

## Informe final\* del Proyecto DM011

### Caracterización y monitoreo de la condición arrecifal en cinco áreas naturales protegidas y un área de influencia de Quintana Roo, México: Primera etapa

**Responsable:** M en C. Gonzalo Merediz Alonso  
**Institución:** Amigos de Sian Ka'an A.C.  
**Dirección:** Fuego #2 por Sayil, Mz 10 Sm 4, Cancún, Qroo, 77511 , México  
**Correo electrónico:** [sian@cancun.com.mx](mailto:sian@cancun.com.mx)  
**Teléfono/Fax:** (998)8922958; (998)8922959  
**Fecha de inicio:** Julio 13, 2007  
**Fecha de término:** Junio 19, 2012

**Principales resultados:** Informe final, cartografía, hojas de cálculo.

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Merediz Alonso, G. 2012. Caracterización y monitoreo de la condición arrecifal en cinco áreas naturales protegidas y un área de influencia de Quintana Roo, México: Primera etapa. Amigos de Sian Ka'an A.C. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. DM011** México D. F.

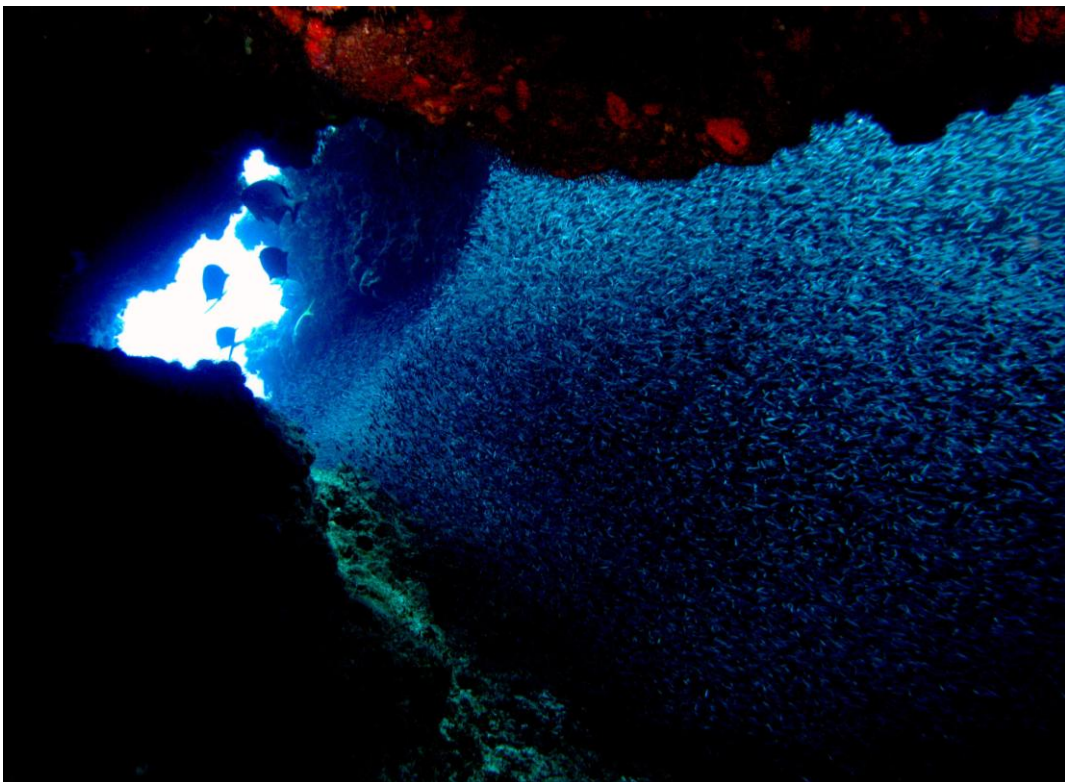
#### Resumen:

La presente propuesta es para actualizar la información sobre el estado en que se encuentran 5 áreas naturales protegidas marinas del Caribe mexicano, PNAPM, RBSK, RBASK, RBBCH y PNAX, y el área de influencia Arrecifes de Mahahual, en términos biológicos, físicos y ecológicos. Dos de estas (PNAPM, RBBCH) cuentan con información reciente de caracterización; mientras que las otras (PNAX, RBSK-RBASK, AM) requieren de una evaluación actualizada debido a que fueron caracterizadas hace 10 a 15 años respectivamente. La caracterización biológica y ecológica se realizará con transectos submarinos de 30 m, utilizando el método de Monitoreo Sinóptico propuesto por la iniciativa del Sistema Arrecifal Mesoamericano, para estimar la estructura comunitaria de algas, corales duros y blandos y peces arrecifales. Mientras que la caracterización física se realizará con ayuda de imágenes aéreas y de satélite, que serán verificadas en campo, y analizadas con Sistemas de Información Geográfica, con el fin de determinar la distribución de los diferentes ambientes marinos (pastizal, arenal, cordilleras de coral, praderas de gorgonáceos, planicies rocosas o laja calcárea, parches arrecifales de coral aislados etc.) que conforman a los sitios focales. La caracterización actualizada, los antecedentes de monitoreo y las necesidades de monitoreo de cada ANP, constituirán la base para elaborar y establecer un plan de monitoreo a corto plazo, que permita conocer el estado que guardan áreas arrecifales específicas de las 5 ANP's y los Arrecifes de Mahahual y sus cambios a lo largo del tiempo para el manejo sustentable y conservación de estos sistemas marinos.

- 
- \* 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](http://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.



## **“CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CONDICIÓN ARRECIFAL EN CINCO ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y UN ÁREA DE INFLUENCIA, QUINTANA ROO, MÉXICO: PRIMERA ETAPA”**



**Reporte Final**

**Junio 2010**

Elaborado por: Biól. Albert Franquesa Rinos

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
OBJETIVO GENERAL .....	9
OBJETIVOS PARTICULARES (PRIMERA ETAPA) .....	9
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>10</b>
ANÁLISIS PRELIMINAR DE IMÁGENES SPOT .....	10
METODOLOGÍA .....	11
<i>Batimetría</i> .....	11
<i>Caracterización biológica y ecológica</i> .....	11
TALLER DE CALIBRACIÓN REGIONAL.....	13
PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE PUERTO MORELOS .....	15
<i>Caracterización física</i> .....	15
<i>Caracterización biológica y ecológica:</i> .....	16
<i>Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:</i> .....	16
<i>Análisis de datos biológicos y ecológicos:</i> .....	17
<i>Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales</i> .....	26
RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN Y RESERVA DE LA BIOSFERA ARRECIFES DE SIAN KA'AN .....	28
<i>Caracterización física</i> .....	28
<i>Caracterización biológica y ecológica:</i> .....	29
<i>Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:</i> .....	29
<i>Análisis de datos biológicos y ecológicos:</i> .....	30
<i>Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales</i> .....	38
ARRECIFES DE MAHAHUAL .....	40
<i>Caracterización física</i> .....	40
<i>Caracterización biológica y ecológica:</i> .....	41
<i>Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:</i> .....	42
<i>Análisis de datos biológicos y ecológicos:</i> .....	42
<i>Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales</i> .....	50
RESERVA DE LA BIOSFERA BANCO CHINCHORRO .....	53
<i>Caracterización física</i> .....	53
<i>Caracterización biológica y ecológica:</i> .....	54
<i>Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:</i> .....	54
<i>Análisis de datos biológicos y ecológicos:</i> .....	55
<i>Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales</i> .....	64
PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK .....	66
<i>Caracterización física</i> .....	66
<i>Caracterización biológica y ecológica:</i> .....	67
<i>Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:</i> .....	67
<i>Análisis de datos biológicos y ecológicos:</i> .....	67
<i>Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales</i> .....	76
ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MONITOREO.....	78
DISCUSIÓN Y RESULTADOS GENERALES .....	78
CONCLUSIONES .....	82
<b>TRABAJOS CITADOS</b> .....	<b>83</b>
<b>ANEXO I (MEMORIAS DEL TALLER DE CALIBRACIÓN REGIONAL)</b> .....	<b>84</b>

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Arrastres de un observador (izquierda y centro). Toma de datos batimétricos con una ecosonda Lowrance LCX-17M (derecha). (Fotos: Albert Franquesa Rinos). .....	10
Ilustración 2: Buzo tomador de datos de peces realizando un transecto lineal para posterior comparación. Dos buzos tomadores de datos béticos (atrás) recorren el mismo transecto para posterior comparación. (Foto: Daniel Ponce-Taylor).....	13
Ilustración 3: Planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites del Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (en verde).....	15
Ilustración 4: modelo batimétrico del Parque Nacional Arrecifes Puerto Morelos. ....	16
Ilustración 5: riqueza de especies en el Parque Nacional Arrecifes Puerto Morelos. ....	17
Ilustración 6: distribución de tallas de peces por sitio en PNAPM. ....	18
Ilustración 7: abundancia relativa de peces en Tanchacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y en la Pared (de izq. a der., de arriba a abajo).....	18
Ilustración 8: abundancia relativa de peces por grupo trófico en el PNAPM. ....	19
Ilustración 9: abundancia relativa de corales en Tanachacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo). ....	20
Ilustración 10: distribución de tallas de colonias coralinas en el PNAPM. ....	21
Ilustración 11: condición de las colonias coralinas en el PNAPM.....	22
Ilustración 12: mortalidad vieja de las colonias coralinas por especie en el PNAPM. ...	22
Ilustración 13: mortalidad nueva de las colonias coralinas por especie en el PNAPM...22	
Ilustración 14: porcentaje de blanqueamiento de colonias coralinas por especie en PNAPM. ....	23
Ilustración 15: porcentaje de enfermedades en las colonias coralinas por especie en PNAPM. ....	23
Ilustración 16: abundancia relativa de algas en Tanchacté, la Bocana, Muelle de Pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM. ....	24
Ilustración 17: abundancia relativa de gorgonáceos en Tanchacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM. ....	25
Ilustración 18: índice de Shanon-Wiener para evaluar la diversidad biológica por taxa en el PNAPM.....	26

Ilustración 19: perfiles arrecifales de Tanachacté, la Bocana, Radio Pirata y el Muelle (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM.....	26
Ilustración 20: mapa de los hábitats bentónicos en el PNAPM usando digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI. ....	27
Ilustración 21: Planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites de la RBSK (en verde y línea continua) y de la RBASK (en verde y línea discontinua). ....	28
Ilustración 22: modelo batimétrico de RBSK y RBASK. ....	29
Ilustración 23: riqueza de especies en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.....	30
Ilustración 24: distribución de tallas de peces por sitio muestreado en RBSK.....	31
Ilustración 25: abundancia relativa de peces en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a la der., de arriba abajo) en la RBSK. ....	32
Ilustración 26: abundancia relativa de peces por grupo trófico en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a der.) en la RBSK. ....	32
Ilustración 27: abundancia relativa de especies de coral en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a der., de arriba abajo) en la RBSK.....	33
Ilustración 28: distribución de tallas de colonias en la RBSK.....	34
Ilustración 29: condición arrecifal en Punta Tupac, La Victoria y Santa Rosa (de izq. a der.) en la RBSK. ....	34
Ilustración 30: porcentajes de mortalidad vieja por especie de coral en La Victoria, Punta Tupac y Santa Rosa (de izq. a der.) en RBSK. ....	35
Ilustración 31: porcentaje de mortalidad nueva por especies de coral en La Victoria y Santa Rosa, respectivamente, en RBSK. ....	35
Ilustración 32: porcentaje de blanqueamiento en RBSK. ....	35
Ilustración 33: porcentaje de enfermedades de las colonias coralinas en la RBSK. ....	36
Ilustración 34: abundancia relativa de macroalgas en la RBSK. ....	37
Ilustración 35: abundancia relativa de gorgonáceos en la RBSK. ....	37
Ilustración 36: índice de Shannon-Wiener para evaluar la diversidad biológica de Punta Tupac, La Victoria y Santa Rosa (de izq. a der.) en la RBSK. ....	38
Ilustración 37: perfil arrecifal de Santa Rosa, RBSK. ....	38
Ilustración 38: mapeo de hábitat bentónico de la RBSK y BRASK, mediante digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI. ....	39

Ilustración 39: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo). .....	40
Ilustración 40: modelo batimétrico para la zona de estudio en Mahahual. ....	41
Ilustración 41: macizos y canales bien desarrollados al sur de Mahahual (izquierda), zona de pedacería (centro superior) y colonias arrancadas y erosionadas (superior derecha) por efectos del huracán Dean 2007, y arrecife colmado por arena (centro inferior) con gorgonias semienterradas (inferior derecha) por efectos del mismo huracán. (Fotos: Albert Franquesa Rinos).....	41
Ilustración 42: riqueza de especies en los arrecifes de Mahahual.....	42
Ilustración 43: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado en Mahahual.....	43
Ilustración 44: abundancia relativa de peces en los sitios monitoreados en Mahahual.	44
Ilustración 45: abundancia relativa de peces por grupo trófico en Mahahual.....	44
Ilustración 46: abundancia relativa de especies coralinas de los sitios monitoreados en Mahahual. ....	45
Ilustración 47: distribución de tallas de colonias coralinas en Mahahual. ....	46
Ilustración 48: condición de las colonias coralinas en Mahahual. ....	46
Ilustración 49: mortalidad vieja por especie de coral en Mahahual.....	47
Ilustración 50: mortalidad nueva por especie de coral en Mahahual.....	47
Ilustración 51: porcentaje de blanqueamiento en las colonias de coral en Mahahual. .	48
Ilustración 52: porcentaje de enfermedades en colonias coralinas de Mahahual.....	48
Ilustración 53: abundancia relativa de algas en Mahahual.....	49
Ilustración 54: abundancia relativa de gorgonias en Mahahual. ....	50
Ilustración 55: índice de Shannon-Wiener por taxón en Mahahual. ....	50
Ilustración 56: perfiles arrecifales de Faro Viejo, Bucaneros, Paytotal y los Escalones (de izq. a der., de arriba abajo) en Mahahual. ....	51
Ilustración 57: mapeo de hábitat bentónico del área de Mahahual mediante la digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI. También se muestran los transectos batimétricos planeados. ....	52
Ilustración 58: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites de la RBBCH (en verde). ....	53
Ilustración 59: modelo batimétrico de los lugares monitoreados en RBBCH. ....	54

Ilustración 60: riqueza de especies en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro. ....	55
Ilustración 61: distribución de tallas de peces por sitio en RBBCH.....	55
Ilustración 62: abundancia relativa de peces en RBBCH.....	56
Ilustración 63: abundancia relativa de peces por grupo trófico en RBBCH. ....	57
Ilustración 64: abundancia relativa de corales en RBBCH.....	58
Ilustración 65: distribución de tallas de las colonias coralinas en RBBCH. ....	58
Ilustración 66: condición de las colonias coralinas en la RBBCH.....	59
Ilustración 67: mortalidad vieja de las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.....	59
Ilustración 68: porcentaje de mortalidad nueva en las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.....	60
Ilustración 69: porcentaje de enfermedades presentes en las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.....	60
Ilustración 70: porcentaje de blanqueamiento en las colonias coralinas de RBBCH. ....	61
Ilustración 71: abundancia relativa de macroalgas en RBBCH.....	62
Ilustración 72: abundancia relativa de gorgonáceos en RBBCH.....	63
Ilustración 73: índice Shanon-Wiener por taxón para evaluar la biodiversidad en RBBCH. ....	63
Ilustración 74: perfiles arrecifales de los sitios muestreados en RBBCH. ....	64
Ilustración 75: Mapeo de hábitat bentónico de la RBBCH mediante la digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI. Se muestra la limitación en el mapeo de hábitat de la zona oriental debido al fuerte descenso de la profundidad.....	65
Ilustración 76: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites del PNAX (en verde).....	66
Ilustración 77: modelo batimétrico de los sitios muestreados en PNAX.....	67
Ilustración 78: riqueza de especies en el Parque Nacional Arrecifes Xcalak.....	68
Ilustración 79: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado en PNAX.....	68
Ilustración 80: abundancia relativa de peces en PNAX. ....	69
Ilustración 81: abundancia relativa de peces por grupo trófico en PNAX.....	70
Ilustración 82: abundancia relativa de corales en PNAX. ....	71

Ilustración 83: distribución de tallas de colonias coralinas en PNAX. ....	71
Ilustración 84: condición de las colonias coralinas en PNAX. ....	72
Ilustración 85: porcentaje de mortalidad vieja en las colonias coralinas en PNAX. ....	72
Ilustración 86: Colonia de <i>Siderastrea siderea</i> con blanqueamiento (izquierda) y colonia de <i>Montastraea faveolata</i> con enfermedad de Banda Amarilla (derecha). (Fotos: Albert Franquesa Rinos) .....	73
Ilustración 87: porcentaje de mortalidad nueva en las colonias coralinas de PNAX. ....	73
Ilustración 88: porcentaje de enfermedades presentes en las colonias coralinas en PNAX. ....	73
Ilustración 89: porcentaje de blanqueamiento en colonias coralinas en PNAX. ....	74
Ilustración 90: abundancia relativa de algas en PNAX.....	74
Ilustración 91: abundancia relativa de gorgonáceos en PNAX.....	75
Ilustración 92: índice de Shanon-Wiener por taxón en PNAX. ....	76
Ilustración 93: perfiles arrecifales de los sitios monitoreados en PNAX, río Huach, Doña Nica, Poza Norte y Portillos (de izq. a der., de arriba abajo).....	76
Ilustración 94: mapeo de hábitat bentónico del PNAX mediante la digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.....	77
Ilustración 95: riqueza de especies por taxón y sitio.....	78
Ilustración 96: densidad de peces por sitio monitoreado.....	79
Ilustración 97: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado. ....	79
Ilustración 98: densidad de gorgonáceos por sitio monitoreado.....	80
Ilustración 99: condición de las colonias coralinas en los sitios monitoreados. ....	81
Ilustración 100: biodiversidad expresada en índice Shanon-Wiener por taxón y sitio monitoreado. ....	81
Ilustración 101: relación entre la clase de talla y el volumen de las colonias coralinas. ....	82



## TABLA DE TABLAS

Tabla 1: datos generales del taller de calibración regional.....	13
Tabla 2: datos generalizados de los muestreos en el PNAPM.....	15
Tabla 3: datos generales de los sitios monitoreados en la RBSK y RBASK.....	28
Tabla 4: datos generales de los sitios muestreados en Mahahual.....	40
Tabla 5: datos generales de los sitios monitoreados en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro.....	53
Tabla 6: datos generales de los sitios muestreados en Parque Nacional Arrecifes Xcalak.....	66

## RESUMEN EJECUTIVO

En Quintana Roo, los arrecifes coralinos cubren una extensión de aproximadamente 650 Km y constituyen un recurso de enorme valor para las actividades pesqueras y turísticas; además de que representan el Sistema Arrecifal Mesoamericano en México. El presente proyecto tiene como finalidad actualizar la información sobre el estado en que se encuentran 5 áreas naturales protegidas marinas del Caribe mexicano y una zona de influencia en términos biológicos, físicos y ecológicos; así como monitorear la evolución de dichos sistemas a lo largo de 6 años. Dichas zonas son: el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (PNAPM), la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an (RBSK-RBASK), la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (RBBCH), el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) y el área de influencia Arrecifes de Mahahual. Dos de éstas (PNAPM, RBBCH) cuentan con información reciente de caracterización; mientras que las otras (PNAX, RBSK-RBASK, AM) requieren de una evaluación actualizada debido a que fueron caracterizadas hace 10 a 15 años respectivamente. La caracterización biológica y ecológica se realizó con transectos submarinos de 10 m para estimar la estructura comunitaria de algas, corales duros y gorgonias y de 30 m para los peces arrecifales. La caracterización física se llevó a cabo a través de visitas de campo para la obtención de datos batimétricos, así como con la ayuda de imágenes aéreas y de satélite, que fueron analizadas con un Sistemas de Información Geográfica. Esto permitió la elaboración de una clasificación de hábitats preliminar y finalmente un mapeo del bentos; mostrando la distribución de los diferentes ambientes marinos (pastizal, arenal, cordilleras de coral, praderas de gorgonias, planicies rocosas o laja calcárea, parches arrecifales de corales aislados etc.). Esta caracterización física, conjuntamente con la caracterización biológica, los antecedentes de monitoreo y las necesidades de monitoreo de cada ANP, constituyeron la base para elaborar una propuesta de plan de monitoreo a mediano plazo (6 años), que permitirá conocer el estado y evolución de la salud del ecosistema arrecifal a lo largo del tiempo, y establecer las medidas de manejo adecuadas para asegurar su conservación a largo plazo.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general***

Caracterizar la condición biológica y ecológica del ecosistema arrecifal coralino en sitios focales de 5 áreas naturales protegidas Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an; Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an, Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro y Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, y los Arrecifes de Mahahual considerados como área de influencia para los arrecifes de la parte sur; con el fin de establecer un programa de monitoreo regional a corto, mediano y largo plazo que permita conocer la variación de cada sitio, en una escala espacial y temporal, a fin de adecuar e implementar mejores estrategias de manejo para su protección y conservación.

### ***Objetivos particulares (primera etapa)***

Recopilar y sistematizar la información existente, que se ha generado en las ANP's propuestas, sobre la condición del ecosistema arrecifal coralino.

Realizar una caracterización de la estructura biológica, ecológica y física de los sitios focales propuestos con el fin de actualizar la información existente; incluyendo un archivo fotográfico.

Describir la distribución de los diferentes hábitat ecológicos que conforman los puntos focales de las ANP's, mediante Sistemas de Información Geográfica.

Elaborar detalladamente un programa de monitoreo para todos los sitios focales de las ANP y el área de influencia Mahahual.

Establecer una estrategia de atención inmediata para la evaluación de la condición del ecosistema arrecifal coralino en caso de alguna contingencia ambiental.

## RESULTADOS

### ***Análisis preliminar de imágenes SPOT***

El método generalmente aceptado para el mapeo de ambientes bentónicos a través de técnicas de percepción remota, incluye primero una clasificación no-supervisada de las imágenes satelitales existentes y posteriormente la obtención de datos *in situ* en base a esa primera clasificación. Posteriormente, esos datos permiten, por un lado realizar una clasificación supervisada de las imágenes, la cual resulta en la obtención de un mapa de hábitat mucho más preciso y realista en el que muchas ambigüedades quedan eliminadas. Por el otro lado, los datos permiten una valoración del grado de error/precisión de la clasificación, lo cual es imprescindible para la correcta interpretación de los mapas de hábitat generados.

Si bien la consecución de esos pasos es esencial para la correcta generación de mapas de hábitat de calidad, no se asignaron fondos para la realización de las salidas de campo necesarias para dicho fin. Por el mismo motivo, la recepción de los fondos destinados para la adquisición de las imágenes satelitales Hyperion estaba planeada que fuera con posterioridad a las salidas de campo.

Para solucionar ambos problemas aunque fuera de forma parcial, se consiguieron subproductos de imágenes SPOT cedidas por al CONANP para la previa clasificación no-supervisada de las mismas antes de las salidas de campo. Debido a que el número de clases generado y las ambigüedades existentes eran demasiado grandes, así como al hecho de no poder realizar más de una salida de campo por sitio debido a la falta de presupuesto, se decidió utilizar una técnica diferente para obtener una cartografía aproximada inicial antes de las salidas. Se crearon nuevas imágenes producto de la superposición de las imágenes SPOT con ortofotografías de INEGI. Adecuando el contraste, transparencia y otros parámetros de las mismas, se logró resaltar visualmente las características del fondo con mayor claridad. De este modo, se digitalizaron manualmente los hábitats reconocibles y se hizo una clasificación en base a los conocimientos foto-interpretativos del técnico encargado (ver Ilustración 4, Ilustración 22, Ilustración 40, Ilustración 59 e Ilustración 77)



**Ilustración 1: Arrastres de un observador (izquierda y centro). Toma de datos batimétricos con una ecosonda Lowrance LCX-17M (derecha). (Fotos: Albert Franquesa Rinos).**

Posteriormente, durante las salidas de campo, se realizaron arrastres en superficie para obtener información adicional del tipo de hábitat aprovechando los recorridos para la captura de datos batimétricos.

Finalmente, debido a que fue cancelada la obtención de imágenes Hyperion para la clasificación de hábitat, los productos derivados de esa actividad también fueron cancelados; si bien se entregaron los mapas elaborados de forma preliminar con las imágenes SPOT.

## ***Metodología***

### **Batimetría**

Para la toma de datos batimétricos, se utilizó una ecosonda Lowrance LCX-17M (menos en la RBCH que fue el modelo LCX-27c) conectada a una antena GPS externa modelo LGC-2000. Se realizaron transectos perpendiculares a la costa en los que se registraron tomas de profundidad y ubicación con el equipo mencionado. Dichos datos fueron tratados posteriormente con el software Sonar Viewer, postprocesados en Excel para obtener tablas de profundidad vs. ubicación geográfica y finalmente analizadas en un SIG para la generación de modelos batimétricos.

### **Caracterización biológica y ecológica.**

El registro de datos de los cuatro taxa se realizó mediante buceo autónomo con la técnica de transecto lineal de intercepción basada en el diseño de Loya (1972). Este método consiste en colocar al azar cintas métricas (transectos) sobre el sustrato en el sitio de muestreo, y midiendo ciertos parámetros para los organismos que están debajo del transecto o dentro de una distancia lateral específica a partir del mismo. Los datos y observaciones realizadas, eran apuntadas en tablillas subacuáticas y posteriormente capturadas en la base de datos. Por cada punto de los sitios focales, el tamaño mínimo deseado de muestra fue de 5 transectos para registrar datos de corales escleractinios, algas y gorgonias, y 10 transectos para los peces; si bien no fue siempre posible obtener dicho tamaño de muestra debido a condiciones climáticas, limitaciones de buceo por la profundidad y tiempo disponible.

La identificación a nivel de especie se llevó a cabo cuando in situ era indudable la especie del organismo, por lo que no se realizó ningún tipo de colecta que causara algún impacto ambiental en la zona. En caso contrario, el registro se realizó a nivel de género o taxón superior debido a la dificultad ampliamente reconocida de identificar en campo organismos como gorgonias y algas. La identificación de especies fue corroborada con guías fotográficas de cada uno de los cuatro taxa de interés. A continuación se describen los detalles específicos para el registro de datos para cada taxa:

## **Algas**

Se utilizaron transectos de 10 metros, registrando en cada uno todas las algas presentes que interceptaban con el transecto. Se anotó la especie identificada, y la cobertura de acuerdo a los centímetros que ocupa cada una bajo el transecto. Una vez obtenido los datos, se calculó el porcentaje de cobertura como el número de centímetros ocupado por cada alga bajo el transecto, respecto el número total de centímetros en el mismo (mil centímetros).

## **Corales escleractinios**

Utilizando el mismo método y sobre los mismo transectos (de 10m), se registraron los datos pertinentes para cada colonia coralina que era interceptada por el transecto, a saber: la especie, la cobertura por especie de acuerdo al número de centímetros de tejido vivo que queda bajo el transecto, el tamaño de la colonia (diámetro máximo, ancho y alto) según los criterios del protocolo AGRRRA (Atlantic & Gulf Rapid Reef Assessment v. 4), la condición de las colonias estimando el porcentaje de muerte reciente y antigua, grado de blanqueamiento y tipo de enfermedades.

## **Gorgonias**

Utilizando los mismos transectos (de 10m de largo), en este caso se tomaron datos de todos los organismos presentes en la franja delimitada por medio metro a cada lado del transecto (haciendo un total de 10m<sup>2</sup> muestreados por transecto). Esta diferencia respecto a la anchura del transecto se aplica para el muestreo de gorgonias debido a la morfología de las mismas y a la poca abundancia que presentan en ciertos ambientes, lo cual acostumbra a producir que el transecto raramente caiga encima de un sustrato cubierto por gorgonias. De este modo, si el transecto fuera unidimensional, el número de gorgonias muestreadas sería generalmente muy pequeño. Se registró la especie de cada individuo, así como comentarios acerca de su condición en caso de presentar sobrecrecimiento de algas, zoántidos o hidrocorales; así como depredación y enfermedades (tumores).

## **Peces arrecifales**

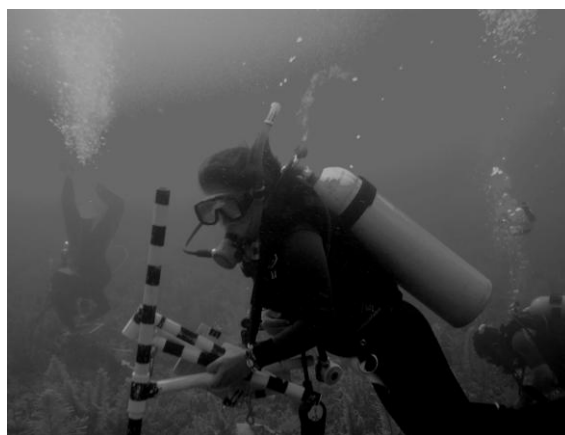
Para la toma de datos de peces, los observadores utilizaron transectos de 30 metros, nadando a lo largo de los mismos y anotando todos los individuos que cruzaban la franja delimitada por un metro a cada lado del transecto, obteniendo así un área de muestreo de 60 m<sup>2</sup>. Se registró el número de individuos por especie y la talla estimada por individuo de acuerdo a 6 categorías propuestas por McCormick y Choat (1987) (I.- <5cm; II.- de 6 a 10 cm; III.- de 11 a 20 cm; IV.- 21 a 30 cm; V.- de 30 a 40 cm y VI.- >40 cm). Posteriormente, una vez capturados los datos, se asignó el grupo trófico a cada individuo (planctófago, herbívoro, bentófago, omnívoro, ictiobentófago y piscívoro) de acuerdo a la especie correspondiente y a la clasificación de Claro (1987), Newman (2006) y (FishBase).

## ***Taller de Calibración Regional***

<b>Datos generales</b>	
<b>Sitios de buceo</b>	Doña Nica (Xcalak)
<b>Fechas:</b>	7 de Diciembre de 2007.

**Tabla 1: datos generales del taller de calibración regional.**

Las características del ambiente marino (corrientes, visibilidad, etc.), el tiempo limitado que un observador puede estar bajo el agua con un equipo de buceo autónomo, así como la gran complejidad estructural y tridimensional de los arrecifes, hacen que la toma de muestras no extractivas a través de estimaciones visuales sean una fuente potencialmente importante de sesgos entre diferentes tomadores de datos. Por este motivo, se planificó un taller de calibración y estandarización previo a los muestreos. En el taller, que tuvo lugar en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak el 7 de diciembre de 2007, participaron 8 personas.



