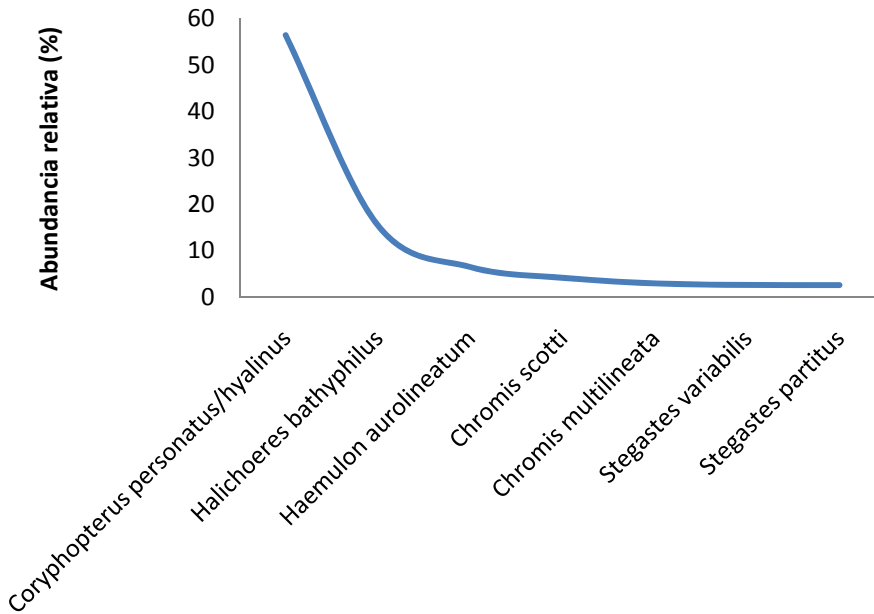


Figura 27. Abundancia relativa de juveniles durante el estudio.

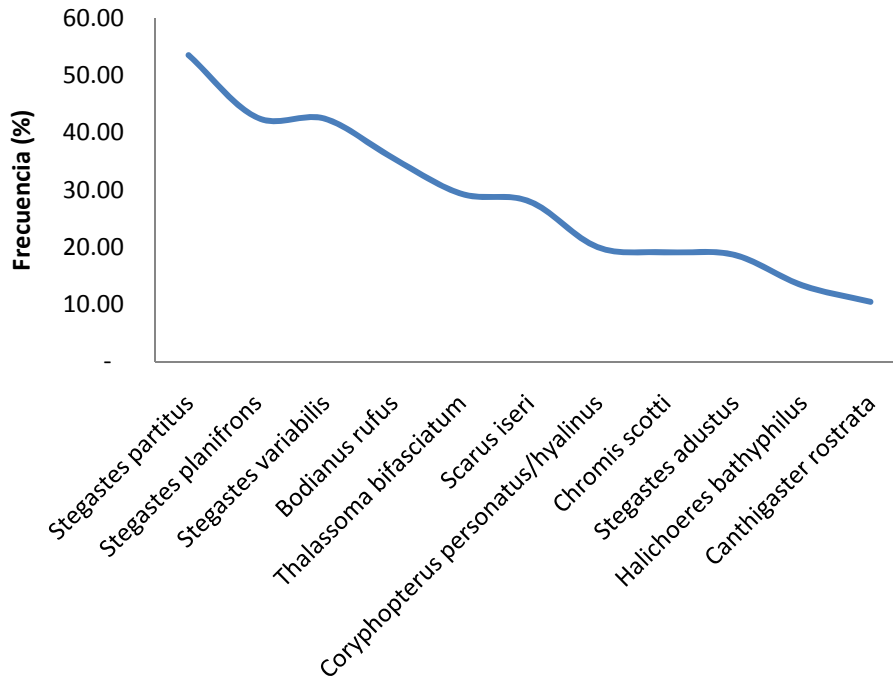


Figura 28. Frecuencia relativa de los juveniles (porcentaje de censos en los que estuvieron presentes) a lo largo del año.

Quando se analizó el número de juveniles por arrecife se notó que Verde fue el arrecife con el mayor número de reclutas en dos temporadas. El que presentó un menor número fue el arrecife de Ingeniero (figura 29).

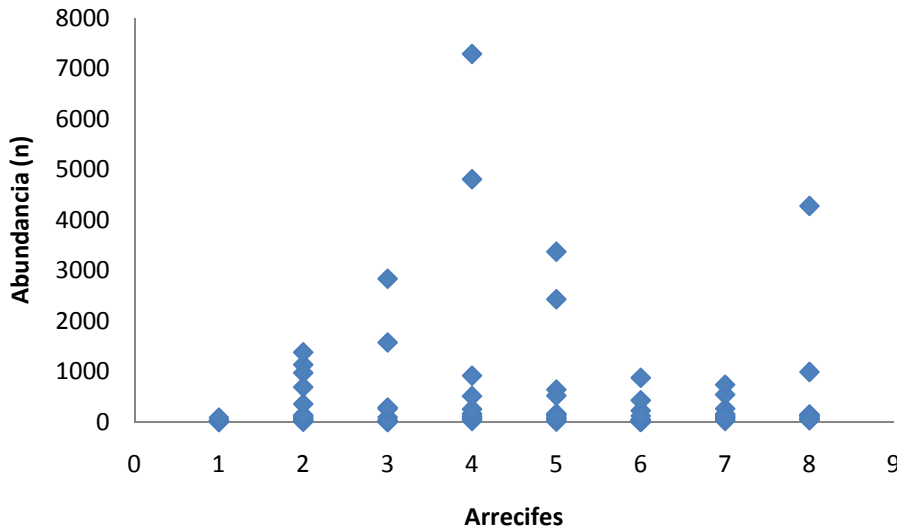


Figura 29. Número de reclutas por censos en cada arrecife. 1. Ingeniero, 2. Sacrificios, 3. Pájaros, 4. Verde, 5. Anegada de adentro, 6. Blanca, 7. Enmedio, 8. Santiaguillo.

Al analizar el número de especies por arrecife se observó que el arrecife que presentó el menor número de especies fue también Ingeniero, y el que tuvo un mayor número de especies fue Anegada de adentro (Figura 30).

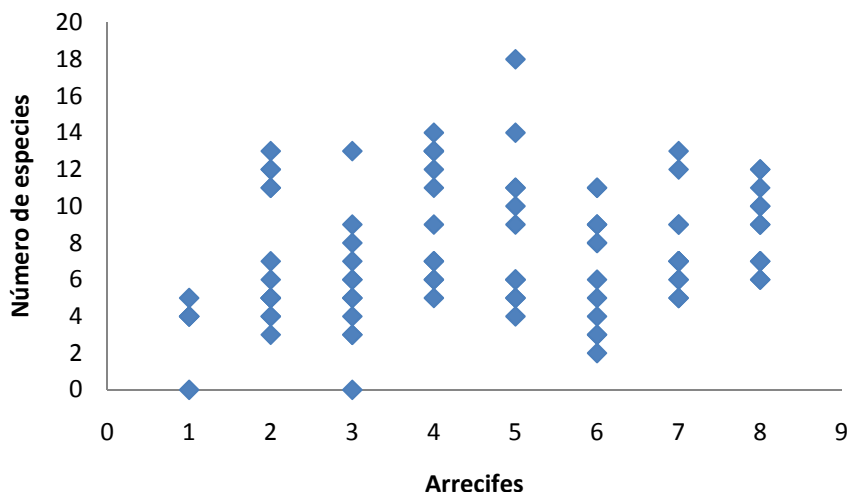


Figura 30. Número de especies por censo en cada arrecife. 1. Ingeniero, 2. Sacrificios, 3. Pájaros, 4. Verde, 5. Anegada de adentro, 6. Blanca, 7. Enmedio, 8. Santiaguillo.

Los datos de reclutamiento se encuentran en la hoja “Juveniles peces” del archivo de Excel “Base de datos final DM002.xlsx”.

Análisis de la información.

Índices ecológicos.

El cálculo de los índices solo pudo realizarse para la taxocenosis de corales y peces; en el caso de corales dado que la caracterización bentónica solo se realizó una vez no es posible realizar comparaciones por temporada. En primer lugar se muestran los valores para los corales y después para el caso de los peces.

Índice de Riqueza de Margaleff. De acuerdo con este índice que pondera el número de especies con relación a la abundancia de organismos, Verde fue el arrecife que tuvo una mayor riqueza; Santiaguillo fue el segundo arrecife con valores altos y consistentes, ya que hubo arrecifes que presentaron valores altos en alguna profundidad pero un valor bajo en la otra. La tabla 7 muestra los valores de la riqueza, equidad y diversidad.

Tabla 7. Valores de Riqueza de Margalef, Equidad de Pielou y Diversidad de Shanon de la taxocenosis de corales duros en los distintos arrecifes estudiados.

	Riqueza Margalef		Equidad Pielou		Diversidad Shanon	
	Somero	Profundo	Somero	Profundo	Somero	Profundo
Blanca	0.724	1.268	0.525	0.883	0.845	1.837
Isla Enmedio	0.000	0.629	*	0.750	0.000	1.039
Santiaguillo	1.094	1.137	0.759	0.468	1.476	0.973
Ingeniero	0.000		*		0.000	
Sacrificios Sotavento	1.054	0.780	0.795	0.610	1.423	0.981
Sacrificios Barlovento	0.535	1.296	0.541	0.664	0.594	1.380
Pájaros	0.727	0.578	0.742	0.430	1.029	0.596
Verde	1.755	1.315	0.744	0.782	1.784	1.717
Anegada de adentro	0.504	1.235	0.704	0.751	0.774	1.562

En la figura 31 se puede ver que en los arrecifes del sur la riqueza fue mayor en las zonas someras en tanto en los arrecifes del norte solo Sacrificios barlovento y Anegada de adentro presentaron valores más altos en las zonas someras.

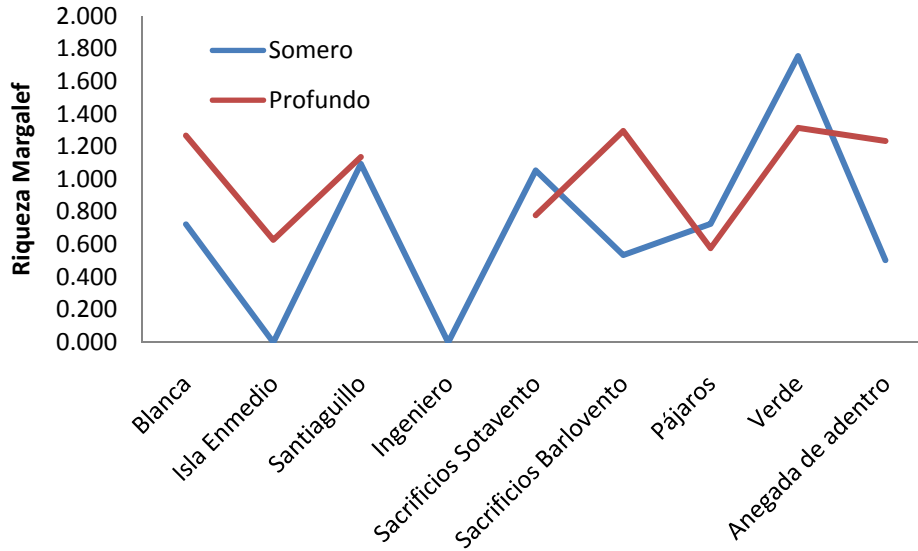


Figura 31. Variación de riqueza de corales en los arrecifes estudiados a los distintos niveles de profundidad.

Con respecto a los valores de equidad, en la figura 32 se puede ver que los valores más altos los presenta Verde y Anegada de adentro, aunque el valor más alto lo presenta el arrecife Blanca en la zona somera y Sacrificios sotavento en la zona profunda.

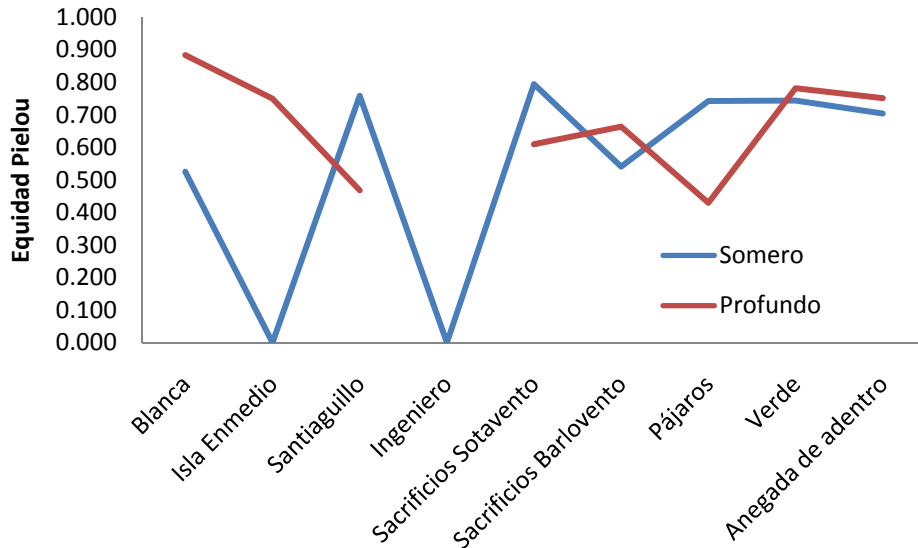


Figura 32. Variación de los valores de equidad del índice de Pielou en los distintos arrecifes estudiados y a los dos niveles de profundidad.

Al analizar los valores de diversidad según el índice de Shanon puede verse que nuevamente, el arrecife de Verde presenta los valores más altos en ambas profundidades, además del arrecife de Blanca en los transectos someros que presentan el valor más alto de todos los arrecifes.

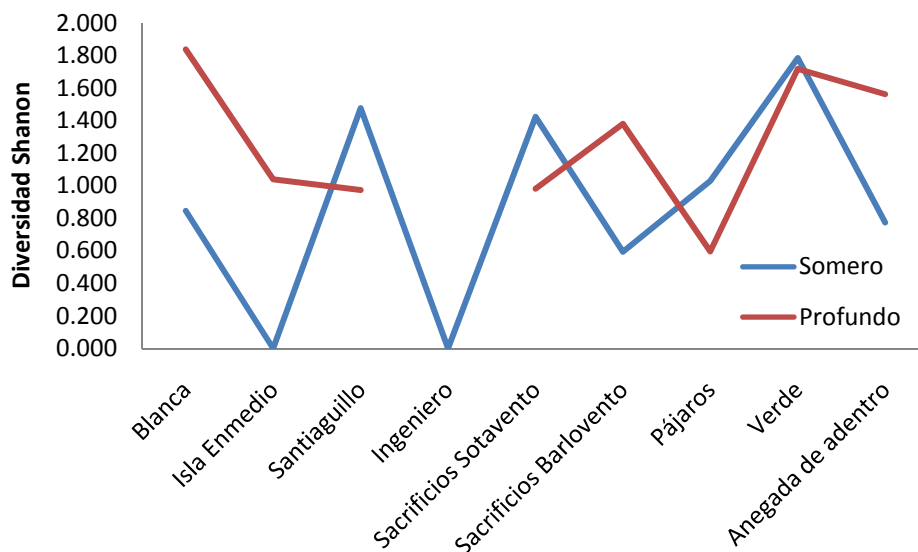


Figura 33. Valores de diversidad de Shanon de la taxocenosis de corales en los arrecifes estudiados; se muestra también el valor a las diferentes profundidades.

La tabla 8 muestra los valores de la distinctividad taxonómica y de dominancia según el índice de McNaughton. La distinctividad es una medida de la diversidad taxonómica y filogenética de las especies de un lugar.

Tabla 8. Valores de Distinctividad taxonómica y de dominancia con el índice de McNaughton de los corales en los arrecifes estudiados, por lo que un valor más alto nos habla de una mayor diversidad genética.

	Distinctividad taxonómica		Dominancia McNaughton	
	Somero	Profundo	Somero	Profundo
Blanca	28.84	68.73	0.932	0.528
Isla Enmedio	0.000	41.520	1.000	0.890
Santiaguillo	69.74	54.12	0.693	0.839
Ingeniero	0.000		1.000	
Sacrificios Sotavento	44.36	28.29	0.713	0.923
Sacrificios Barlovento	21.91	49.83	0.952	0.739
Pájaros	64.06	69.66	0.806	0.967
Verde	46.21	42.22	0.634	0.604
Anegada de adentro	23.81	56.5	0.981	0.624

La figura 34 muestra los valores de distinctividad; puede verse que aquí ya no es Verde sino los arrecifes de Pájaros y Santiaguillo los que muestran los valores más altos. Nuevamente los transectos someros de Blanca presentan valores elevados.

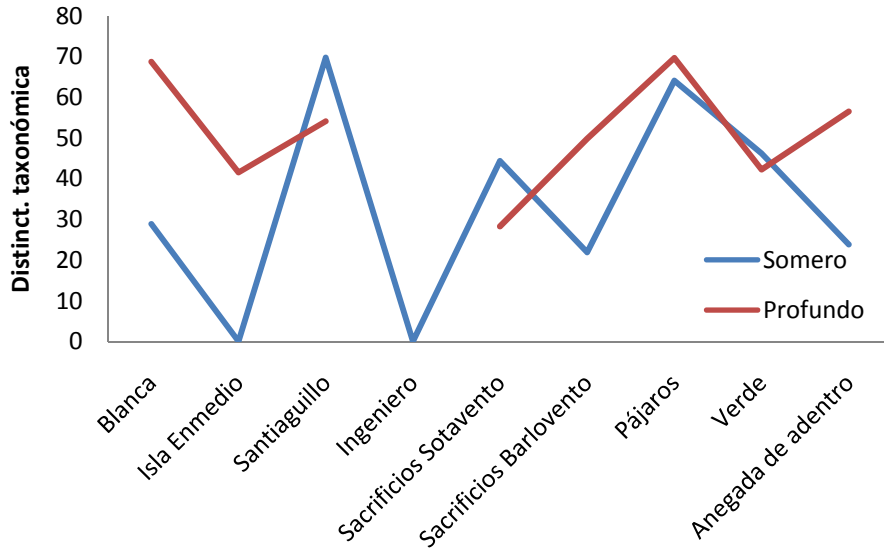


Figura 34. Valores de la distinctividad taxonómica de los corales en los distintos arrecifes estudiados y a los diferentes niveles de profundidad.

Finalmente, al analizar los valores de dominancia se observa que Verde y los transectos someros de Blanca son los que presentan los menores valores (figura 35), lo cual concuerda con los valores de equidad encontrados previamente (figura 32).

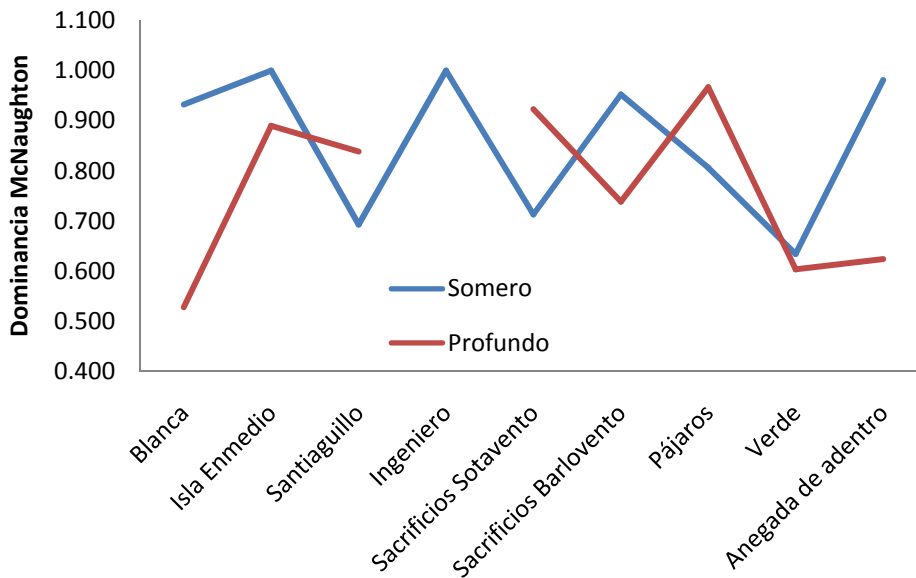


Figura 35. Valores de dominancia en la taxocenosis de corales en los distintos arrecifes según el índice de McNaughton. Se muestran los valores a cada una de las profundidades estudiadas.

Para el caso de los peces, se muestran los valores de los índices por arrecife, por profundidad y por mes. La figura 36 muestra los valores de riqueza de acuerdo con el índice de Margalef. Los mayores valores se observaron en los arrecifes de Anegada de adentro y Verde. No

existe una tendencia clara en el tiempo aunque diciembre fue el mes que más valores bajos presentó. De igual manera, no existe una tendencia clara entre profundidades.

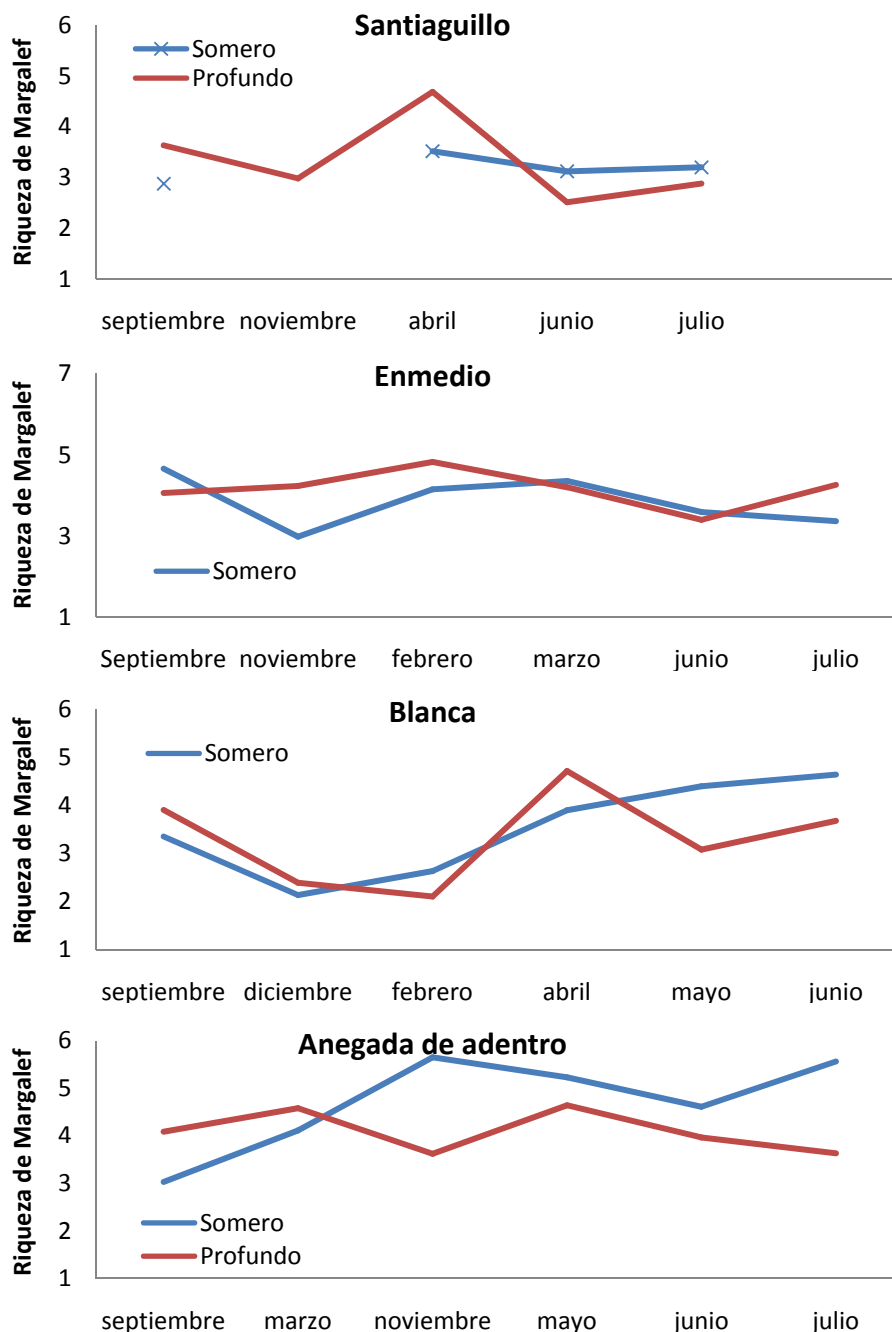


Figura 36. Valores del índice de riqueza de Margalef en los arrecifes estudiados. Se muestra la variación temporal y por nivel de profundidad.

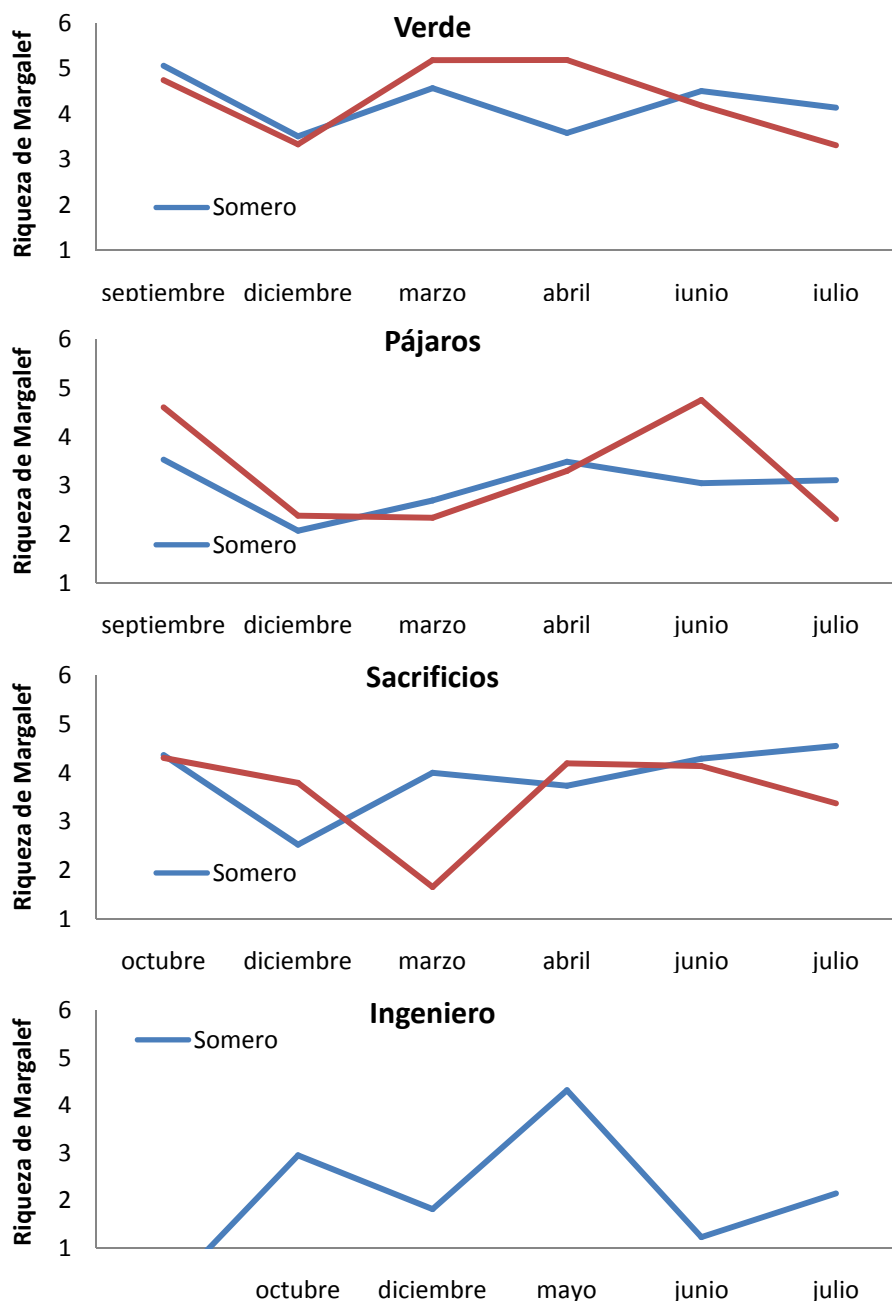


Figura 36. Continuación. ...Valores del índice de riqueza de Margalef en los arrecifes estudiados. Se muestra la variación temporal y por nivel de profundidad.

Los valores de equidad se muestran en la figura 37. Los mayores valores se observaron en el arrecife de Pájaros y Sacrificios. En general, las zonas someras presentaron mayores valores que las zonas profundas. No se observa una tendencia clara en el tiempo, aunque si se observa que la zona somera presenta casi siempre valores más altos que la zona profunda.

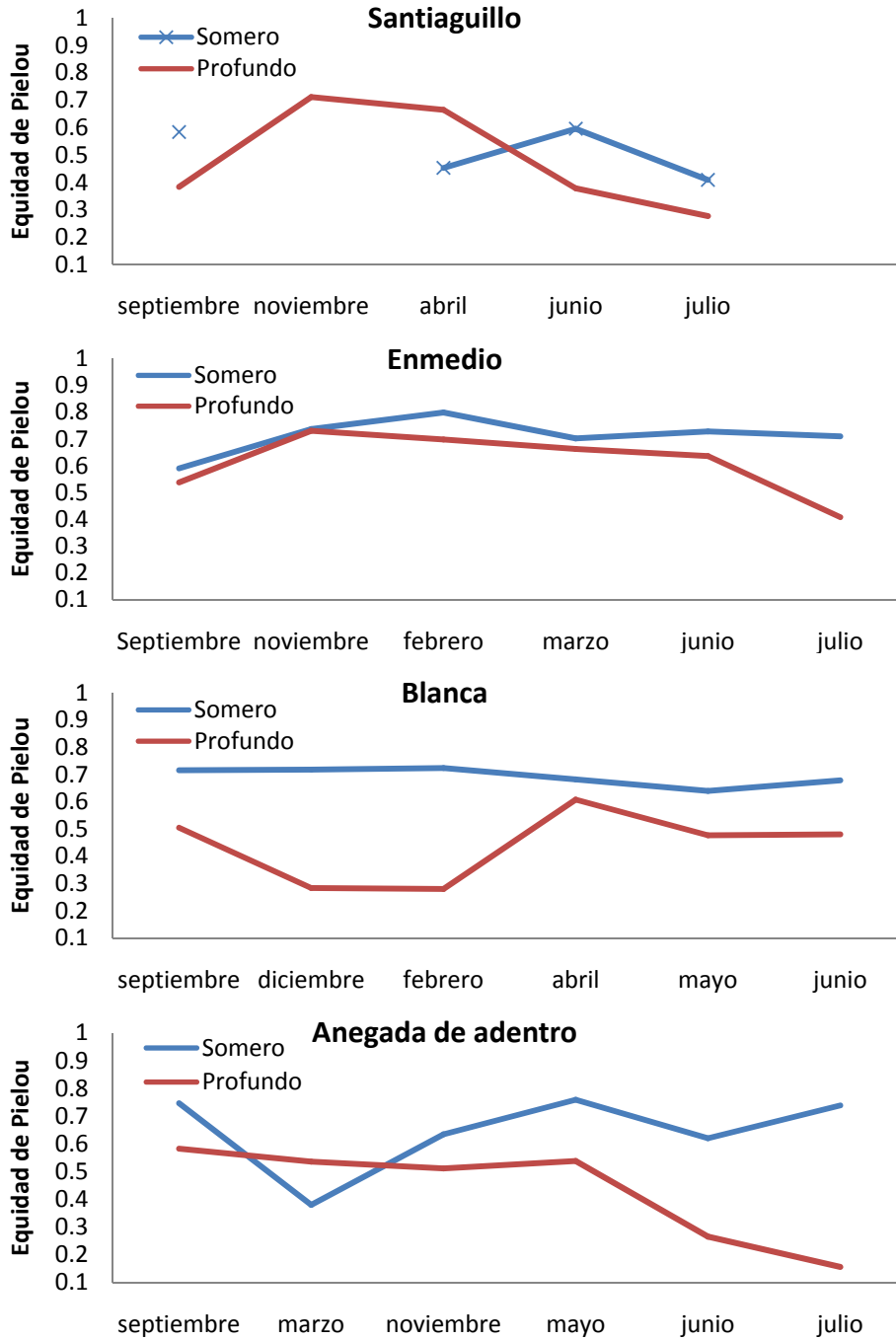


Figura 37. Valores de equidad de acuerdo con el índice de Pielou. Se muestran los valores en el tiempo y por nivel de profundidad para cada arrecife.

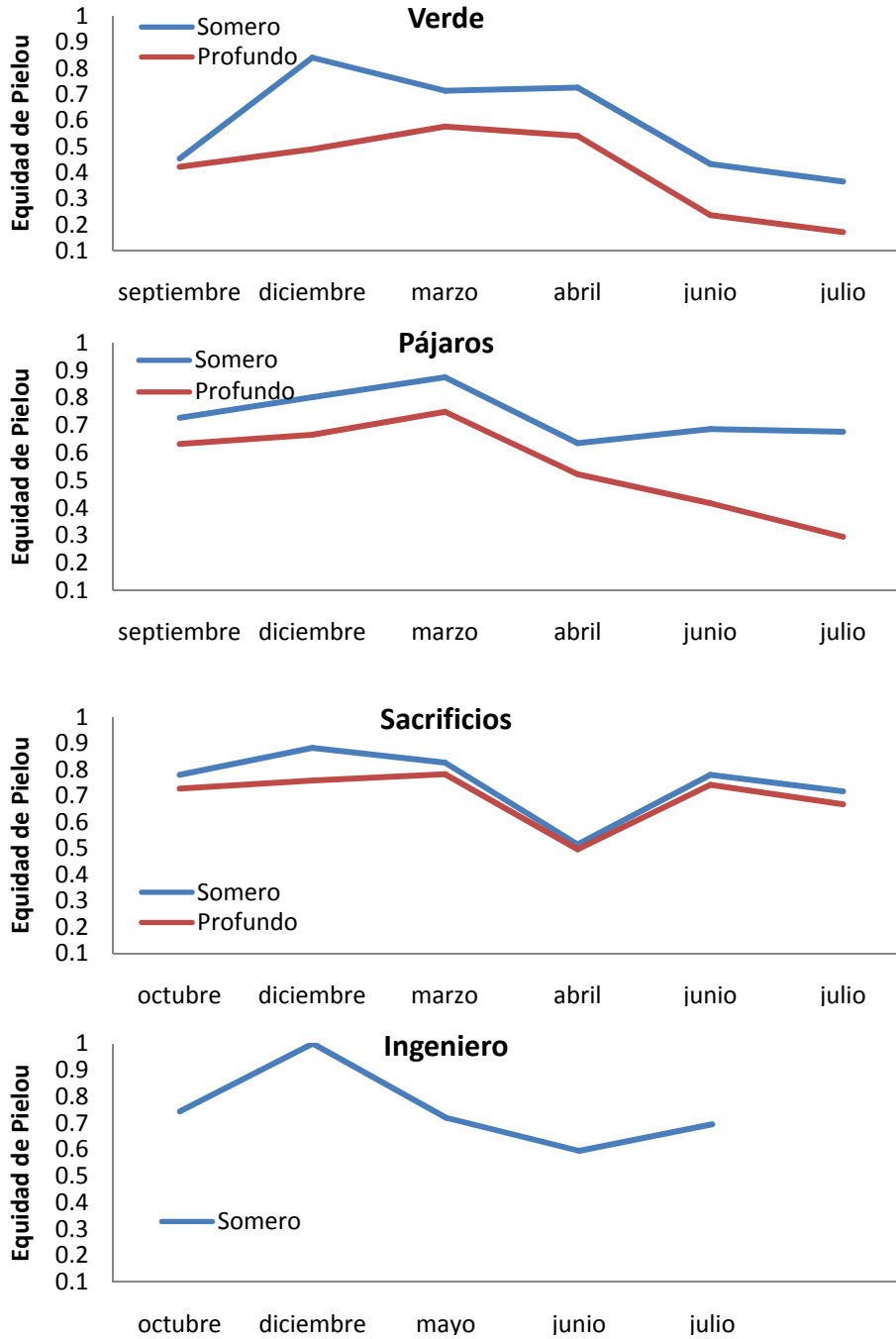


Figura 37. Valores de equidad de acuerdo con el índice de Pielou. Se muestran los valores en el tiempo y por nivel de profundidad para cada arrecife.

Los valores de diversidad de Shannon se muestran en la figura 38. Los mayores valores se observaron en los arrecifes de Anegada de Adentro y Enmedio. No existe una relación clara en el tiempo y nuevamente, las zonas someras presentan una tendencia a mostrar valores más elevados que las zonas profundas.

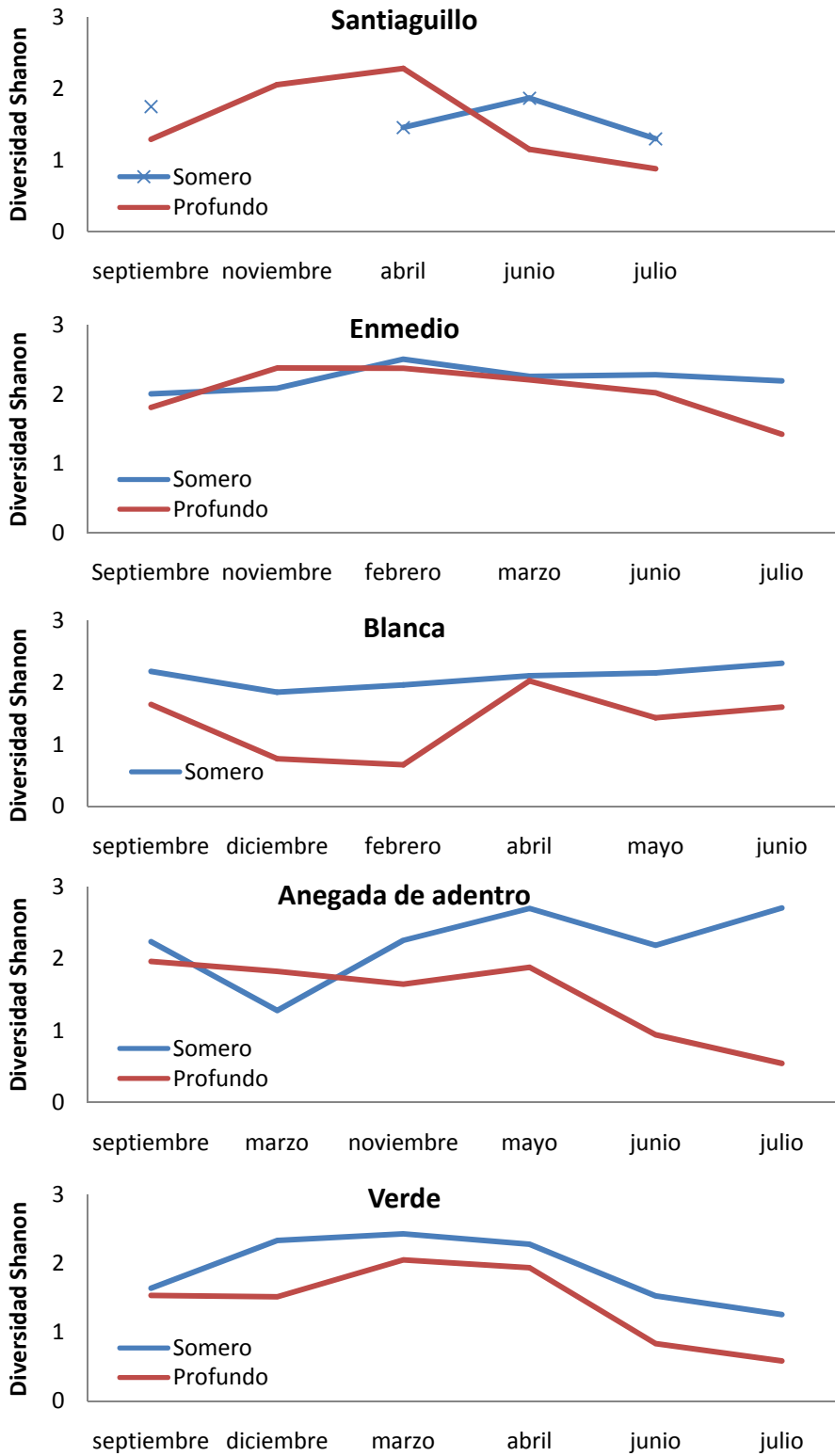


Figura 38. Valores de diversidad según el índice de Shanon. Se muestran las variaciones en tiempo y por nivel de profundidad.