**Ilustración 2: Buzo tomador de datos de peces realizando un transecto lineal para posterior comparación. Dos buzos tomadores de datos bénticos (atrás) recorren el mismo transecto para posterior comparación. (Foto: Daniel Ponce-Taylor).**

Debido a que todos los participantes ya eran buzos expertos en monitoreo arrecifal, no fue necesario capacitarlos en la identificación de especies, estimación de tallas, conteo de individuos, etc. Por el contrario, el taller se centró en dos aspectos: a) La explicación del protocolo que se utilizaría durante el estudio, incluyendo los criterios de definición de los límites de colonia, los grados de blanqueamiento y las enfermedades, y b) La instrucción de la metodología y logística para el ejercicio de calibración y estandarización entre individuos.

Teniendo en cuenta que la realización del taller era una de las actividades del proyecto pero no estaba dentro del presupuesto, se tuvo que retrasar su realización hasta la primera salida de campo para aprovechar la misma comida, alojamiento y gasolina. También se tuvo que limitar a un solo día por los mismos motivos.

Si bien esto limitó mucho la utilidad del taller, sirvió para que los técnicos establecieran criterios comunes en la estimación de las variables a medir a través de la comparación de los datos del buceo, y practicaran el protocolo antes de su utilización.

### **Las memorias-programa del taller se adjuntan en el Trabajos citados**

Claro, R. (1987). *Ecología de los Peces Marinos de Cuba*. Inst. de Oceanol, Academia de Ciencias de Cuba y Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Quintana Roo, México.

*FishBase*. (s.f.). Recuperado el 2010, de <http://www.fishbase.org>

Loya, I. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Marine Biology* (13), 100-123.

Newman, M. J., Paredes, G. A., Sala, E., & Jackson, J. B. (2006). Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters* (9), 1216–1227.

.



# Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos

## Datos generales

**Sitos caracterizados:** 4 (Tanchacté Norte, La Bocana, La Pared, Muelle de Pescadores).

**Fechas de la caracterización:** 18 y 19 de Diciembre de 2007.

**Fechas de la toma de datos batimétricos:** 20, 21, 22, y 23 de Diciembre de 2007.

Tabla 2: datos generalizados de los muestreos en el PNAPM.

## Caracterización física

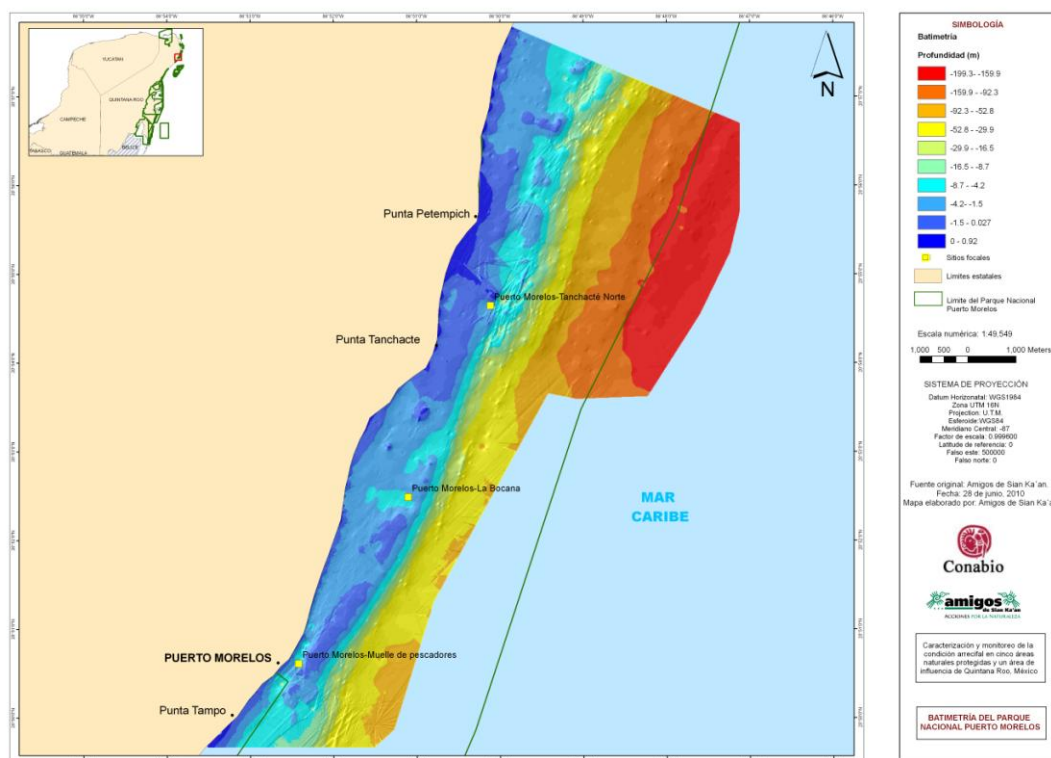
Se realizaron varios transectos perpendiculares a la costa (ver Ilustración 3) con la finalidad de obtener sondeos de profundidad y realizar una interpolación con técnicas geoestadísticas.



Ilustración 3: Planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites del Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (en verde).

Debido a las necesidades expresadas por el parque en cuanto a la obtención de la batimetría completa para la actualización del Programa de Conservación y Manejo, el mismo parque aportó los fondos para seguir realizando el levantamiento más allá de lo planeado inicialmente; con lo que se cubrió la mayor parte del mismo.

Con los datos obtenidos a partir de la ecosonda se elaboró el modelo batimétrico representado a continuación.



**Ilustración 4: modelo batimétrico del Parque Nacional Arrecifes Puerto Morelos.**

### **Caracterización biológica y ecológica:**

Se seleccionaron los 4 sitios focales planeados de acuerdo a la asesoría y experiencia del personal del PNAPM, para lo cual se tuvieron en cuenta la proximidad a los puntos inicialmente planteados en la propuesta del proyecto, la diversidad de sitios dentro del área y los datos previos de esos sitios.

### **Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:**

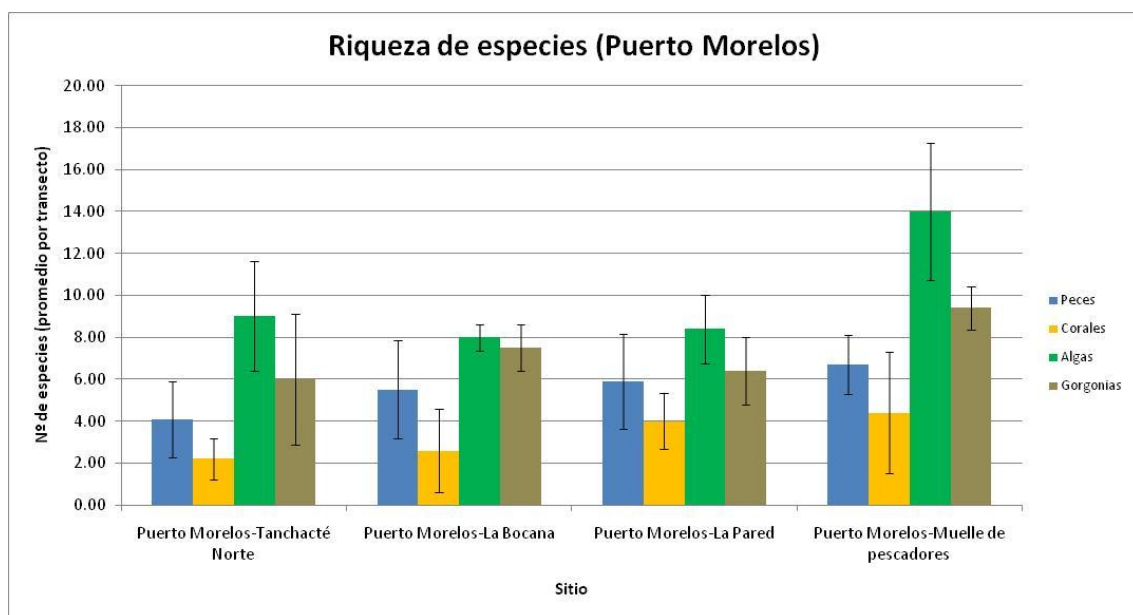
Los datos incorporados en las hojas Excel de acuerdo a los anexos del Convenio del proyecto, se adjuntan al presente reporte.

## Análisis de datos biológicos y ecológicos:

A partir de los datos recabados se calcularon los estadísticos estipulados en el Convenio del proyecto obteniendo los siguientes resultados.

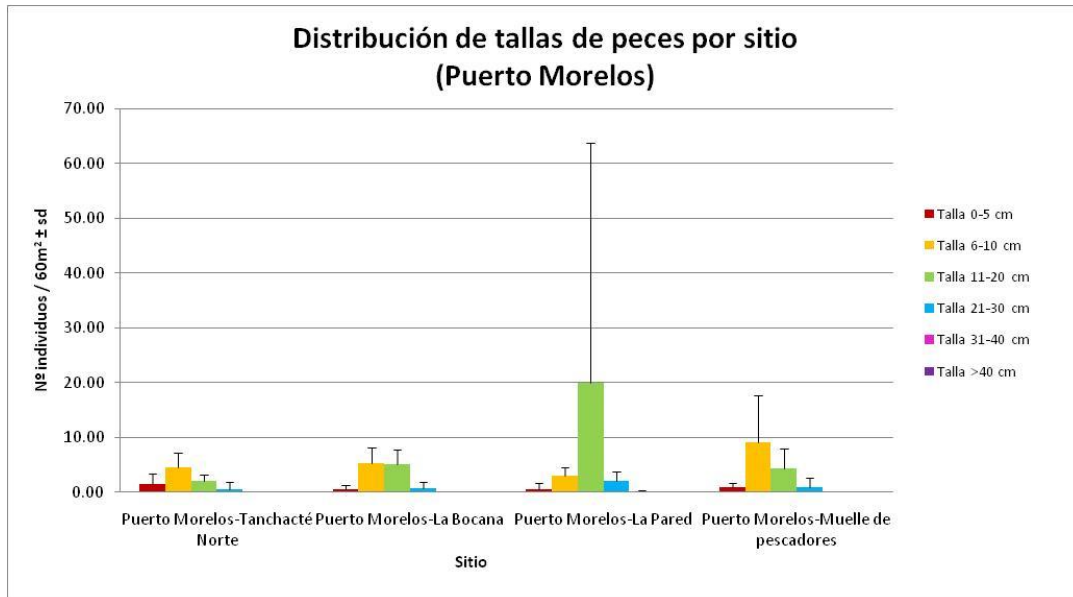
Par la riqueza de especies, se observa que el grupo taxonómico con mayor riqueza específica son las algas, seguido de las gorgonias (si bien estos presentan varios individuos identificados sólo hasta género). A pesar de que no existen grandes diferencias entre los sitios, el sitio que presenta mayor número de especies en todos los taxa es el de "Muelle de Pescadores".

Cabe señalar, que los datos reportados son promedios por transecto, por lo que no pueden considerarse como una medida de riqueza total del sitio, para lo que sería necesario otro tipo de muestreo.



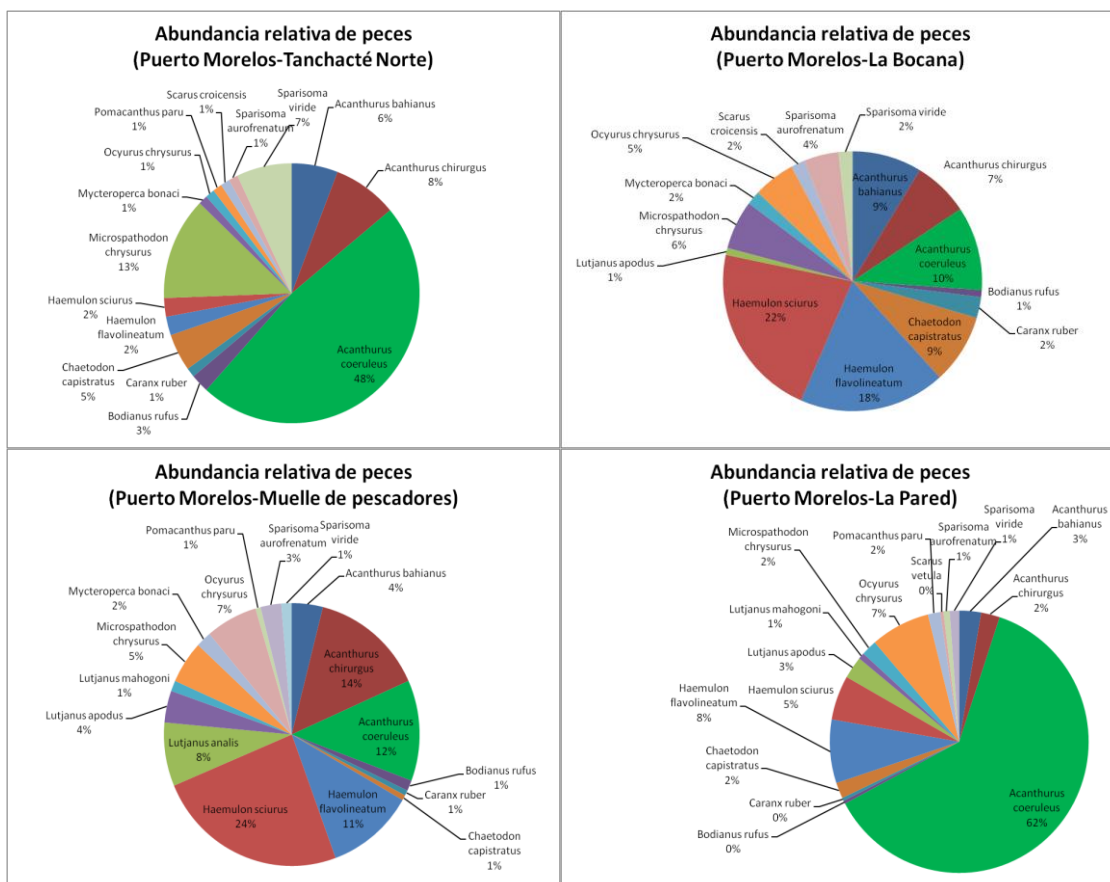
**Ilustración 5: riqueza de especies en el Parque Nacional Arrecifes Puerto Morelos.**

En cuanto a la distribución de tallas de peces, se observa una predominancia de las tallas medias-bajas (6-10 y 11-20 cm). Resalta la gran abundancia de peces de la talla 11-20 en el sitio "La Pared". Teniendo en cuenta la gran desviación estándar (sd) encontrada, es muy probable que ese valor sea debido al efecto del paso de una gran escuela de individuos durante la realización de uno de los transectos, lo cual se constata en explorar los datos crudos y detectar que la gran abundancia de individuos en esa talla es debida a los 150 individuos de *Acanthurus coeruleus* registrados en uno de los transectos.



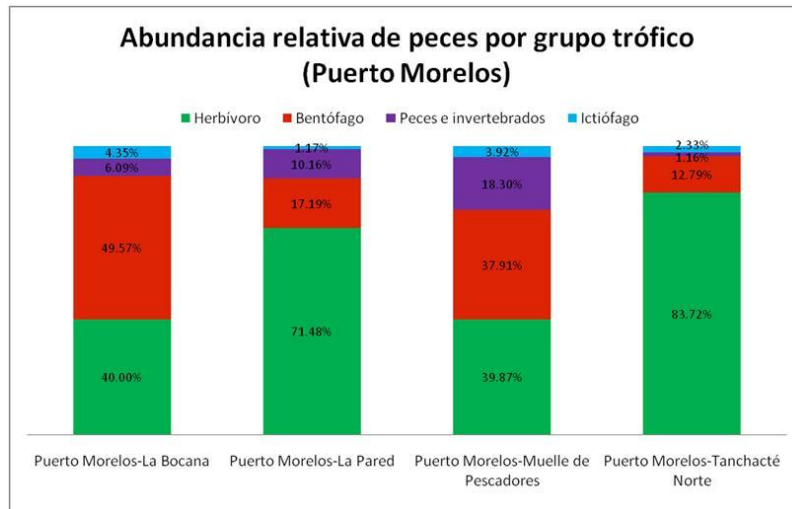
**Ilustración 6: distribución de tallas de peces por sitio en PNAPM.**

En cuanto a la abundancia de peces, se observa que existe una dominancia clara de *Acanthurus coeruleus* en la zona norte y sur (Tanchacté Norte y La Pared), mientras en la parte central (La Bocana y Muelle de Pescadores) *Haemulon sciurus*, *H. flavolineatum* y en menor medida *Acanthurus coeruleus*.



**Ilustración 7: abundancia relativa de peces en Tanchacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y en la Pared (de izq. a der., de arriba a abajo).**

Por otro lado, una vez clasificadas las especies en grupos tróficos (según Claro, 1987<sup>1</sup>), se observa que predominan los herbívoros de manera general.

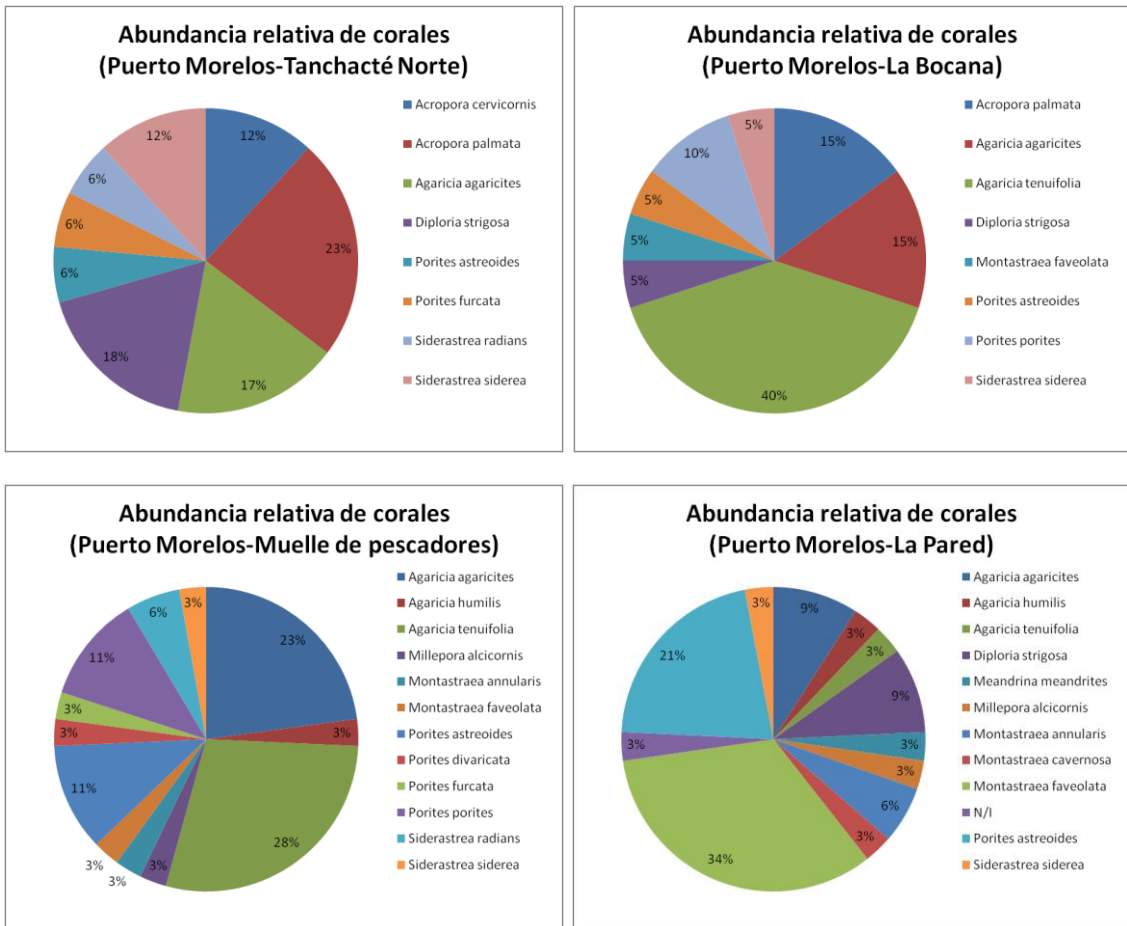


**Ilustración 8: abundancia relativa de peces por grupo trófico en el PNAPM.**

Si bien existen sitios donde la dominancia de los herbívoros está compartida con los bentófagos, la gran proporción de los primeros, en términos generales, podría hacer pensar inicialmente que existe una buena condición del ecosistema. Sin embargo, la densidad de peces total en todos los sitios (ver sección "Discusión y resultados generales") se observa extremadamente baja en comparación con los umbrales deseables para la región del Caribe mesoamericano (McField y Kramer, 2007).

En cuanto a la abundancia relativa de especies de escleractíneos, se observa un mayor número de especies en los dos sitios al sur (Muelle de pescadores y La Pared). Por otro lado, la dominancia en esos dos mismos sitios recae en especies del género *Agaricia* (especialmente *A. agaricites* y *A. tenuifolia*) así como *Porites astreoides* en el sitio de "La Pared". En cambio, en los sitios ubicados al norte predomina de forma más o menos similar el género *Agaricia* y el género *Acropora* (*A. palmata* y *A. cervicornis*), incluyendo a *Diploria strigosa* en el caso de "Tanchacté Norte".

<sup>1</sup> Claro R. 1987. Ecología de los Peces Marinos de Cuba. Inst. de Oceanol, Academia de Ciencias de Cuba y Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Quintana Roo, México. 320p

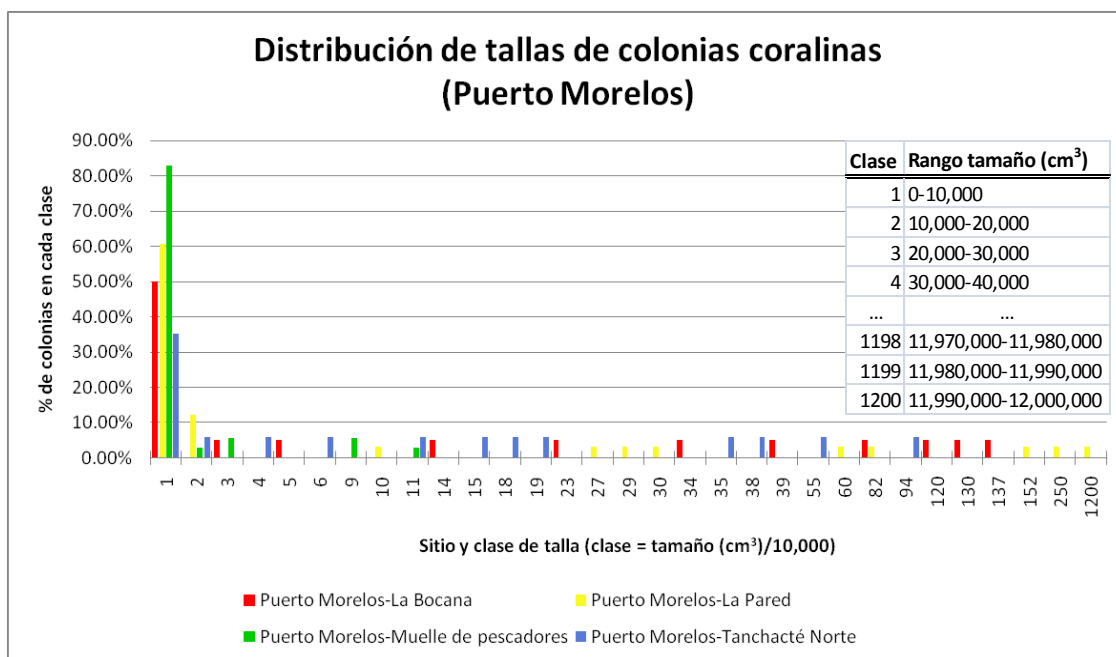


**Ilustración 9: abundancia relativa de corales en Tanachacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo).**

Cabe mencionar, que en el caso de los sitios dominados por *A. palmata*, ésta se encuentra en pobres condiciones de conservación, presentando altos porcentajes de mortalidad vieja.

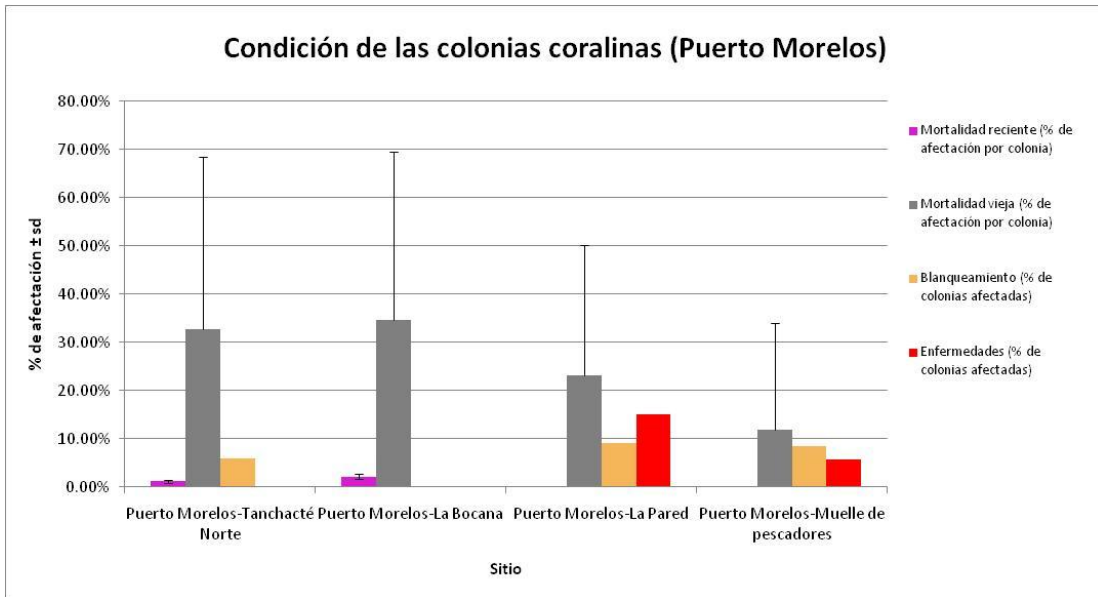
En cuanto a la distribución de tallas, se observa una clara predominancia de tallas pequeñas (de 10,000 a 20,000 cm<sup>3</sup>) en todos los sitios, si bien se encuentran colonias de tallas muy superiores en todos los sitios con excepción del "Muelle de Pescadores"; donde no hay colonias por encima de la clase 11.

Por otro lado, el sitio que muestra presencia de colonias de talla considerable es “La Pared”, incluso con alguna colonia de 12 m<sup>3</sup>.



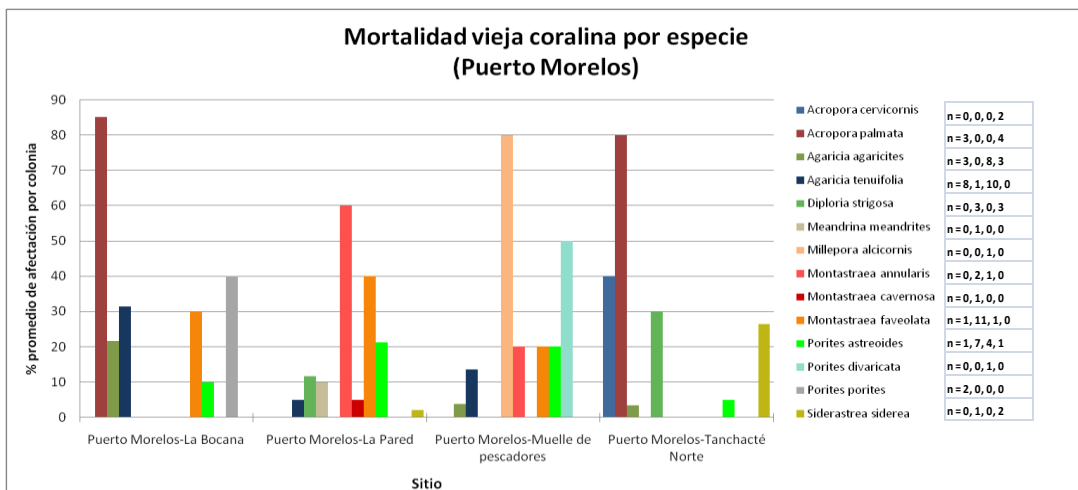
**Ilustración 10: distribución de tallas de colonias coralinas en el PNAPM.**

En cuanto a la presencia de enfermedades, blanqueamiento y porcentaje de mortalidad encontrados, se observa claramente un alto porcentaje de mortalidad vieja. Los mismos datos presentan una gran variabilidad, lo cual es debido a la distribución asimétrica de esta variable entre las colonias medidas, es decir, algunas presentan grandes porcentajes de mortalidad, mientras otras tiene porcentajes bajos o nulos. Por otro lado, es interesante resaltar que sólo se encontraron enfermedades en los sitios más al sur (Muelle de Pescadores y La Pred), precisamente donde el blanqueamiento también fue mayor (aunque de esta aparente correlación no se puede deducir directamente una relación de causalidad).

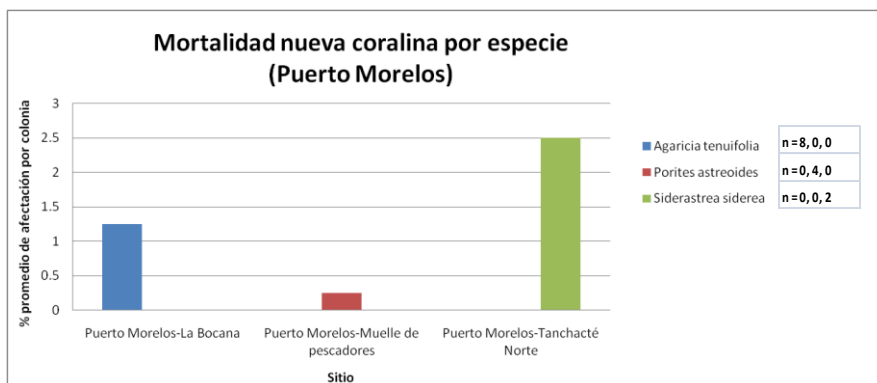


**Ilustración 11: condición de las colonias coralinas en el PNAPM.**

Analizamos dichas variables disgregadas por especie, observamos lo siguiente:



**Ilustración 12: mortalidad vieja de las colonias coralinas por especie en el PNAPM.**

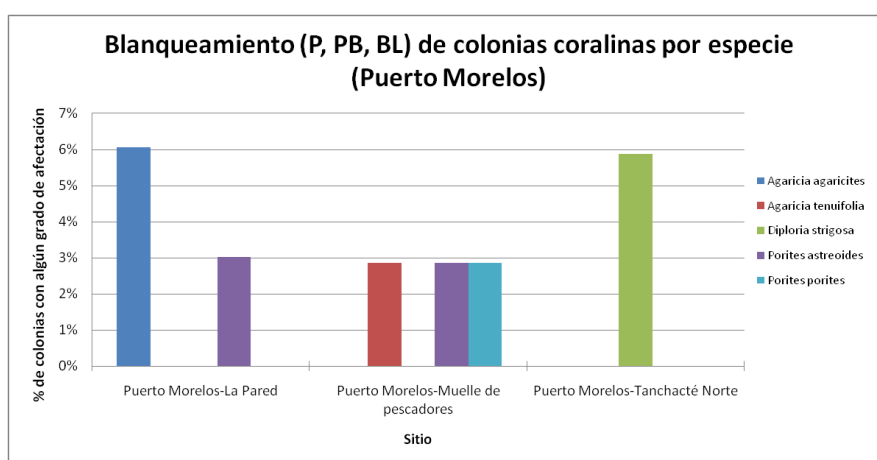


**Ilustración 13: mortalidad nueva de las colonias coralinas por especie en el PNAPM.**



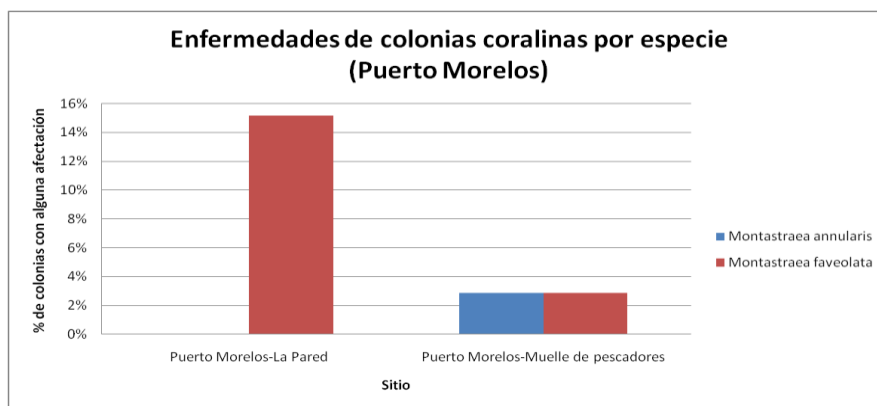
Las especies con mayor porcentaje de mortalidad vieja, fueron *Acropora palmata*, *Montastraea annularis* y *Millepora alcicornis*, si bien ésta última con sólo una colonia muestreada. El resultado es preocupante si tenemos en cuenta que las dos primeras son importantes constructores de arrecifes y que representan una parte importante de la estructura geomorfológica del ecosistema.

En cuanto a la muerte reciente, si bien los porcentajes no fueron muy altos, resalta el hecho de que en cada sitio lo presentaron colonias de diferentes especies. Teniendo en cuenta que son las mismas especies en las que se observó algún grado de blanqueamiento, y que en algunas circunstancias es difícil distinguir entre la muerte reciente y el blanqueamiento, es posible que haya habido una falsa determinación de muerte reciente. De cualquier modo, los porcentajes son suficientemente bajos como para que no sea significativo.



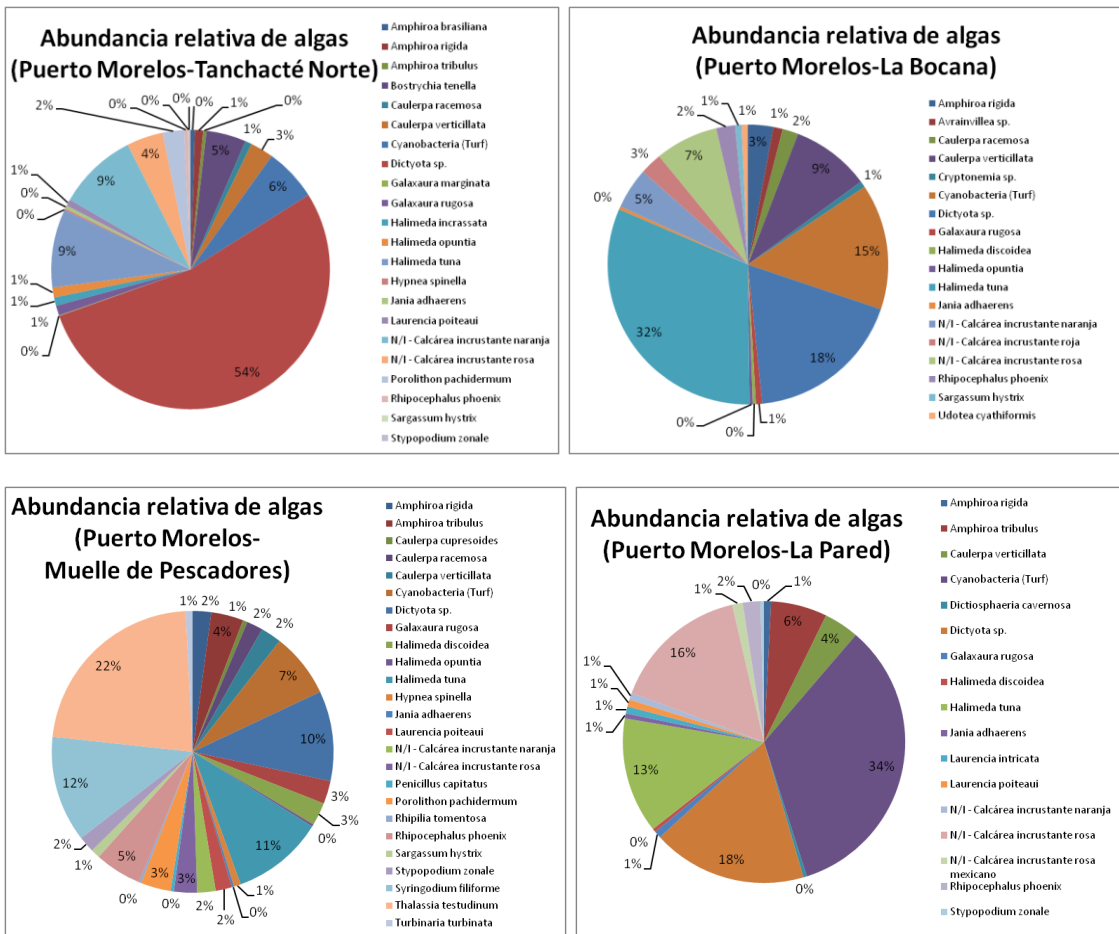
**Ilustración 14: porcentaje de blanqueamiento de colonias coralinas por especie en PNAPM.**

Es preocupante el porcentaje de colonias que presentaron algún tipo de enfermedad tanto en el sitio de "La Pared", como el "Muelle de Pescadores"; especialmente en el primero. Esto, además, si tenemos en cuenta que la especie afectada es *Montastraea faveolata* y *M. annularis*, que son importantes constructoras de arrecife y generadoras de hábitat.



**Ilustración 15: porcentaje de enfermedades en las colonias coralinas por especie en PNAPM.**

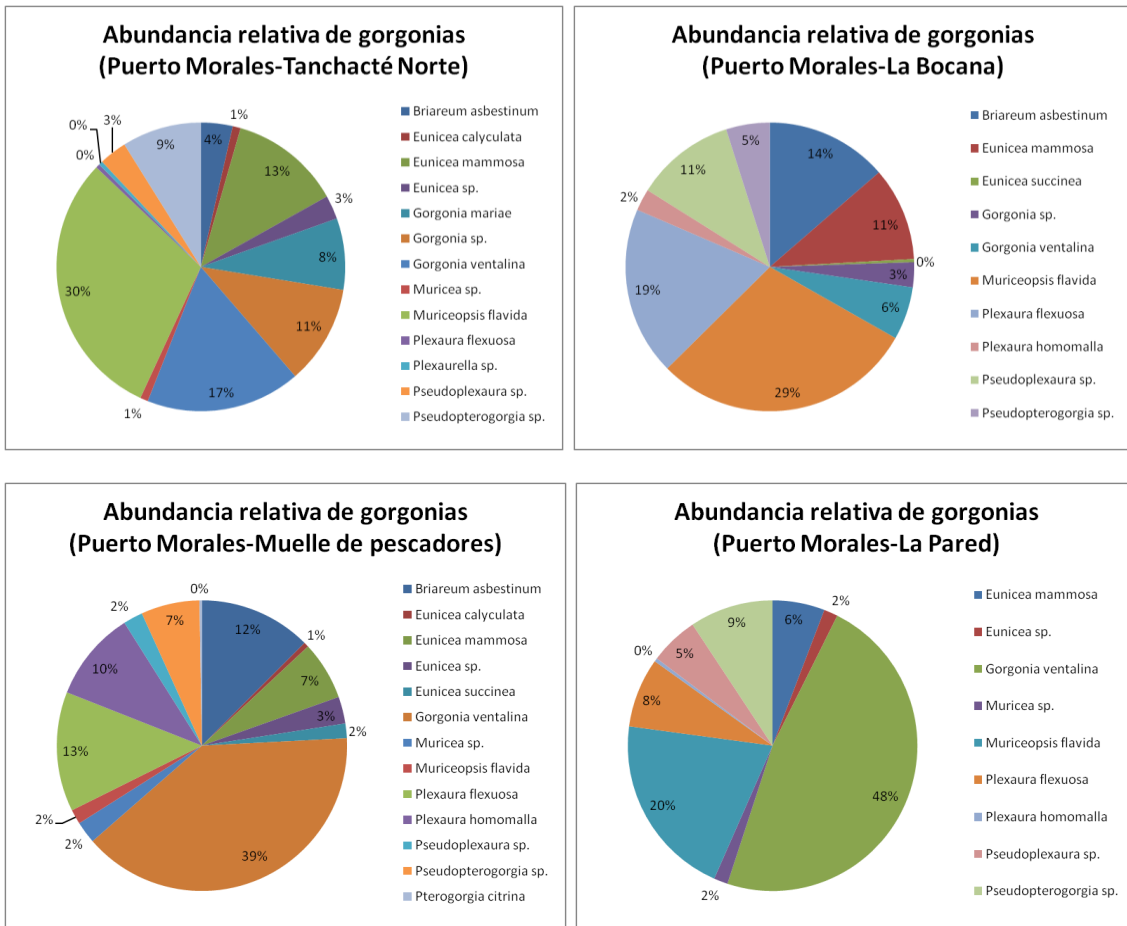
En cuanto a las algas, se observan claras diferencias entre todos los sitios.



**Ilustración 16: abundancia relativa de algas en Tanchacté, la Bocana, Muelle de Pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM.**

En "Tanchacté Norte", la composición está claramente dominada por *Dictyota sp.*, mientras en "La Bocana", la composición principal es de algas cianobacterias tipo Turf, *Dictyota sp.* y *Halimeda tuna*. En el sitio "Muelle de Pescadores" predominan las especies de pasto marino (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*) debido a la ubicación del sitio. Finalmente, "La Pared" es el sitio con menor número de especies y una dominancia más repartida entre 4 especies (algas tipo Turf, *Dictyota sp.*, *Halimeda tuna* y algas calcáreas incrustantes.).

En cuanto a la abundancia relativa de gorgonias, se debe indicar que los individuos identificados sólo a nivel de género (lo cual sucede con relativa frecuencia debido a la dificultad o imposibilidad de identificar especies de gorgonias *in situ*), se contabilizaron de manera general como "Genero sp.", por lo que esto puede haber sobreestimado o subestimado la abundancia de ciertas especies según el caso.

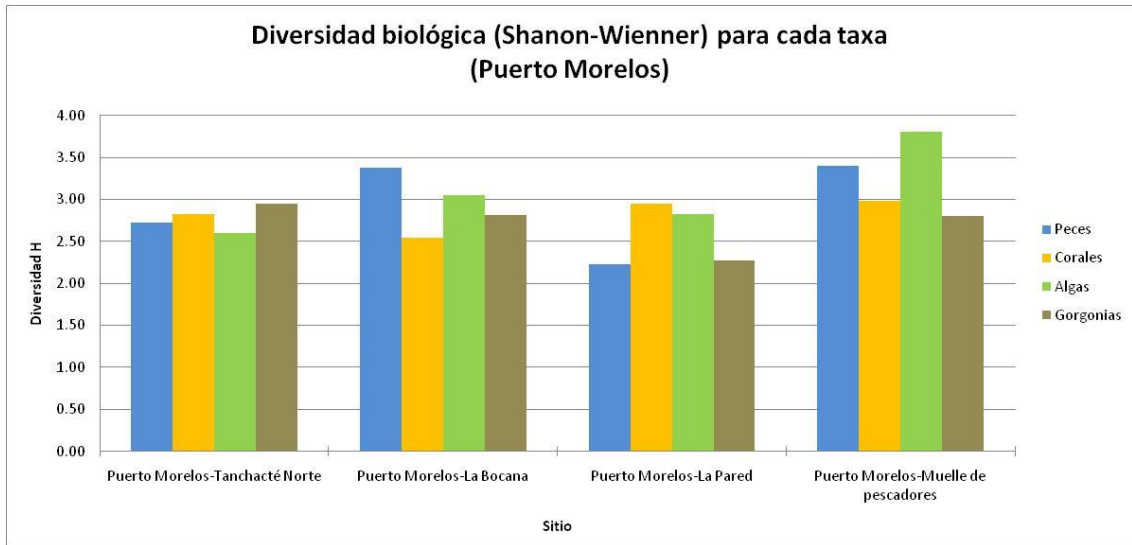


**Ilustración 17: abundancia relativa de gorgonáceos en Tanchacté norte, la Bocana, Muelle de pescadores y la Pared (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM.**

En los sitios "Tanchacté Norte" y "La Pared" dominan principalmente *Muriceopsis flavida* y las especies del género *Gorgonia*, las cuales también son la clase dominante en "Muelle de Pescadores". En cambio, en el sitio "La Bocana" domina *M. flavida*. Es destacable la relativa abundancia de *Plexaura homomalla* tanto en "La Bocana" como en "Muelle de Pescadores", pues ésta es una especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Los cálculos de densidad de peces y gorgonias se calcularon comparativamente por área para todos los sitios, con lo que se discuten en la sección "Discusión y resultados generales".

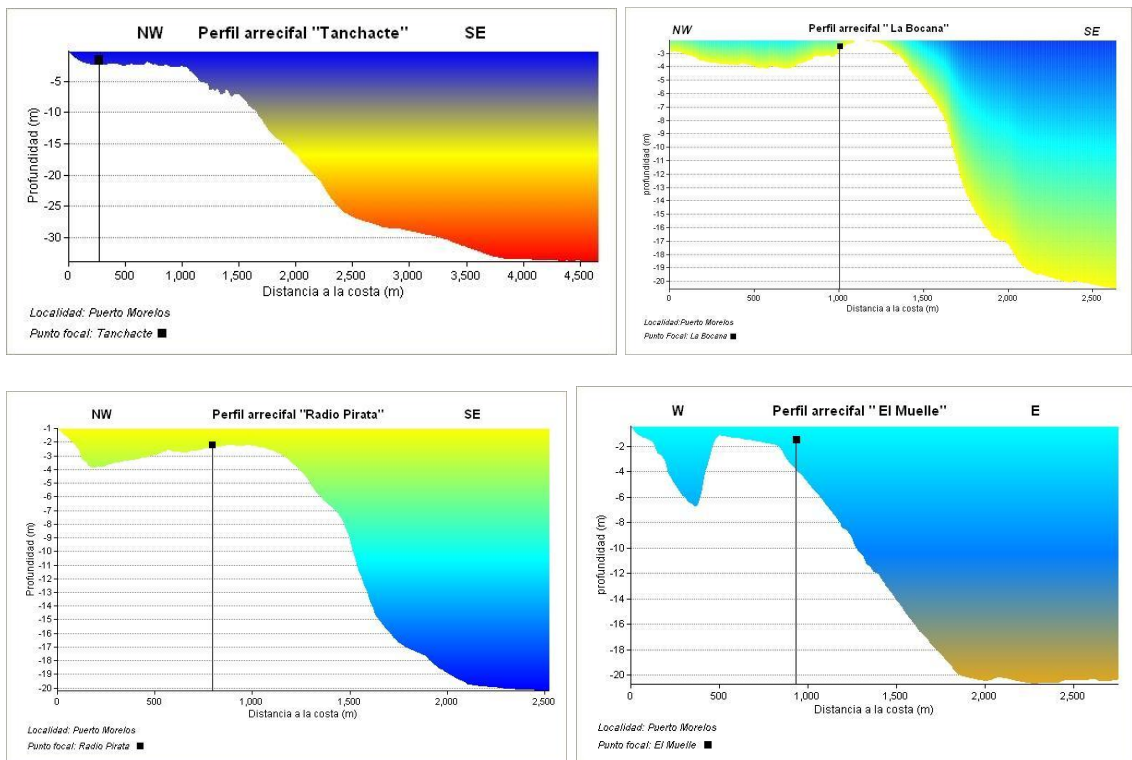
Finalmente, la diversidad biológica calculada a través del índice de Shannon-Wiener se observan valores de 2 a poco más de 3.5. Si bien los valores obtenidos son similares para todos los grupos, se observa que éstos son mayores para las algas en "Muelle de Pescadores" y para los peces en "La Bocana". Es importante que la medición de este índice a través del protocolo utilizado presenta ciertas limitaciones (ver sección: "Discusión y resultados generales"), por lo que estos valores son difícilmente comparables con otros estudios elaborados con fines específicos de medición de la diversidad biológica.



**Ilustración 18:** índice de Shanon-Wiener para evaluar la diversidad biológica por taxa en el PNAPM.

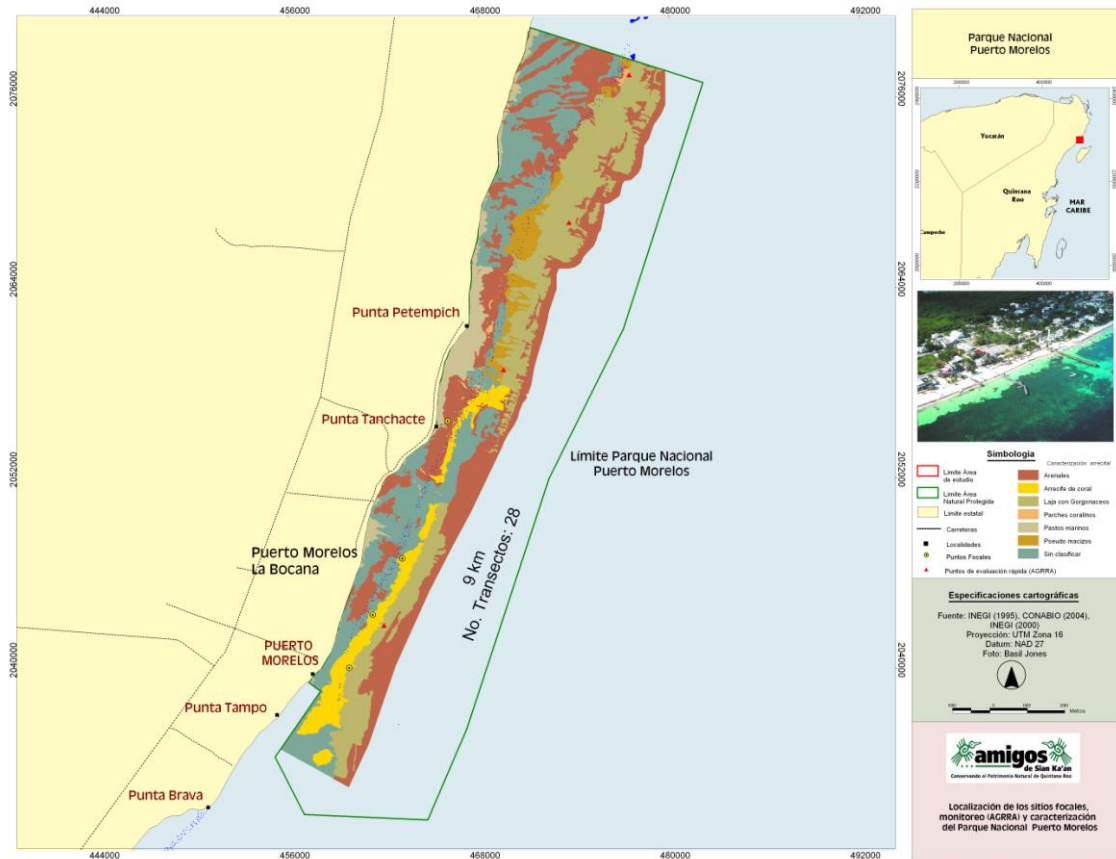
## Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales

A partir del modelo batimétrico interpolado, se generaron los perfiles arrecifales de cada sitio focal presentados a continuación.



**Ilustración 19:** perfiles arrecifales de Tanachacté, la Bocana, Radio Pirata y el Muelle (de izq. a der., de arriba abajo) en PNAPM.

Si bien esta actividad estaba planeada para elaborar mapas de hábitat a partir de imágenes Hyperion, se consideró inadecuado el uso de estas imágenes para tales fines, con lo que la CONABIO rechazó la adquisición de las mismas y, por lo tanto, la generación de los productos derivados de éstas. Aun y así, se generaron mapas de hábitat a partir de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI, que si bien no son óptimas para estos fines, permitieron elaborar una cartografía aproximada de la distribución de los diferentes tipos de fondo (ver Ilustración 20).



**Ilustración 20: mapa de los hábitats bentónicos en el PNPM usando digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.**

# Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an

## Datos generales

**Sitios caracterizados:** Punta Tupac, La Victoria, Santa Rosa.

**Fechas de la caracterización:** 10, 11 y 12 de febrero de 2010.

**Fechas de la toma de datos batimétricos:** 13, 14 y 15 de febrero de 2010.

Tabla 3: datos generales de los sitios monitoreados en la RBSK y RBASK.

## Caracterización física

La caracterización física consistió en la realización de los transectos planeados (ver Ilustración 21) con lancha, y la medición y registro de profundidades a través del equipo de ecosonda; llegando a valores alrededor de los 60 m. Cabe mencionar que fue imposible realizar los transectos ubicados en la zona más meridional, debido a que las condiciones climáticas impidieron la navegación en la zona durante varios días.

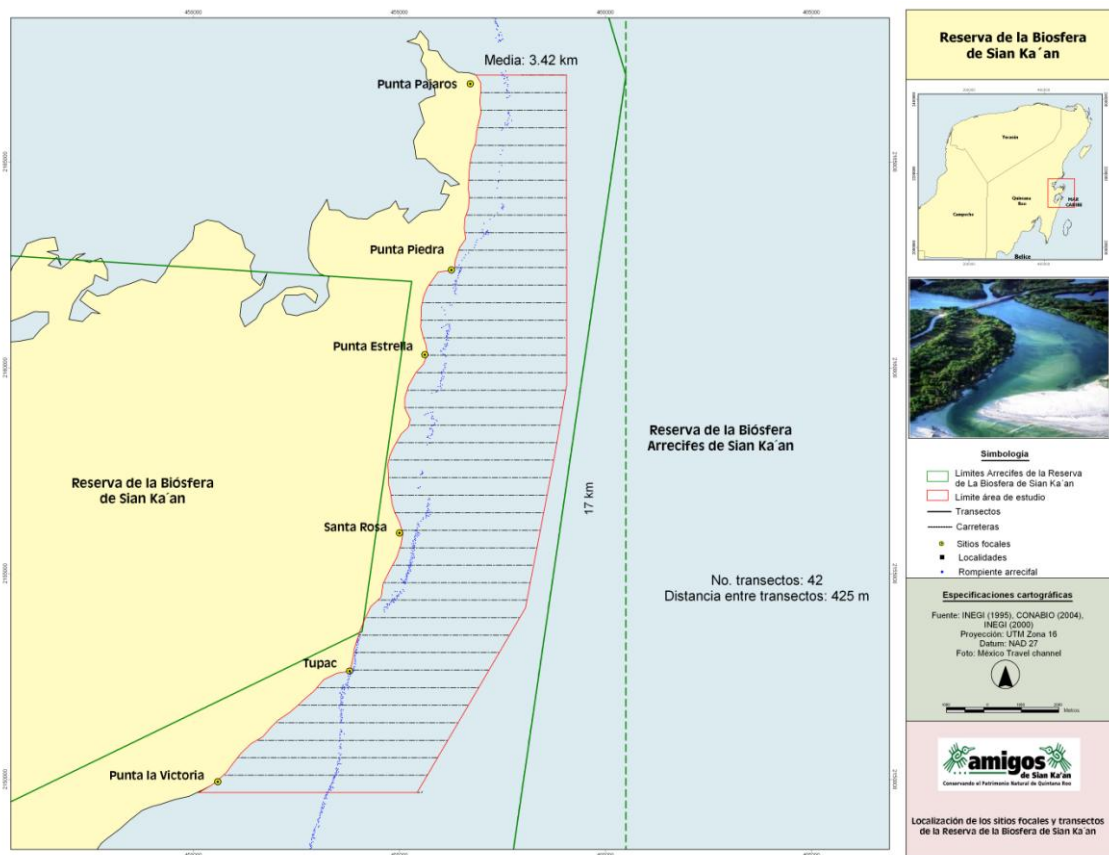
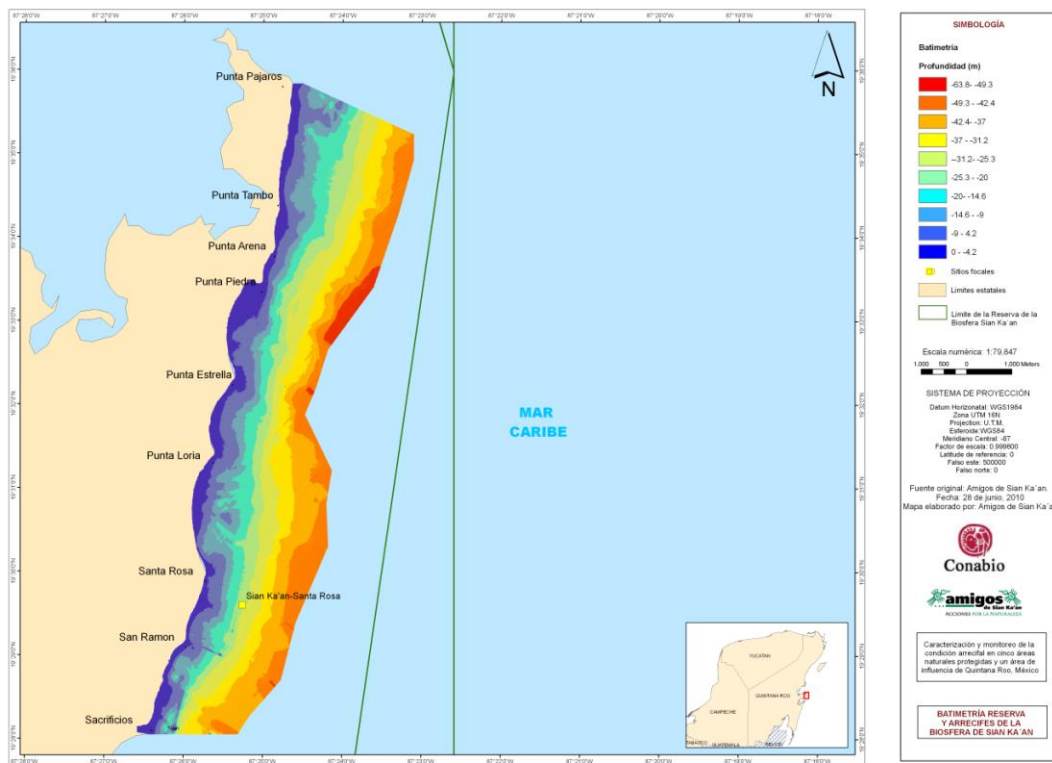


Ilustración 21: Planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites de la RBSK (en verde y línea continua) y de la RBASK (en verde y línea discontinua).

A partir de los sondeos registrados, se elaboró un modelo batimétrico interpolando los puntos obtenidos con técnicas geostadísticas; obteniendo una capa raster representadas en el mapa mostrado a continuación:



**Ilustración 22: modelo batimétrico de RBSK y RBASK.**

### **Caracterización biológica y ecológica:**

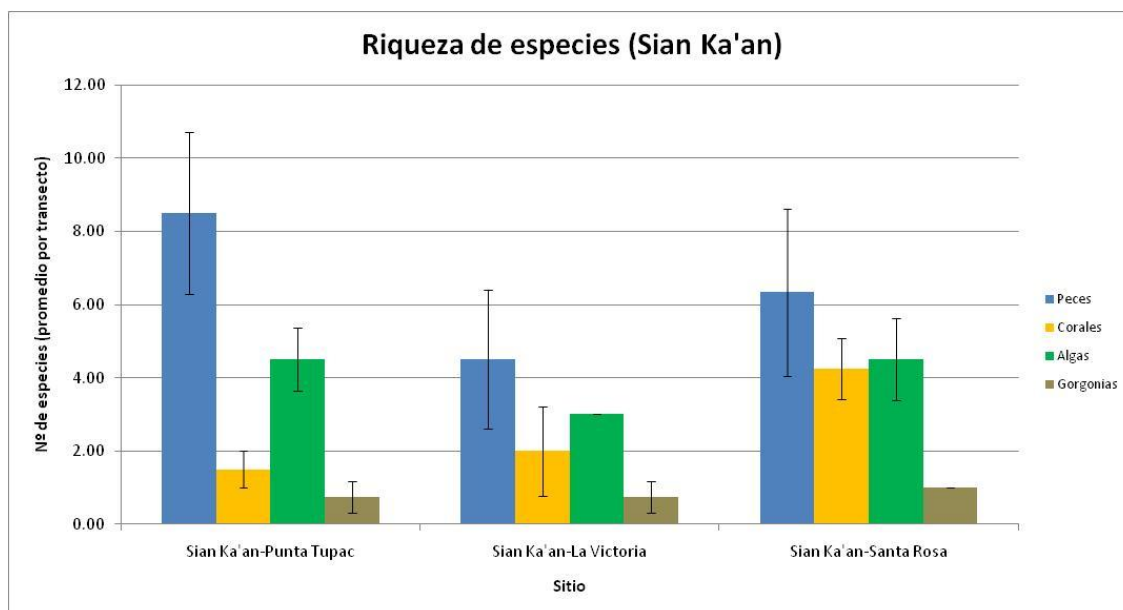
Durante las salidas de campo en las que se caracterizó biológicamente los sitios focales, se presentaron serias dificultades debido al mal tiempo. Debido a las limitaciones presupuestales, logísticas y operativas, fue imposible alargar indefinidamente la duración de la salida esperando que las condiciones del mar fueran adecuadas y seguras. En este sentido, no se pudieron visitar todos los 6 sitios planeados inicialmente, con lo que se limitaron los buceos a 3 sitios (Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria). Teniendo en cuenta que la ubicación y morfología de la cresta arrecifal hacían imposible llegar a las zonas de buceo más la norte en las condiciones de marejada, se optó por escoger los tres puntos más hacia el sur.