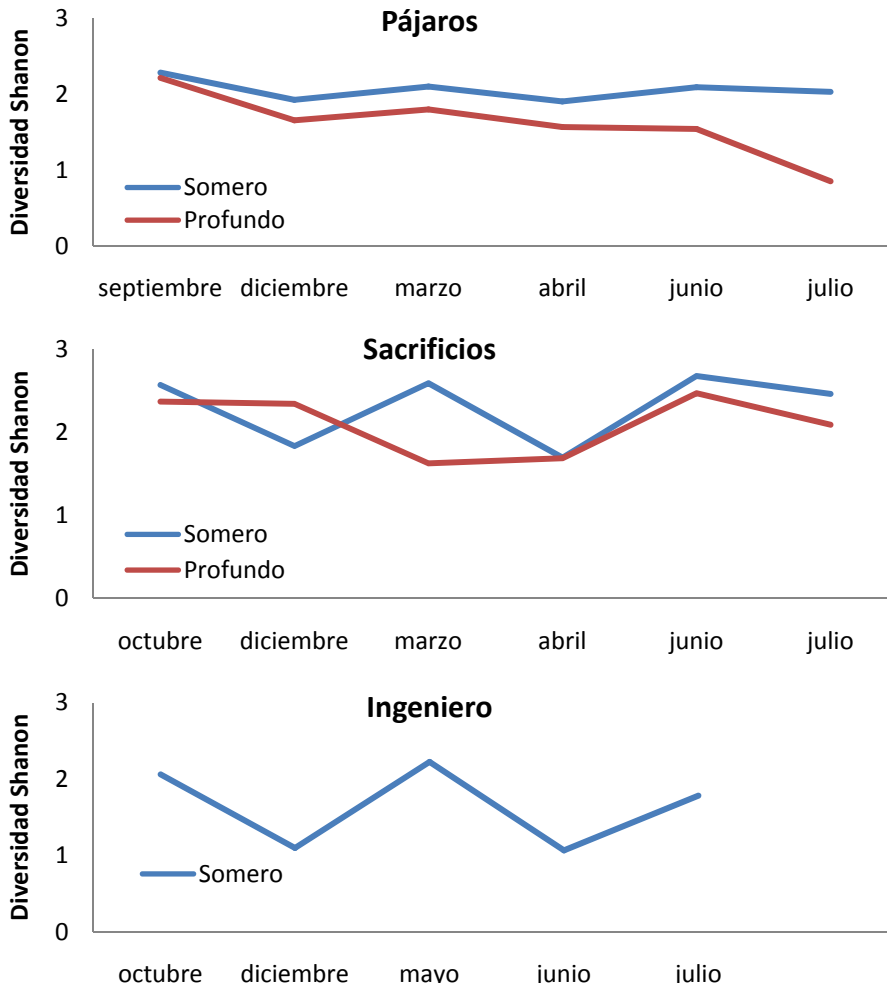


Figura 38. Continuación... Valores de diversidad según el índice de Shannon. Se muestran las variaciones en tiempo y por nivel de profundidad.

Con respecto a los valores de dominancia de acuerdo con el índice de McNaughton, en la figura 39 puede verse que en general los valores de los meses de septiembre y octubre presentan valores bajos. Blanca, Anegada de adentro y Pájaros presentan los valores más altos y existe cierta tendencia de que los valores más altos se presenten en las zonas profundas de los arrecifes estudiados. Marzo o abril, dependiendo del arrecife, mostraron un decremento en el valor de dominancia. Estos meses son el final de la temporada de nortes.

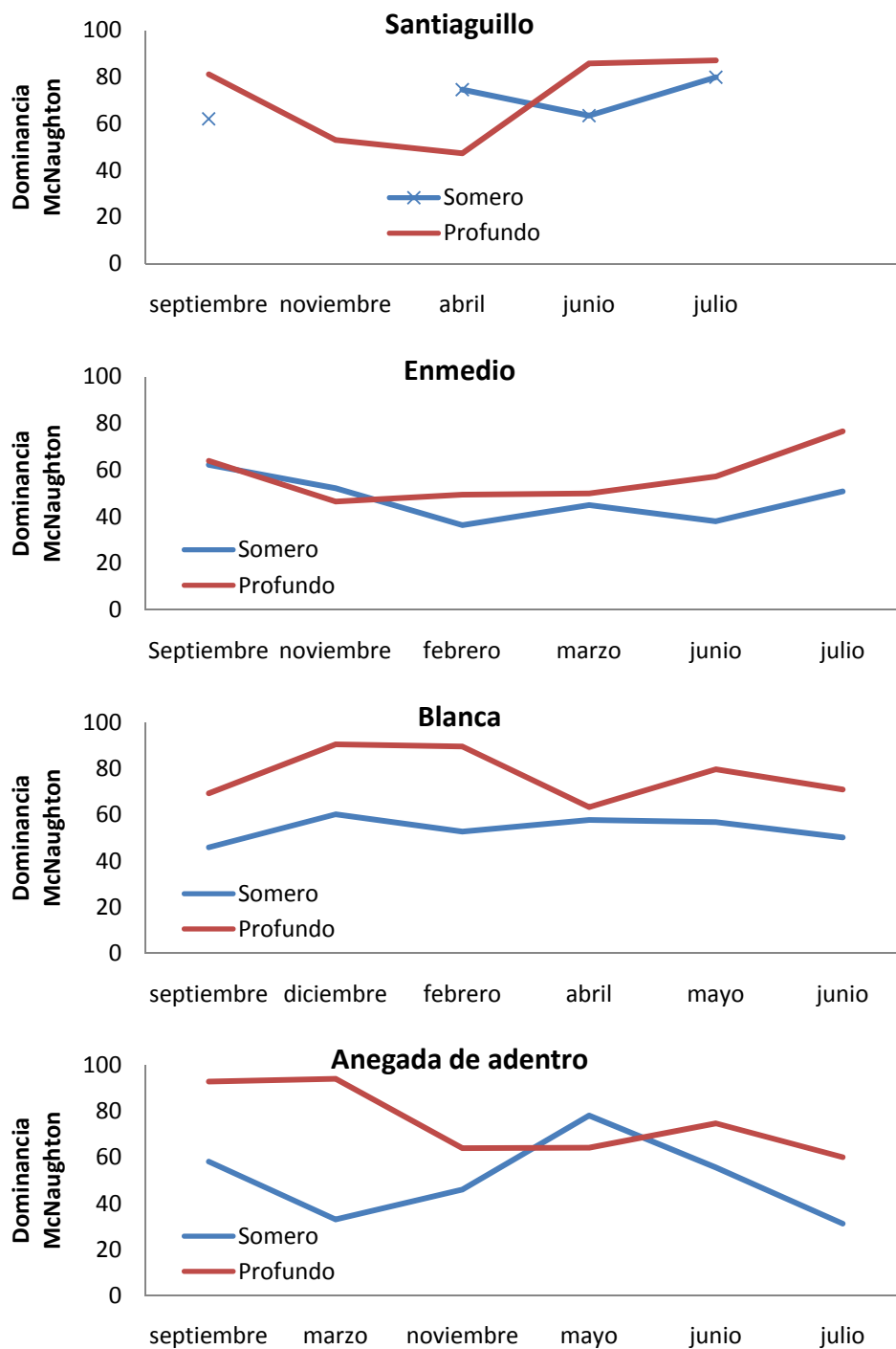


Figura 39. Valores de dominancia de acuerdo al índice de McNoughton. Se muestran los valores de cada arrecife, de cada nivel de profundidad y su variación temporal.

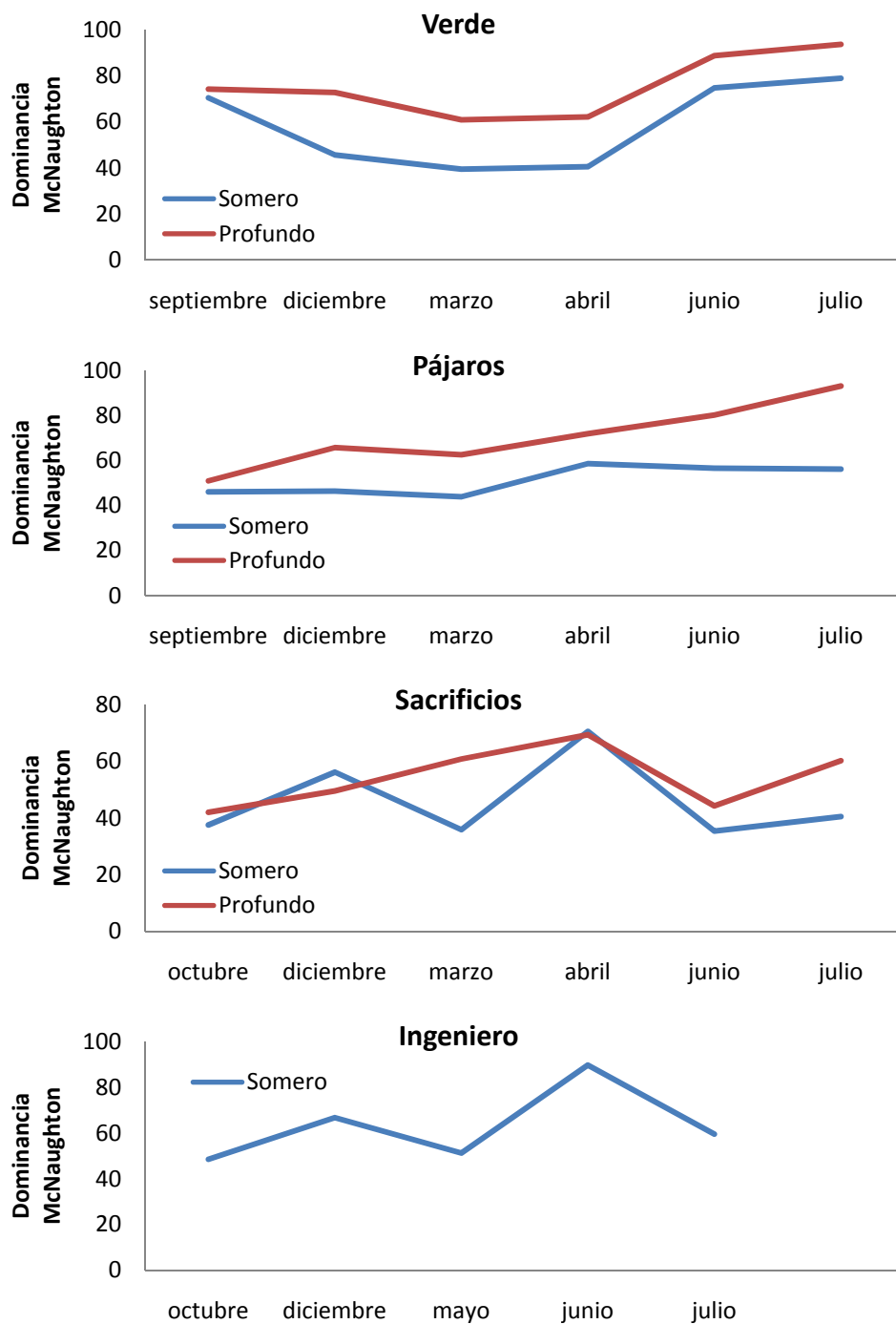


Figura 39. Continuación... Valores de dominancia de acuerdo al índice de McNaughton. Se muestran los valores de cada arrecife, de cada nivel de profundidad y su variación temporal.

Finalmente, los valores de distintividad taxonómica se muestran en la figura 40. Los valores se conservan bastante estables aunque en algunos arrecifes el mes de diciembre muestra un ligero decremento; esta disminución es muy pronunciada en el arrecife de Pájaros y Sacrificios.

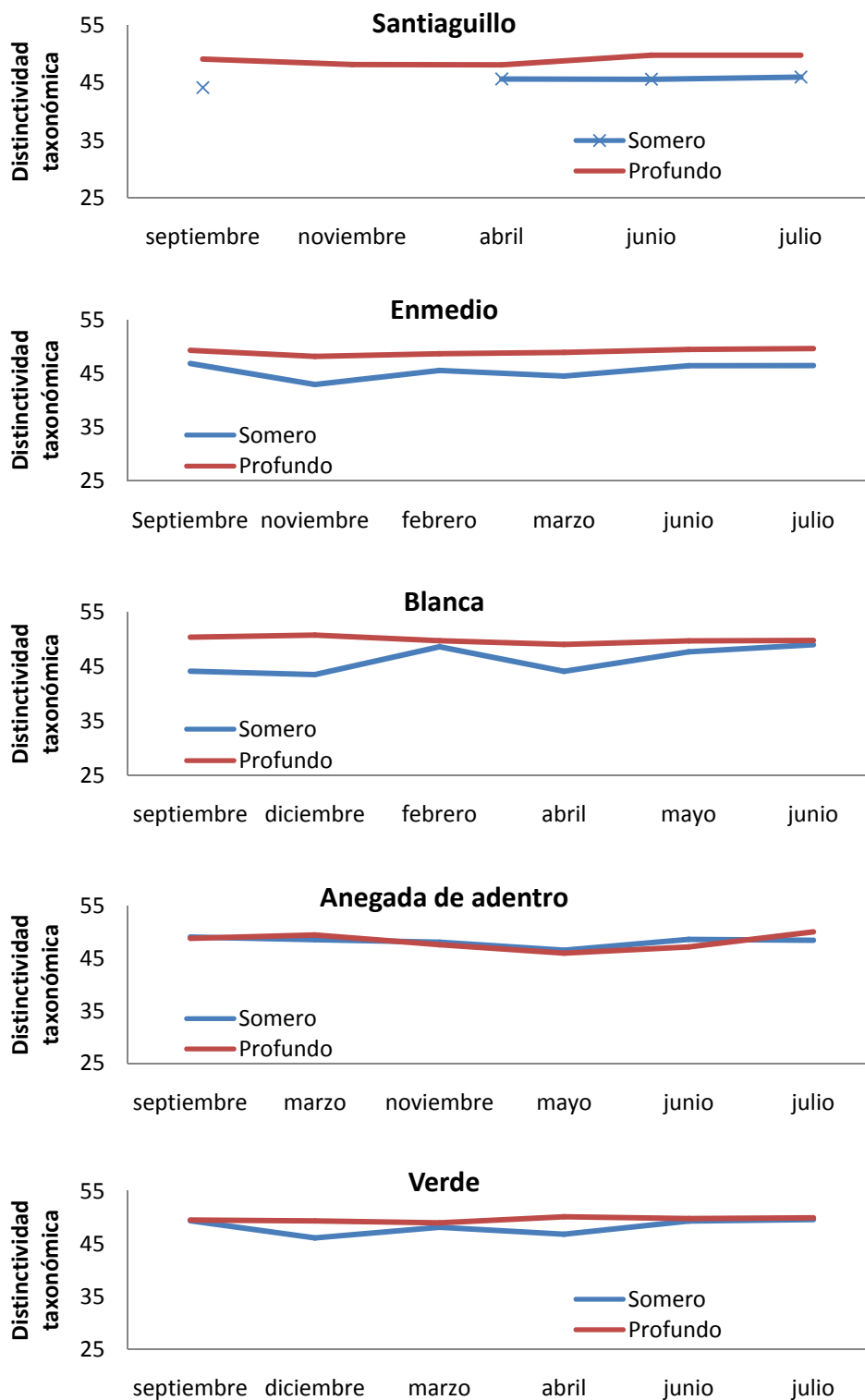


Figura 40. Valores de distinctividad taxonómica de los arrecifes estudiados. Se muestran los valores por profundidad y época del año.

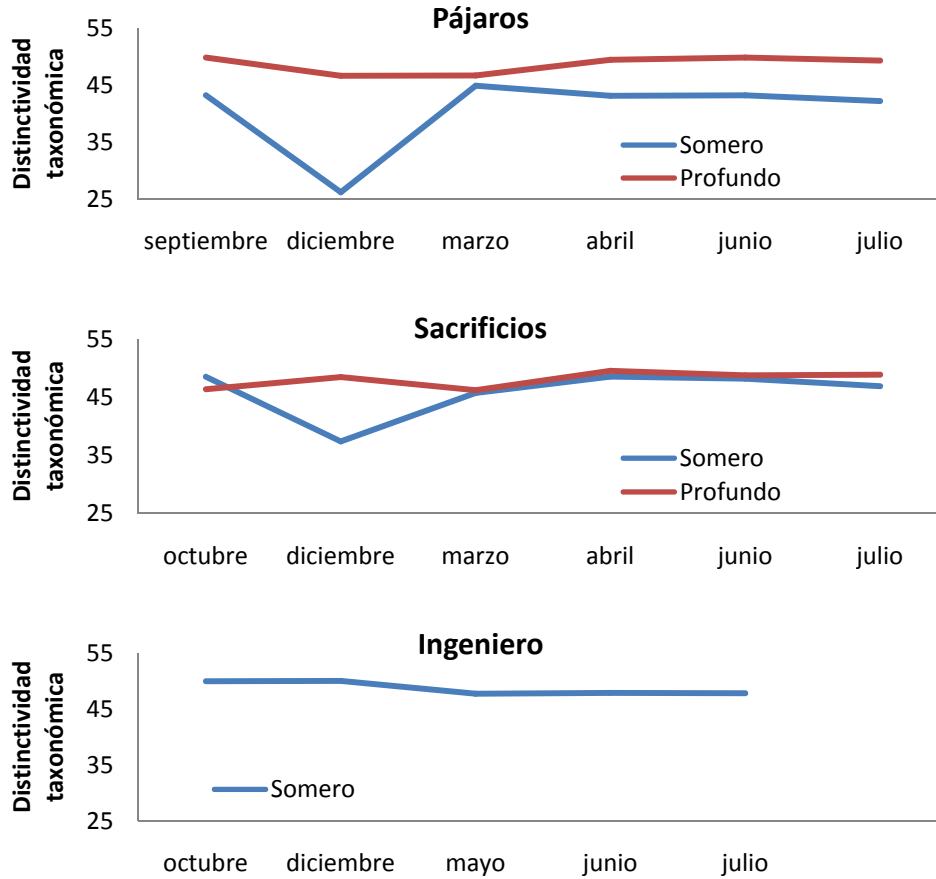


Figura 40. Valores de distinctividad taxonómica de los arrecifes estudiados. Se muestran los valores por profundidad y época del año.

Correlaciones.

Primeramente se realizó un análisis de aglomeración para determinar que arrecifes eran más similares con base en la caracterización bentónica, primero considerando todos los componentes identificados del bentos y después considerando solo los corales. Lo mismo se hizo para el caso de los peces. La matriz de similitud se realizó utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis sin estandarizar los datos y realizándoles una transformación de raíz cuadrada. Los resultados se muestran en la figura 41, 42 y 43.

La figura 41 muestra el dendrograma producto de la caracterización bentónica considerando todos los componentes. Puede observarse que Sacrificios2 y Enmedio2 son los arrecifes más parecidos, lo mismo que Verde2 y Santiaguillo2. El número después del nombre corresponde a la profundidad, 2 para la zona profunda y 1 para la somera. Como puede verse no existe una diferenciación clara entre los arrecifes del norte y los del sur, y ésta más bien se da entre el nivel de profundidad, ya que si se realizara un corte al 60% de similitud se tendrían solo parejas del mismo nivel de profundidad, con excepción de pájaros que muestra bastante similitud entre sus profundidades. La figura 42 muestra la similitud que existe si solo se consideran las especies de corales y su abundancia. El arreglo aquí es distinto aunque sigue prevaleciendo la profundidad como el factor que aglomera a los arrecifes. Resalta el hecho del arrecife de Ingeniero, que queda aparte de todos los grupos formados. Esto coincide con la agrupación hecha para los peces en la figura 43.

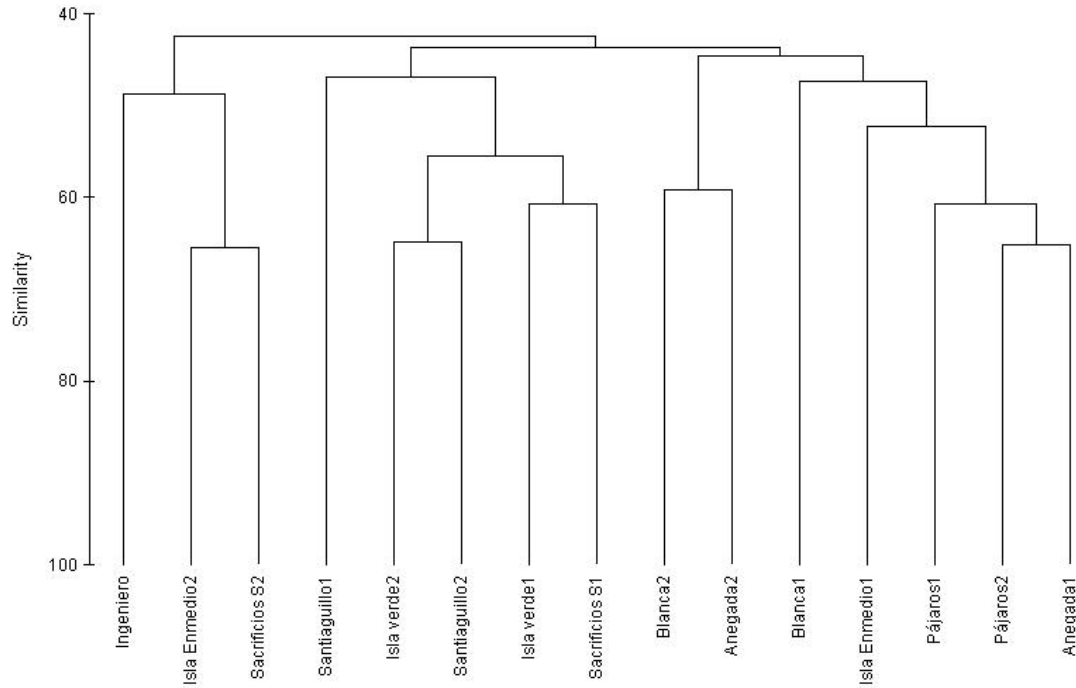


Figura 41. Dendrograma mostrando la similitud entre arrecifes de acuerdo a su caracterización bentónica. Se consideran todos los componentes identificados en los videotransectos.