### **Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:**

Los datos incorporados en las hojas Excel de acuerdo a los anexos del Convenio del proyecto, se adjuntan al presente reporte.

## Análisis de datos biológicos y ecológicos:

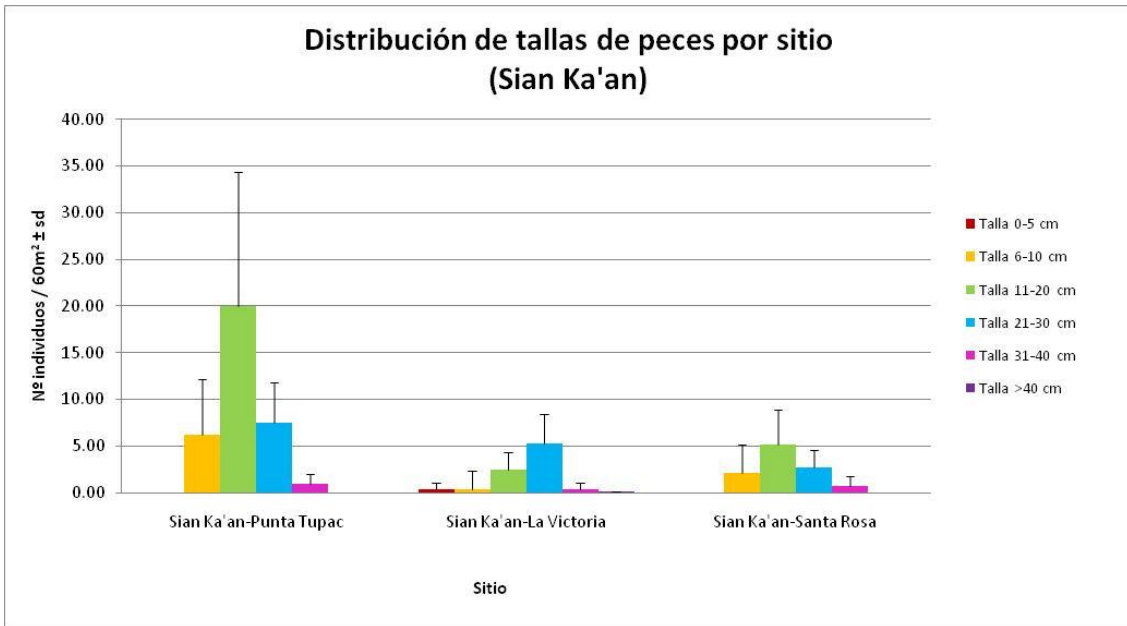
De los tres sitios explorados, se observa un patrón bastante claro, siendo la riqueza de peces superior a la de algas, y la de éstas superior a la de corales, y la de gorgonias siendo la más baja. Al mismo tiempo, para los taxa de peces y algas, se observa que hay mayor riqueza en "Punta Tupac", menor en "Santa Rosa", siendo finalmente "La Victoria" la que presenta valores más bajos. Los demás taxa presentan riquezas similares en todos los sitios, con excepción de los corales, de los cuales se registró mayor número de especies en "Santa Rosa".



**Ilustración 23: riqueza de especies en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.**

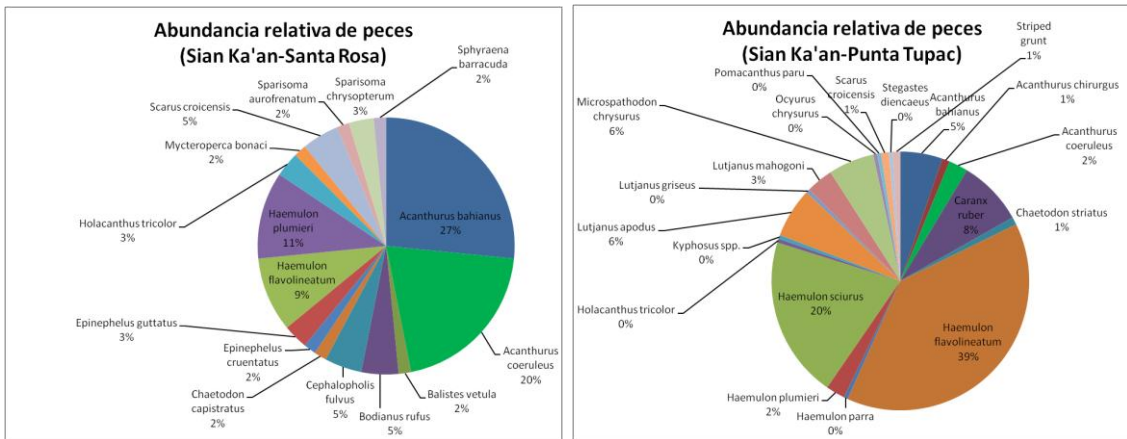
En cuanto a la distribución de tallas de peces, se observan pocos individuos de tallas grandes (31-40 cm y >40 cm) en todos los lugares. Las tallas predominantes son 6-10 cm y 11-20 cm, siendo "Punta Tupac" el sitio con mayor abundancia en ésta y las demás clases de manera clara. Por otro lado, la presencia de peces de talla pequeña en "La Victoria" (Talla 0-5 cm) no puede ser tomada como signo de reclutamiento, pues sólo se trata del registro de dos individuos de *Bodianus rufus* en uno de los transectos.

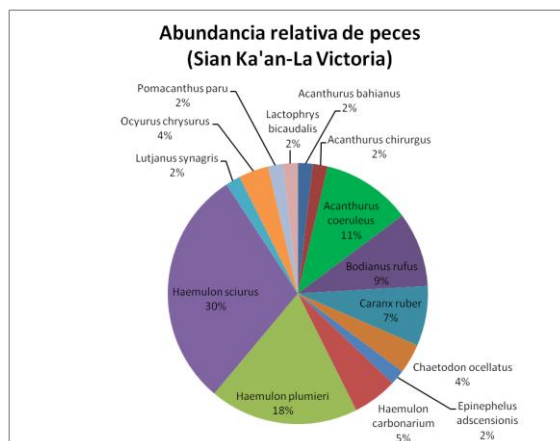




**Ilustración 24: distribución de tallas de peces por sitio muestreado en RBSK.**

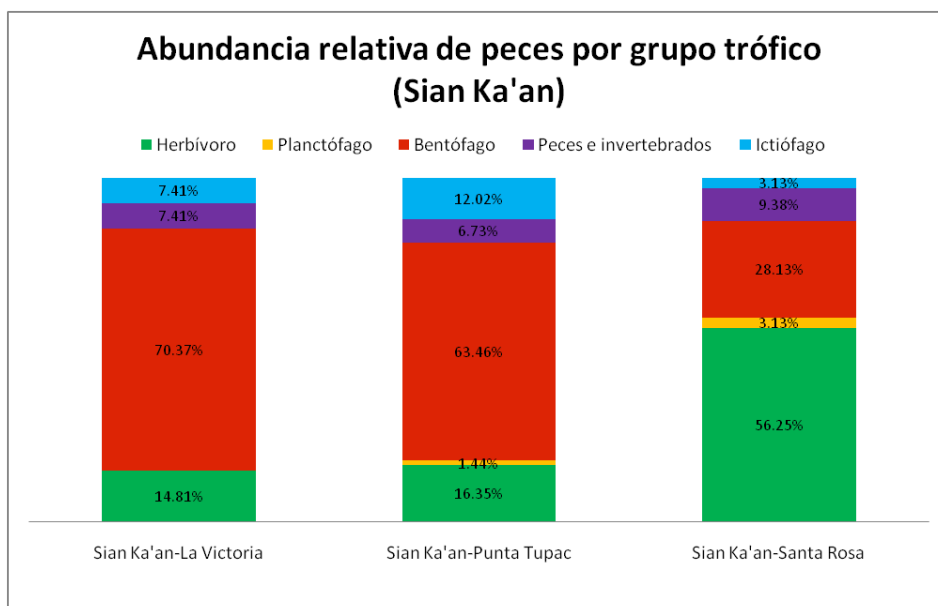
Si dividimos las abundancias encontradas en cada sitio según la especie, observamos en las gráficas presentadas a continuación que en cada uno de los sitios dominan principalmente dos especies; si bien son diferentes en cada uno. En "Santa Rosa" predomina la presencia de *Acanthurus baianus* y *Acanthurus coeruleus*, en "Punta Tupac" predomina *Haemulon flavolineatum* y *Haemulon sciurus*, y en "La Victoria" encontramos una gran proporción de *Haemulon plumieri* y *Haemulon sciurus*.





**Ilustración 25: abundancia relativa de peces en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a la der., de arriba abajo) en la RBSK.**

Si clasificamos la abundancia según el grupo trófico de cada especie (según Claro, 1987), observamos una clara distinción entre "La Victoria" y "Punta Tupac" respecto a "Santa Rosa".

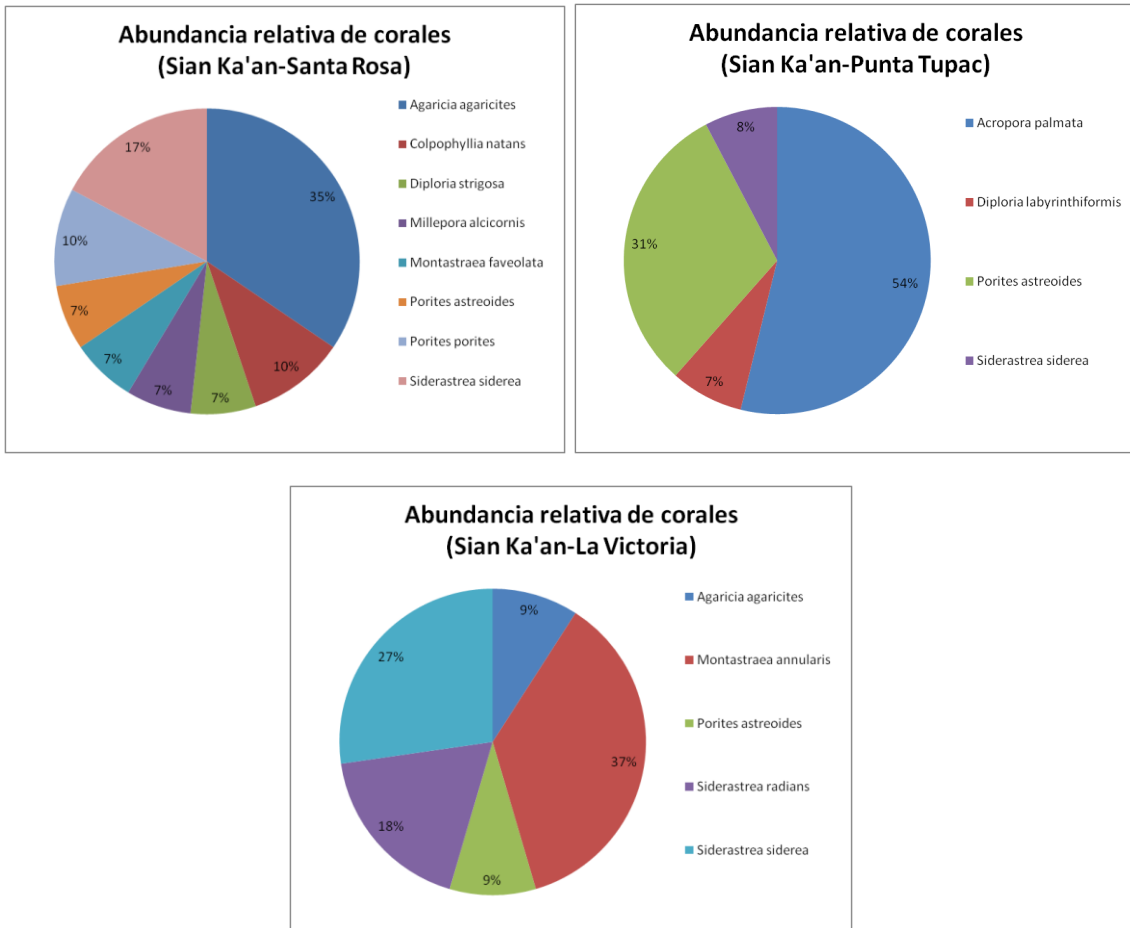


**Ilustración 26: abundancia relativa de peces por grupo trófico en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a der.) en la RBSK.**

En los primeros dos sitios hay una clara predominancia de bentófagos y proporciones similares de herbívoros, especies que se alimentan de peces e invertebrados, y de ictiófagos. En cambio, en el tercer lugar, la proporción de herbívoros es mucho mayor a cualquier otra categoría.

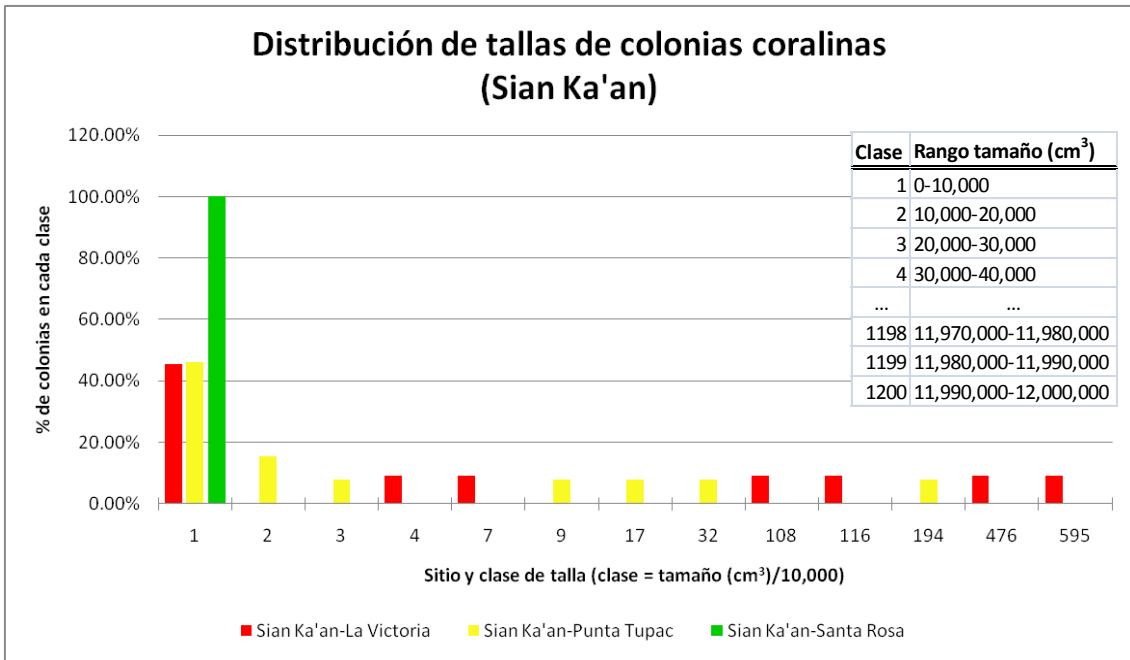
La composición de especies de corales escleractíneos se muestra bastante diferente en cada uno de los sitios. En "Santa Rosa" aproximadamente el 50% de la cobertura es debida a la presencia de *Agaricia agaricites* y *Siderastrea sidérea* y existen un número mayor de otras especies que se reparten el resto de la cobertura. En "Punta

Tupac” el sitio se compone casi exclusivamente de *Acropora palmata* y *Porites astreoides*, con sólo dos otras especies (*Siderastrea siderea* y *Diploria labyrinthiformis*) ocupando un porcentaje residual. Finalmente, en “La Victoria” predomina *Montastraea annularis* y *Siderastrea siderea*, con un porcentaje menor de *Siderastrea radians*.



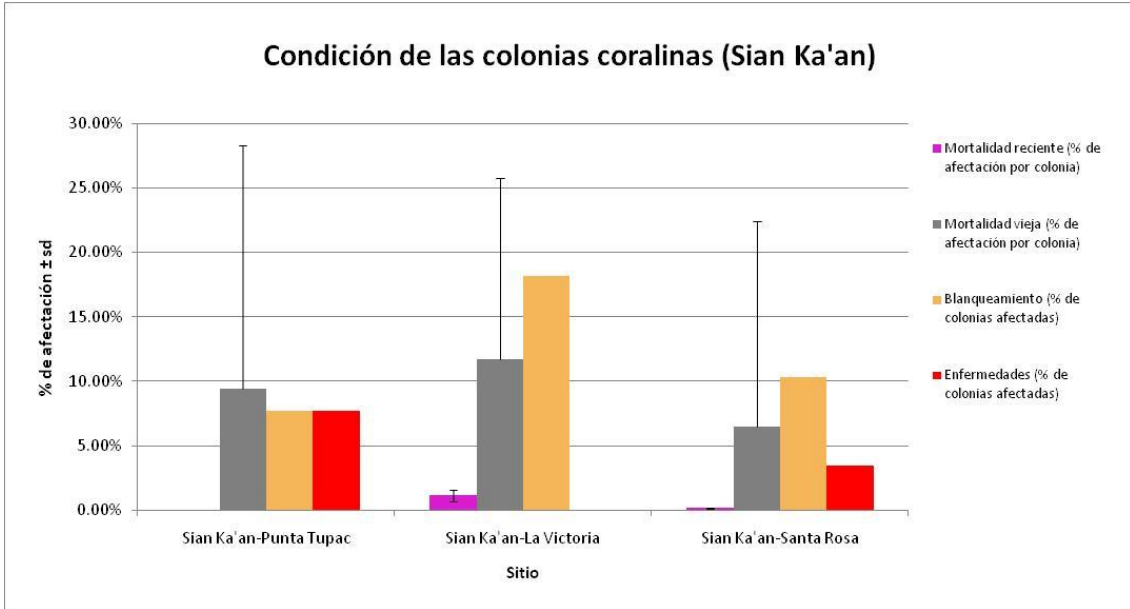
**Ilustración 27: abundancia relativa de especies de coral en Santa Rosa, Punta Tupac y La Victoria (de izq. a der., de arriba abajo) en la RBSK.**

En cuanto a la distribución de tallas, hay una clara diferencia entre “Santa Rosa” y los otros dos sitios, teniendo éste sólo colonias relativamente pequeñas. En los otros dos casos, hay presencia de colonias de mayor tamaño, siendo “La Victoria” la que presenta algunas colonias de tallas superiores.

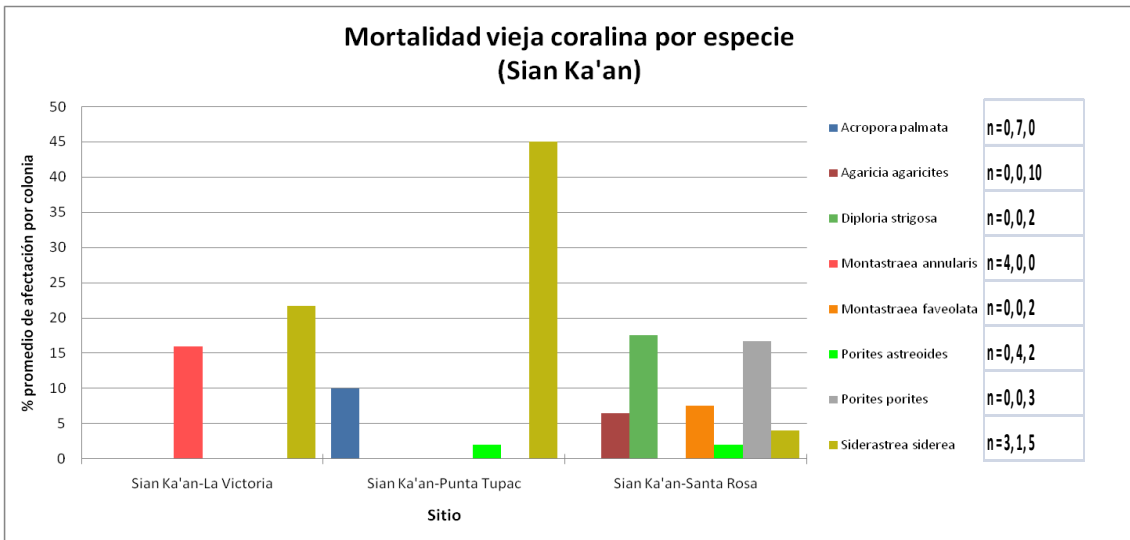


**Ilustración 28: distribución de tallas de colonias en la RBSK.**

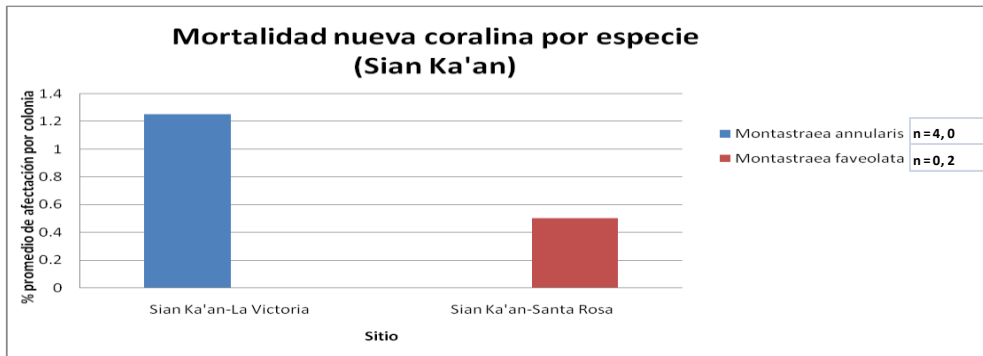
En cuanto a la mortalidad vieja, se observa que los valores son más elevados en "Punta Tupac" y "La Victoria", lo cual puede ser consistente con el hecho de que existen colonias de mayor tamaño (es decir, de mayor edad), cuales tienen mayor probabilidad de acumular porcentajes de muerte vieja debido al mayor tiempo transcurrido desde su reclutamiento. Aun y así, esta hipótesis debería corroborarse para este caso en particular analizando si hay relación entre el tamaño de la colonia y el porcentaje de muerte vieja.



**Ilustración 29: condición arrecifal en Punta Tupac, La Victoria y Santa Rosa (de izq. a der.) en la RBSK.**

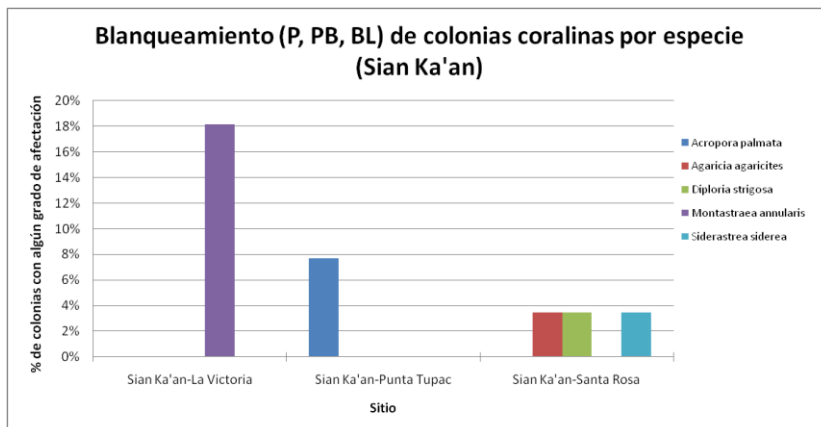


**Ilustración 30: porcentajes de mortalidad vieja por especie de coral en La Victoria, Punta Tupac y Santa Rosa (de izq. a der.) en RBSK.**



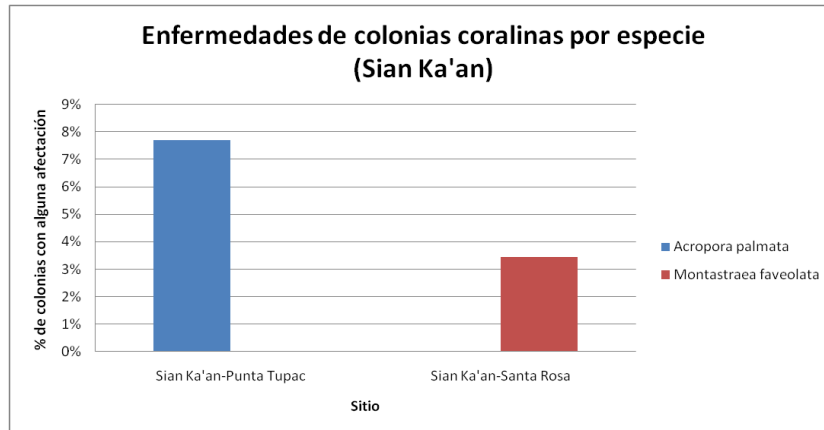
**Ilustración 31: porcentaje de mortalidad nueva por especies de coral en La Victoria y Santa Rosa, respectivamente, en RBSK.**

Por otro lado, en "La Victoria" se observan valores relativamente altos de blanqueamiento, que en caso de corresponder a la categoría PB o BL, indicaría que los efectos del fuerte blanqueamiento observado en el verano de 2009 en varios sitios de Quintana Roo todavía no habían sido revertido; incluso pudiendo ser un factor de mortalidad importante en el 2010.



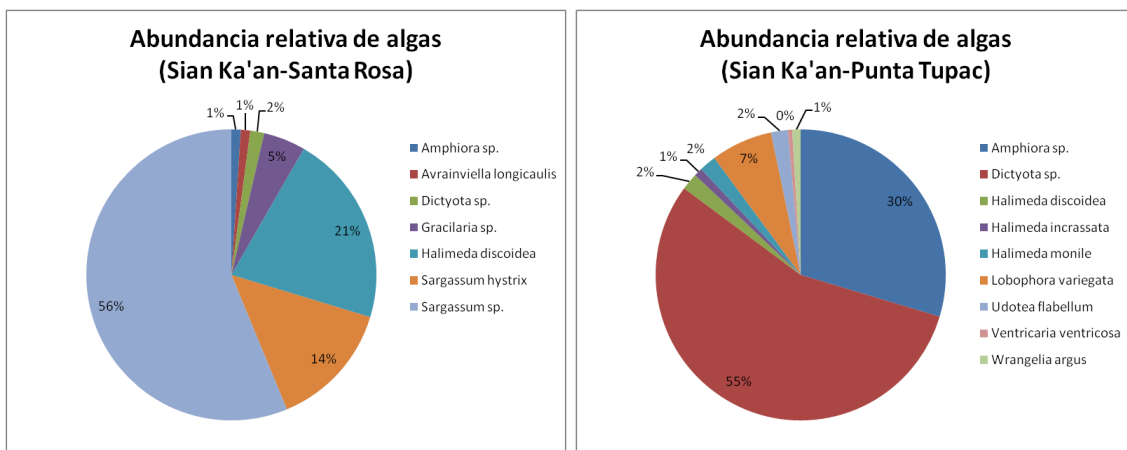
**Ilustración 32: porcentaje de blanqueamiento en RBSK.**

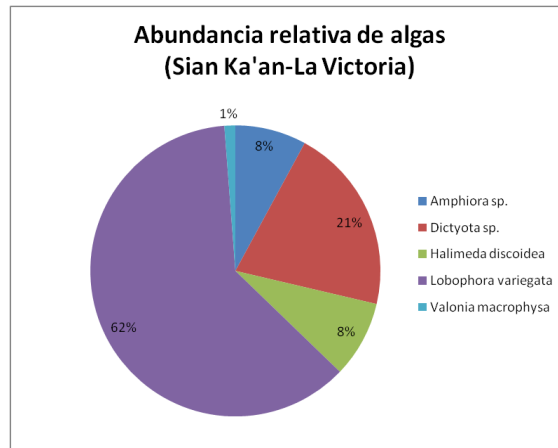
Disgregando esos índices por especies (ver página anterior), se observa que el porcentaje de afectación de las especies con mortalidad vieja difiere en cada sitio, por lo que no hay un patrón claro que indique mayor fragilidad en ninguna especie determinada.