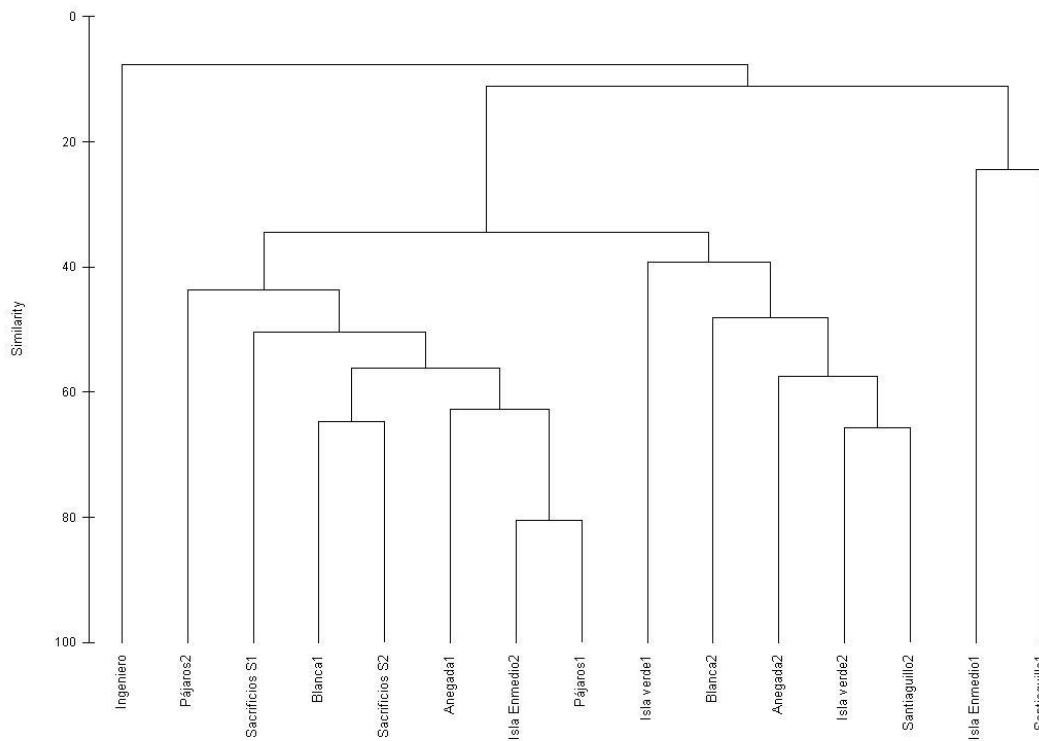


Figura 42. Dendrograma mostrando la similitud entre arrecifes de acuerdo a su caracterización bentónica. Se consideran solo las especies de corales identificadas en los videotransectos.

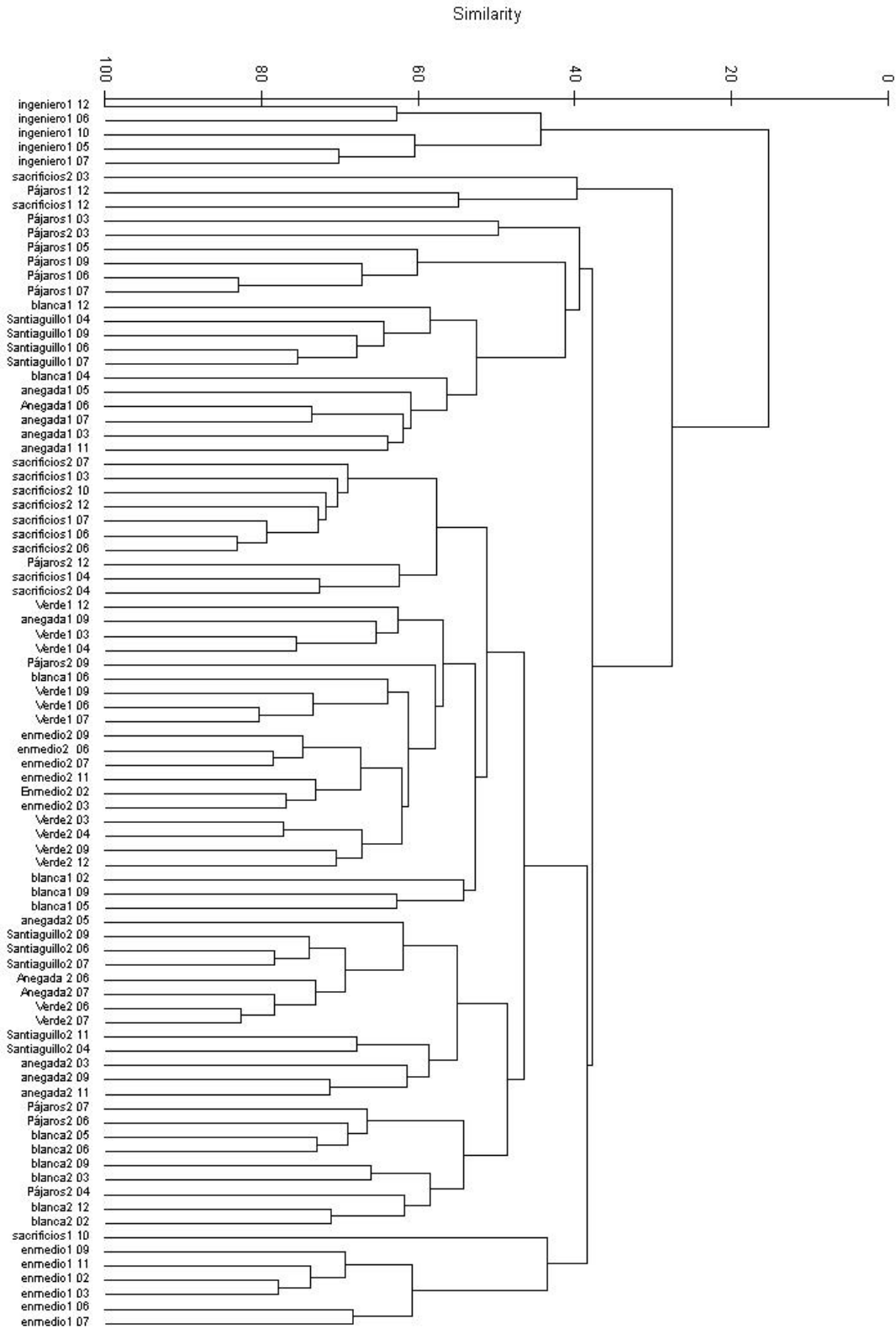


Figura 43. Dendrograma mostrando la similitud entre los arrecifes de acuerdo con la abundancia de peces. El número junto al nombre indica la profundidad y los dos últimos números indican el mes.

Como puede verse en la figura 43, el arreglo de los peces está dado más en función de la abundancia de los corales que de todo el bentos. Puede verse que al igual que en la figura 42, los peces del arrecife de Ingeniero se diferencian del resto de los arrecifes; de igual modo, la profundidad y el arrecife en si parecen ser los factores que determinan el grado de similitud más que la época del año.

Se realizó una correlación múltiple entre los indicadores de la tabla 9, en ella puede verse que existen varias correlaciones que fueron significativas. En la tabla se resumen información sobre los peces, corales, caracterización bentónica, enfermedades y sedimentación, para buscar si existe alguna correlación entre ellos. Destaca, por sus valores altos, la relación negativa que existe entre los corales y los peces; mientras que por un lado la equidad y diversidad de peces disminuye cuando aumenta la cobertura coralina, su abundancia se incrementa. Esto sin duda obedece a la alta densidad de la especie *Coryphopterus personatus*, cuya abundancia está muy asociada a los corales y que resulta ser la especie con casi el 50% de la abundancia de los peces. Destaca también la relación negativa que existe entre la tasa de sedimentación mínima y la cobertura coralina. Esto se debe a que cuando la mínima tasa de sedimentación es alta, la cobertura coralina disminuye. Otra correlación alta negativa se da con el reclutamiento coralino, pues al haber valores altos de sedimentación el reclutamiento disminuye.

Tabla 9. Valores de correlación de Pearson entre las variables estudiadas en el PNSAV. En rojo se muestran los valores que fueron significativos y en negritas aquellas que no implican una autocorrelación.

	Especies corales	Cobertura corales	Margalef corales	Equidad corales	Shanon corales	Especies peces	N peces	Margalef peces	Equidad peces	reclutamiento corales	sedimentación Máx	Sedimentación Mín
Especies corales	1.0											
cobertura corales	0.8	1.0										
Margalef corales	1.0	0.6	1.0									
Equidad corales	0.3	-0.2	0.4	1.0								
Shanon corales	0.8	0.4	0.9	0.8	1.0							
Distinctividad corales	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3							
Especies peces	0.2	0.3	0.2	-0.1	0.1	1.0						
Abundancia peces	0.5	0.6	0.4	0.0	0.3	0.7	1.0					
Margalef peces	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.9	0.3	1.0				
Equidad peces	-0.6	-0.8	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.9	-0.1	1.0			
Shanon peces	-0.6	-0.8	-0.5	0.0	-0.4	-0.4	-0.8	0.0	1.0			
Distinctividad peces	0.3	0.5	0.3	-0.1	0.2	0.6	0.5	0.5	-0.5			
índice reclut. corales	0.5	0.3	0.5	0.3	0.6	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	1.0		
sedimentación Máx	-0.3	-0.3	-0.3	0.1	-0.2	0.6	0.1	0.7	0.1	-0.3	1.0	
Sedimentación Mín	-0.6	-0.6	-0.6	-0.2	-0.5	0.2	-0.2	0.3	0.3	-0.6	0.4	1.0
sedimentación Prom	-0.3	-0.4	-0.3	0.1	-0.2	0.6	0.0	0.7	0.1	-0.4	0.9	0.6
No. colonias enfermas	0.1	0.6	0.0	-0.8	-0.3	0.2	0.3	0.0	-0.5	-0.2	-0.2	-0.1
No. de enfermedades	0.0	0.4	-0.1	-0.6	-0.3	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.0
No. blanqueamientos	-0.3	-0.1	-0.3	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.4

Entre las correlaciones positivas se encuentra la relación entre la cobertura coralina y el número de colonias enfermas; esto tiene sentido pues la probabilidad de encontrar colonias enfermas aumenta al haber mas corales. Finalmente, una correlación alta se da entre la riqueza de peces y la sedimentación, sin embargo las causas de ello se desconocen.

De esta tabla también se puede decir que esperábamos encontrar una relación negativa entre el número de colonias enfermas con la tasa de sedimentación, sin embargo esto no fue así, y aún cuando el valor de las correlaciones entre enfermedades y sedimentación fueron negativas, los valores fueron bajos.

Grupos funcionales

Con las variables señaladas en la metodología y mediante un análisis de clusters se identificaron los grupos de la tabla 10.

Tabla 10. Grupos funcionales con los peces más frecuentes del PNSAV.

Grupo	Especies	Descripción
1	<i>Mycteroperca bonaci, Sphyaena barracuda</i>	Depredadores de gran tamaño y movilidad. Los depredadores de mayor nivel trófico.
2	<i>Coryphopterus personatus/hyalinus</i>	Esta especie es pequeña y es la más abundante en el arrecife. No formó grupo con ninguna otra especie. Es planctofaga asociada al fondo.
3	<i>Stegastes planifrons, Chaetodon sedentarius, Chaetodon capistratus, Cantigaster rostrata, Chromis insolata, Chromis scotti.</i>	Omnívoros de tamaño pequeño, asociados al fondo y de hábitos solitarios
4	<i>Ophioblennius atlanticus, Chromis multilineata, Clepticus parrae, Chaetodon ocellatus, Halichoeres bivittatus, Haemulon aurolineatum, Haemulon flavolineatum, Pseudupeneus maculatus</i>	Omnívoros de tamaño mediano y que forman grupos pequeños o cardúmenes.
5	<i>Malacoctenus triangulatus, Stegastes leucostictus, Hypoplectrus nigricans, Hypoplectrus puella, Inermia vittata, Stegastes partitus, Stegastes variabilis, Abudedefduf saxatilis, Thalassoma bifasciatum</i>	Carnívoros pequeños asociados al fondo y la columna
6	<i>Aulostomus maculatus, Ocyurus chrysurus, Anisotremus surinamensis, Lutjanus griseus, Pomacanthus paru, Epinephelus adscensionis, Lutjanus synagris, Gerres cinereus, Sphoeroides spengleri, Anisotremus virginicus, Haemulon macrostomum, Lutjanus mahogoni, Cephalopholis cruentatus, Halichoeres radiatus</i>	Depredadores medianos y ramoneadores.
7	<i>Acanthurus bahianus, Acanthurus coeruleus, Halichoeres bathyphilus, Bodianus rufus, Mulloidichthys martinicus</i>	Herbívoros y carnívoros de tamaño grande. Este es un grupo mixto.
8	<i>Sparisoma viride, Sparisoma chrysopterum, Sparisoma rubripinne, Stegastes adustus, Acanthurus chirurgus, Scarus iseri, Scarus taeniopterus, Microspathodon chrysurus, Sparisoma aurofrenatum</i>	Herbívoros de tamaño mediano, tanto solitarios como formadores de cardúmenes.

El corte de los dendrogramas se realizó a un 90% de similitud y para formar los grupos solo se consideraron las especies que estuvieron presentes en al menos el 10% de los sitios censados considerando las fechas. Aún es necesario afinar algunas de las variables ya que algunos de los

grupos formados incluían organismos de distintos niveles tróficos y que por lo tanto no deberían ser considerados como del mismo grupo funcional.

En la tabla 11 se muestran los grupos funcionales presentes en cada arrecife y el número de especies que se presentan del total de especies del grupo descrito. Puede verse que los depredadores grandes son los que se encuentran en menos arrecifes y que en el arrecife Ingeniero no están presentes dos de los ocho grupos funcionales y además los grupos presentes tienen pocas de las especies que conforman cada grupo; es decir, es el arrecife en peor estado desde el punto de vista de la comunidad de peces.

Tabla 11. Grupos funcionales por arrecife y especies dentro de cada grupo funcional.

Sitio	Grupo Funcional							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Santiaguillo1		1/1	3/6	5/8	5/9	3/14	4/5	8/9
Santiaguillo2		1/1	6/6	4/8	7/8	6/14	3/5	6/9
Enmedio1	2/2	1/1	4/6	5/8	7/9	6/14	5/5	6/9
Enmedio2		1/1	5/6	5/8	8/9	8/14	4/5	7/9
Blanca1	1/2	1/1	5/6	6/8	8/9	8/14	3/5	8/9
Blanca2	1/2	1/1	5/6	5/8	6/9	9/14	3/5	4/9
Anegada1			3/6	1/8	1/9	3/14	2/5	1/9
Anegada2	2/2	1/1	6/6	5/8	9/9	11/14	4/5	7/9
Verde1	1/2	1/1	4/6	5/8	8/9	13/14	5/5	8/9
Verde2		1/1	5/6	4/8	7/9	12/14	5/5	5/9
Pájaros1	2/2	1/1	4/6	5/8	6/9	10/14	3/5	6/9
Pájaros2	1/2	1/1	4/6	5/8	7/9	11/14	4/5	7/9
Sacrificios1	1/2	1/1	5/6	5/8	6/9	10/14	3/5	8/9
Sacrificios2	2/2	1/1	3/6	4/8	5/9	9/14	2/5	8/9
Ingeniero1			2/6	3/8	4/9	7/14	1/5	3/9

Eficientización del monitoreo

De la serie de análisis realizados se obtuvo que en general, con el esfuerzo realizado en esta primera etapa se logra tener una buena representación de lo que sucede a nivel comunidad y para aumentar la precisión en la información sería necesario aumentar mucho el esfuerzo ganando poco en precisión. Las variables que se midieron fueron los índices ecológicos así como la abundancia, se emplearon las siguientes claves: S= riqueza de especies, N=Número de organismos, J'= Equidad, H'= Diversidad, Delta*= distinctividad taxonómica considerando abundancias, Delta+= distinctividad taxonómica con datos de presencia-ausencia.

La figura 44 muestra los valores para el caso de los peces; se puede observar como disminuye el error al aumentar el número de censos (tamaño de muestra). Se observa que a partir de 50 censos el error no disminuye mucho más para el caso de todos los índices, excepto para la abundancia, la cual con 250 censos aún mantiene un error cercano al 20%, que equivale a 187 individuos. Sin embargo, este hecho sin duda se debe a que la abundancia se ve seriamente afectada por la visibilidad, por lo que la variación en su estimación no se debe tanto a las características de la población en sí, sino que también se incluye el error debido a la técnica de muestreo y las condiciones ambientales.

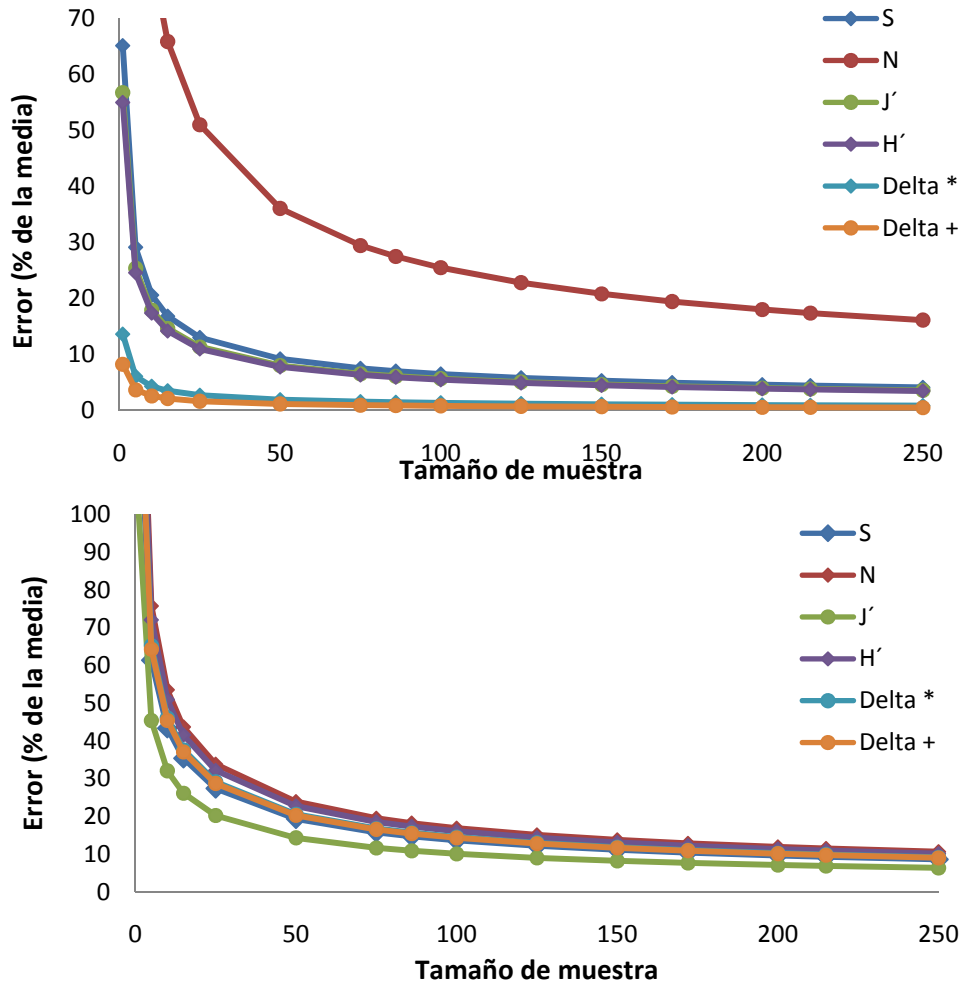


Figura 44. Disminución del error al incrementar el tamaño de muestra. La primera gráfica muestra el caso para los peces y la segunda para los corales. El significado de las leyendas está en el texto.

De manera extra al proyecto se hizo el mismo ejercicio con los equinodermos, los resultados se muestran en la figura 45.

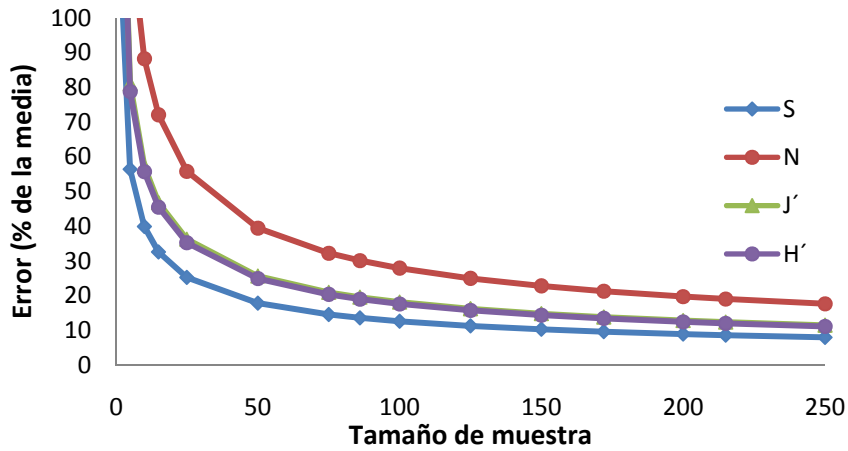


Figura 45. Disminución del error al incrementar el tamaño de muestra para el caso de los equinodermos.

De estos resultados podemos concluir que el esfuerzo realizado hasta ahora fue más que suficiente para poder estimar los parámetros biológicos, y de hecho, con el fin de disminuir el esfuerzo y los gastos en el proceso de monitoreo se recomienda reducir el número de transectos, lo cual se hará en función de las necesidades de la administración del PNSAV.

Discusión

Además de los arrecifes elegidos previamente se colocaron también trampas en los arrecifes de Isla Verde y Sacrificios Barlovento. Esto por ser dos de los arrecifes que en estudios previos han mostrado los mayores valores de cobertura coralina. Por un error omitimos poner el muerto en el arrecife Ingeniero y decidimos ya no cambiarlo cuando nos dimos cuenta del error para completar el ciclo anual en los arrecifes en los que ya se habían colocado los muertos. Esperamos que al término del año podamos mover alguno de los muertos de Isla Verde o Sacrificios barlovento al arrecife Ingenieros.

Los mayores contratiempos presentados hasta ahora han sido las demoras por la administración de la propia Universidad Veracruzana, las corrientes que han arrancado algunas de las trampas de sedimento y el mal tiempo que impera en la temporada de norte que han impedido hacer las salidas en las fechas programadas lo cual ha provocado que llevemos un desfazamiento de las fechas originalmente planeadas. Además, tuvimos problemas para realizar la caracterización topográfica mediante sensores remotos porque la calidad del material no era el adecuado para arrecifes tan pequeños como los del PNSAV; además encontramos que la dinámica biológica es alta ya que algunos parches de productores primarios, suponemos que principalmente macroalgas, aparecían o desaparecían en un lapso de 5 años. Sería conveniente afinar la caracterización mediante vuelos aéreos y realizar esta caracterización al menos cada dos años para darle seguimiento a los cambios. Además, por la experiencia que tenemos con otro proyecto pudimos constatar que las variaciones de la comunidad algal es muy elevada, y puede variar totalmente el paisaje en tan corto tiempo como 15 días.

La caracterización bentónica que realizamos mediante los videotransectos muestra alguna diferencias con la realizada en los perfiles batimétricos, seguramente por considerar arrecifes distintos y por emplear una metodología diferente, pues mientras con este proyecto se plantearon muestreos paralelos a la costa, los perfiles se obtuvieron mediante transectos perpendiculares. En ambos casos el componente mas abundante fue el tapete algal y el coral muerto, pero es importante señalar que el tapete algal crece sobre el coral muerto por lo que debajo de este se encuentran los restos de coral, siendo así el elemento más importante el coral muerto.

Con respecto a las tasas de sedimentación, estas son muy altas, con valores tan altos como de dos kg de peso seco por m² al día. Esto sin duda debiera afectar a los corales tanto en su crecimiento como en su mortalidad y presencia de enfermedades y reclutamiento. Sin embargo, extrañamente no se observa una relación con las enfermedades, y a pesar de esos valores tan grandes de sedimentación los corales se mantienen en bastantes buenas condiciones. Probablemente eso se deba a que el sedimento no solo es perjudicial sino que lleva consigo nutrientes que utiliza el coral y le permiten obtener energía para su crecimiento y salud. De ser esto cierto, eso explica la falta de relación entre la tasa de sedimentación y las enfermedades presentes.

Lamentablemente tuvimos algunos contratiempos con la medición de las variables fisicoquímicas por lo que estos deben ser tomados con precaución. El dato que parece estar

más completo y confiable es la temperatura, la cual muestra un patrón cíclico y un comportamiento que genera dos capas de agua en la temporada de lluvias y durante la temporada de nortes esa capa se rompe y el agua se enfría de manera homogénea. El final de la temporada de nortes probablemente esté asociado a un pico en la actividad reproductiva, mismo que se ve reflejado en el verano como un aumento en el número de juveniles.

Con respecto a la cobertura coralina, esta es mayor en las zonas profundas y existen grandes variaciones entre los arrecifes, siendo Ingeniero, el arrecife costero, el de más baja cobertura, presencia de especies y abundancia de peces.

El aumento de temperatura parece estar asociado a un incremento en las enfermedades de los corales, y aunque la presencia de enfermedades está asociada a la cobertura coralina, es decir, hay más colonias enfermas donde hay mayor cobertura, este comportamiento no se mantiene cuando se analiza por especie. La especie con el mayor número de enfermedades son las del género *Siderastrea*, en tanto que las especies más abundantes son las del género *Montastrea*. De igual manera que las enfermedades, el reclutamiento coralino no está asociado con la abundancia de los corales, y los reclutas del género *Siderastrea* son los más abundantes, seguidos de los del género *Agaricia*. Este fenómeno tiene varias explicaciones, puede ser que se deba a que estos organismos provienen de otros arrecifes, estas especies presentan una mayor reproducción sexual, o bien tienen tasas de sobrevivencia más altas hasta ciertas tallas. Sin duda este en un campo que aún debe ser estudiado con mayor detalle.

La cantidad de especies de peces es ligeramente más bajo que la de especies del Caribe, sin embargo se presentan varias especies endémicas, probablemente debido al aislamiento que este arrecife tiene. Se observó un mayor número de especies en las zonas profundas, que son las de mayor cobertura coralina, esto sin duda debido a la dominancia de una sola especie sobre el resto de la comunidad íctica, y a la asociación con los corales. Este es un fenómeno interesante porque en las comunidades del Caribe *C. personatus*, la especie dominante en el PNSAV, no es tan abundante como aquí. Sin duda debe tener un papel ecológico relevante en el traspaso de energía a la cadena alimentaria, y son necesarios estudios particulares sobre este fenómeno.

Aparentemente las tallas de los peces se han visto afectadas por la pesca, ya que según algunos estudios el mayor esfuerzo de pesca se realiza sobre los arrecifes del sur, y son los del norte los que presentan las tallas más grandes. Sobresale el caso de Anegada de adentro, que es el arrecife más alejado y por lo mismo es probable que sea menos accesible. Sacrificios, un lugar que presenta una mayor vigilancia mediante el establecimiento de un campamento de la armada también sobresale por su presencia de tallas grandes.

Resulta interesante el hecho de que al realizar el análisis de clusters los grupos se formen con base en la profundidad o por el arrecife sin importar la época del año, esto a pesar de los grandes cambios que se registran en la abundancia (probablemente debido a la disminución de la visibilidad).

Finalmente, los grupos funcionales requieren aun un mayor trabajo para poder ser utilizados como herramienta para el manejo, pues los grupos que se formaron incluyen especies con características distintas.

Conclusiones

Respecto a los los resultados obtenidos en función de los objetivos se puede concluir que:

La caracterización obtenida mediante sensores remotos permite identificar grandes zonas, sin embargo sólo aplica para zonas someras y mediante la caracterización a grandes grupos. Se identificaron cinco grandes ambientes.

Los datos de diversidad y abundancia de corales (18 especies), y peces (109 especies) permiten fijar la línea base para el manejo de la zona, proporcionando valores e densidad por arrecife y profundidad en las distintas épocas del año.

El análisis de los grupos funcionales de peces permitió identificar ocho grupos, estos se desglosaron en el número de especies por grupo en cada arrecife y cada profundidad. Con base en ellos se concluye que el arrecife de Ingeniero es el de peor salud.

Los estudios de los perfiles batimétricos muestran una mayor profundidad para la zona de barlovento en la mayoría de los arrecifes.

Del análisis de los parámetros fisicoquímicos se obtuvo que existe un patrón durante el año. En la temporada de nortes el agua está más fría y mezclada, y en la temporada de lluvias, el agua es más cálida y se forman dos capas, una somera, cálida, de baja visibilidad y una profunda más fría y de menor turbidez.

Los valores de sedimentación son muy elevados (hasta 2 kg/m²/día) y presentan grandes fluctuaciones, entre arrecifes y entre épocas del año, siendo la temporada de nortes la que presenta los mayores valores. No existe un patrón respecto a la distancia de la costa o los ríos para el volumen de sedimentación.

Del estudio de enfermedades en los corales se concluye que se presentan ocho enfermedades distintas sobre 14 especies de corales. La plaga blanca y el blanqueamiento son las de mayor prevalencia; los arrecifes más abundantes no son los más enfermos.

Del análisis de reclutamiento coralino se registraron 14 especies distintas y las de mayor densidad fueron de los géneros *Agaricia* y *Siderastrea*. Estas especies no son las de mayor cobertura en el PNSAV.

Del análisis de tallas se puede concluir que las tallas más grandes de peces se encuentran en los arrecifes del norte, a pesar de ser los más pequeños en área y de mayor cercanía al área conurbada.

Del análisis de la comunidad de peces se concluye que se mantienen bastante estables durante el año, aunque varían entre arrecifes y entre profundidades.

Del análisis de eficientización del monitoreo se concluye que se puede reducir el esfuerzo a casi una tercera parte sin perder demasiada información.

Referencias bibliográficas

- Acevez-Jiménez, A. 1992. Aspectos biológicos de *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758) (Pisces:Pomacentridae) Arrecife Punta de Hornos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 52 pp.
- AGRRA, 2005. Atlantic and Gulf Rapid Assessment (AGRRA). The AGRRA Protocol. <http://www.agrra.org>
- Aladro-Lubel, M. A. 1984. Algunos ciliados intersticiales de Isla de Enmedio, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 55:1-59.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1998, Peces del pacífico oriental tropical. CONABIO-Sierra Madre-CEMEX. México. 327 pp.
- Almada-Villela, P, C, P.F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve, 2003. Manual of methods for the Mesoamerican barrier reef system synoptic monitoring program. Mesoamerican barrier reef system project. Belize. 146 pp. <http://www.mbrs.org.bz>
- APIVER, 2005. Resumen de movimientos de buques y carga. Administración Portuaria Integral de Veracruz. <http://148.223.221.118/apiwww/op-movimiento2.htm>
- Arceo-Briseño, P. 2005. Determinación de indicadores críticos para la operabilidad del programa de manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Resultados preliminares. Proyecto CONACyT-SEMARNAT. 2005-2007.
- Arenas-Fuentes, V. y J. M. Vargas-Hernández. 2004. Caracterización macrobéntica arrecifal. Reporte de investigación. Centro de Ecología y Pesquerías. Boca del Río, Veracruz. 308 pp.
- Aronson R.B. y D.W. Swanson, 1997. Video surveys of coral reefs. Uni and multivariate applications. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp* 2:1441-1446.
- Beaver, C. R., K. J. P. Seslarzes, J. H. Hudson y J. W. Tunnell Jr. 1996. Fluorescent banding in reef corals as evidence of increased (organic) runoff onto the Southern Veracruz coral reef complex. VIII International Coral Reef Symposium. Panama, Panama. p 14.
- Beltrán-Torres, A. y Carricart-Ganivet, J.P. 1997. Lista revisada y clave de determinación de los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina: Anthozoa: Scleractinia) del atlántico mexicano. *Revista Biología tropical*.
- Bernárdez de la Granja, A. 1993. Estructura comunitaria de los corales escleractinios del arrecife Chopas, Antón Lizardo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 144 pp.
- Booth D. J. y G. A. Beretta. 2002. Changes in a fish assemblage after a coral bleaching event. *Marine Ecology Progress Series*, 245:205-212.
- Bortone, S. A., T. Martín y C. M. Bundrick. 1991. Visual census of reef fish assemblages: a comparison of slate, audio, and video recording devices. *Northeast Gulf Science*. 12(1):17-23.
- Bravo, R. J. y R. J. Camacho. 1989. Contribución al conocimiento sobre la estructura de la comunidad de corales escleractinios en el arrecife "La Blanquilla", Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CARICOMP, 2001. Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean. University of the West

- Indies and University of South Florida. 93 pp.
http://www.ccdc.org.jm/caricomp_manual_2001.pdf
- Carricart-Genivet, J. P. 1994. Distribución de zooxanthelas y pigmentos clorofílicos en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767) en relación con la profundidad y época del año en un arrecife veracruzano. Tesis de Maestría. ENEP, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 58 pp.
- Chávez, E. A., E. Hidalgo y M. L. Sevilla. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife de Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 31:211-281.
- Christensen, V., C. J. Walters y D. Pauly. 2000. *Ecopath with Ecosim version 4.0*. University of British Columbia, Fisheries Center, Canada and ICLARM, Malaysia.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. *Change in marine ecosystems. An approach to statistical analysis and interpretation*, Primer E, Plymouth.
- Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2o ed. Lawrence Erlbaum, Hillsdale.
- CONANP, 2005. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/sav.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 1992. Tomo CDLXVII. No. 17. México, D. F., Martes 25 de Agosto de 1992. pp. 4-13.
- Dodge, R. E., A. Logan y A. Antonius. 1982. Quantitative reef assessment studies in Bermuda: A comparison on methods and preliminary results. *Bull. Mar.Sci.* 23 (3):745-760.
- Elorduy-Garay, J. y S. Jiménez-Gutiérrez. 2000. Metodologías para el estudio de los peces de arrecife. 72-82, En: Aburto-Oropeza, O. y C. Sánchez-Ortiz. *Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato*. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Brich Aquarium at SCRIPPS. 1a edición, México. 139 p.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing field studies for biodiversity conservation*. Island Press, Washington.
- Fondriest Environmental. 2004. *YSI 6600 Operational Manual*.
<http://fondriest.com/products/ysi6600.htm>
- Froese, R. y D. Pauly. Editors. 2005. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (03/2005)
- Fuentes, V. L. 1981. *Estudio taxonómico de las esponjas marinas del área de Veracruz, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- García-Salgado, M. A. 1992. *Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 65 pp.
- Gessner, M. O., P. Inchausti, L. Persson, D. G. Raffaelli y P. S. Giller. 2004. Biodiversity effects on ecosystem functioning: insights from aquatic systems. *Oikos*, 104:419-422.
- Gómez, P. 2002. "Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe" AGT Editor, S.A. México, D.F. 134 pp.
- González-González, J. 1989. *Ecología de la ficoflora estacional de los arrecifes coralinos de las islas La Blanquilla (Peyote), Verde y Sacrificios, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

- Hall, S. J. y S. P. Greenstreet. 1998. Taxonomic distinctness and diversity measures: responses in marine fish communities.
- Horta-Puga, G., J.M. Vargas-Hernández and J.P. Carricart-Ganivet. En prensa. Reef Corals. In J.W. Tunnell and E. Chávez (Eds). CORAL REEFS OF THE SOUTHERN GULF OF MEXICO. Texas A&M University.
- Humann, P. y N. Deloach. 2002. Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications. Singapore. 481 pp.
- INEGI, 2005. Censo General de Población y Vivienda 2000. http://www.inegi.gob.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado=tab_po04b&c=708&e=30
- Jiménez-Badillo, M.L., Arenas-Fuentes V. y Pérez-España, H. En prensa. The conservation-exploitation paradox in a Mexican coral reef protected area. 16 p. In: Musick, J.A. (editor). Proceedings of the Fourth World Fisheries Congress. American Fisheries Society. Vancouver, Canada.
- Kramer, P.A. 2003. Synthesis of coral reef health indicators for the western Atlantic: results of the AGRRA program (1997-2000). Atoll Research Bulletin 496: 1-57.
- Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. 2o ed. Addison-Wesley, Menlo Park.
- Lara E. N. y E. A. González. 1998. The relationship between reef fish community structure and environmental variables in the southern Mexican Caribbean. J. Fish Biol. 53:236-255.
- Lara Pérez Soto, M., 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el Arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 91 pp.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. In Stoddart & R.E. Hohannes, (Eds.), Coral Reefs: research methods. UNESCO Monographs on oceanographic Methodology. 5:197-218.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell. United Kingdom. 256 pp.
- McCune, B. J.B. Grace y D.L. Urban. 2002. Analysis of ecological communities. MJM Software Design, Oregon.
- Morales-García, A., Román-Magaña, M. y L. Martínez-Cárdenas, 1998. Algas del Sistema Arrecifal Veracruzano. Oceanología. pp.25-33.
- Munro, J. L. y D. Pauly. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte 1(1):5-6.
- PEMEX. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del sistema arrecifal del Puerto de Veracruz. PEMEX y SEMAR, México. GPTA-E-01/87.
- Pérez España, H., F. Galván Magaña y L.A. Abitia Cárdenas. 1996. Temporal and spatial variations in the structure of the rocky reef fish community of the Southwest Gulf of California, Mexico. Ciencias Marinas, 22(3): 273-294.
- Pérez-España, H., M. L. Jiménez-Badillo y J. M. Vargas-Hernández. 2005. Especies de peces de arrecife capturadas por la pesca artesanal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. 1er Simposio Internacional sobre Ciencias Pesqueras en México. La Paz, Baja California Sur. 2 al 4 de mayo.
- Resendez, A. 1971. Peces colectados en los arrecifes de La Blanquilla, Veracruz, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM 1:7-30.
- Roberts, K. A. 1981. Polychaetes of Lobos reef, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Corpus Christi State University, Corpus Christi, Texas. 40 pp.

- Rodarte-Orozco, C. S. 1985. Determinación de la estructura del sistema fitoplanctónico en el arrecife Isla Verde, Veracruz. Tesis de Licenciatura. ENEP, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Sánchez Wall, M. I. 1992. Comunidad de poliquetos asociada al substrato duro en el arrecife de Isla de Enmedio, Mpio. de Antón Lizardo, Ver. México. Tesis profesional, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez. Ver.
- Steidl, R.J. y L. Thomas. 2001. Power analysis and experimental design. pp. 14-36, En: S.M. Scheiner y J. Gurevitch (eds.). Design and analysis of ecological experiments. Oxford University Press, Oxford.
- Sumaila, U. R., S. Guénette, J. Alder y R. Chuenpagdee. 2000. Addressing ecosystem effects of fishing using marine protected areas. ICES Journal Marine Science, 57:752-760.
- Thompson, A. A. y B. D. Mapstone. 1997. Observer effects and training in underwater visual surveys of reef fishes. Marine Ecology Progress Series. 154:53-63.
- Tunnell, W. Jr. 1988. Regional comparison of Southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea coral reefs. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium. Australia, Vol 3. 303-308 pp.
- Vargas-Hernández, J.M., 2004. CoArrCP. (Coberturas Arrecifales por Conteo de Puntos). Versión 1.1. Manual del Usuario. 39pp. Disponible en <http://www.somac.org.mx/>
- Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 559-575 pp.
- Vargas-Hernández, J.M., L. Bonilla y A. Muñoz Cevallos. 2000. Modelos geomorfológicos digitales del arrecife Isla Verde, Ver. 1er Cong. Nal. Arrec. Coral. México, 36 p.
- Vargas-Hernández, J. M., G. Nava Martínez y M. A. Román Vives. 2002. Peces del Sistema Arrecifal Veracruzano. En Guzmán, A. et. al. La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA-Universidad Veracruzana. pp. 17-29.
- Veron, J. 2000. Corals of the World. Australian Institute of Marine Science, Melbourne, Australia. 463 pp.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 1995. New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. Marine Ecology Progress Series. 129: 301-305.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. Journal of applied ecology, 35, 641-662.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4o ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Zavala-Hidalgo, J., Morey, S. L. y O'Brien, J. J. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. Journal of Geophysical Research, 108: 1-19.

Monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

Responsable:

Horacio Pérez España, Dr.
Investigador Titular "C"
Tel. (229) 9567227
Fax: (229) 9567070
hperez@uv.mx

Domicilio particular

Calle Camino Real No. 55
Col. San José
C.P. 94293
Boca del Río, Veracruz
Tel: (229) 9567630

Corresponsable:

Juan Manuel Vargas Hernández, C. M. en C
Técnico Académico Titular "C"
Tel. (229) 9567227
Fax: (229) 9567070
jmvargash@gmail.com

Domicilio particular

Carpatos 118
Col. Lomas de Casa Blanca
C.P. 91153
Xalapa, Veracruz
Tel: (228) 8102597

Institución:

Universidad Veracruzana,
Centro de Ecología y Pesquerías
Calle Hidalgo 617
Col. Río Jamapa
C.P. 94290
Boca del Río, Veracruz

Responsable legal: Dr. Raúl Arias Lovillo, Rector.