**Ilustración 33: porcentaje de enfermedades de las colonias coralinas en la RBSK.**

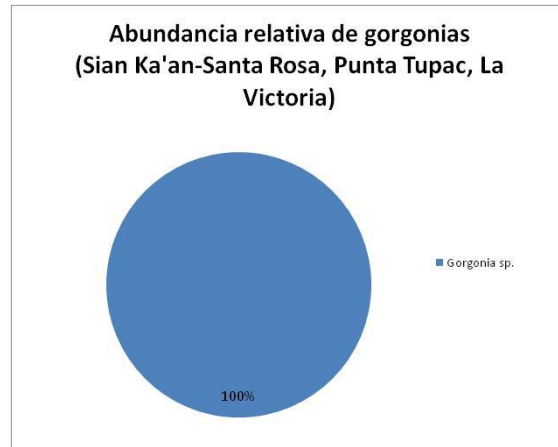
En cuánto a la abundancia relativa de algas, se observan claras diferencias en la composición según el sitio. En "Santa Rosa" la composición es predominantemente por especies del género *Sargassum* y en menor medida de *Halimeda discoidea*. En "Punta Tupac" la práctica totalidad está conformada por *Dictyota sp.* y *Amphiora sp.*, mientras que en "La Victoria" predomina *Lobophora variegata* y, en menor medida, *Dictyota sp.*





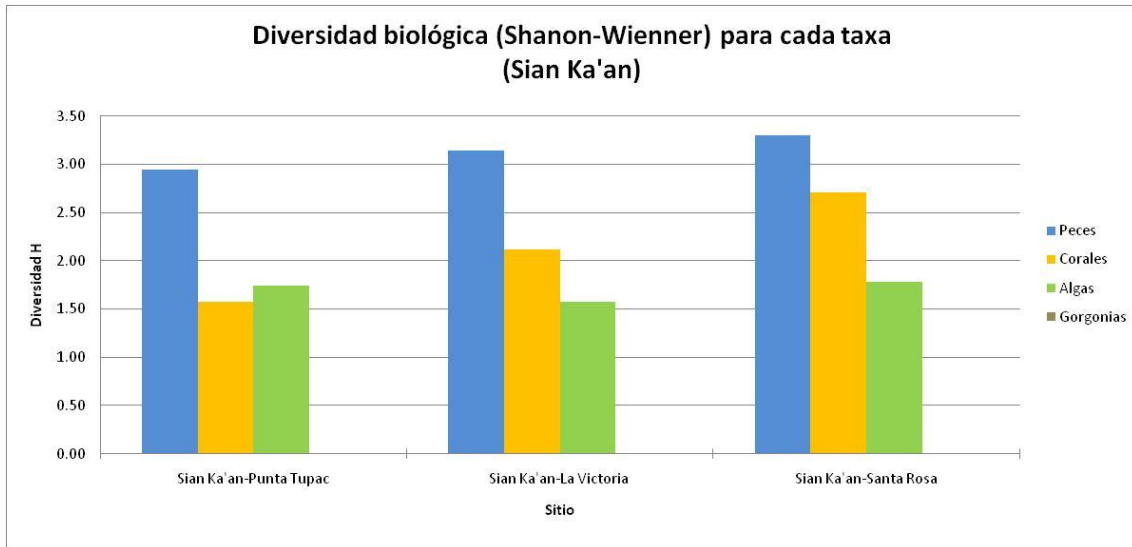
**Ilustración 34: abundancia relativa de macroalgas en la RBSK.**

En lo que se refiere a la composición de gorgonias, se observa en los tres sitios una homogeneidad absoluta del género *Gorgonia*. Sin embargo, es necesario indicar que en el caso de la salida de campo a la RBSK-RBASK, la experta en gorgonias sufrió un problema médico justo antes de la salida, con lo que los datos tuvieron que ser tomados por personal técnico especializado en otro taxón. Esto puede haber disminuido la capacidad de identificación a nivel de especies, con lo que la robustez de estos datos no es la misma que en las otras áreas. Aun y así, la densidad de gorgonias, la cual no depende de la identificación a nivel de especie, sí puede ser considerada de igual exactitud.



**Ilustración 35: abundancia relativa de gorgonáceos en la RBSK.**

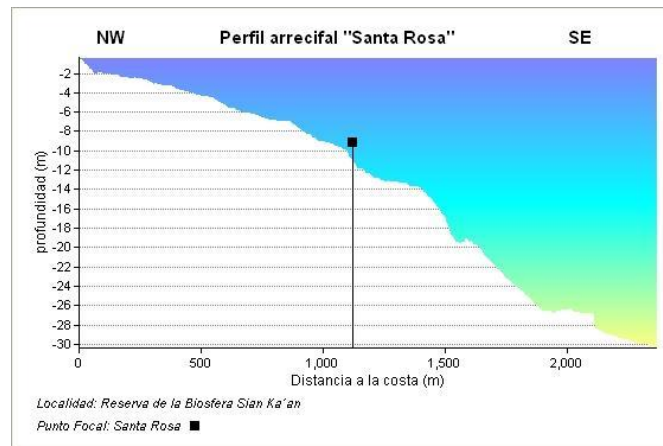
En referencia a la biodiversidad de Shannon-Wiener, se observa un patrón similar en los tres sitios, donde los peces es el grupo más diverso, los corales en menor grado, y las algas con valores similares o todavía menores.



**Ilustración 36: índice de Shanon-Wiener para evaluar la diversidad biológica de Punta Tupac, La Victoria y Santa Rosa (de izq. a der.) en la RBSK.**

### Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales

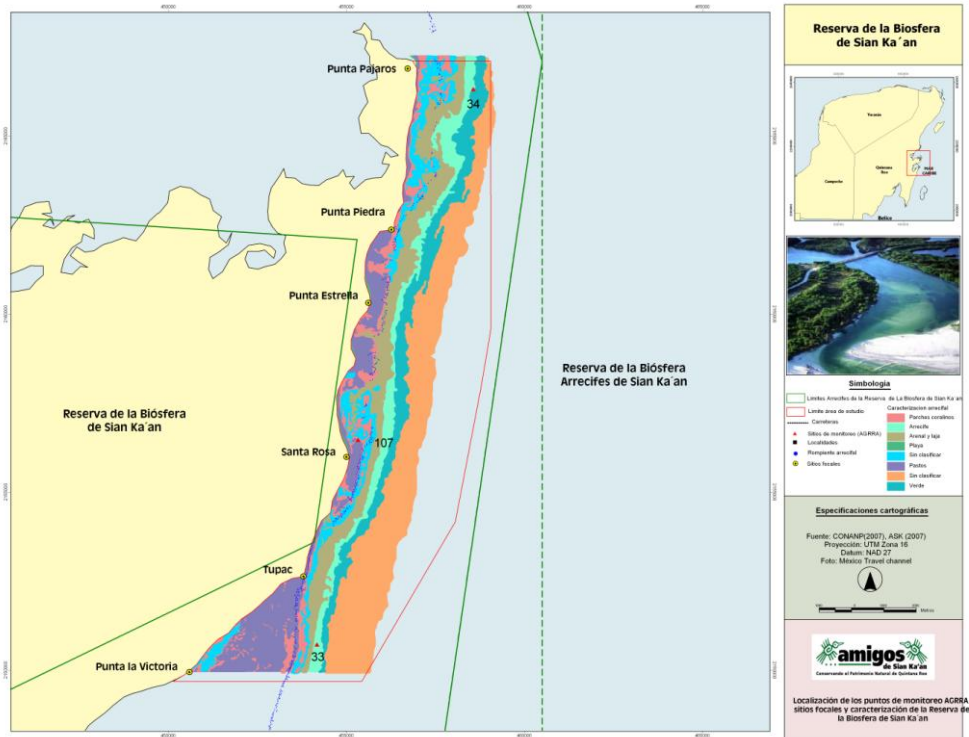
Teniendo en cuenta las problemáticas generadas por el mal clima descritas al principio de este apartado, la batimetría elaborada no alcanzó la zona más meridional del área de estudio. Debido a esto, los dos sitios focales ubicados más hacia el sur, quedaron fuera del área mapeada, por lo que el único perfil arrecifal que se pudo generar fue el correspondiente al sitio de "Santa Rosa".



**Ilustración 37: perfil arrecifal de Santa Rosa, RBSK.**

Si bien la generación de mapas de hábitat con imágenes satelitales quedó cancelada, se elaboró un mapeo preliminar bentónico (ver Ilustración 38) a partir de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.





**Ilustración 38:** mapeo de hábitat bentónico de la RBSK y BRASK, mediante digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.

# Arrecifes de Mahahual

## Datos generales

**Sitios caracterizados:** DM1, DM2, DM3, DM4

**Fechas de la caracterización:** 15 y 16 de Diciembre de 2007.

**Fechas de la toma de datos batimétricos:** 14 y 16 de Diciembre de 2007, y 23 de Agosto de 2008.

Tabla 4: datos generales de los sitios muestreados en Mahahual.

## Caracterización física

Se realizaron varios transectos perpendiculares a la costa (ver Ilustración 39) con la finalidad de obtener sondeos de profundidad y realizar una interpolación con técnicas geoestadísticas

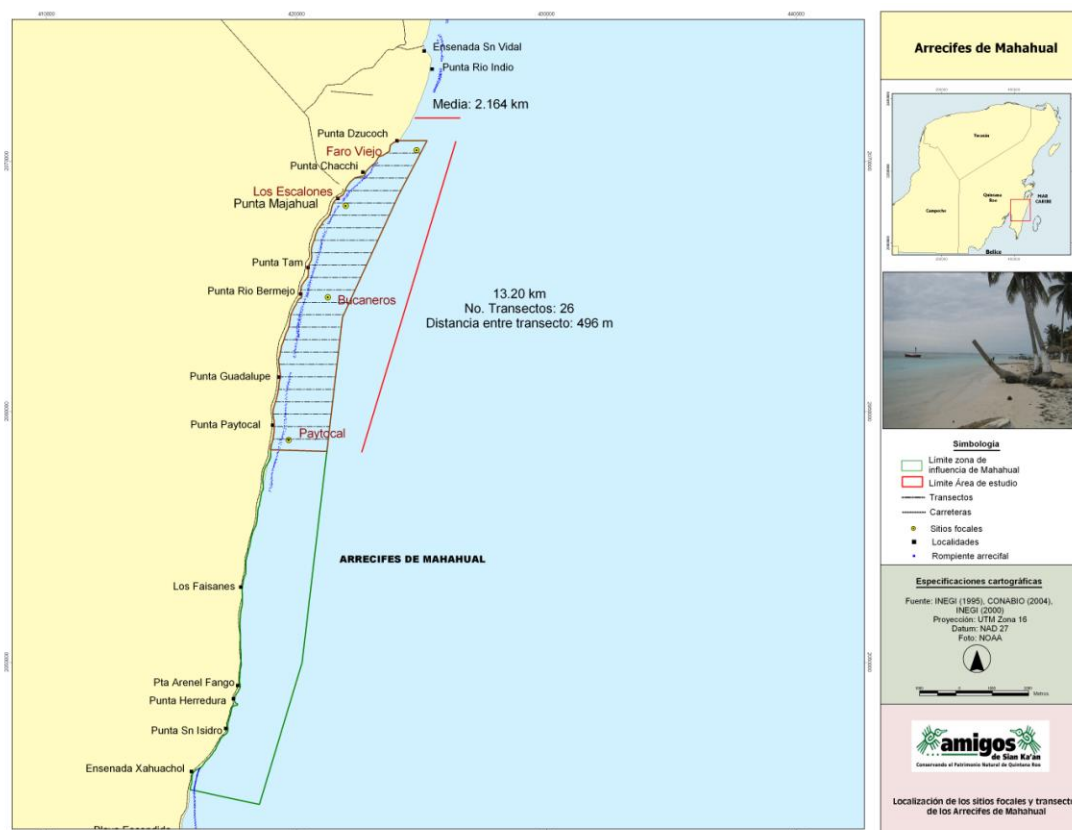
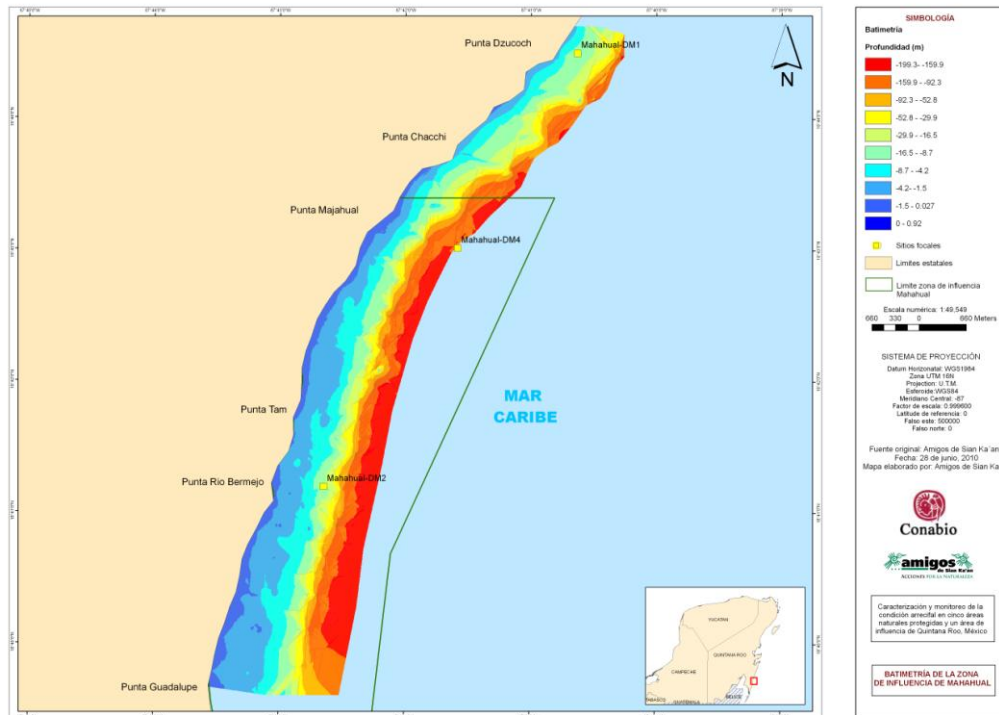


Ilustración 39: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo).

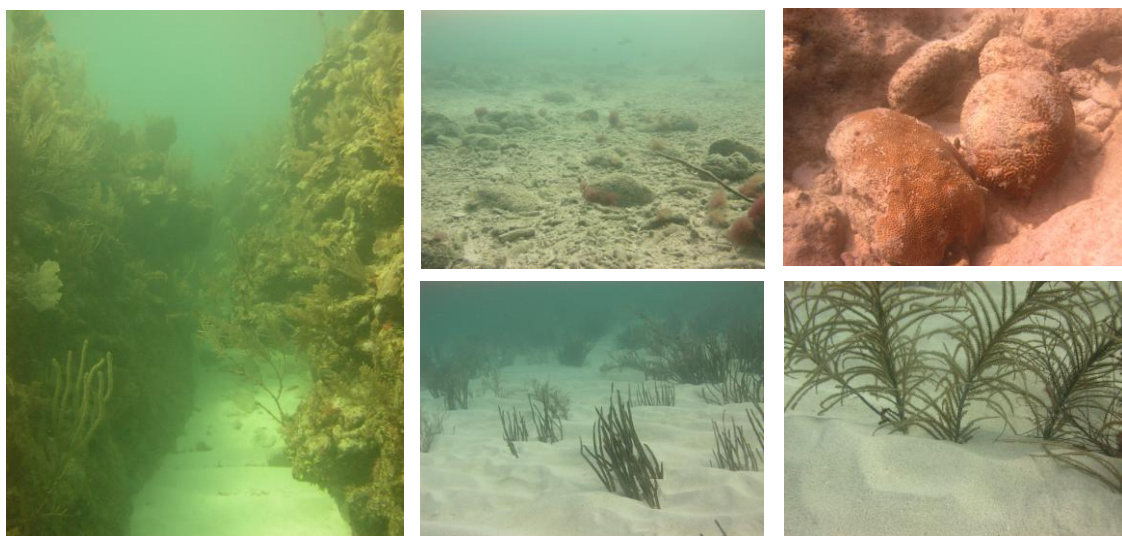
En base a los sondeos realizados, se obtuvo el modelo batimétrico presentado a continuación, observándose profundidades de 0 a 200 m.



**Ilustración 40: modelo batimétrico para la zona de estudio en Mahahual.**

### **Caracterización biológica y ecológica:**

Si bien en la zona sur del área de estudio se pudieron observar formaciones de macizos y canales aparentemente en buen estado de salud (ver Ilustración 41), en la zona al norte del muelle de cruceros y frente a "Faro Viejo", se pudieron observar los efectos severos producidos por el huracán Dean. Entre estos efectos se detectaron importantes áreas con pedacería y colonias arrancadas y erosionadas, así como grandes depósitos de arena que cubrieron en su totalidad el arrecife dejando sólo la parte de algunas gorgonias al descubierto.



**Ilustración 41: macizos y canales bien desarrollados al sur de Mahahual (izquierda), zona de pedacería (centro superior) y colonias arrancadas y erosionadas (superior derecha) por efectos del huracán Dean 2007, y arrecife colmado por arena (centro inferior) con gorgonias**

semienterradas (inferior derecha) por efectos del mismo huracán. (Fotos: Albert Franquesa Rinos)

Se seleccionaron los 4 sitios focales planeados de acuerdo a la cercanía o coincidencia con otros sitios de monitoreo para los que se tienen datos previos de monitoreo.

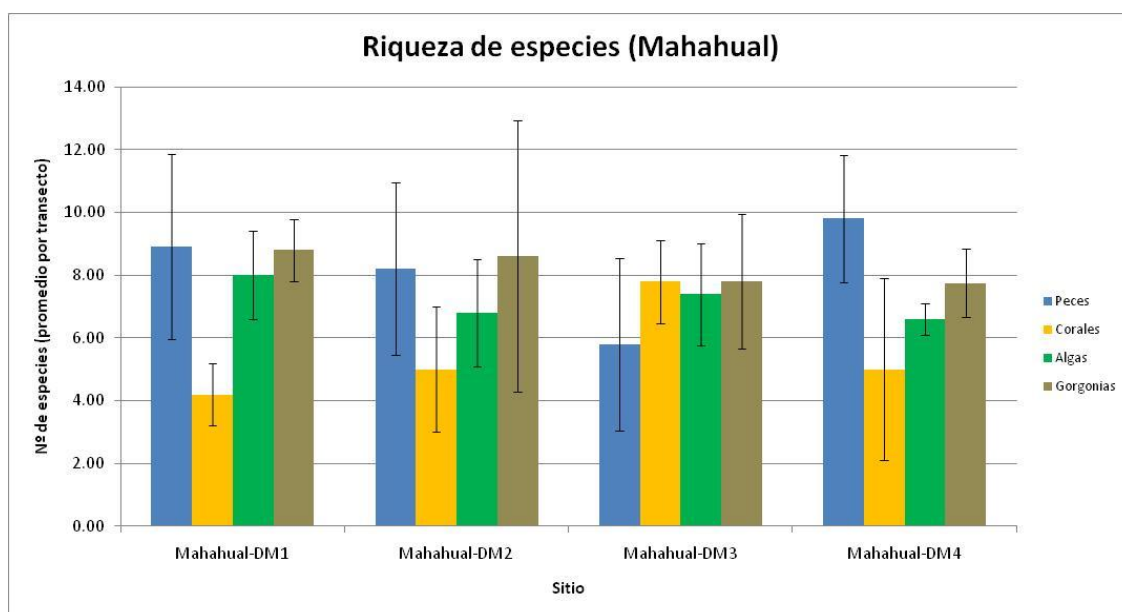
### **Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:**

Los datos incorporados en las hojas Excel de acuerdo a los anexos del Convenio del proyecto, se adjuntan al presente reporte.

### **Análisis de datos biológicos y ecológicos:**

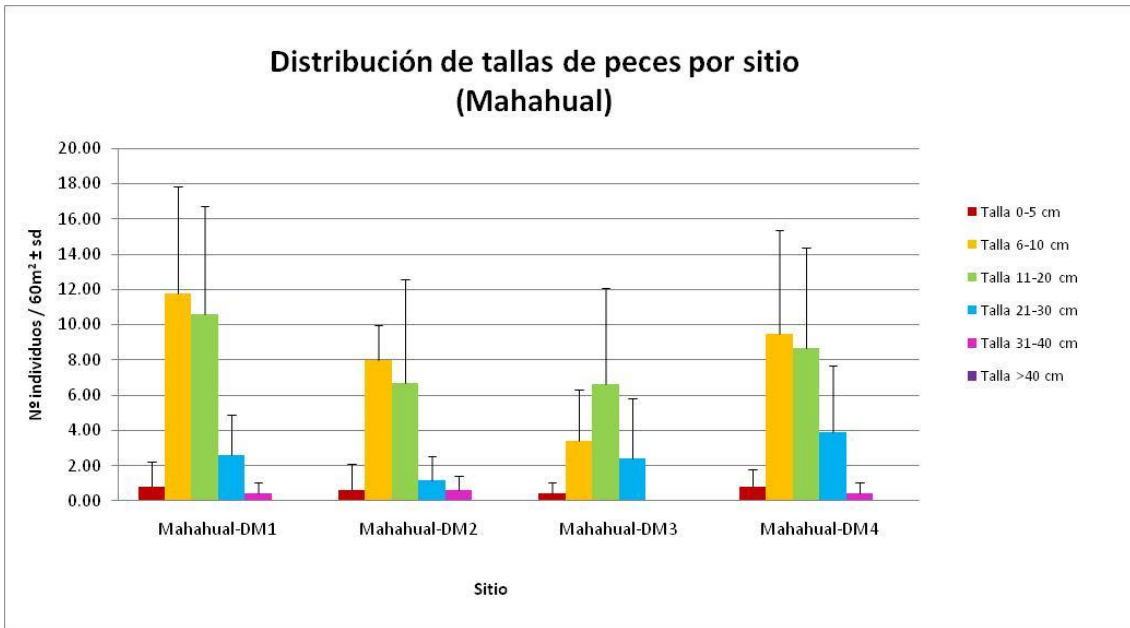
A diferencia de otras áreas, se observa una riqueza relativamente equilibrada entre cada taxa para todos los sitios, con la excepción de los corales escleractíneos, que presentan valores menores en casi todos los sitios menos en "DM3".

Si bien las diferencias de riqueza de especies entre taxa no pueden explicarse en términos de interacción directa entre los mismos, es útil para dar una idea de la estructura y composición del sitio en comparación con otros.



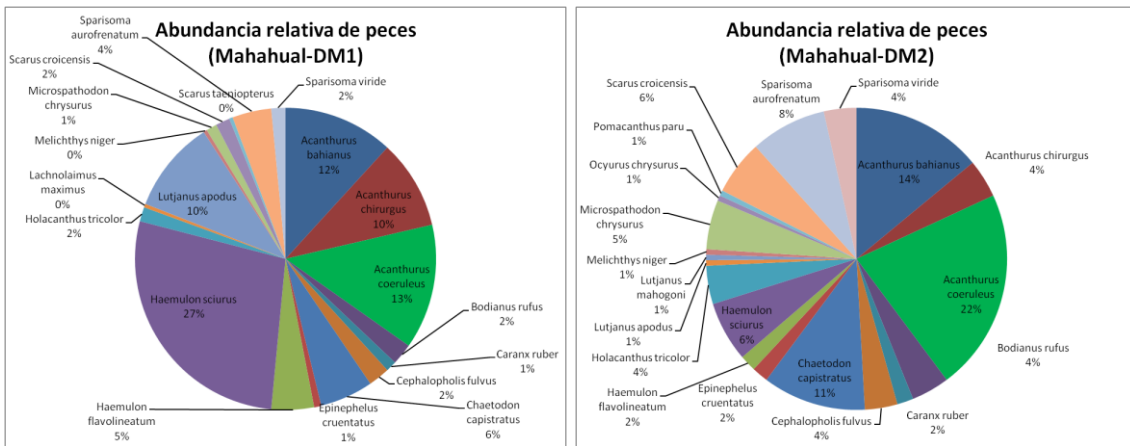
**Ilustración 42: riqueza de especies en los arrecifes de Mahahual.**

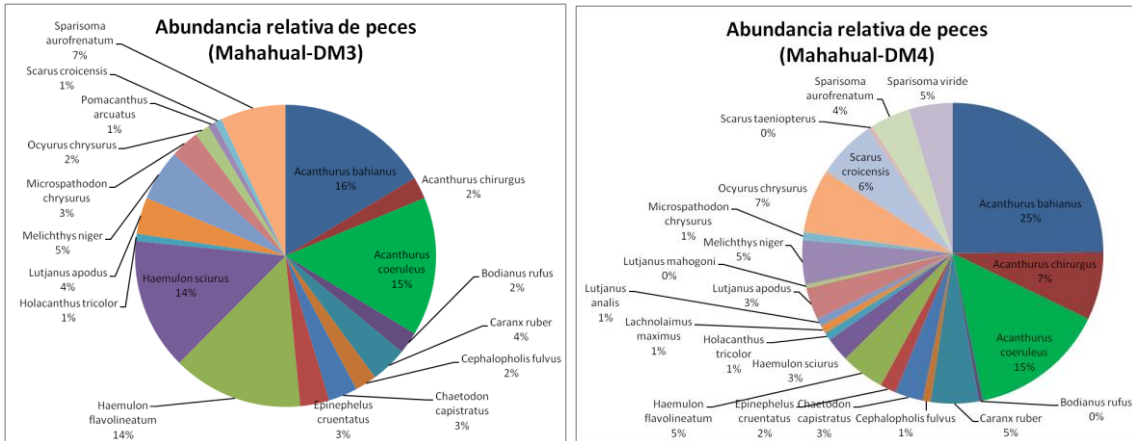
En cuanto a las tallas de peces, se observa como en las anteriores áreas una clara predominancia de individuos de las tallas medias (6-10 cm y 11-20 cm). Aun y así, los datos muestran también un presencia de individuos de tallas menores y sobretodo mayores, si bien no en grandes números.



**Ilustración 43: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado en Mahahual.**

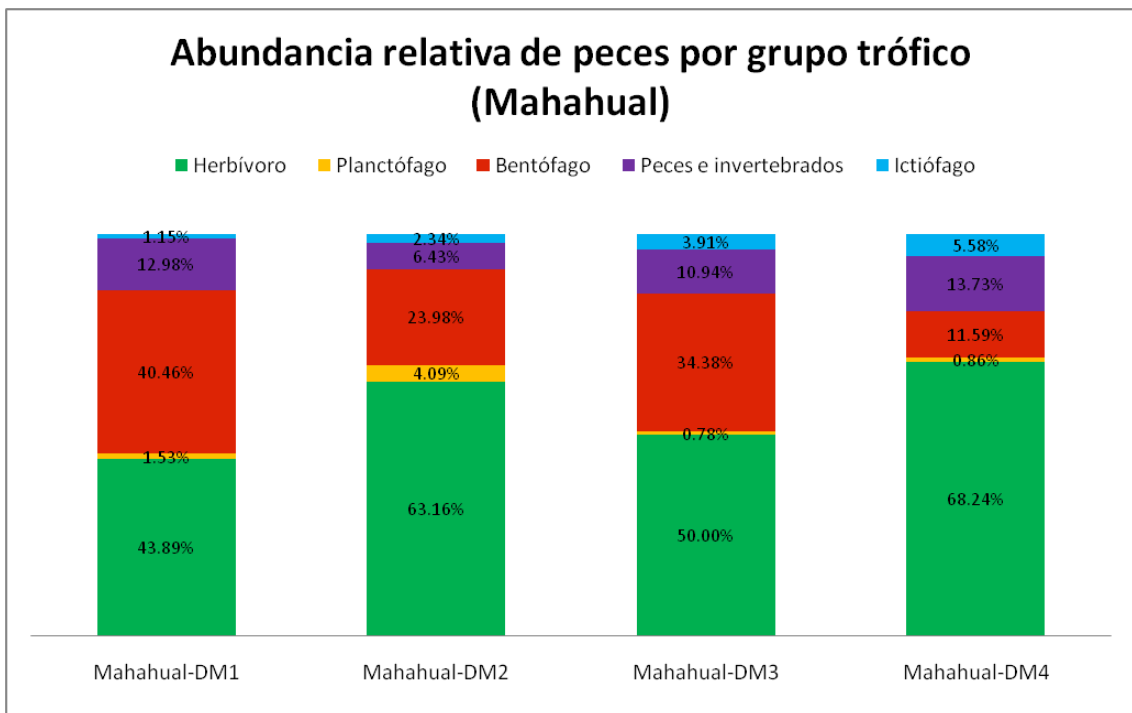
En separar la abundancia relativa por especies, observamos que en la mayoría de los sitios dominan *Acanthurus bahianus* y *Acanthurus coeruleus*, si bien en el sitio "DM1" estas especies abundan pero no más que *Haemulon sciurus*. Es importante señalar que en ningún sitio existe una o dos especies que ocupen un gran porcentaje de la abundancia de manera generalizada, más presentan un grupo de especies de abundancia media, y un grupo más numeroso de especies con porcentajes menores.





**Ilustración 44: abundancia relativa de peces en los sitios monitoreados en Mahahual.**

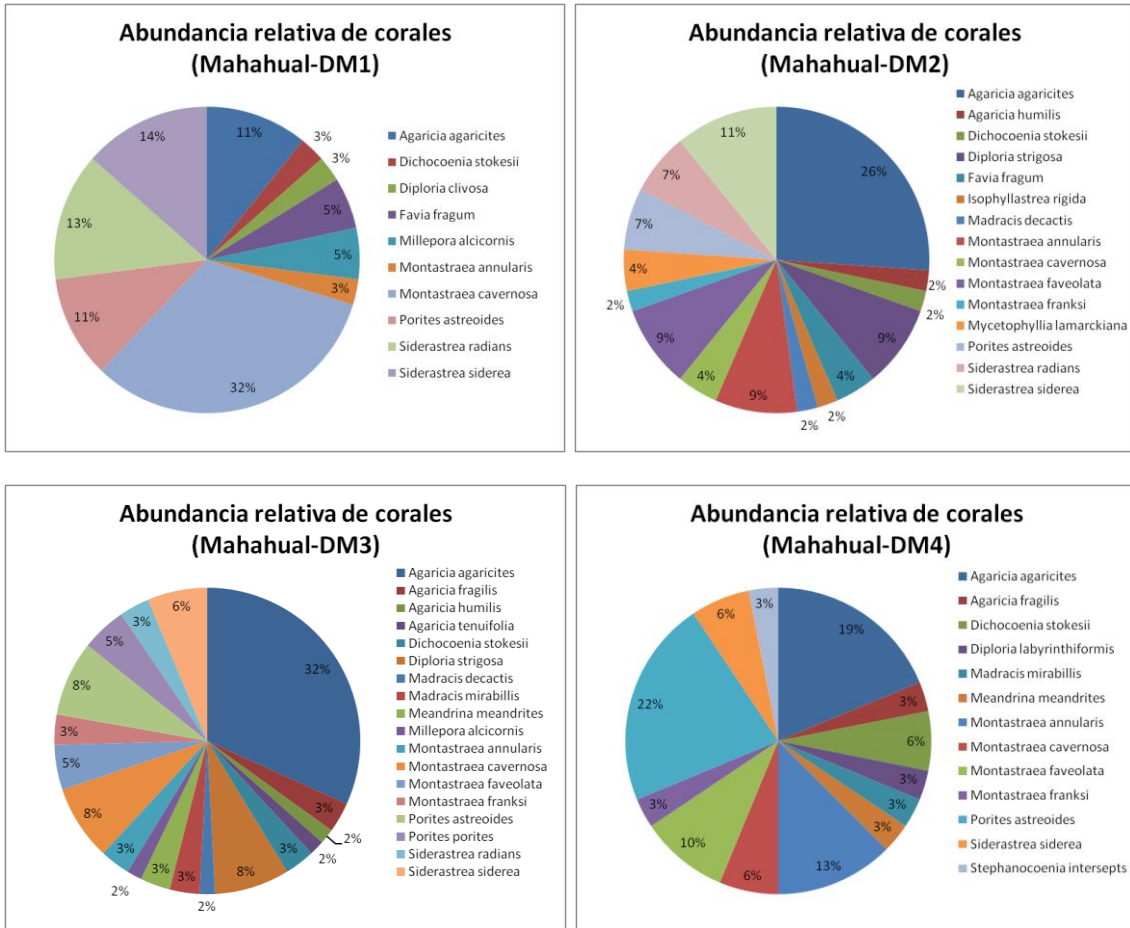
En cuanto a la composición por grupo trófico, también se observa una abundancia generalizada de herbívoros en todos los sitios. Esto puede ser un buen indicador, siempre y cuando la abundancia en biomasa total de este grupo sea importante. Por otro lado, como pasa en el resto de las áreas, el porcentaje de depredadores tope es reducida, siendo este un síntoma de deterioro de los sitios probablemente debido a la sobrepesca.



**Ilustración 45: abundancia relativa de peces por grupo trófico en Mahahual.**

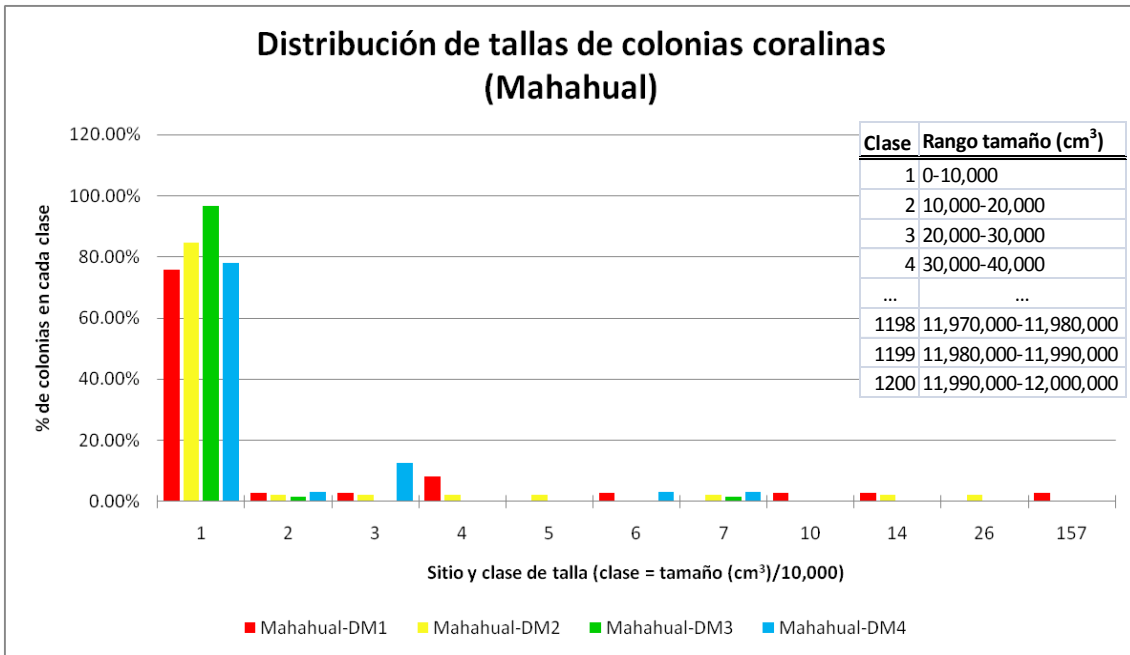
En cuanto a la abundancia relativa de corales, hay una clara diferencia en la composición de cada sitio. En "DM1" domina *Montastrea cavernosa*, si bien existen otras cuatro especies que tienen porcentajes medios de abundancia relativa. En "DM2" domina *Agaricia agaricites*, con menor presencia de un número mayor de otras

especies. En "DM3" es también *Agaricia agaricites*, pero en un porcentaje mayor y con un número mucho mayor de otras especies en menor proporción. Finalmente, en "DM4" también domina *Agaricia agaricites*, pero en una proporción similar a *Porites astreoides*.



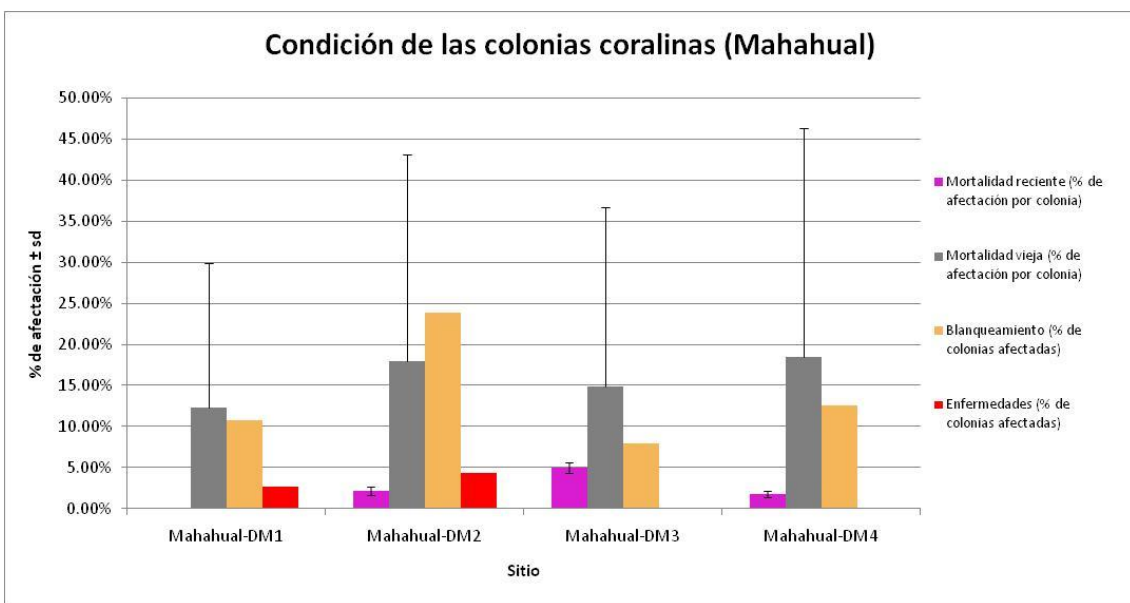
**Ilustración 46: abundancia relativa de especies coralinas de los sitios monitoreados en Mahahual.**

Respecto a la distribución de tallas, ninguno de los cuatro sitios presenta colonias de gran tamaño, siendo el "DM1" el único con alguna colonia de talla 157. No sólo los sitios no muestran colonias de gran tamaño, sino que la gran mayoría de las colonias están dentro de la clase 1, siendo muy pocas las que ocupan clases superiores.



**Ilustración 47: distribución de tallas de colonias coralinas en Mahahual.**

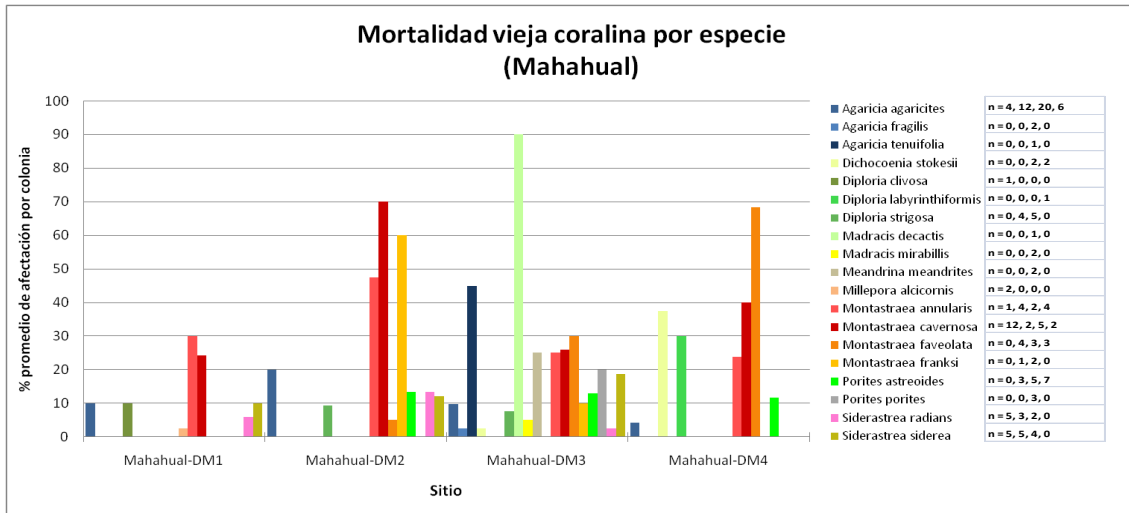
Por otro lado, la condición de las colonias en cuanto a la presencia de enfermedades y blanqueamiento, y el porcentaje de muerte vieja y reciente, nos encontramos que tres de los cuatro sitios presentan una mortalidad reciente con porcentajes que superan los encontrados en otras áreas. Esto puede ser debido al paso del huracán Dean unos meses antes del muestreo. Curiosamente, el sitio situado más al norte (DM1), donde se detectaron zonas con grandes depósitos de arena que habían colgado parcialmente organismos bentónicos durante el paso del huracán, no muestra valores más altos de mortalidad ni blanqueamiento, sino todo lo contrario. Esto puede ser debido a que las acumulaciones de arena se hicieron en las zonas someras del arrecife posterior y la transición a barlovento, mientras que el sitio focal se encuentra en una zona más profunda.



**Ilustración 48: condición de las colonias coralinas en Mahahual.**

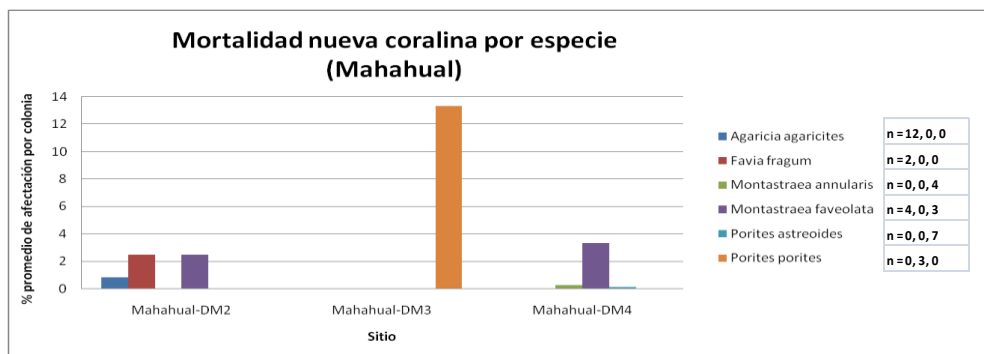


Si disgregamos la mortalidad por especies, podemos ver que las especies más afectadas son *Madracis decactis*, *Agaricia tenuifolia*, y algunas especies del género *Montastraea*. En este último caso, la situación es más preocupante ya que las especies de este género son importantes constructores de arrecife, y en los últimos años se ha visto que en varias zonas del estado de Quintana Roo (particularmente entre Tulum, Palya del Carmen y Puerto Morelos) la afectación por enfermedades es a niveles preocupantes.



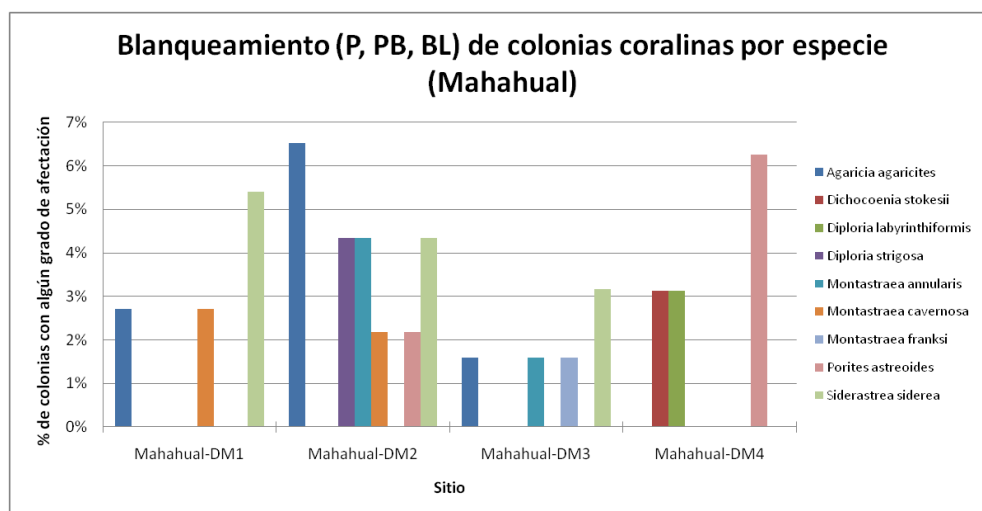
**Ilustración 49: mortalidad vieja por especie de coral en Mahahual.**

En cuanto a la mortalidad reciente, se observa que los valores son comparativamente altos para *Porites porites* en el sitio "DM3", si bien esta especie sólo tiene alrededor del 3% de la abundancia relativa en ese sitio, con lo que la situación no es tan alarmante como pudiera pensarse inicialmente, y probablemente es debido a los efectos del huracán.



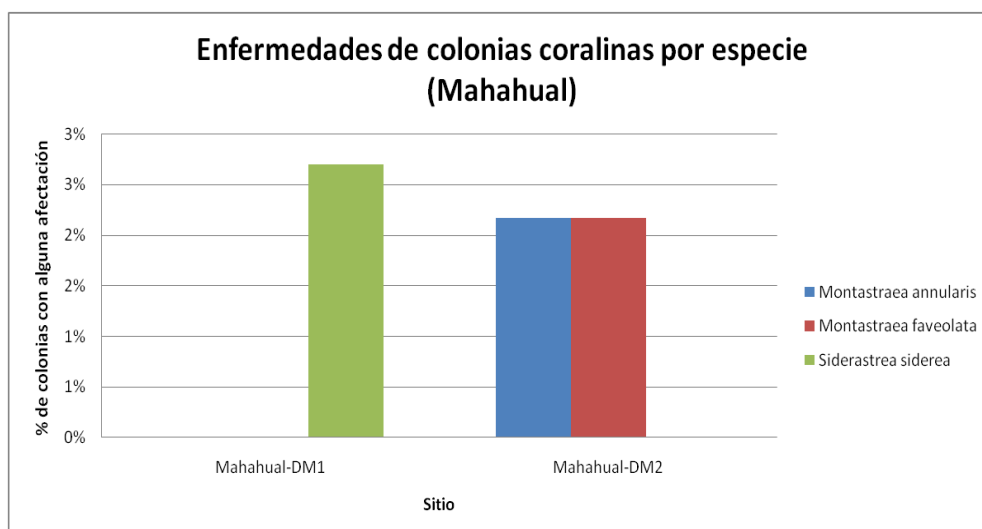
**Ilustración 50: mortalidad nueva por especie de coral en Mahahual.**

Por otro lado, la presencia de blanqueamiento no está afectando una especie determinada en particular, y el porcentaje de afectación por colonia parece ser muy bajo.



**Ilustración 51: porcentaje de blanqueamiento en las colonias de coral en Mahahual.**

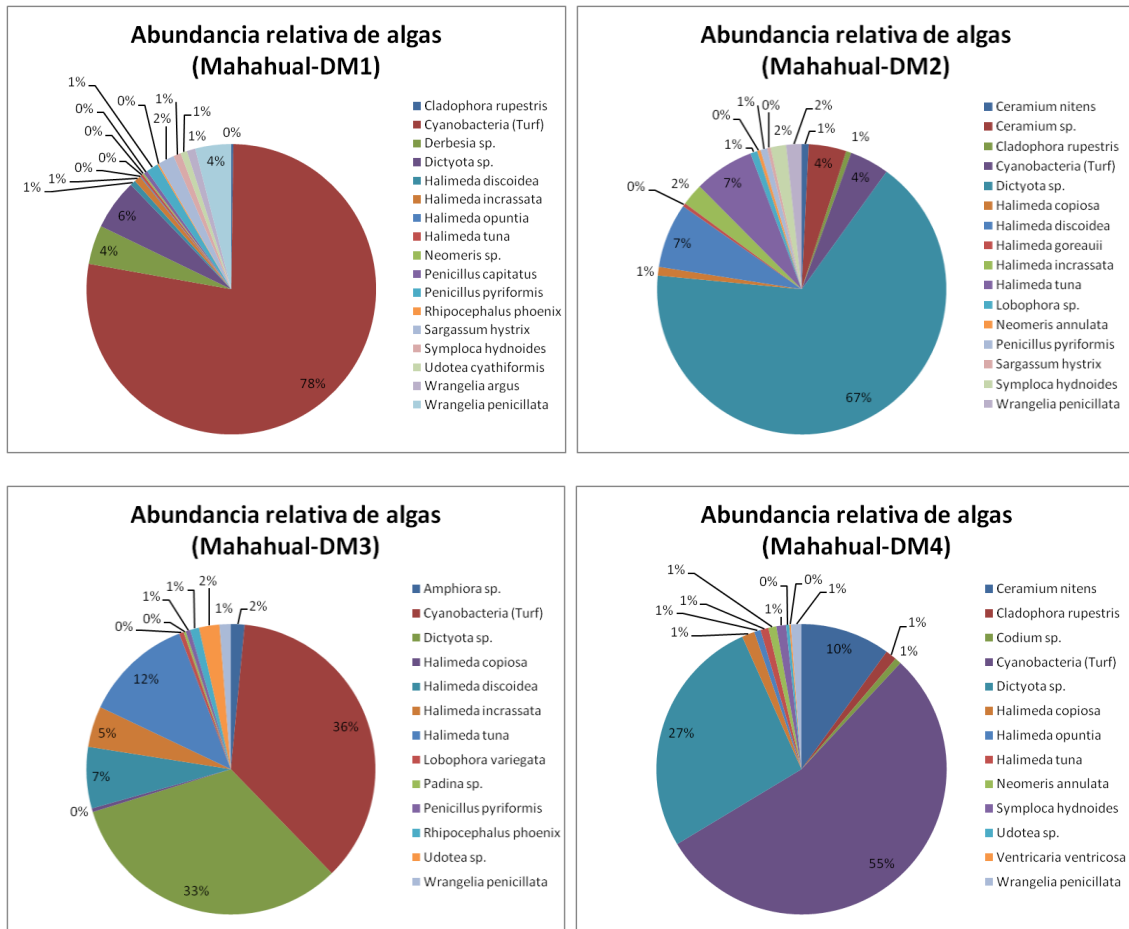
Las enfermedades, por lo contrario, sí están focalizadas en *Siderastrea siderea* en el sitio "DM1", donde su abundancia está alrededor del 14%, y en *Montastraea annularis* y *M. faveolata* en el sitio "DM2", donde su abundancia conjunta ronda el 18%. En este sentido sería importante dar seguimiento a estos sitios para detectar si las enfermedades revierten.



**Ilustración 52: porcentaje de enfermedades en colonias coralinas de Mahahual.**

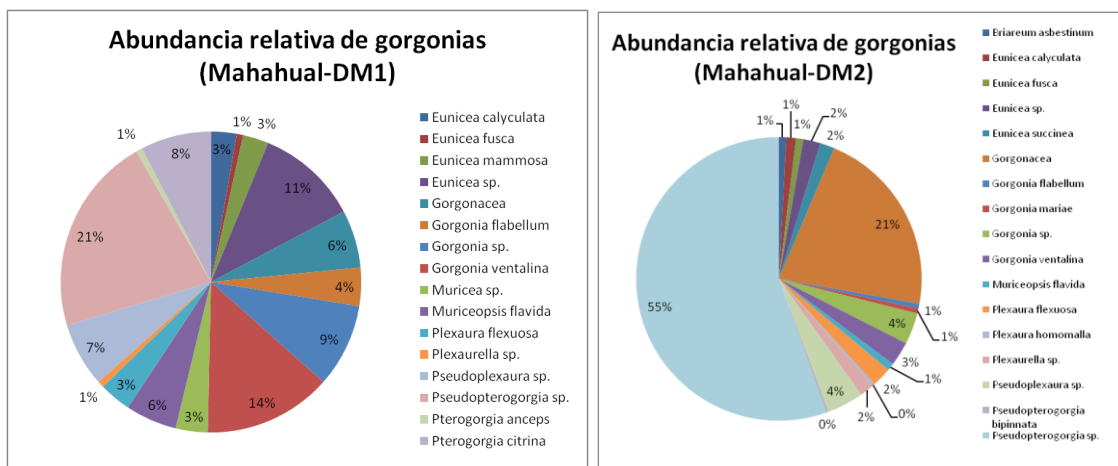
En cuanto a las algas, se observan dominancias muy marcadas en todos los sitios, con una gran presencia de algas Turf en la mayoría de ellos, conjuntamente con

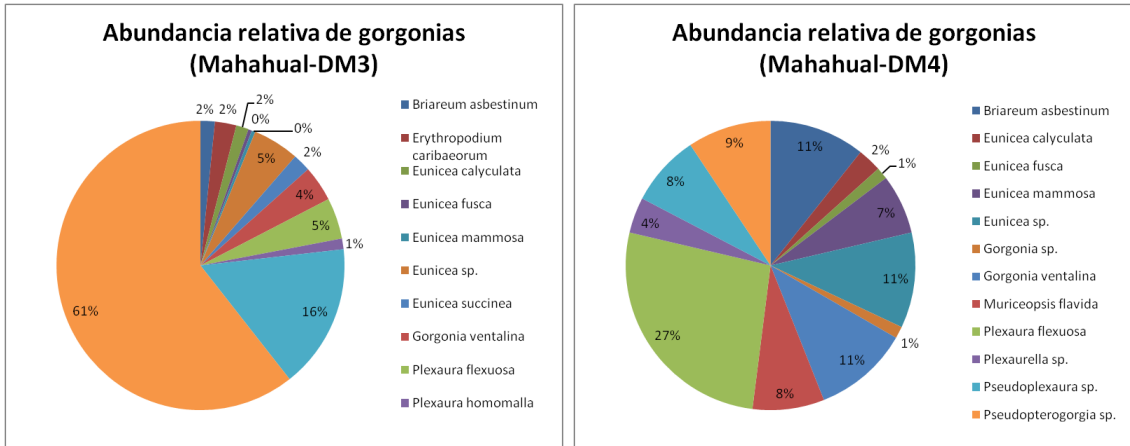
*Dictyota sp.* en dos de los sitios. La excepción es el sitio "DM2" donde se observa una dominancia importante por parte de *Lobophora sp.*



**Ilustración 53: abundancia relativa de algas en Mahahual.**

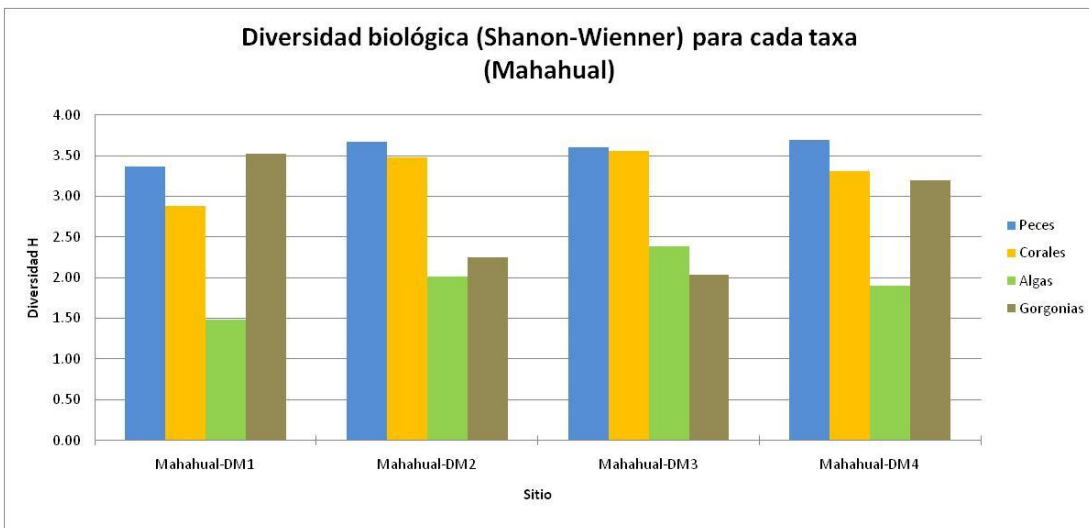
Respecto a las gorgonias, sólo hay dos sitios (DM2 y DM3) que estén dominados por una especie, *Pseudopterogorgia sp.* en el primer caso, y *Eunicea sp.* en el segundo. Los demás sitios presentan una composición compartida entre varias especies.





**Ilustración 54: abundancia relativa de gorgonias en Mahahual.**

La diversidad biológica encontrada es alta para el taxón de corales en comparación con las áreas anteriores, aproximándose al de peces. Este hecho es probablemente debido a que la equidad es bastante alta para los corales en estos sitios, aumentando el valor de diversidad aunque la riqueza específica sea típicamente menor en este grupo.

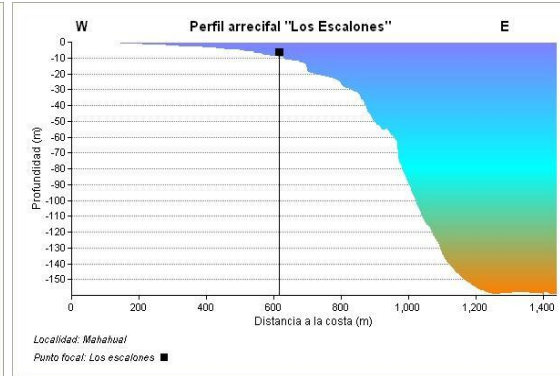
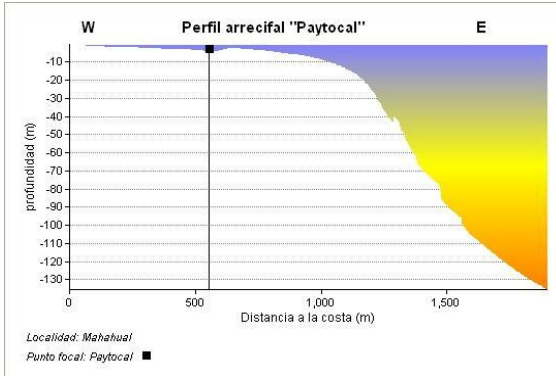
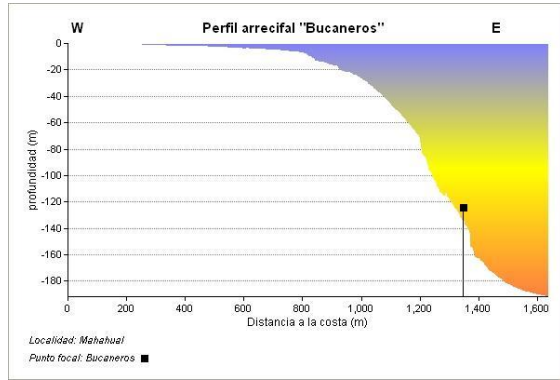
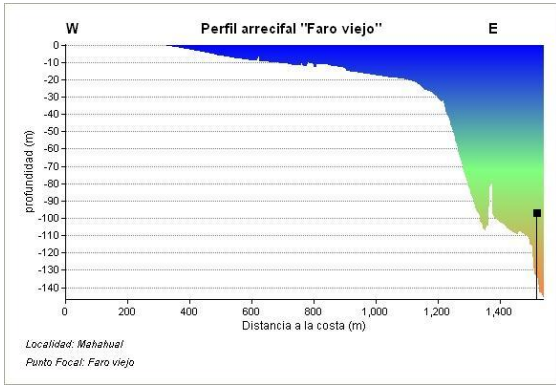


**Ilustración 55: índice de Shanon-Wiener por taxón en Mahahual.**

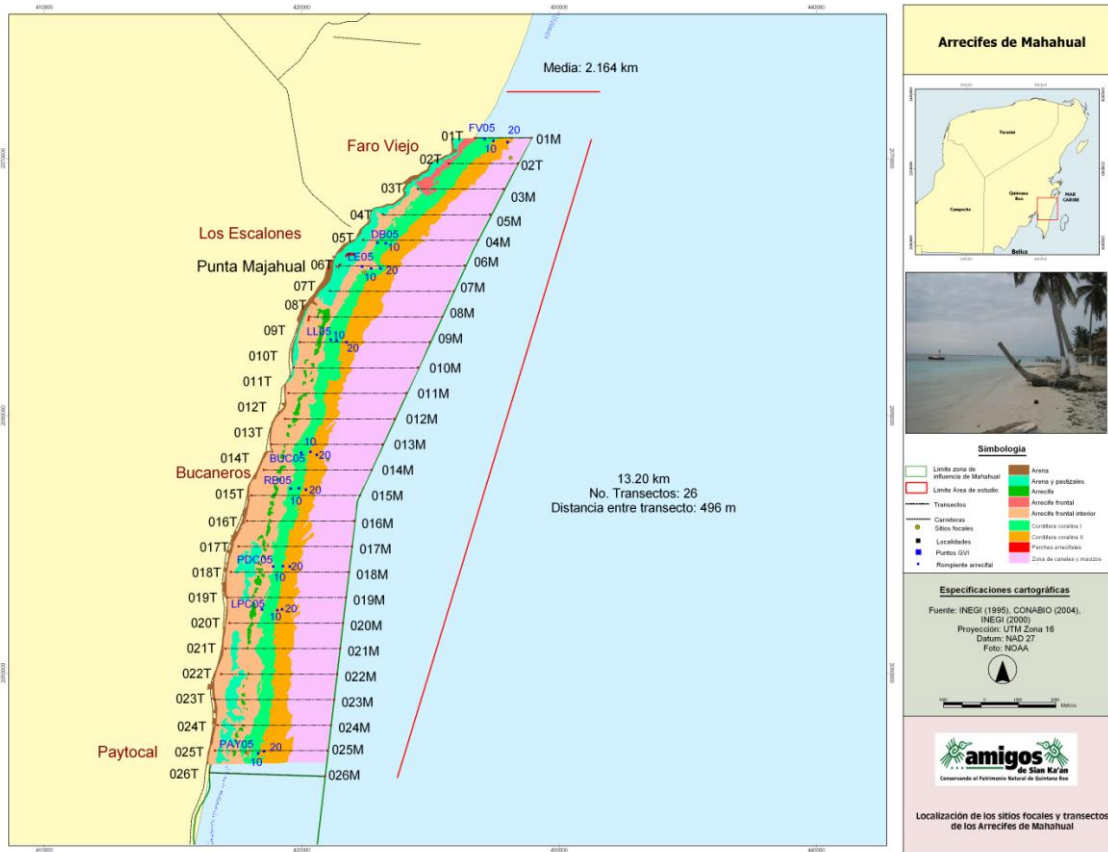
### Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales

Se generaron los perfiles arrecifales para cada sitio focal estudiado a partir de los modelos batimétricos.