Área natural protegida:

Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)

Monto Total de financiamiento solicitado:

Segunda etapa: \$1'161,857.20

Duración:

Total: 7 años

Segunda etapa: 6 años

Resumen

Durante el monitoreo se pondrán trampas de sedimentos en varios puntos del arrecife, lo cual nos dará información bimestral de la sedimentación en distintos puntos del parque. Se medirán también parámetros fisicoquímicos que nos permitan describir los cambios mensuales de temperatura y salinidad en el área de estudio. Se determinará la cobertura coralina así como la composición de especies mediante fotografías digitales sobre los transectos. Se determinará mediante mediciones directas la incidencia de enfermedades en corales así como la presencia de blanqueamiento y el reclutamiento coralino. Se agregará el monitoreo de equinodermos. Mediante transectos distintos entre sí, se determinará la distribución y abundancia de peces, la abundancia de reclutas y las tallas de los individuos de las familias que contienen a las principales especies capturadas por la pesca artesanal. Se realizará buceo errante para completar la lista de especies y conocer la diversidad biológica de peces. La información será analizada con el fin de proponer índices que proporcionen una medida de la salud del ecosistema. Se medirá el crecimiento de algunas especies de corales y se tomarán fotografías para elaborar un catálogo de las especies del parque. Finalmente, con toda la información recopilada en este proyecto así como en proyectos concurrentes se elaborará un modelo ecotrófico del ecosistema, con el cual se puedan determinar las posibles respuestas ante cambios en los componentes del ecosistema, en los regímenes de pesca o como resultado de medidas de manejo adoptadas.

Palabras clave: Caracterización, monitoreo, peces, corales, sedimentación, enfermedades, índices, modelos.

Objetivos

Objetivo general:

1. Proporcionar información constante sobre el estado en que se encuentra el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, de manera que puedan detectarse los cambios que pudieran presentarse.
2. Proporcionar información de la manera en que se relacionan los distintos componentes del ecosistema de manera que se pueda tener una visión integral de los componentes biológicos y la manera en que se afectan o benefician entre sí.

Objetivos particulares:

- 1.1. Proporcionar datos de diversidad y abundancia de los corales y peces en los principales arrecifes del PNSAV
- 1.2. Analizar la información de las tallas de los peces para identificar posibles cambios en biomasa de los arrecifes
- 1.3. Analizar los cambios en el número y prevalencia de las enfermedades.
- 1.4. Proporcionar información sobre los principales grupos funcionales del ecosistema.
- 1.5. Proporcionar información sobre los cambios en la cobertura y abundancia de los grupos estudiados mediante censos o fototransectos.
- 1.6. Reunir y analizar la información para que en el mediano plazo pueda contarse con indicadores numéricos de la salud del ecosistema.
- 2.1. Con base en la información sobre los grupos funcionales, determinar la manera en que se relacionan entre sí.
- 2.2. Construir un modelo que involucre la pesca como un depredador del ecosistema cuantificando los flujos entre los distintos componentes y que permita hacer

simulaciones que permitan determinar las posibles respuestas como resultado de medidas de manejo específicas.

Justificación

La conservación de los recursos costeros y oceánicos en el país se enmarca dentro de diversos compromisos contraídos por México. Dentro de ellos el Convenio sobre Diversidad Biológica; el mandato de Yacarta sobre biodiversidad Biológica Marina y Costera; la convención de Naciones Unidas sobre la Ley del Mar; la agenda 21; el Convenio de Cartagena para la Protección y desarrollo del Medio Marino. En 1997 México se unió al Año Internacional de los Arrecifes y en 1998 se participo en la declaración del Año internacional de los Océanos.

El PNSAV es el único parque marino de México expuesto a efectos locales tan fuerte como las descargas del río Jamapa, que descarga $1670 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ y bajo la influencia ocasional del Río Papaloapan que descarga $20000 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ (PEMEX, 1987), con grandes volúmenes de sedimentos los cuales no han sido aun cuantificados. Se sabe sin embargo, que las descargas de los ríos son ricas en nutrientes además de sedimentos; ambas características son nocivas para los arrecifes coralinos pues prefieren condiciones oligotróficas y de aguas claras (Veron, 2000). Es también la zona coralina junto a la ciudad costera más grande México (INEGI, 2005) y por el parque atraviesan los barcos del que es también el puerto más grande del país, con un tráfico anual de entre 1809 y 1505 buques (APIVER, 2005). Algunos de estos buques han tenido impactos contra los arrecifes, lo cual ha creado daños severos locales en los arrecifes cercanos al puerto. De esta manera se tienen múltiples factores de impacto: el influjo de descargas municipales, industriales y agropecuarias de los centros urbanos adyacentes y cercanos, aunado a lo cual se tiene el vertimiento de contaminantes y sedimentos terrígenos provenientes de las cuencas hidrológicas así como las actividades portuarias del área que provocan la resuspensión de sedimentos finos y además eventuales derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas. Aparte de estos factores, en el parque se desarrolla una actividad pesquera artesanal que obtiene en promedio, casi dos toneladas de producto diario (Jiménez-Badillo, et al. en prensa). Por otro lado, en el parque existe una actividad turística que incluye buceo deportivo, paseos en lanchas y viajes a algunas de las playas y zonas someras del parque sin embargo no existen estadísticas disponibles de esta actividad. A pesar de todo lo anterior, el PNSAV es un reservorio rico en especies coralinas de origen caribeño y por el sistema de corrientes litorales probablemente aporta larvas al Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (Arrecifes Lobos, Enmedio, Blanquilla, Tangüijo, y Tuxpan) y recibe impulsos de reclutamientos antillanos (Vargas-Hernández et al., 1993).

Por los motivos anteriores, es importante tener, un monitoreo del área (que además ha sido decretada Parque Nacional) que permita detectar los cambios en los recursos, ya sea como respuesta directa a acciones locales o bien como respuesta a eventos de mayor escala. Por otro lado, sobra decir que para poder realizar un manejo adecuado de un Área Protegida es necesario contar, en primer término, con un conocimiento básico de cuáles son los recursos que se están protegiendo y cuál es su estado para tener una línea base de comparación. En el área se han realizado una gran cantidad de estudios; en una revisión bibliográfica realizada pudimos encontrar 240 trabajos. Sin embargo, la gran mayoría de estos son tesis de licenciatura y resúmenes de congresos, es decir, han respondido a intereses específicos y no han tenido una continuidad ni una visión integral.

Durante la primera etapa del proyecto, pudimos constatar que la falta de estudios ha impedido conocer sobre el endemismo de especies, de tal manera que ha aparecido una publicación de dos nuevas especies de peces, está en proceso la descripción de una más y platicando con colegas parecen existir al menos una especie de coral endémica así como varias especies de poliquetos. Como resultado de la caracterización previa y la eficientización del monitoreo pudimos constatar que el esfuerzo realizado durante la primer etapa sirvió para determinar la línea base pero podíamos disminuir el esfuerzo sin perder demasiada información, por lo que con base en esos resultados se disminuyó ahora el esfuerzo en el monitoreo.

Por esta razón proponemos ahora un programa de monitoreo a largo plazo. Hemos seleccionado grupos clave del ecosistema: corales y peces, por ser estos la base del ecosistema y gran parte de su función. Este monitoreo tiene como característica principal ser de bajo costo y bajo impacto y además ser sensible tanto a los impactos locales como a los de origen regional y global. El conocimiento de estas características es relevante para mantener sistemas de información que ayuden a tomar decisiones para el manejo y conservación de este parque nacional.

Antecedentes

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992 (Diario Oficial de la Federación, 1992). El plan de manejo que se elaboró para el parque aún no ha sido aprobado por las autoridades correspondientes, sin embargo en él se hace evidente la necesidad de realizar estudios biológicos, ecológicos y socioeconómicos.

En la zona se han realizados diversos estudios en los arrecifes, sin embargo estos han sido puntuales en cuanto a su duración y al número de especies que involucran y en su gran mayoría están conformados por “literatura gris”, tales como resúmenes de congresos y tesis. Por ejemplo, desde el punto de vista de la caracterización de la fisiografía de los arrecifes, hasta el momento existen cuatro trabajos avocados a ello (Lara-Pérez, 1989; PEMEX, 1987; Vargas-Hernández et al., 2000; Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2004) dentro de los cuales solo algunos de los arrecifes están estudiados de manera intensiva. En cuanto a estudios ecológicos existen trabajos puntuales de algunos de los arrecifes (e.g. Chávez et al. 1970, Resendez 1971, Fuentes 1981, Roberts 1981, Aladro-Lubel 1984, Rodarte-Orozco 1985, Bravo y Camacho 1989, González-González 1989, Aceves-Jiménez 1992, García-Salgado 1992, Bernández de la Granja 1993, Carricart-Genivet 1994, Beaver et al. 1996, Lara y González 1998). Aún así, estos trabajos pueden brindar información valiosa para hacer la caracterización y al mismo tiempo servir como referencia para comparar los resultados obtenidos por el presente proyecto. Tenemos una base de datos con 240 trabajos realizados en la zona, y hemos obtenido los más importantes de ellos.

Durante los últimos 15 años la Universidad Veracruzana ha venido realizando estudios en el PNSAV, lo cual nos permite tener información sobre la topografía, sobre las comunidades coralinas y sobre las comunidades de peces, entre otras. El Centro de Ecología y Pesquerías se creó en el año 2000, y desde su creación ha tenido como objeto de estudio el PNSAV, en el cual ha desarrollado varios proyectos de investigación y tiene otros más en desarrollo actualmente. Entre los proyectos cuyos resultados servirán de base para el presente proyecto se encuentran dos que serían la base de la caracterización: “Monitoreo oceanográfico y biológico” realizado durante el 2004 y “Geomorfología y escenarios bióticos del Sistema Arrecifal Veracruzano

(GEBSAV)” iniciado a finales de los 90’s y que continua en operación con el apoyo y colaboración del Acuario de Veracruz, A.C.

A la fecha sabemos que el área total de los arrecifes es de 3200 has (Arceo-Briseño, 2005) y en la zona habitan alrededor de 1400 especies (Arenas-Fuentes y Vargas-Hernández, 2004). Sánchez-Wall (1994) describió 33 especies de poliquetos en Isla de Enmedio, en tanto Rioja (1960) reportó 55 especies de poliquetos en Isla Verde. Vargas-Hernández et al. (2002) hicieron una recopilación de las listas de peces reportados en la zona y encontró un total de 248 especies. Gómez (2002) ha descrito 20 especies de esponjas en el área en tanto Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1998) reportan 38 especies de corales hermatípicos en el PNSAV. Un listado actualizado con comentarios sobre la biogeografía de las especies de corales duros del Atlántico Mexicano está en prensa (Horta-Puga et al.). Finalmente, Morales et al. (1998) realizaron una compilación de los trabajos ficoflorísticos llevados a cabo en el área y encontraron un total de 158 especies.

Una característica del PNSAV respecto a sus características fisicoquímicas es la variabilidad estacional determinada por el patrón de vientos y el patrón hidrodinámico dominante que, de abril a agosto, genera corrientes marinas que van de sur a norte y de septiembre a marzo va de norte a sur (Zavala et al. 2003). Este contraste ambiental de periodicidad estacional crea dos épocas del año pues estos patrones además están asociados a una mayor turbulencia asociada con los “nortes” que ocurren en otoño e invierno y la temporada de lluvias, que ocurre en el verano (Tunnell, 1988), implicando cambios en el volumen y naturaleza de la materia orgánica particulada que se introduce al ecosistema así como en el destino de las aguas negras de la ciudad. Estas características fisicoquímicas sin duda producen cambios en la comunidad biológica de los arrecifes, sin embargo se desconoce la naturaleza de dichos cambios.

Área geográfica.

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) comprende 23 arrecifes y fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992 (Diario Oficial de la Federación 1992). El PNSAV se encuentra situado entre las coordenadas 19°00’00’’ - 19°16’00’’ N y 95°45’00’’ - 96°12’00’’ W, en la porción central del Estado de Veracruz, el cual colinda al N con Tamaulipas y el Golfo de México; al E con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas; al S con Chiapas y Oaxaca; al W con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí. A nivel local, está ubicado frente a los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. La extensión del PNSAV es de 52,238 ha (Diario Oficial de la Federación 1992) y está constituido por un conjunto de arrecifes en distintos grados de afectación. De manera natural se encuentran divididos geográficamente en dos áreas: norte y sur. La parte intermedia son aguas sobre fondos suaves y arenosos poco explorados. Los arrecifes de la parte norte se localizan frente al Puerto de Veracruz, todos ubicados por arriba de la isobata de los 40 m, representan menos de un tercio en extensión de los de la parte sur y están constituidos en general por arrecifes de menor extensión. Los arrecifes de la parte sur se ubican frente a Punta Antón Lizardo, a unos 20 Km al SO del Puerto de Veracruz, todos estos se encuentran por arriba de la isobata de los 50 m. Su cercanía a la costa y las desembocaduras de ríos importantes como el Jamapa y el Papaloapan resaltan la influencia de los contaminantes urbanos hacia las áreas arrecifales. Al norte del parque se ubica la desembocadura del Río La Antigua, al sur el Papaloapan y la desembocadura del río Jamapa divide al parque en dos áreas; los acarreo de estos ríos provocan que las aguas sean poco transparentes (CONANP, 2005).

El PNSAV está incluido en el polígono 49, una de las 70 áreas de alta biodiversidad que son contempladas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en la evaluación que se realizó dentro del Programa de Regiones Prioritarias Marinas de México con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). La figura 1 muestra la ubicación del PNSAV y de los arrecifes que lo conforman.

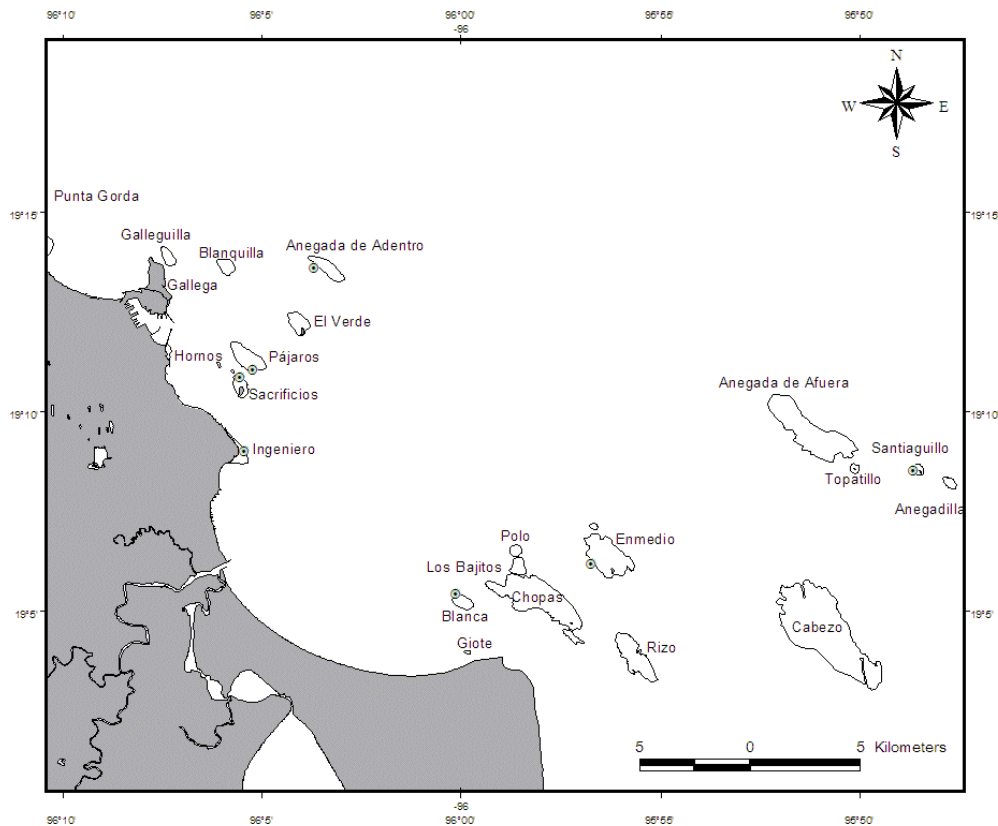


Figura 1. Mapa del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Metodología.

Selección de sitios

La selección de los sitios obedece a resultados obtenidos en estudios anteriores elaborados por nuestro equipo de trabajo y en la experiencia sobre el PNSAV. Se eligieron con base en tres aspectos: representatividad, mayor cobertura coralina e impactos humanos. Se seleccionaron ocho sitios, cinco de la zona norte y tres de la zona sur. En cada sitio se trabajará, en la medida de lo posible, a dos profundidades distintas, 2 y 15 metros, excepto en la zona de impacto y el arrecife de ingenieros, por ser un arrecife somero. La razón de mover el arrecife somero a una zona aún más baja es para monitorear lo que sucede en la laguna arrecifal, ya que hasta ahora la habíamos descuidado y las lagunas arrecifales son las que tienen la mayor área dentro de los arrecifes. A continuación se mencionan y se explican brevemente las razones de su elección:

Zona norte

Ingeniero: es un arrecife costero, con muy baja cobertura coralina, pero con una comunidad béntica muy particular. Es representativo de los arrecifes costeros del Sistema Arrecifal Veracruzano. Es el más cercano a la desembocadura del Río Jamapa.

Sacrificios: es una zona con acceso restringido real, ya que en ella se encuentra un campamento de marina. El monitorear este sitio será un buen punto de referencia para los arrecifes de plataforma intermedios situados frente al puerto de Veracruz. Ahora se encuentran algunos proyectos para su apertura por lo que darle seguimiento sin duda será importante para medir el impacto de las medidas de manejo tomadas.

Galleguilla: Se incluye este nuevo sitio en lugar de Pájaros ya que con la metodología empleada no notamos ninguna diferencia entre la zona de encallamientos y la zona aledaña. Ahora se está iniciando la ampliación del muelle de Veracruz, mismo que se hará sobre el arrecife La Gallega, y Galleguilla es el más próximo a esta zona. Su monitoreo será importante para determinar el grado de afectación de las obras de ampliación y operación del muelle.

Verde. Es el arrecife con la mayor cobertura y diversidad de corales del norte; en él se encuentran parches de *Acropora cervicornis*, una de las dos especies de coral bajo régimen de protección especial en la Norma Mexicana.

Anegada de Adentro: la zona de sotavento es la de mayor cobertura y donde durante el 2004 se observaron muchas colonias de diversas especies blanqueadas. Es un excelente sitio representativo de los arrecifes de plataforma externos frente al puerto. Es el arrecife más alejado de la costa de la zona norte. El lado de barlovento presenta las colonias de *Acropora palmata*, una de las dos especies de coral bajo régimen de protección especial en la Norma Mexicana.

Zona sur

Blanca: un arrecife intermedio de plataforma del grupo Antón Lizardo, es muy relevante y un punto de referencia porque en él se han encontrado los valores más elevados de reclutamiento coralino. Se modificará el punto somero a una zona más protegida ya que fue el arrecife que presentó las trampas destruidas el mayor número de veces.

Enmedio: con una cobertura coralina elevada, este arrecife intermedio de plataforma es representativo del grupo Antón Lizardo. Fue junto con sacrificios uno de los arrecifes con mayor tasa de sedimentación y además incluye parches de octocorales.

Santiaguillo: uno de los arrecifes de plataforma más alejados de la costa en el grupo Antón Lizardo. Su cobertura coralina es elevada. En la zona de barlovento presenta colonias de *A. palmata* y en sotavento de *A. cervicornis*.

Sedimentación

Se pondrán trampas de sedimentos de PVC. Las trampas serán construidas siguiendo las recomendaciones de Almada-Villeda, et al. 2003. Se construirán sobre una base de cemento y los tubos colectores serán de PVC unidos a las varillas por medio de cintas o abrazaderas. Se pondrá atención a la relación de aspecto entre la longitud y el diámetro del tubo, manteniendo una relación de 12:1. Cada unidad estará constituida

por una serie de tres varillas colocadas en un bloque cúbico de cemento. En cada varilla se colocará una trampa de sedimento. Las bocas de las trampas estarán a 1 m del fondo. Se colocará una unidad a cada profundidad en que se realicen los monitoreos bentónicos y de peces. Esperamos que las trampas colocadas más cerca de la desembocadura del Río Jamapa y más cerca de la superficie sean las que capturen una mayor cantidad de sedimentos. Las trampas se cambiarán cada dos meses pues esa será la frecuencia de monitoreo.

En el laboratorio se pasará cada muestra en un filtro Whatman No. 2 usando un embudo Buchner. Cada filtro se enjuagará varias veces pasando agua destilada suavemente por el filtro en el embudo para remover residuos de sedimento. Cada filtro será secado en un horno a 70°C hasta obtener un peso constante. El peso de los sedimentos se obtendrá de la diferencia entre el peso total menos el peso del papel. La tasa de sedimentación (*TS*) se calculará como mg sedimento cm² día⁻¹ mediante la ecuación 1:

$$TS = \frac{WS}{D \times (\pi r^2)} \quad 1$$

donde *WS* es el peso seco del sedimento, *D* es el número de días que la trampa estuvo en operación y *r* es el radio de la boca de la trampa.

Parámetros fisicoquímicos

Dado que el objetivo es que el monitoreo sea realizado por personal del PNSAV y en ocasiones el equipo para medir muchos parámetros es costoso y en la caracterización vimos que las principales correlaciones se dieron con la temperatura, se medirá solo la temperatura, la salinidad y la visibilidad.

Temperatura, salinidad. Estos parámetros serán medidos mediante una sonda multiparámetros YSI 6600 (Fondriest Environmental, 2004). La sonda será calibrada cada salida y se programará para que tome medidas de estos parámetros cada 2 minutos. Un buzo llevará consigo la sonda, de tal manera que ésta registre los parámetros señalados durante el recorrido del buzo y con ello se podrá elaborar un perfil de cada buceo en cada zona. La periodicidad de la medición de los parámetros fisicoquímicos será cada dos meses. En caso de no tener la sonda estos parámetros pueden obtenerse fácilmente mediante un termómetro y un refractómetro.

Visibilidad. La se medirá mediante dos metodologías. 1) con un disco de Secchi limnológico estándar. El disco se deja en el muerto y al alejarse de él se mide la distancia hasta la cual se pierde de vista. Esto se realiza a ambas profundidades ya que por la naturaleza propia del PNSAV en ocasiones se forman dos capas, una somera y turbia y otra profunda y con gran visibilidad. Las lecturas se efectuarán entre las 10:00 y las 14:00 hs para tener buenas condiciones de luz (CARICOMP, 2001). 2) Mediante una sonda multiparámetros marca YSI modelo 6600. La sonda mide la turbidez en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) (Fondriest Environmental, 2004); estas medidas serán comparadas con el disco de Secchi para determinar la correlación existente entre ambas.

Caracterización coralina

Estimación de composición y cobertura.

Para estimar la composición y cobertura bentónica se utilizará la técnica de foto transectos (Aronson y Swanson, 1997). Para ello se empleará una cámara fotográfica digital Canon de 10 megapíxeles con una caja estanca. Se empleará un filtro rojo en

caso de ser necesario o un par de lámparas. La longitud de cada transecto será de 10 m. La grabación se realizará manteniendo el lente a 50 cm del fondo aproximadamente, con la cámara vertical al fondo y avance lento para tomar imágenes claras de cada video obtenido. Se harán cuatro fototransectos en cada profundidad en cada sitio de muestreo. Se obtendrán 20 imágenes de video por cada 10 metros de longitud. Esto implica 80 imágenes por cada profundidad y sitio. Las imágenes serán obtenidas a través de su captura directa a una tarjeta de memoria, procurando evitar traslapamiento entre imágenes. Para determinar la cobertura se utilizará la técnica de conteo de puntos, generando 10 puntos aleatorios sobre cada foto con lo cual se tendrán 800 puntos para caracterizar cada profundidad en cada sitio. El análisis de las fotos se harán mediante el software CoArrCP (Coberturas Arrecifales por Conteo de Puntos) Versión 1.01 (Vargas-Hernández, 2004). Ya existe un catálogo de 84 componentes bénticos para los arrecifes veracruzanos, resultante de estudios anteriores y se tiene la facilidad de exportar resultados a Excel (Vargas-Hernández, 2004). Diez de estos componentes corresponden a diferentes tipos de algas (tapetes algales, algas coralinas, algas incrustantes, etc.) y de ser necesario podría detallarse más. Para determinar el tamaño de las colonias se medirán aquellas que queden bajo la cinta utilizada para trazar cada uno de los transectos de 10 m. La validación de las especies observadas en los videotransectos se realizará con observaciones de campo.

Mediante estas técnicas, obtendremos los componentes bentónicos incluyendo especies y tipos de sustrato, más los porcentajes relativos de coberturas para cada componente y sus patrones de distribución. Se ha demostrado que la cobertura béntica obtenida mediante estos procedimientos no difieren estadísticamente con aquellos estimados por métodos tradicionales como intercepto lineal (Loya, 1978; Dodge *et al*, 1982) y además tiene la ventaja de reducir el esfuerzo y tiempo de muestreo, se mantienen registros permanentes y los videos pueden ser tomados por buzos sin experiencia en la identificación de organismos, no así el análisis que requiere de personal capacitado. Aún cuando en México los videotransectos no son parte usual de los programas de monitoreo en Parques Nacionales, estos son aplicados en países como Estados Unidos y Australia. Los resultados que hemos obtenido de su aplicación en arrecifes veracruzanos indica que es una excelente técnica para monitoreo arrecifal. Esta caracterización será realizada una sola vez para cada profundidad y cada sitio al año.

Enfermedades y blanqueamiento

Para determinar enfermedades y blanqueamiento emplearemos una modificación de la metodología AGRRA (2000) ya que no usaremos interceptos lineales sino que serán tomadas en cuenta las colonias coralinas que ocurran en un área de 20 m² ubicados sobre cada videotransecto, con lo cual se tendrán 80 m² para cada profundidad. Se decidió esta modificación para tener una mayor representatividad en el número de las colonias a evaluar en lo referente a sus dimensiones, enfermedades o el estado respecto al blanqueamiento y muerte. Los detalles de las estimaciones están basados en AGRRA. Las dimensiones de cada colonia enferma o con blanqueamiento (diámetros mayor y menor, altura) serán estimadas usando un metro gradado cada 10cm. Viendo las colonias desde arriba, en vista plana, se determinarán los porcentajes de enfermedades, blanqueamiento y muerte antigua y reciente. La muerte antigua diferirá de la reciente cuando no sea posible distinguir en la parte afectada los coralitos. El blanqueamiento es considerado cuando la superficie del tejido colonial es translucido, blanquecino y permite observar el esqueleto calcáreo. Se harán anotaciones sobre la presencia de hiperplasia o neoplasma, además de cicatrices por ataque de depredadores. Las enfermedades serán identificadas en campo con base a las

recomendaciones proporcionadas en AGRRA. Esta actividad se realizará tres veces al año.

Reclutamiento coralino

Para determinar el reclutamiento se tirarán cuadrantes de 25 x 25 cm cada 2 m, a lo largo de transectos de 10 m. En cada cuadrante se estimará la densidad de los corales menores a 2 cm de diámetro máximo; estos organismos serán identificados y medidos. Estos transectos de 10 m serán los mismos utilizados para los videotransectos. Cada cuadrante se tirará de manera alternada a la derecha e izquierda del transecto lineal. Al final, se tendrán 25 cuadrantes para cada nivel de profundidad en cada sitio. Se decidió no utilizar el método recomendado por Almada-Villela *et al.* (2003) debido que al utilizar materiales externos no se estaría midiendo realmente el reclutamiento en el arrecife. Esta actividad se realizará tres veces al año.

Caracterización ictiológica

Riqueza y densidad

Se realizarán censos visuales mediante equipo SCUBA a dos profundidades, 2 y 15 m. Los censos se realizarán mediante transectos de 10 x 4 m según modificaciones de los transectos lineales utilizados en otros estudios (e.g. Bortone *et al.* 1991, Pérez-España *et al.*, 1996; Elorduy Garay y Jiménez Gutierrez, 2000). Hemos visto que mediante este tipo de transectos se tiene una buena representatividad y dado el número de réplicas nos permite tener una buena imagen de cada sitio y cada profundidad y además nos permite hacer los análisis estadísticos correspondientes con una buena medida de la variancia. El buzo avanza nadando a sobre fondo identificando y contando las especies que se encuentran en un cilindro imaginario de 2 m alrededor de él. Cuando se tenga alguna duda sobre una especie se tomarán fotos de los organismos mediante una cámara digital Sony, de 5 megapíxeles. En todos los censos se requerirá de una preparación previa de los buzos para uniformizar el criterio de censado (Thompson y Mapstone, 1997). Se realizarán 4 transectos en cada profundidad y en cada sitio. Los censos se realizarán entre las 10 y las 15 hrs, que son las de mayor luminosidad y para evitar el ocultamiento de especies debido a la oscuridad. La periodicidad de los censos será tres veces al año.

Los datos de riqueza de especies serán complementados con buceo errante a la misma profundidad. En ambos casos se tomarán fotografías para elaborar un catálogo de las especies de la zona.

Tallas

Debido a que en el PNSAV se lleva a cabo la pesca artesanal, es importante conocer acerca de las tallas máximas de las especies capturadas pues se sabe que un efecto directo de la pesca es la reducción de tallas (Munro y Pauly, 1983), y al mismo tiempo, el establecimiento de zonas de exclusión pesquera muestra incrementos en las tallas (e.g. Sumaila *et al.*, 2000). De acuerdo con los estudios realizados por Pérez-España *et al.* (2005), se sabe que las familias Acanthuridae, Haemulidae, Kyphosidae, Lutjanidae, Scaridae y Serranidae, son las que presentan una mayor frecuencia tanto en las capturas como en los censos visuales en el PNSAV. Por esta razón, se realizarán censos con énfasis en estas familias, anotando la talla promedio de los organismos registrados. Para esto se utilizará una regla "T" como punto de referencia de la talla de los organismos vistos (e.g. Almada-Villela, *et al.* 2003). Mediante este estudio se espera poder registrar un incremento en las tallas cuando se creen zonas de exclusión de la pesca. La periodicidad de los censos será tres veces al año.

Reclutamiento

Una medida de la salud de las poblaciones es el reclutamiento. Para medir el reclutamiento en los peces se realizarán censos visuales. Una vez terminado el transecto para determinar densidad y riqueza se regresará por el mismo transecto y se anotarán las densidad de los juveniles. Se incluirán todas las especies de juveniles pues hemos observado otras especies además de las recomendadas por Almada-Villela *et al.* (2003) y su identificación es relativamente sencilla. La periodicidad de los censos será tres veces al año, procurando que uno de los censos coincida con el pico detectado en la fase de caracterización de este proyecto.

Caracterización de equidermos

Uno de los mayores efectos que ha habido en los arrecifes del Gran Caribe (PNSAV incluido) fue sin duda la mortalidad de erizos del género *Diadema* (Lessios, 1988); por lo que en el monitoreo se plantea incluir su seguimiento. Se realizarán censos visuales sobre los mismos transectos de los demás grupos biológicos revisando oquedades sin levantar nada, contando solo aquellos equinodermos visibles para ser identificados.

Análisis de la información

Índices ecológicos

Se utilizarán los índices ecológicos clásicos de: riqueza de Margaleff, diversidad de Shanon, equidad de Pielou y dominancia de McNaughton de acuerdo con Magurran (2004). Los valores de estos índices serán comparados entre sitios en un mismo tiempo, entre tiempos distintos para un mismo sitio y comparados con los de otras zonas arrecifales. Esto nos dará una medida de comparación entre los distintos arrecifes estudiados, como varía la comunidad en el tiempo y como se comporta con relación a otros sitios.

Se utilizará además el índice de distinctividad taxonómica (Warwick y Clarke, 1995) como una medida de la riqueza filogenética y por lo tanto genética de los recursos del PNSAV. Este índice ha sido aplicado de manera exitosa en organismos bentónicos (e.g. Warwick y Clarke, 1998) y ha sido también probado en comunidades de peces (Hall y Greenstreet, 1998).

Correlaciones

Mediante análisis de correlación múltiple (correlación de Pearson, Zar, 1999), se buscará alguna relación entre las características biológicas y los parámetros físicoquímicos de manera que esta información sirva para determinar si la presencia o ausencia de alguna especie o variaciones en su abundancia pueden ser debido a características particulares de algún sitio. En estas correlaciones se incluirán los datos de sedimentación. A mediano y largo plazo estas correlaciones podrán indicarnos sobre el efecto de algún evento sobre la comunidad (e.g. Booth y Beretta, 2002).

Grupos funcionales

La habilidad de los ecosistemas para soportar impactos depende de su estructura funcional así como de la importancia y abundancia de especies clave (Hector *et al.* 2001). Desde este punto de vista es indispensable conocer la función de las especies dentro del ecosistema. La biodiversidad ligada a la función de cada especie en los ecosistemas es un concepto conocido como diversidad funcional; y la teoría dice que a

mayor diversidad se tendrá una mayor redundancia ecológica con lo cual el sistema será más estable (e.g. Gessner et al., 2004). Para probar esto en el PNSAV se está trabajando actualmente en la descripción de los grupos funcionales considerando todas las especies de peces registradas. Combinando esta información con los resultados de los censos estaremos en posibilidad de conocer los grupos funcionales en cada sitio y los servicios ambientales que pueden proporcionarse en cada zona dependiendo de esta diversidad funcional. Para esto se han considerado nueve variables. Se tomaron las siguientes características de cada una de las especies: Posición en la columna de agua, profundidad, hora de alimentación, gregarismo, modo de alimentación, forma de nado, nivel trófico, relación longitud-altura y talla máxima.

Los valores para cada variable se obtuvieron de la base de datos Fishbase (Froese y Pauly, 2005), y de publicaciones como Humann y Deloach (2002) y Allen y Robertson (1998). Se estandarizarán los datos de cada una de las nueve características utilizadas. La matriz de similitud se construirá utilizando el índice de similaridad de Bray-Curtis para finalmente construir el árbol usando el modelo de agrupación de "group linkage". Para ello se utilizará el programa PRIMER 5 (Clarke y Warwick, 2001). Mediante el monitoreo de la riqueza y abundancia de especies podrá conocerse de la desaparición o modificación de los grupos funcionales, lo cual es una medida del funcionamiento del ecosistema.

Modelo ecotrófico

De manera paralela al proyecto se está desarrollando un estudio en el que se está elaborando un modelo ecotrófico del PNSAV. Los estudios de ambos proyectos se complementan pues las estimaciones de riqueza y abundancia de especies servirá para alimentar al modelo, y los resultados del mismo servirán para realizar un monitoreo de los grupos funcionales y la estructura y función del ecosistema así como herramienta para realizar simulaciones ante fenómenos reales o supuestos o ante medidas de manejo adoptadas.

Se construirá un modelo utilizando el programa Ecopath with Ecosim (Christensen y Pauly 2000). Para ellos se requieren datos de abundancia, alimentación, explotación, producción y consumo de las especies o grupos funcionales que conforman el ecosistema. Aparte de esta información se requiere saber la dieta de cada grupo funcional y con esta información se ligan las especies pues son la fuente de energía en el ecosistema. Puede incluirse también a la pesca como un grupo funcional depredador. Dependiendo de las diferencias encontradas entre los arrecifes se construirán uno o más modelos dentro del PNSAV y posteriormente se acoplarán en un solo modelo. Debido a los algoritmos utilizados por el programa Ecopath with Ecosim, puede carecerse de alguno de los parámetros de entrada (producción, consumo, biomasa o eficiencia ecotrófica –una medida de qué tanto son usados los recursos dentro del sistema-) y el programa lo estimará. En caso de que se tengan todos, se permitirá que el programa recalculé aquel del cual se tenga una menor certeza (Christensen y Pauly 2000).

Una vez con el modelo construido se determinará qué especies son la de mayor biomasa para cada nivel trófico así como cuales de ellas presentan una mayor cantidad de flujos. Esto es importante debido a que son los flujos los que permiten la transferencia de la materia y la energía a través de los distintos componentes del ecosistema y son los que determinan la estructura del ecosistema, la cual puede darles distintas propiedades en términos de estabilidad. La biomasa es importante ya que una mayor biomasa será una mayor fuente de alimento para otras especies y también requerirá de una mayor cantidad de alimento. Es la biomasa junto con la tasa de

consumo y producción lo que determinará los flujos de esa especie en particular. Una vez identificadas las especies más importantes en términos de su biomasa o sus flujos, se procederá a identificar cual es el efecto que ejerce cada una de las especies sobre el resto de los componentes del ecosistema. Esto se realizará mediante rutinas del programa que permite evaluar los impactos tróficos estimando el consumo y aporte a la dieta de cada una de las especies al resto del sistema.

Resultados y productos.

Segunda etapa: monitoreo

Sedimentación

Tasa de sedimentación en los ocho puntos seleccionados así como su variación espacial y temporal dentro del SAV y su comparación con los valores del primer año y con la media conforme se tengan más años.

Parámetros fisicoquímicos

Valores trimestrales de las lecturas del disco de Sechi en cada uno de los sitios estudiados así como perfiles con los valores verticales de: temperatura y salinidad. Se incluirán también los parámetros obtenidos por la sonda YSI (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y turbidez) hasta que dure su vida útil. Comparación de los valores anuales con los valores del primer año y con la media conforme se tengan más años.

Caracterización coralina

Incremento de los registros en la base de datos con las especies de coral y su abundancia relativa en cada uno de los sitios y profundidades de estudio.

Seguimiento de los blanqueamientos, enfermedades y reclutamiento coralino.

Fotos de los transectos 1400 fotografías al año (cabe aclarar que estas fotografías no son de especies sino de transectos para estimar la cobertura, por lo que pueden no contener ninguna especie).

Fotografías de las especies con resolución de 300 ppi.

Caracterización ictiológica

Incremento de los registros en la base de datos con las especies de peces y su abundancia relativa en cada uno de los sitios y profundidades de estudio.

Descripción de la comunidad de peces, nivel trófico, tallas máximas y reclutamiento de las familias seleccionadas. Comparación de los valores entre años y con la media.

Fotografías de las especies con resolución de 300 ppi.

Caracterización de equinodermos

Base de datos de los equinodermos conspicuos presentes con valores de densidad por arrecife y profundidad. Fotografías de las especies con resolución de 300 ppi.

Análisis de la información

Valores por sitio y profundidad de los índices de riqueza, diversidad, equidad, dominancia y distinctividad taxonómica. Comparación de estos valores con aquellos del primer año y con la media conforme se tengan los resultados de más años.

A partir del segundo año resultados de las correlaciones entre las variables.

Grupos funcionales de la comunidad de peces por sitio y el seguimiento de estos grupos funcionales.

Modelo ecotrófico

En el quinto año se entregará el modelo del ecosistema biológico del PNSAV. Si la administración del parque lo solicita se dará un curso para que puedan usarlo y hacer simulaciones de situaciones de manejo.

Duración total del proyecto.

6 años

Programa de trabajo anual de la segunda etapa

Actividad	meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sedimentación	■				■				■			
Parámetros fisicoquímicos					■							
Caracterización coralina	■				■				■			
Caracterización ictiológica	■				■	■			■		■	■
Análisis de la información					■	■					■	■
Toma de fotografías	■		■		■	■	■		■		■	■
Captura de la base de datos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Modelo ecotrófico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Entrega de reportes												■

Indicadores de progreso

Informe anual

Sedimentación. Se tendrán los datos de sedimentación de los tres muestreos. Se tendrán datos de 24 trampas de sedimentos en ocho sitios distintos con tres valores para cada trampa.

Parámetros fisicoquímicos. Se tendrán 24 medidas de disco de Sechi, una por cada sitio, en tres ocasiones distintas. Se tendrán 24 datos de temperatura, visibilidad y salinidad.

Caracterización coralina. Base de datos con 1000 registros de colonias. El blanqueamiento, enfermedades y reclutamiento no pueden ser cuantificados dado que son densidades que no controlamos pues desconocemos el estado de salud y su variación en el tiempo. Se reportarán los resultados de los ocho sitios seleccionados y se entregarán las fotografías de los transectos (1400 fotografías). (nota: en caso de que el formato de CONABIO solo considere 10 copias por especie el número de registros se reduciría).

Caracterización ictiológica. Base de datos con 7000 registros de peces, de al menos 50 especies distintas (nota: en caso de que el formato de CONABIO solo considere 10 copias por especie el número de registros se reduciría).

Además de la base de datos se tendrá un listado de las especies y sus datos de abundancia en los ocho sitios y a dos profundidades en seis bimestres. En cada sitio se

tendrán las tallas de los individuos. En este listado se espera tener al menos 100 especies dado que se le sumarán aquellas vistas mediante buceo errante según se especificó en la metodología. Se tendrán definidos los grupos funcionales.

Caracterización de equinodermos. Base de datos con 5000 registros de equinodermos, de al menos 10 especies distintas

Fotografías. Se entregarán 50 fotografías al año de las distintas especies que componen el PNSAV.

Análisis de la información. Se entregarán los valores de los índices en los ocho sitios durante las tres campañas. Un total de 60 valores para cada índice.