Por otro lado, si bien la elaboración de mapas de hábitat no estaba contemplada sin la disponibilidad de imágenes satelitales Hyperion, se elaboraron mapas preliminares de los hábitats bentónicos (ver Ilustración 57) de acuerdo a imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.



**Ilustración 56: perfiles arrecifales de Faro Viejo, Bucaneros, Paytoal y los Escalones (de izq. a der., de arriba abajo) en Mahahual.**



**Ilustración 57: mapeo de hábitat bentónico del área de Mahahual mediante la digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI. También se muestran los transectos batimétricos planeados.**

# Reserva de la Biosfera Banco Chichorro

## Datos generales

**Sitios caracterizados:** P1, P2, P3, P4, P5.

**Fechas de la caracterización:** 10, 11, 12 y 13 de noviembre de 2009.

**Fechas de la toma de datos batimétricos:** 14 y 15 de noviembre de 2009.

Tabla 5: datos generales de los sitios monitoreados en la Reserva de la Biosfera Banco Chichorro.

## Caracterización física

Se realizaron los transectos batimétricos de acuerdo al plan de campo elaborado (ver Ilustración 58).



Ilustración 58: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites de la RBBCH (en verde).

Durante la campaña de campo se presentaron dificultades debido al mal funcionamiento de la antena GPS de la ecosonda, probablemente debido a la antigüedad de la misma. Teniendo en cuenta que sin la recepción de las coordenadas

de posición, cada sondeo batimétrico no podría ser referenciado, era imprescindible obtener información de posicionamiento de manera alternativa. De lo contrario, sería imposible hacer la interpolación de los datos obtenidos y elaborar un modelo batimétrico. Como única alternativa, se utilizó un GPS de mano para guardar puntos de manera automática cada cierta distancia. Posteriormente, se cruzó la lista de puntos guardados en el GPS con los puntos de datos de profundidad de la ecosonda, atendiendo la hora en la que cada uno de estos datos había sido almacenado. De este modo se asignó una coordenada a cada uno de los sondeos. Sin bien esta solución permitió utilizar el conjunto de datos, fue inevitable la incorporación de un error adicional variable, dependiendo de la cercanía temporal entre la toma de cada sondeo y la de cada punto GPS. Debido a este error, el modelo final presenta limitaciones observables a gran escala, lo cual puede apreciarse en los perfiles arrecifales incluidos en esta sección más adelante.



**Ilustración 59: modelo batimétrico de los lugares monitoreados en RBBCH.**

### **Caracterización biológica y ecológica:**

Se tomaron los datos biológicos para la caracterización en los 5 sitios focales designados.

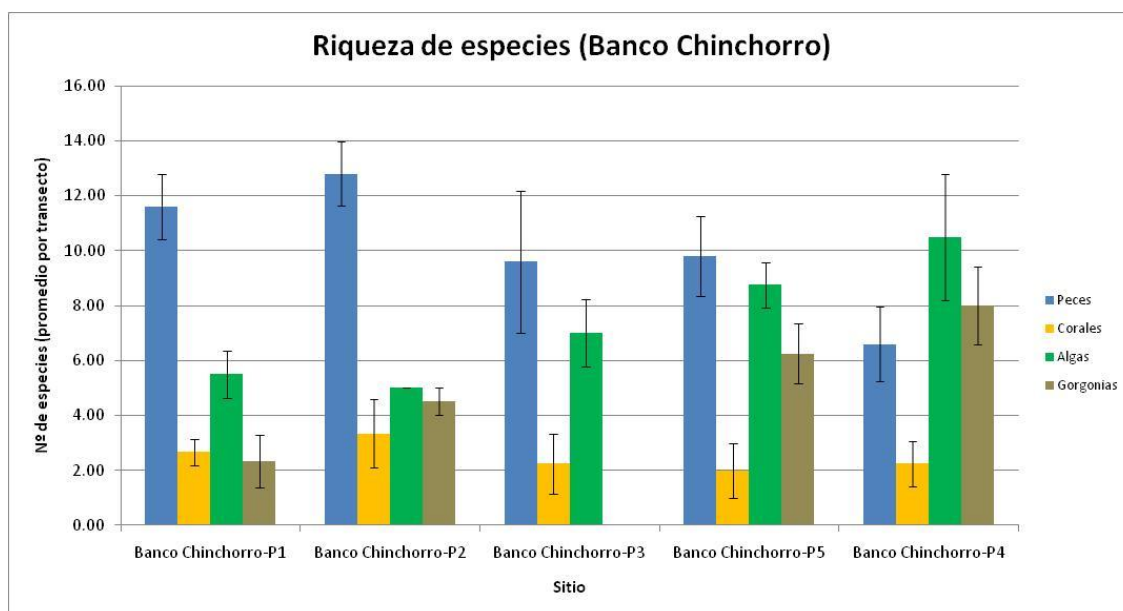
### **Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:**

Los datos incorporados en las hojas Excel de acuerdo a los anexos del Convenio del proyecto, se adjuntan al presente reporte.



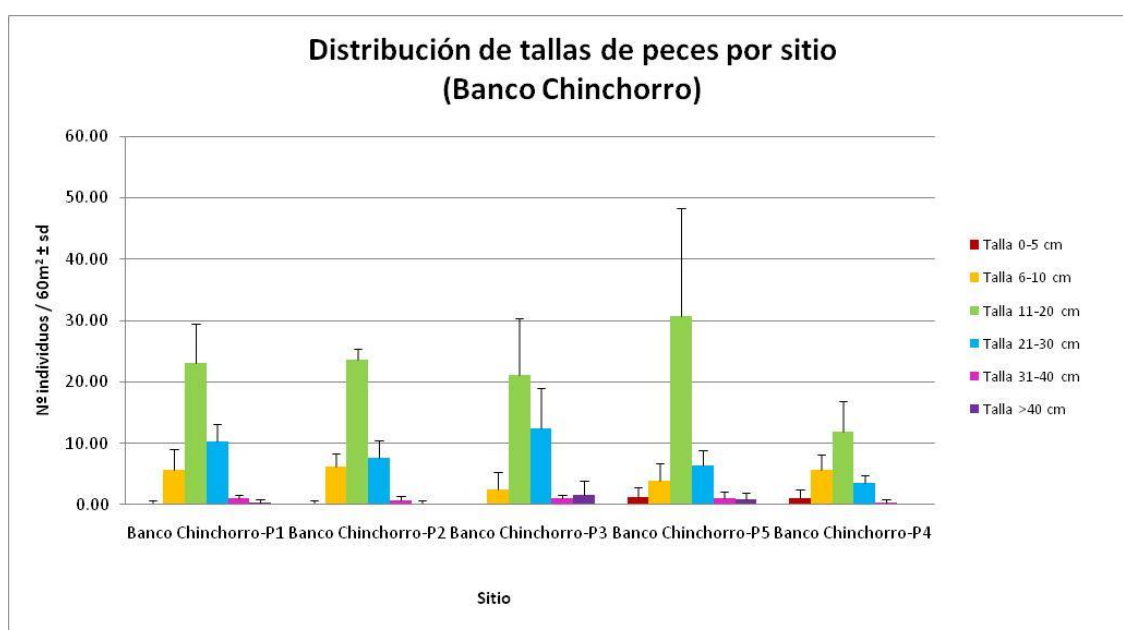
## Análisis de datos biológicos y ecológicos:

Comparando con las demás áreas, se observa que la riqueza de especies de peces es en general la más alta encontrada en el estudio, si bien pasa lo contrario en cuanto a la riqueza de especies de corales. Por otro lado, hay una clara diferencia en lo que se refiere a la riqueza de especies de algas y gorgonias en los sitios "P1" y "P2", con una riqueza baja, y los sitios "P4" y "P5" con una riqueza alta. Finalmente, el sitio "P3" tiene una riqueza de algas intermedia, pero no presenta ninguna especie de gorgonia.



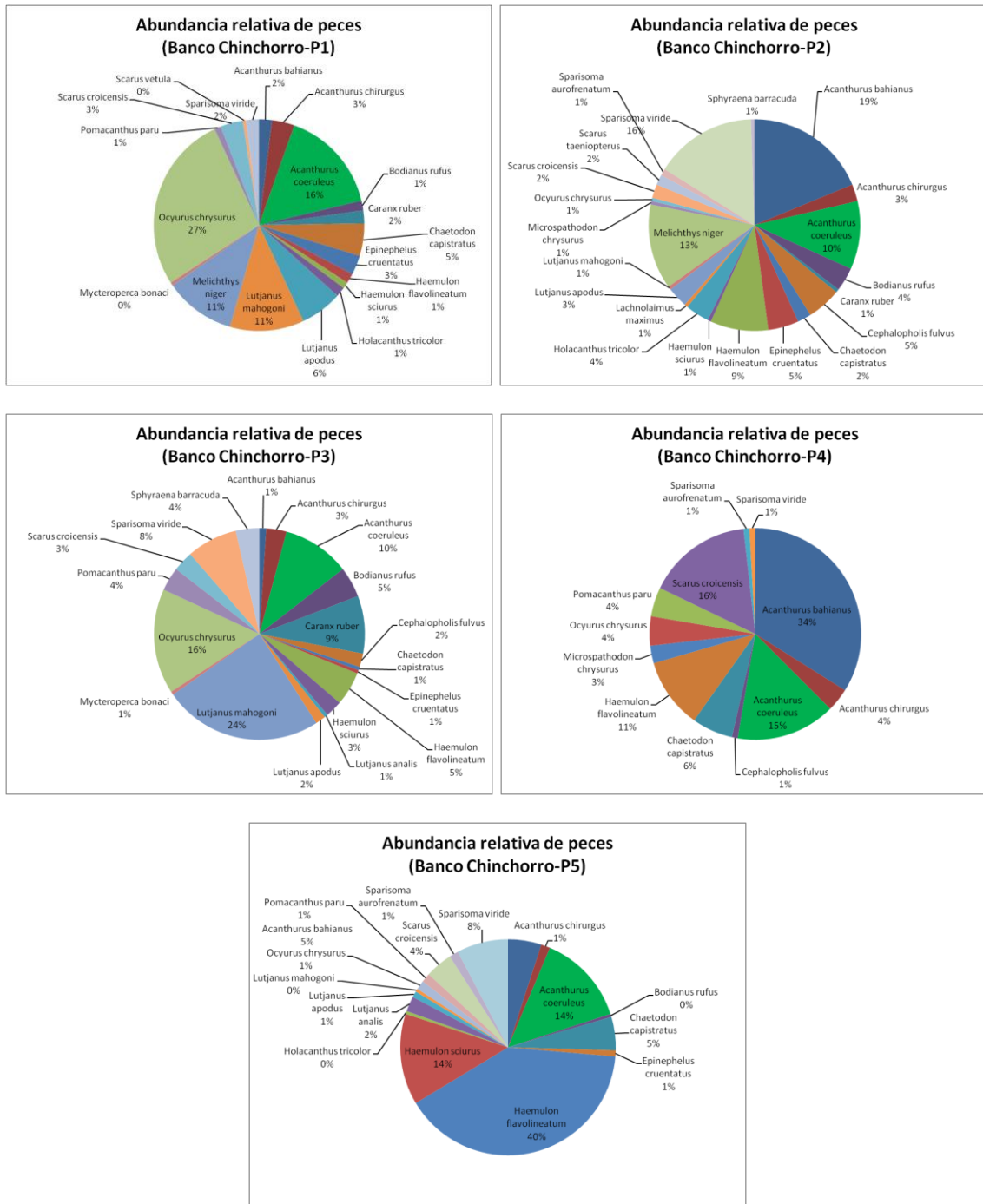
**Ilustración 60: riqueza de especies en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro.**

La distribución de tallas de peces indica, como en las demás áreas, el predominio de individuos de tamaños entre 11 y 20 cm, si bien se observa una parte importante de individuos de tallas mayores (21-30 cm), e incluso algunos de tallas mayores a 40 cm.



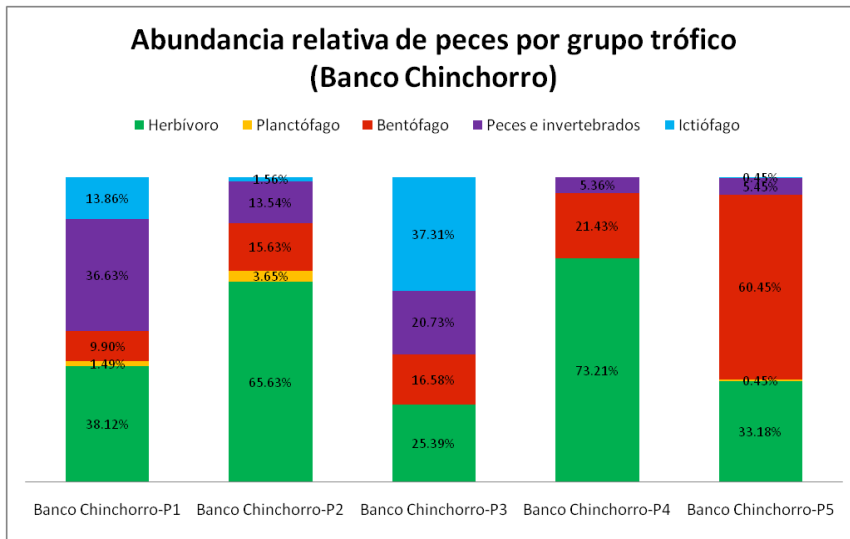
**Ilustración 61: distribución de tallas de peces por sitio en RBBCH.**

Si estratificamos la abundancia relativa de peces por especie, observamos que la única especie que tiene cierto grado de representatividad a lo largo de todos los sitios es *Acanthurus coreuleus* (entre un 10-15%), mientras que las especies dominantes varían en cada sitios. De mayor a menor abundante, en "P1" son *Ocyurus crisurus*, *Lutjanus mahogoni* y *Melichthys niger*, en "P2" son *Sparisoma viride*, *Acanthurus bahianus* y *Melichthys niger*, en "P3" son *Lutjanus mahogoni* y *Ocyurus crisurus*, en "P4" son *Acanthurus bahianus* y *Scarus croicensis*, y en "P5" son *Haemulon flavolineatum* y *Haemulon scriurus*.



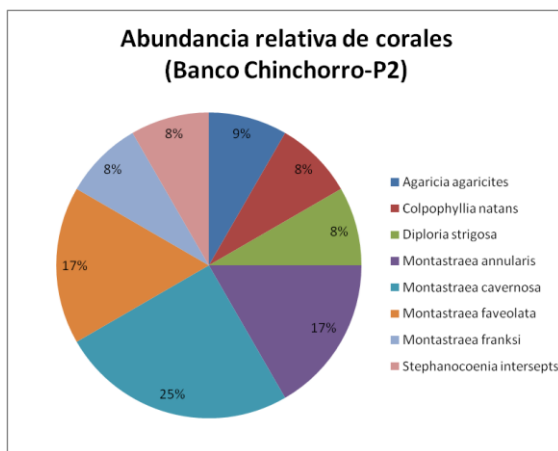
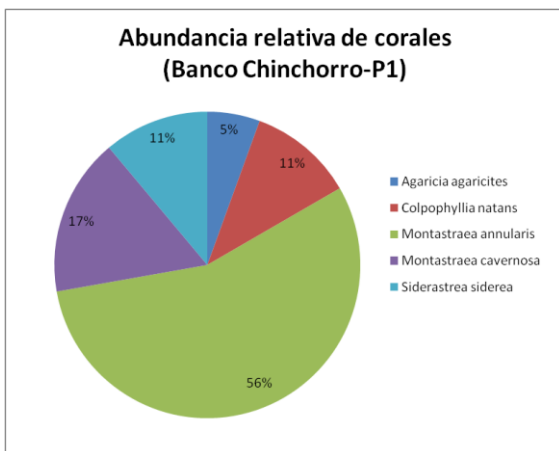
**Ilustración 62: abundancia relativa de peces en RBBCH.**

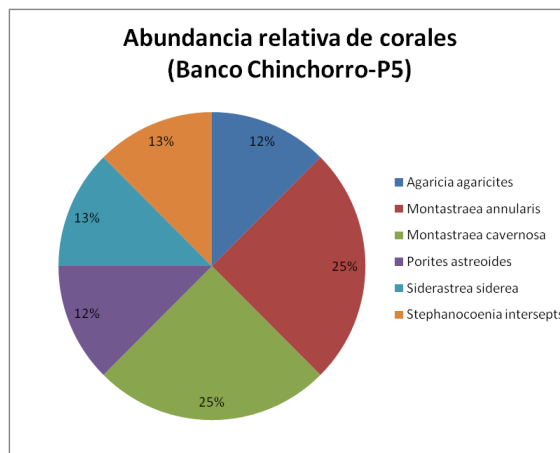
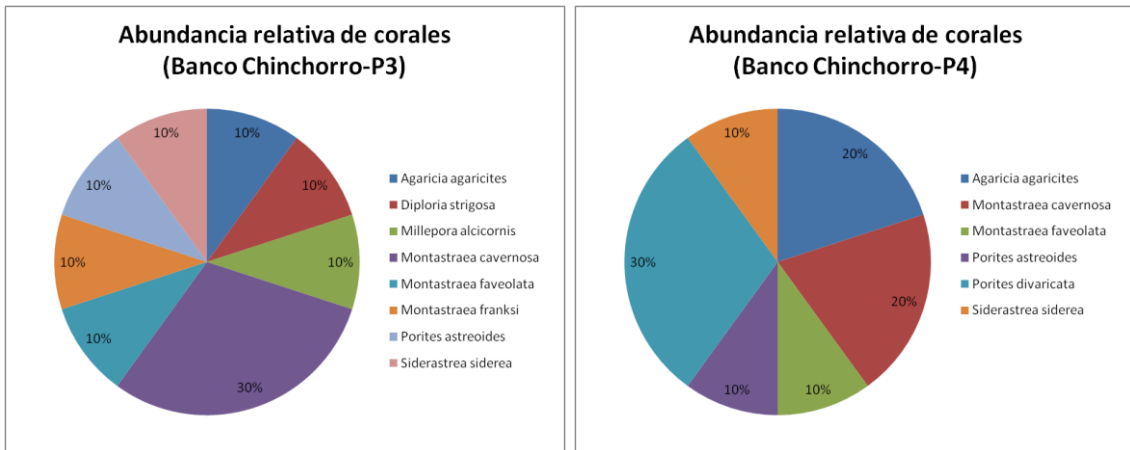
Del análisis de abundancia por grupos tróficos se desprende que existe una gran variabilidad en la estructura trófica entre los sitios. Por un lado hay dos sitios (P2 y P4) en los que la mayoría de individuos son herbívoros. Por el otro lado, los otros tres sitios tienen una menor proporción de herbívoros, pero difieren en el grupo mayoritario. El sitio "P1" está compuesto mayoritariamente por individuos que se alimentan de peces e invertebrados y de especies herbívoras, el "P3" presenta una composición bastante equilibrada, si bien presenta una buena proporción de depredadores tope (ictiófagos), y finalmente el "P5" tiene una gran proporción de bentófagos.



**Ilustración 63: abundancia relativa de peces por grupo trófico en RBBCH.**

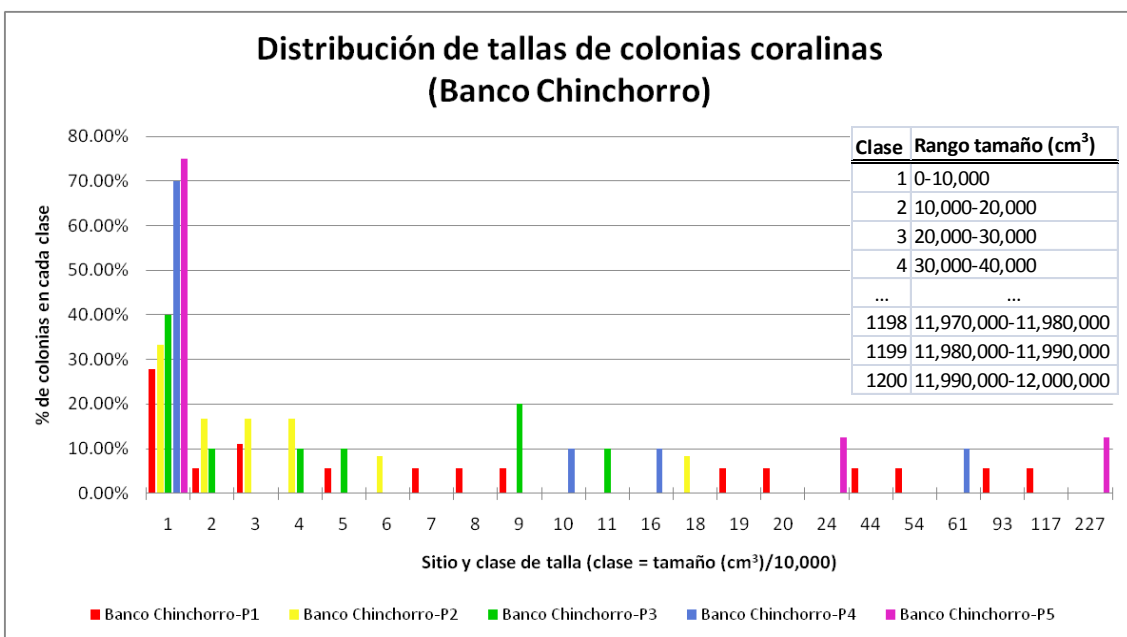
La mayoría de los sitios tienen un número relativamente bajo de especies coralinas, y distribuidas generalmente sin una dominancia clara, es decir, que todas presentan porcentajes más o menos similares. El único sitio con una especie que domina claramente es el "P1", con un 56% de *Montastraea annularis*. Aún y así, la especie más abundante en cada sitio es: en el "P2" *Montastraea cavernosa*, en el "P3" *M. cavernosa*, en el "P4" *Porites divaricata* y en el "P5" *Montastraea annularis* y *M. cavernosa*.





**Ilustración 64: abundancia relativa de corales en RBBCH.**

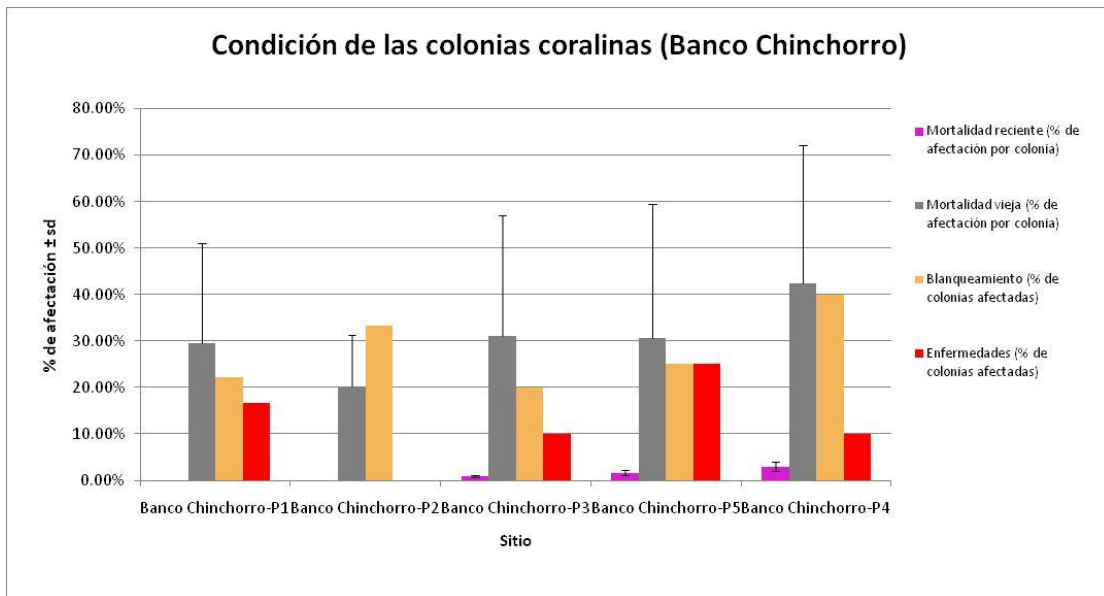
Al distribución de tallas coralinas aparece diferenciada para cada sitio. Los sitios "P2" y "P3" son los que tienen una distribución más homogénea de tallas, mientras que el "P1", "P4" y "P5" tienen la mayor parte de colonias en la talla inferior (1) y algunas en las tallas más grandes (hasta 227).



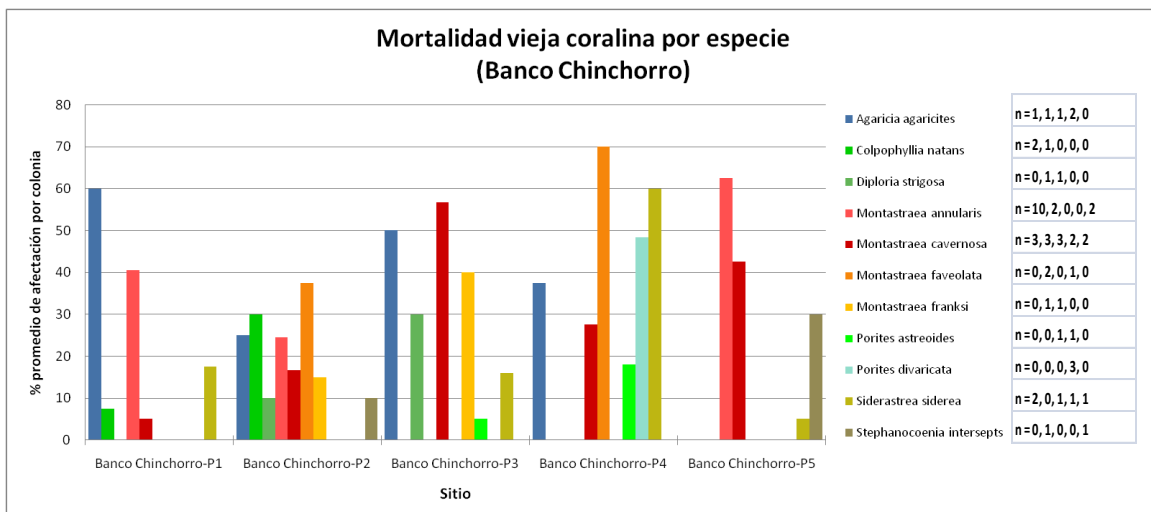
**Ilustración 65: distribución de tallas de las colonias coralinas en RBBCH.**

Los datos sobre mortalidad y enfermedades presentan valores preocupantes. En primer lugar, la mortalidad vieja sobrepasa en todo los casos el 20%, en algunos llega al 30% e incluso hasta el 40%. Esto pueden ser efectos de la mortalidad provocada por el huracán Dean el año 2007, siendo Banco Chinchorro el primer lugar donde impactó. También se observan valores de blanqueamiento altos, los cuales pueden ser debidos al fenómeno de blanqueamiento constatado en otras parte del estado a lo largo del verano y otoño de 2009. Será importante revisar los efectos que este blanqueamiento hayan producido en la mortalidad después de los meses subsiguientes a las salidas de campo.

Por otro lado, existe en casi todos los sitios la presencia de enfermedades con porcentajes no despreciables.



**Ilustración 66: condición de las colonias coralinas en la RBBCH.**



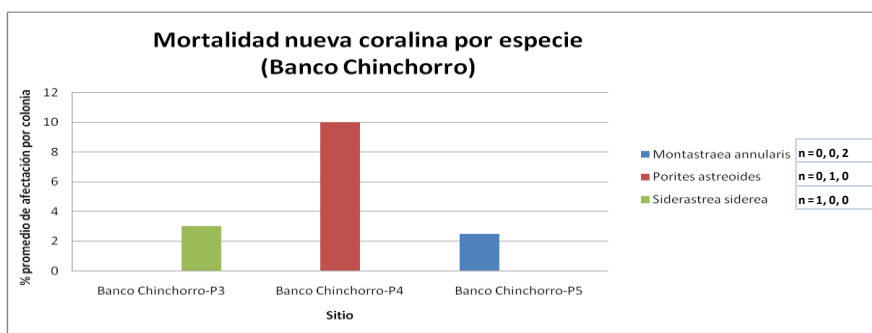
**Ilustración 67: mortalidad vieja de las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.**

Si analizamos a mayor detalle las enfermedades, observamos que estas afectan a especies de tipo masivo y, por lo tanto constructora e importantes generadoras de

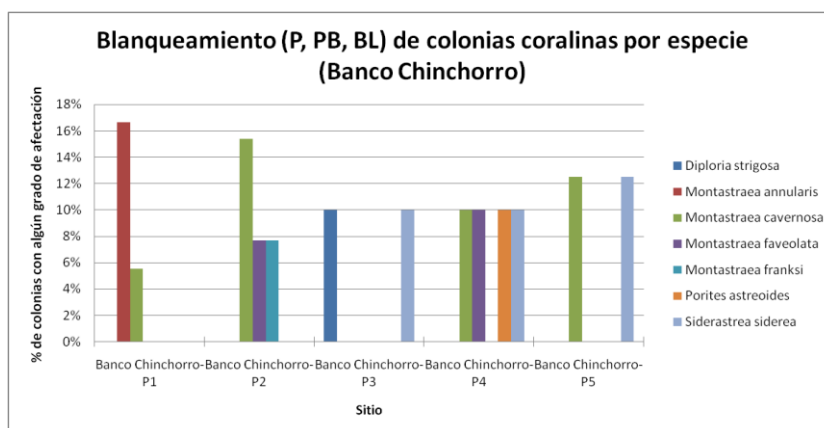
estructura y hábitat en los arrecifes. Entre éstas se encuentran varias especies del género *Montastraea*, *Colpophyllia natans* y *Siderastrea siderea*.