Recursos financieros

COSTOS 1er año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
2 Cámaras fotográficas digitales		16850
3 GPS's		24000
Llenado de tanques	3,500 (3 salidas)	10500
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		9600
Gasolina	3,500 por salida (3 salidas)	10500
Alimentos	3,000 por salida (3 salidas)	9000
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000
Material para trampas de sedimento		2000
	TOTAL	203950.00

COSTOS 2° año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
Llenado de tanques	3,200 (3 salidas)	9600
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		5900
Gasolina	3,333 por salida (3 salidas)	10000
Alimentos	2,134 por salida (3 salidas)	6400
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000

Material para trampas de sedimento	2000
TOTAL	155400.00

COSTOS 3er año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
Cámara de video digital		15000
Computadora de escritorio		20000
Llenado de tanques	3,200 (3 salidas)	9600
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		5900
Gasolina	3,333 por salida (3 salidas)	10000
Alimentos	2,134 por salida (3 salidas)	6400
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000
Material para trampas de sedimento		2000
TOTAL		190400.00

COSTOS 4º año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
Llenado de tanques	3,200 (3 salidas)	9600
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		5900
Gasolina	3,333 por salida (3 salidas)	10000
Alimentos	2,134 por salida (3 salidas)	6400
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000
Material para trampas de sedimento		2000
TOTAL		155400.00

COSTOS 5º año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
Llenado de tanques	3,200 (3 salidas)	9600
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		5900
Gasolina	3,333 por salida (3 salidas)	10000
Alimentos	2,134 por salida (3 salidas)	6400
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000
Material para trampas de sedimento		2000
TOTAL		155400.00

COSTOS 6° año

Rubro	Costo por salida	Costo anual
Sobresueldo del responsable		14400
Sobresueldo del corresponsable		14400
2 Viajes y estancias		26000
Llenado de tanques	3,200 (3 salidas)	9600
Mantenimiento y reposición de equipo de buceo		5900
Gasolina	3,333 por salida (3 salidas)	10000
Alimentos	2,134 por salida (3 salidas)	6400
Contratación de un técnico encargado de la base de datos	5,100 al mes	61200
Seguro de buceo DAN	800 por persona, 5 buzos	4000
Tablas de acrílico		500
Material de papelería		1000
Material para trampas de sedimento		2000
TOTAL		155400.00

Se agregó el pago de un seguro para los buzos, pues durante el primer año tuvimos un par de percances con los buceos, esta cantidad se obtuvo de reducir los viáticos para los colegas que nos visitarán. Eliminamos el costo de los videocasetes y transferimos esta partida a mantenimiento de equipo, ya que ahora trabajaremos con fototransectos en lugar de videotransectos. Se ajustó el costo de los gastos de tanques, gasolina y alimentos ya que por la cantidad de trabajo que se hace solo podemos cubrir un arrecife por día, lo que hace que tengamos que salir durante ocho días seguidos (el costo por salida que se pone en la tabla corresponde a 8 días de campo).

A los totales de cada año se le agregó un valor de inflación de 4% anual, con lo cual obtuvimos los siguientes costos por año:

1er año \$ 212,108.00

2° año	\$ 168,080.64
3er año	\$ 214,174.11
4° año	\$ 181,796.02
5° año	\$ 189,067.86
6° año	\$ 196,630.58

TOTAL MONITOREO \$ 1'161,857.20

Recursos humanos

El proyecto será interinstitucional, se contará con la colaboración de investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y de la Universidad de Guadalajara.

Nombre e institución	Actividades
Dr. Horacio Pérez España. Responsable del proyecto.	Participará en todas las actividades del proyecto. Énfasis en la comunidad de peces, análisis de la información y elaboración del modelo ecotrófico.
C. M en C. Juan Manuel Vargas Hernández	Participará en todas las actividades del proyecto. Énfasis en la comunidad coralina.
Dr. Hector Bonilla Reyes	Participará en análisis de la información y en algunas actividades de campo, con énfasis en corales.
M. en C. Amilcar Cupul Magaña	Participará en análisis de la información y en algunas actividades de campo, con énfasis en peces.
Dr. Luis Gerardo Abarca Arenas	Participará en la elaboración del modelo ecotrófico.
Un técnico por definir	Se encargará de la preparación de las salidas de campo, de apoyo en campo. Se encargará de la captura de registros en las bases de datos y del análisis de los fototransectos.

Bibliografía.

- Acevez-Jiménez, A. 1992. Aspectos biológicos de *Abudefduf saxatilis* (Linneaus, 1758) (Pisces:Pomacentridae) Arrecife Punta de Hornos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 52 pp.
- AGRRA, 2005. Atlantic and Gulf Rapid Assessment (AGRRA). The AGRRA Protocol. <http://www.agrra.org>
- Aladro-Lubel, M. A. 1984. Algunos ciliados intersticiales de Isla de Enmedio, Veracruz, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 55:1-59.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1998. Peces del pacífico oriental tropical. CONABIO-Sierra Madre-CEMEX. México. 327 pp.

- Almada-Villela, P, C, P.F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve, 2003. Manual of methods for the Mesoamerican barrier reef system synoptic monitoring program. Mesoamerican barrier reef system project. Belize. 146 pp. <http://www.mbrs.org.bz>
- APIVER, 2005. Resumen de movimientos de buques y carga. Administración Portuaria Integral de Veracruz. <http://148.223.221.118/apiwww/op-movimiento2.htm>
- Arceo-Briseño, P. 2005. Determinación de indicadores críticos para la operabilidad del programa de manejo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Resultados preliminares. Proyecto CONACyT-SEMARNAT. 2005-2007.
- Arenas-Fuentes, V. y J. M. Vargas-Hernández. 2004. Caracterización macrobéntica arrecifal. Reporte de investigación. Centro de Ecología y Pesquerías. Boca del Río, Veracruz. 308 pp.
- Aronson R.B. y D.W. Swanson, 1997. Video surveys of coral reefs. Uni and multivariate applications. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp 2:1441-1446.
- Beaver, C. R., K. J. P. Seslarzes, J. H. Hudson y J. W. Tunnell Jr. 1996. Fluorescent banding in reef corals as evidence of increased (organic) runoff onto the Southern Veracruz coral reef complex. VIII International Coral Reef Symposium. Panama, Panama. p 14.
- Beltrán-Torres, A. y Carricart-Ganivet, J.P. 1997. Lista revisada y clave de determinación de los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina: Anthozoa: Scleractinia) del atlántico mexicano. Revista Biología tropical.
- Bernárdez de la Granja, A. 1993. Estructura comunitaria de los corales escleractinios del arrecife Chopas, Antón Lizardo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 144 pp.
- Booth D. J. y G. A. Beretta. 2002. Changes in a fish assemblage after a coral bleaching event. Marine Ecology Progress Series, 245:205-212.
- Bortone, S. A., T. Martín y C. M. Bundrick. 1991. Visual census of reef fish assemblages: a comparison of slate, audio, and video recording devices. Northeast Gulf Science. 12(1):17-23.
- Bravo, R. J. y R. J. Camacho. 1989. Contribución al conocimiento sobre la estructura de la comunidad de corales escleractinios en el arrecife "La Blanquilla", Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CARICOMP, 2001. Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean. University of the West Indies and University of South Florida. 93 pp. http://www.ccdc.org.jm/caricomp_manual_2001.pdf
- Carricart-Genivet, J. P. 1994. Distribución de zooxanthelas y pigmentos clorofílicos en el coral hermatípico *Montastrea cavernosa* (Linneo, 1767) en relación con la profundidad y época del año en un arrecife veracruzano. Tesis de Maestría. ENEP, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 58 pp.
- Chávez, E. A., E. Hidalgo y M. L. Sevilla. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife de Lobos, Veracruz. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 31:211-281.
- Christensen, V., C. J. Walters y D. Pauly. 2000. Ecopath with Ecosim version 4.0. University of British Columbia, Fisheries Center, Canada and ICLARM, Malaysia.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. Change in marine ecosystems. An approach to statistical analysis and interpretation, Primer E, Plymouth.
- Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2o ed. Lawrence Erlbaum, Hillsdale.

- CONANP, 2005. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/sav.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. 1992. Tomo CDLXVII. No. 17. México, D. F., Martes 25 de Agosto de 1992. pp. 4-13.
- Dodge, R. E., A. Logan y A. Antonius. 1982. Quantitative reef assessment studies in Bermuda: A comparison on methods and preliminary results. *Bull. Mar.Sci.* 23 (3):745-760.
- Elorduy-Garay, J. y S. Jiménez-Gutiérrez. 2000. Metodologías para el estudio de los peces de arrecife. 72-82, En: Aburto-Oropeza, O. y C. Sánchez-Ortiz. Recursos arrecifales del Golfo de California. Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato. Universidad Autónoma de Baja California Sur y Brich Aquarium at SCRIPPS. 1a edición, México. 139 p.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing field studies for biodiversity conservation*. Island Press, Washington.
- Fondriest Environmental. 2004. YSI 6600 Operational Manual.
<http://fondriest.com/products/ysi6600.htm>
- Froese, R. y D. Pauly. Editors. 2005. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (03/2005)
- Fuentes, V. L. 1981. Estudio taxonómico de las esponjas marinas del área de Veracruz, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- García-Salgado, M. A. 1992. Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 65 pp.
- Gessner, M. O., P. Inchausti, L. Persson, D. G. Raffaelli y P. S. Giller. 2004. Biodiversity effects on ecosystem functioning: insights from aquatic systems. *Oikos*, 104:419-422.
- Gómez, P. 2002. "Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe" AGT Editor, S.A. México, D.F. 134 pp.
- González-González, J. 1989. Ecología de la ficoflora estacional de los arrecifes coralinos de las islas La Blanquilla (Peyote), Verde y Sacrificios, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana
- Hall, S. J. y S. P. Greenstreet. 1998. Taxonomic distinctness and diversity measures: responses in marine fish communities.
- Horta-Puga, G., J.M. Vargas-Hernández and J.P. Carricart-Ganivet. En prensa. Reef Corals. In J.W. Tunnell and E. Chávez (Eds). *CORAL REEFS OF THE SOUTHERN GULF OF MEXICO*. Texas A&M University.
- Humann, P. y N. Deloach. 2002. Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications. Singapore. 481 pp.
- INEGI, 2005. Censo General de Población y Vivienda 2000.
http://www.inegi.gob.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado=tab_po04b&c=708&e=30
- Jiménez-Badillo, M.L., Arenas-Fuentes V. y Pérez-España, H. En prensa. The conservation-exploitation paradox in a Mexican coral reef protected area. 16 p. In: Musick, J.A. (editor). *Proceedings of the Fourth World Fisheries Congress*. American Fisheries Society. Vancouver, Canada.
- Kramer, P.A. 2003. Synthesis of coral reef health indicators for the western Atlantic: results of the AGRRA program (1997-2000). *Atoll Research Bulletin* 496: 1-57.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. 2o ed. Addison-Wesley, Menlo Park.

- Lara E. N. y E. A. González. 1998. The relationship between reef fish community structure and environmental variables in the southern Mexican Caribbean. *J. Fish Biol.* 53:236-255.
- Lara Pérez Soto, M., 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el Arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 91 pp.
- Lessios, H. A. 1988. Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19:371-393.
- Loya, Y. 1978. Plotless and transect methods. In Stoddart & R.E. Hohannes, (Eds.), *Coral Reefs: research methods*. UNESCO Monographs on oceanographic Methodology. 5:197-218.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell. United Kingdom. 256 pp.
- McCune, B. J.B. Grace y D.L. Urban. 2002. *Analysis of ecological communities*. MJM Software Design, Oregon.
- Morales-García, A., Román-Magaña, M. y L. Martínez-Cárdenas, 1998. Algas del Sistema Arrecifal Veracruzano. *Oceanología*. pp.25-33.
- Munro, J. L. y D. Pauly. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte* 1(1):5-6.
- PEMEX. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del sistema arrecifal del Puerto de Veracruz. PEMEX y SEMAR, México. GPTA-E-01/87.
- Pérez España, H., F. Galván Magaña y L.A. Abitia Cárdenas. 1996. Temporal and spatial variations in the structure of the rocky reef fish community of the Southwest Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 22(3): 273-294.
- Pérez-España, H., M. L. Jiménez-Badillo y J. M. Vargas-Hernández. 2005. Especies de peces de arrecife capturadas por la pesca artesanal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. 1er Simposio Internacional sobre Ciencias Pesqueras en México. La Paz, Baja California Sur. 2 al 4 de mayo.
- Resendez, A. 1971. Peces colectados en los arrecifes de La Blanquilla, Veracruz, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM 1:7-30.
- Roberts, K. A. 1981. *Polychaetes of Lobos reef, Veracruz, México*. Tesis de Maestría. Corpus Christi State University, Corpus Christi, Texas. 40 pp.
- Rodarte-Orozco, C. S. 1985. Determinación de la estructura del sistema fitoplanctónico en el arrecife Isla Verde, Veracruz. Tesis de Licenciatura. ENEP, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Sánchez Wall, M. I. 1992. Comunidad de poliquetos asociada al substrato duro en el arrecife de Isla de Enmedio, Mpio. de Antón Lizardo, Ver. México. Tesis profesional, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez. Ver.
- Steidl, R.J. y L. Thomas. 2001. Power analysis and experimental design. pp. 14-36, En: S.M. Scheiner y J. Gurevitch (eds.). *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press, Oxford.
- Sumaila, U. R., S. Guénette, J. Alder y R. Chuenpagdee. 2000. Addressing ecosystem effects of fishing using marine protected areas. *ICES Journal Marine Science*, 57:752-760.
- Thompson, A. A. y B. D. Mapstone. 1997. Observer effects and training in underwater visual surveys of reef fishes. *Marine Ecology Progress Series*. 154:53-63.
- Tunnell, W. Jr. 1988. Regional comparison of Southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea coral reefs. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*. Australia, Vol 3. 303-308 pp.

- Vargas-Hernández, J.M., 2004. CoArrCP. (Coberturas Arrecifales por Conteo de Puntos). Versión 1.1. Manual del Usuario. 39pp. Disponible en <http://www.somac.org.mx/>
- Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. *In* Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 559-575 pp.
- Vargas-Hernández, J.M., L. Bonilla y A. Muñoz Cevallos. 2000. Modelos geomorfológicos digitales del arrecife Isla Verde, Ver. 1er Cong. Nal. Arrec. Coral. México, 36 p.
- Vargas-Hernández, J. M., G. Nava Martínez y M. A. Román Vives. 2002. Peces del Sistema Arrecifal Veracruzano. *En* Guzmán, A. et. al. La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA-Universidad Veracruzana. pp. 17-29.
- Veron, J. 2000. Corals of the World. Australian Institute of Marine Science, Melbourne, Australia. 463 pp.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 1995. New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*. 129: 301-305.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of applied ecology*, 35, 641-662.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4o ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Zavala-Hidalgo, J., Morey, S. L. y O’Brien, J. J. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108: 1-19.

Lista de fotografías tomadas dentro del proyecto DM002 “Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano”.*

Fotografía	Autor	Localidad	Fecha	Descripción
Diadema antillarum	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	12 junio 2007	Erizo Diadema antillarum en el PNSAV con algunas espinas blancas.
Diadema antillarum1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	12 junio 2007	Erizo Diadema antillarum en el PNSAV sin espinas blancas
Aulostomus maculatus	Horacio Pérez España	PNSAV	14 septiembre 2006	Pez trompeta Aulostomus maculatus
Holocentrus adsencionis	Horacio Pérez España	PNSAV	14 septiembre 2006	Pez ardilla, en el PNSAV
Lactophrys triqueter	Horacio Pérez España	PNSAV	14 septiembre 2006	Pez cofre, Lactophrys triqueter, en el PNSAV
Stegastes adustus	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	26 junio 2007	Pez damisela, Stegastes adustus, en el PNSAV
Stenorhynchus seticornis	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	26 junio 2007	Cangrejo araña en el PNSAV
Davidaster rubiginosa	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	26 junio 2007	Crinoideo dorado en el PNSAV
Montastrea cavernosa	Horacio Pérez España	PNSAV	20 febrero 2007	Corales en el arrecife Blanca, PNSAV
Mycetophyllia lamarckiana	Horacio Pérez España	PNSAV	20 febrero 2007	Corales en el arrecife Blanca, PNSAV
Scorpaena plumieri	Horacio Pérez España	PNSAV	21 septiembre 2006	Pez escorpión, Scorpaena plumieri, en el arrecife de Enmedio

Chaetodon capistratus	Horacio Pérez España	PNSAV	21 septiembre 2006	Pez mariposa en el arrecife de Enmedio
Clathria sp	Horacio Pérez España	PNSAV	21 septiembre 2006	Esponja incrustante en el PNSAV
Acropora palmata	Juan Manuel Vargas Hernández	PNSAV	28 marzo 2007	Coral cuerno de alce en el arrecife de Anegada de adentro
Acropora palmata 1	Juan Manuel Vargas Hernández	PNSAV	28 marzo 2007	Acercamiento a coral cuerno de alce en el arrecife de Anegada de adentro
Cliona sp.	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	23 abril 2007	Esponja roja encostrante en el arrecife Pájaros del PNSAV
Manchas moradas	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	23 abril 2007	Enfermedad de manchas moradas (oscuras) sobre el coral Siderastras Siderca en el PNSAV.
Oculina diffusa	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	23 abril 2007	Coral Oculina diffusa en el arrecife Pájaros del PNSAV
Micropathodon chrysurus juvenil	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	23 abril 2007	Juvenil de pez Micropathodon chrysurus en el arrecife Pájaros, PNSAV
Malacoctenus triangulatus	Horacio Pérez España	PNSAV	23 abril 2007	Pez Malacoctenus triangulatus en el arrecife de Pájaros, PNSAV
Linckia guildingii	Jezahel Miranda	PNSAV	14 septiembre 2007	Estrella de mar Linckia guildingii en el arrecife de Pájaros, PNSAV
Hermodice carunculata	Jezahel Miranda	PNSAV	14 septiembre 2007	Gusano de fuego, Hermodice carunculata en el arrecife de Pájaros, PNSAV
Micropathodon chrysurus juvenil 1	Jezahel Miranda	PNSAV	14 septiembre 2007	Juvenil de pez Micropathodon chrysurus en el arrecife Pájaros, PNSAV
Holocentrus adsencionis 1	Horacio Pérez España	PNSAV	14 septiembre 2007	Pez ardilla, Holocentrus adsencionis, en el PNSAV

Lactophrys triqueter 1	Horacio Pérez España	PNSAV	14 septiembre 2007	Pez cofre, Lactophrys triqueter, en el PNSAV
Madracis decactis	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 abril 2007	Coral Madracis decactis en el arrecife de Sacrificios, PNSAV
Madracis decactis 1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 abril 2007	Acercamiento del coral Madracis decactis en el arrecife de Sacrificios, PNSAV
Palythoa caribaeorum	Sachiko Hayasaka Ramírez.		21 abril 2007	Zoantido Palythoa caribaeorum en el arrecife de Sacrificios, PNSAV
Hermodice carunculata 1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	21 abril 2007	Acercamiento gusano de fuego, Hermodice carunculada en el arrecife de Sacrificios, PNSAV
Discosoma sanctithomae	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	25 junio 2007	Coralimorfos, Discosoma sanctithomae, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Acropora cervicornis	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	25 junio 2007	Acercamiento a los polipos del coral Acropora cervicornis en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
*Acropora cervicornis	Horacio Pérez España	PNSAV	25 junio 2007	Vista panorámica de colonias del coral Acropora cervicornis en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Lytechinus williamsi	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	25 junio 2007	Erizo, Lytechinus williamsi, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Scorpaena plumieri 1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	25 junio 2007	Acercamiento del Pez escorpión, Scorpaena plumieri, en el arrecife de Santiaguillo
Ocyurus chrysurus	Horacio Pérez España	PNSAV	4 junio 2007	Pez "rubia", Ocyurus chrysurus, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Inermia vittata	Horacio Pérez España	PNSAV	4 junio 2007	Pez, Inermia vittata, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV

Acanthurus bahianus	Horacio Pérez España	PNSAV	18 de septiembre 2007	Pez cirujano, Acanthurus bahianus, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Elagatis bipinnulata	Horacio Pérez España	PNSAV	17 abril 2007	Pez carangido, Elagatis bipinnulata, en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Chromis multilineata	Horacio Pérez España	PNSAV	17 abril 2007	Chromis multilíneata en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Synodus intermedius	Horacio Pérez España	PNSAV	17 abril 2007	Pez Synodus intermedius en el arrecife de Santiaguillo, PNSAV
Echinometra viridis	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	5 abril 2007	Erizo de puntas negras en el PNSAV
Isostichopus badionotus	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	5 abril 2007	Pepino de mar, Isostichopus badionotus, en el PNSAV
Holothuria floridana	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 junio 2007	Pepino de mar, Holothuria floridana, en el PNSAV
Sabellaster magnifica	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 junio 2007	Poliqueto perforador, Sabellaster magnifica, en el PNSAV
Gymnothorax miliaris	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 junio 2007	Morena amarillo y negro, Gymnothorax miliaris, en el PNSAV
Pomacanthus paru	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 junio 2007	Pez ángel francés, Pomacanthus paru, en el PNSAV
Linckia guildingii 1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	20 junio 2007	Estrella de mar, Linckia guildingii, con dos brazos mutilados en regeneración, PNSAV
Colpophylia natans	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	21 abril 2007	Coral Colpophylia natans en el PNSAV

Stegastes planifrons juvenil	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	21 abril 2007	Juvenil del pez Stegastes planifrons junto a una colonia del coral Colpophyllia natans, PNSAV
Stegastes planifrons juvenil 1	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	21 abril 2007	Juvenil del pez Stegastes planifrons, PNSAV
Stegastes variabilis juvenil	Horacio Pérez España	PNSAV	21 abril 2007	Juvenil del pez Stegastes variabilis, PNSAV
Panulirus argus	Sachiko Hayasaka Ramírez.	PNSAV	5 junio 2007	Langosta del Caribe, Panulirus argus, en el arrecife de Sacrificios, PNSAV
Diploria strigosa	Horacio Pérez España.	PNSAV	21 abril 2007	Coral Diploria strigosa del PNSAV
Coryphopterus personatus	Horacio Pérez España.	PNSAV	21 abril 2007	Pez Coryphopterus personatus, el más abundante en el PNSAV

*Imágenes disponibles en el Banco de Imágenes de la CONABIO