También es importante resaltar el hecho de que la mortalidad vieja afecta a un espectro amplio de las especies de manera más o menos homogénea, si bien las más afectadas son las del género *Montastraea*. Teniendo en cuenta que el número de colonias muestreadas en cada sitio es importante (n= 13, 8, 4, 3, 4) por los transectos realizados, podemos asumir que los resultados son bastante representativos. Esto, junto con el hecho de que el género es importante para la conformación de hábitat y estructura, nos indica que deberá prestarse especial atención en dar seguimiento a este aspecto en futuros monitoreos.

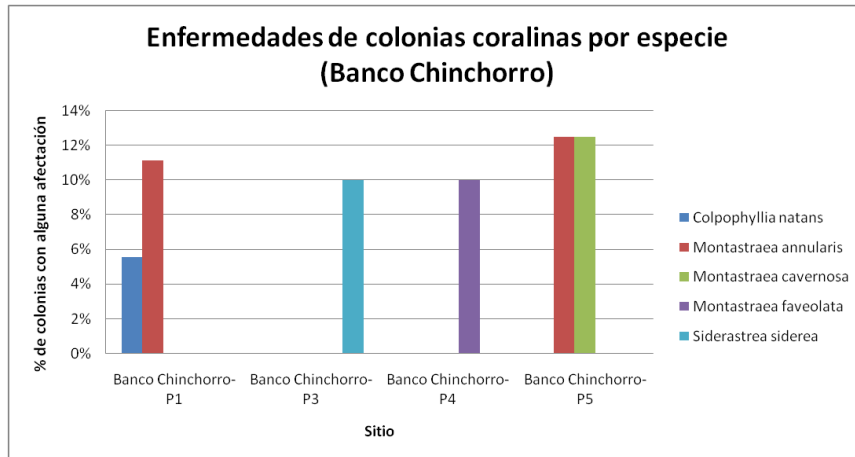
Respecto a los datos de mortalidad reciente, se observa un alto porcentaje para *Porites astreoides*, pero teniendo en cuenta que sólo se trata de una sola colonia, no resulta representativo.



**Ilustración 68:** porcentaje de mortalidad nueva en las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.



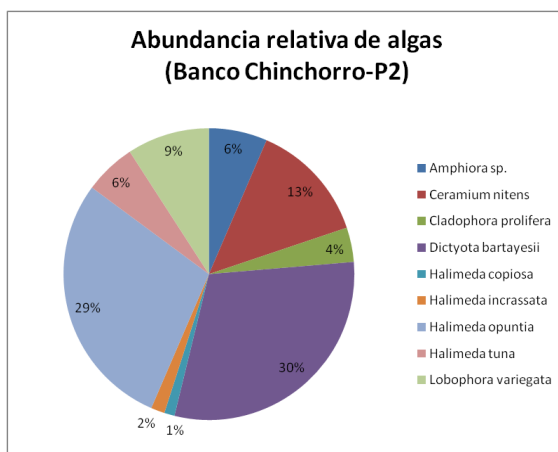
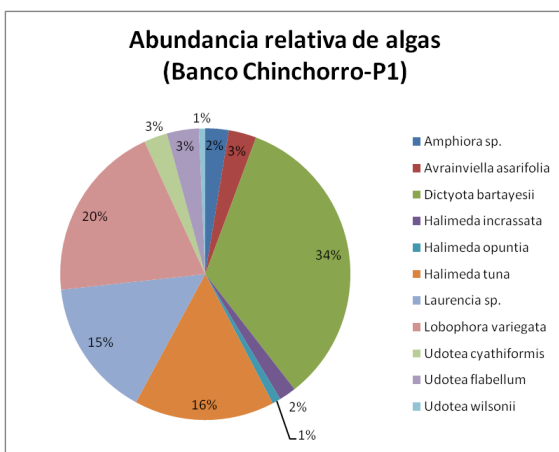
**Ilustración 69:** porcentaje de enfermedades presentes en las colonias coralinas (por especie) en RBBCH.

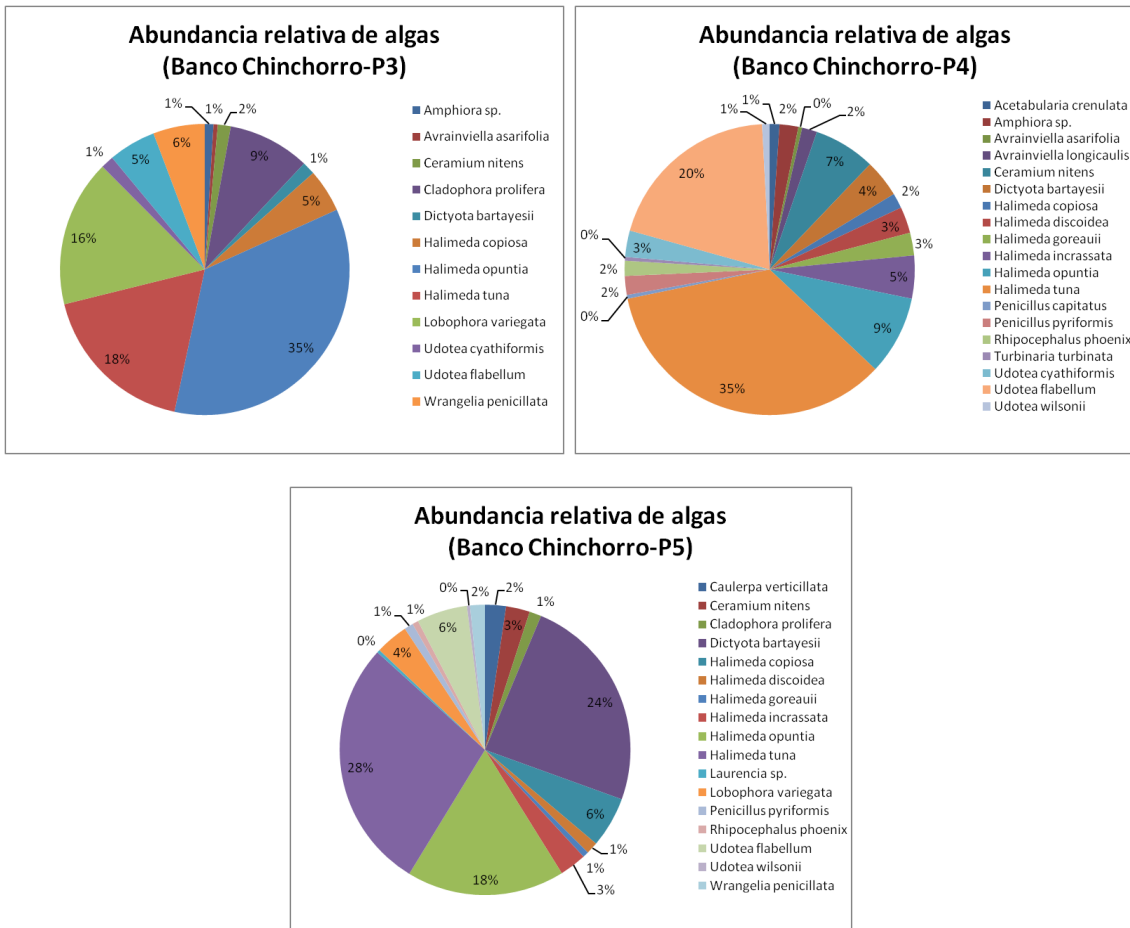


**Ilustración 70: porcentaje de blanqueamiento en las colonias coralinas de RBBCH.**

En cuanto al blanqueamiento, se observa que afecta prácticamente a todas las especies, si bien no de la misma manera en todos los sitios. De todos modos esta observación no implica necesariamente que la ubicación sea un factor que determine qué especies tienen mayor predisposición al blanqueamiento, sino que es posible que las diferencias observadas entre sitios sean debidas a la diferente composición específica de los mismos.

En todos los sitios menos en uno (P4), predominan cuatro especies de los géneros *Halimeda*, *Lobophora*, y *Dictyota*. En el "P1" predomina *Dictyota bartayesii*, seguida en menor proporción por *Lobophora variegata*, *Halimeda tuna* y *Laurencia sp.* En el "P2" la dominancia es compartida entre *Dictyota bartayesii* y *Halimeda opuntina*. En el "P3" *Dictyota bartayesii*, *Lobophora variegata* y *Halimeda tuna*. En el "P5" domina la composición por *Halimeda tuna*, *Dictyota bartayesii* y *Halimeda opuntina*. Finalmente, en el sitio "P4" también existe una gran proporción de *Halimeda tuna*, pero acompañada por un 20% de *Udotea flabellum*.

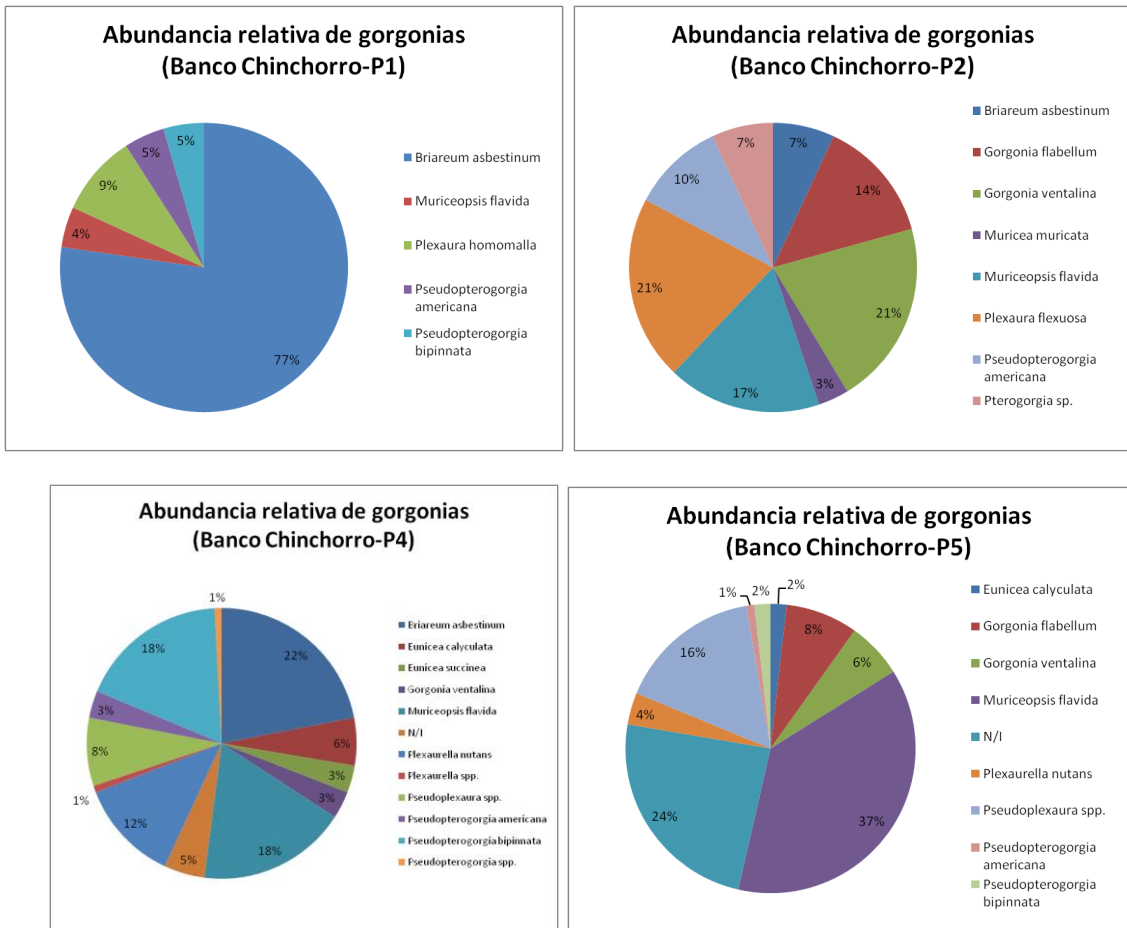




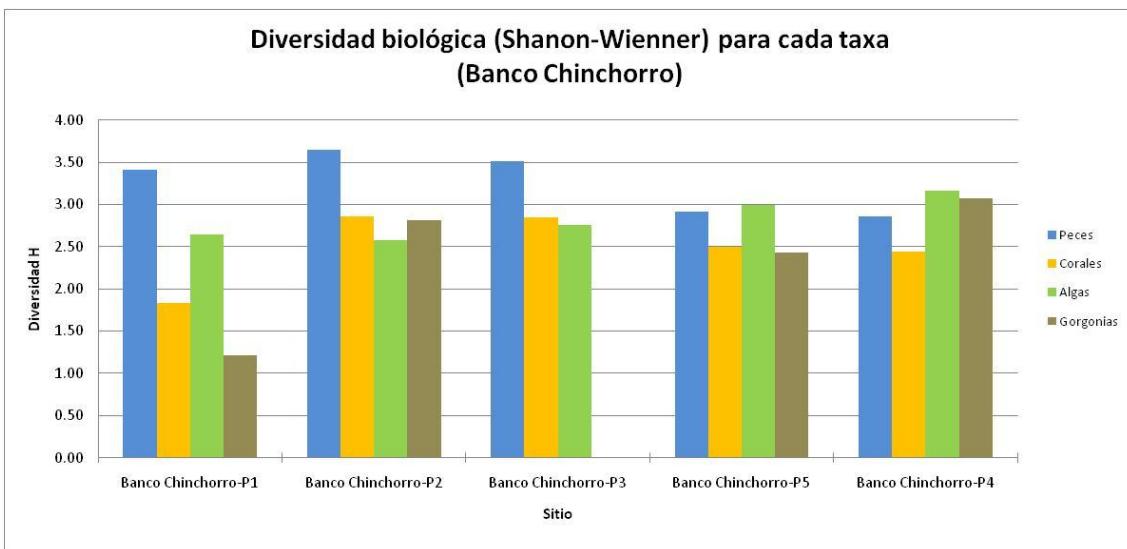
**Ilustración 71: abundancia relativa de macroalgas en RBBCH.**

Lo primero a destacar respecto a la abundancia de gorgonias es la diferencia entre el sitio "P3" y los demás, siendo éste el único que no mostro la presencia de ningún individuo. En segundo lugar, el sitio "P1" muestra un dominancia monoespecífica de *Briareum asbestinum*, con un 77%. Finalmente, los otros tres sitios presentan una composición con tres o más especies con abundancias mayoritarias de forma más o menos compartida. En el "P2" se encuentra principalmente *Gorgonia flabellum*, *Gorgonia ventalina*, *Muriceopsis flavida* y *Plexaura flexuosa*. En el "P4" dominan *Briareum asbestinum*, *Muriceopsis flavida* y *Pseudopterogorgia bipinnata*. Finalmente, en el "P5" están representadas en mayor medida *Muriceopsis flavida*, *Pseudoplexaura sp.* y otras especies no identificadas.





**Ilustración 72: abundancia relativa de gorgonáceos en RBBCH.**



**Ilustración 73: índice Shanon-Wiener por taxón para evaluar la biodiversidad en RBBCH.**

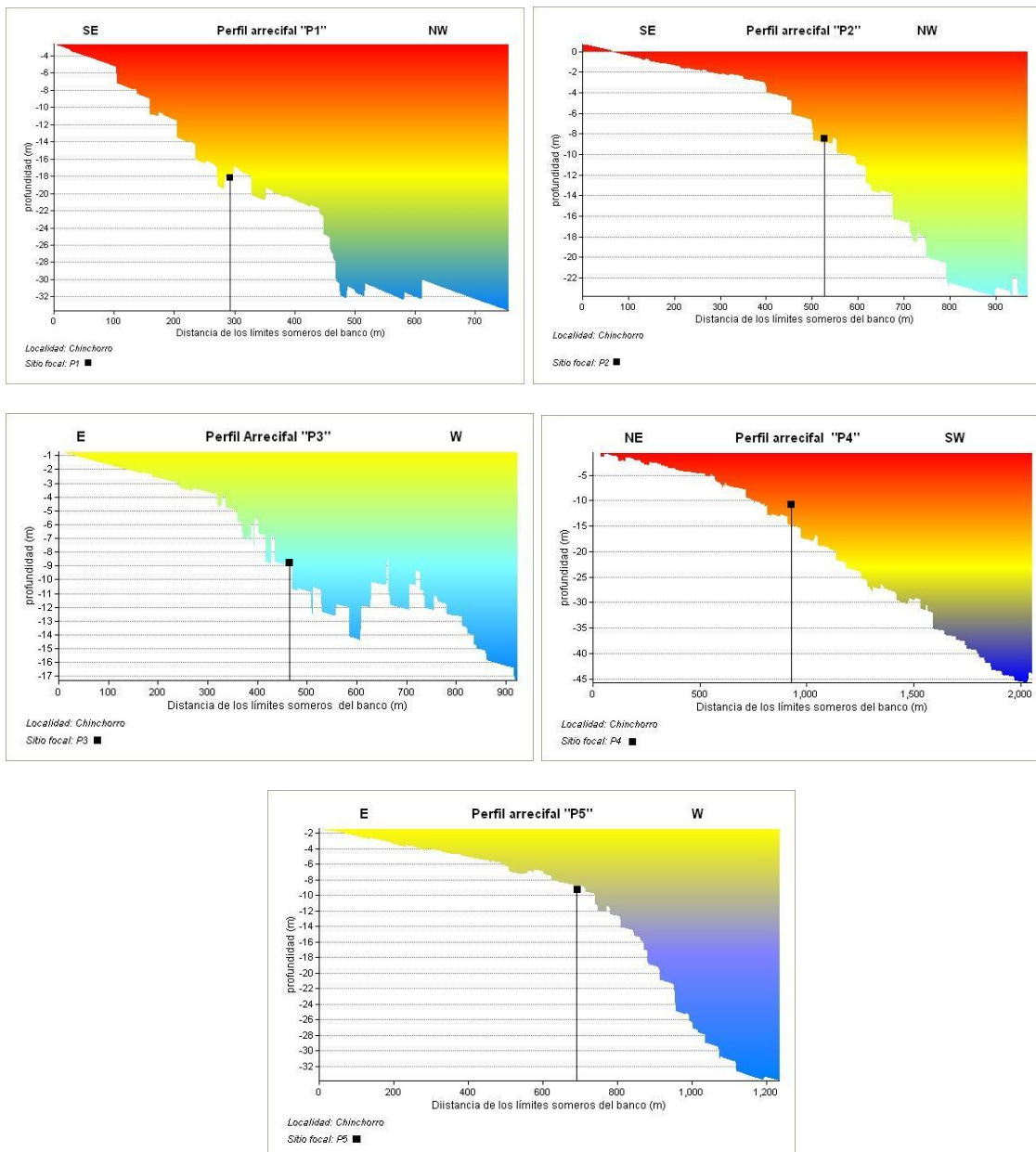
La diversidad biológica calculada por taxa y sitio, muestra resultados más altos en los sitios "P1", "P2" y "P3" para los peces. En cuanto a los demás taxa, sólo los corales y gorgonias muestran una diferencia importante del sitio "P1" (menor diversidad) respecto a los demás; siendo este sitio el que se encuentra más alejado de los demás.

## Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales

El mapa de hábitat que se incluye abajo (ver Ilustración 75), es el producto preliminar del análisis de imágenes SPOT i ortofotografías de INEGI que se elaboró sin ser parte de las actividades del proyecto, pero que se entregaron en el primer informe de avances.

**Los perfiles arrecifales generados para cada sitio focal, se muestran a continuación. Como se observa para la mayoría de los sitios aparecen saltos abruptos en las profundidades interpoladas. Esto no corresponde con el perfil real del sitio, sino que un efecto del error de posicionamiento de los sondeos detallado en la sección "Tabla 5: datos generales de los sitios monitoreados en la Reserva de la Biosfera Banco Chichorro.**

Caracterización física".





# Parque Nacional Arrecifes de Xcalak

## Datos generales

<b>Sitios caracterizados:</b>	Río Huach, Extasis (XTC), Poza Norte, Portillas.
<b>Fechas de la caracterización:</b>	8 de Diciembre de 2007, y 8 de Febrero de 2010.
<b>Fechas de la toma de datos batimétricos:</b>	6, 7, 8 y 9 de Diciembre de 2007, y 6 y 7 de Febrero de 2010.

Tabla 6: datos generales de los sitios muestreados en Parque Nacional Arrecifes Xcalak.

## Caracterización física

Se realizaron varios transectos perpendiculares a la costa (ver Ilustración 76) con la finalidad de obtener sondeos de profundidad y realizar una interpolación con técnicas geoestadísticas.

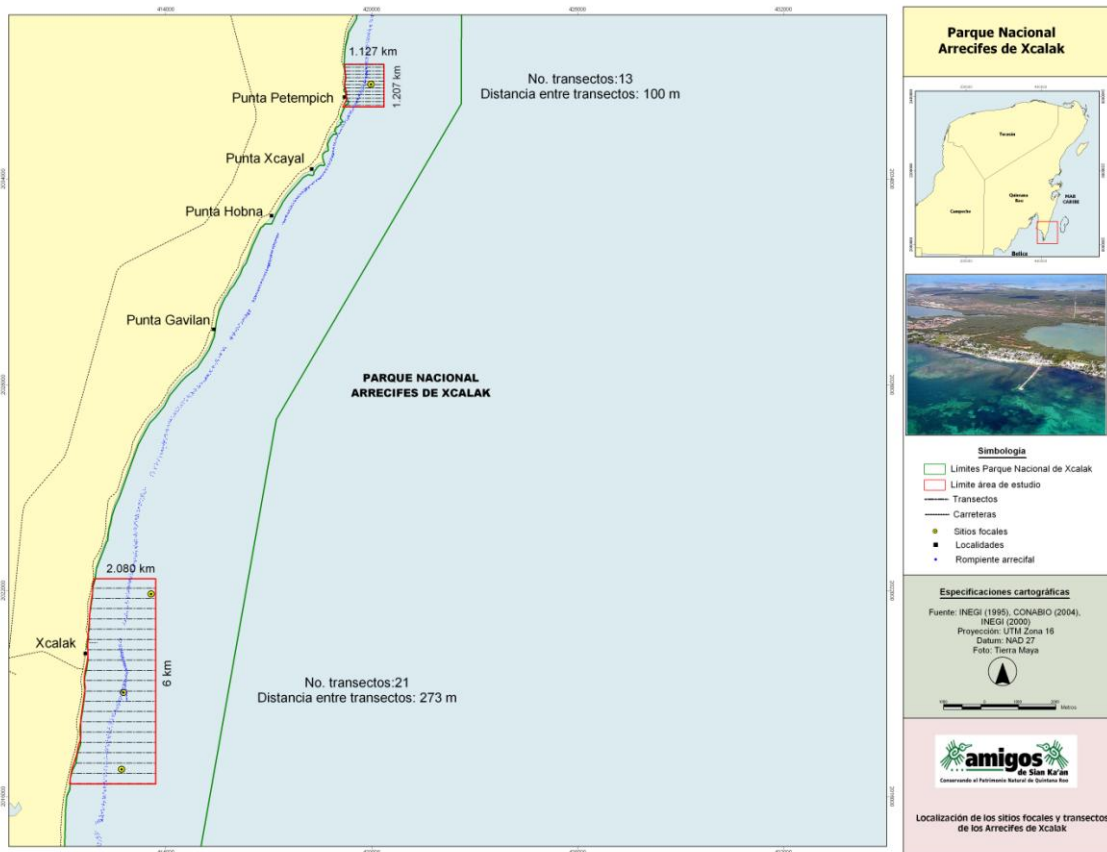
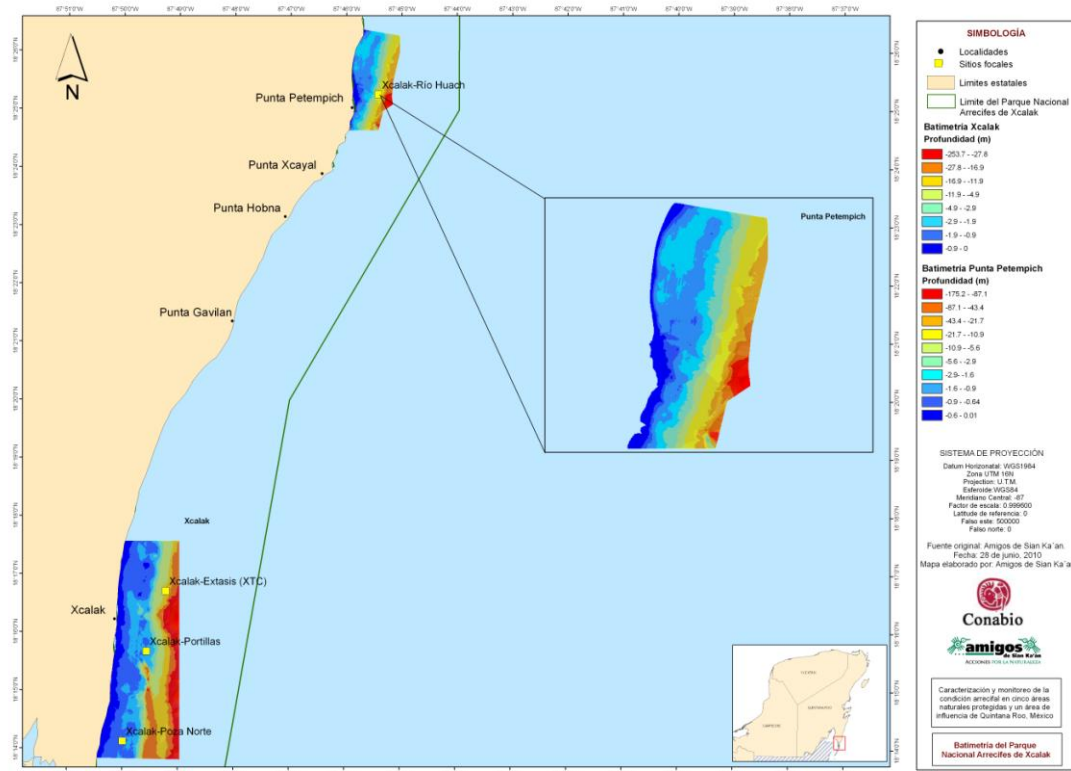


Ilustración 76: planeación de transectos batimétricos y sitios focales dentro del área de estudio del proyecto (en rojo) y los límites del PNAX (en verde).

Debido al mal tiempo y a las condiciones geomorfológicas de la rompiente y otras formaciones como la "Poza", no se pudieron obtener datos de todos los transectos

planeados en las primera visitas, con lo que se regresó a la zona con posterioridad. En base a los datos obtenidos se realizó el modelo batimétrico siguiente.

En la zona de Punta Petempich se detectaron profundidades de hasta 175 m, mientras en la zona sur de Xcalak se alcanzaron profundidades mayores a 250 m; distinguiéndose claramente estructuras como La Poza.



**Ilustración 77: modelo batimétrico de los sitios muestreados en PNAIX.**

### **Caracterización biológica y ecológica:**

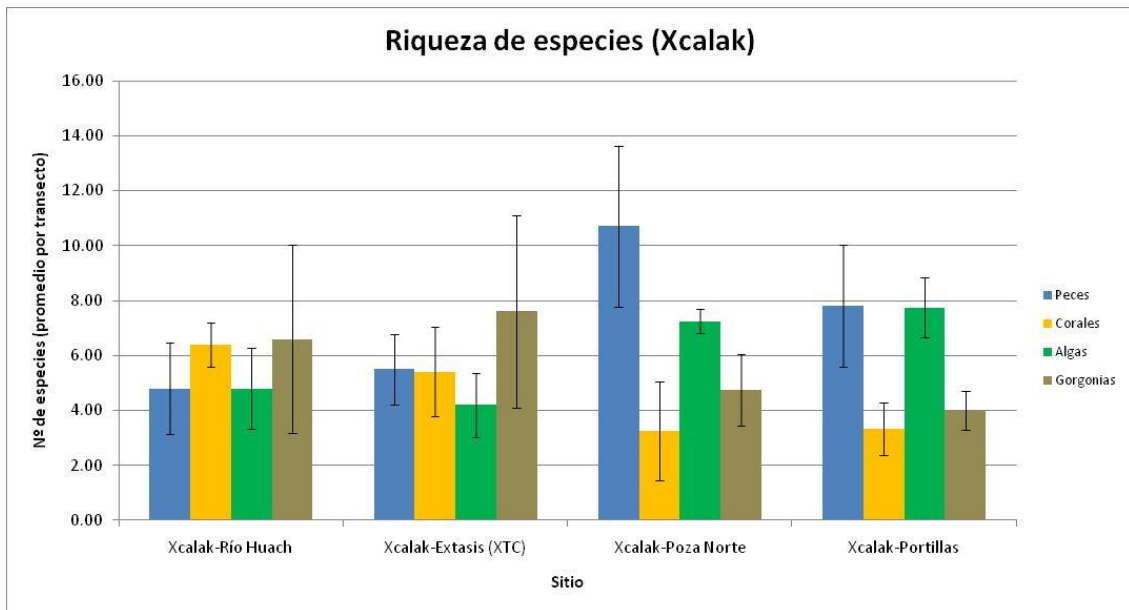
Debido al mal tiempo, se tuvo que cancelar un día entero de trabajo, con lo que se tuvo que regresar en una visita posterior para completar los dos sitios faltantes. Se obtuvieron datos sobre peces, corales escleractíneos, algas y gorgonias en los cuatro sitios focales estipulados previamente (Río Huach, Extasis (XTC), Portilla y Poza Norte).

### **Generación de bases de datos biológicos, ecológicos y cartográficos:**

Los datos incorporados en las hojas Excel de acuerdo a los anexos del Convenio del proyecto, se adjuntan al presente reporte.

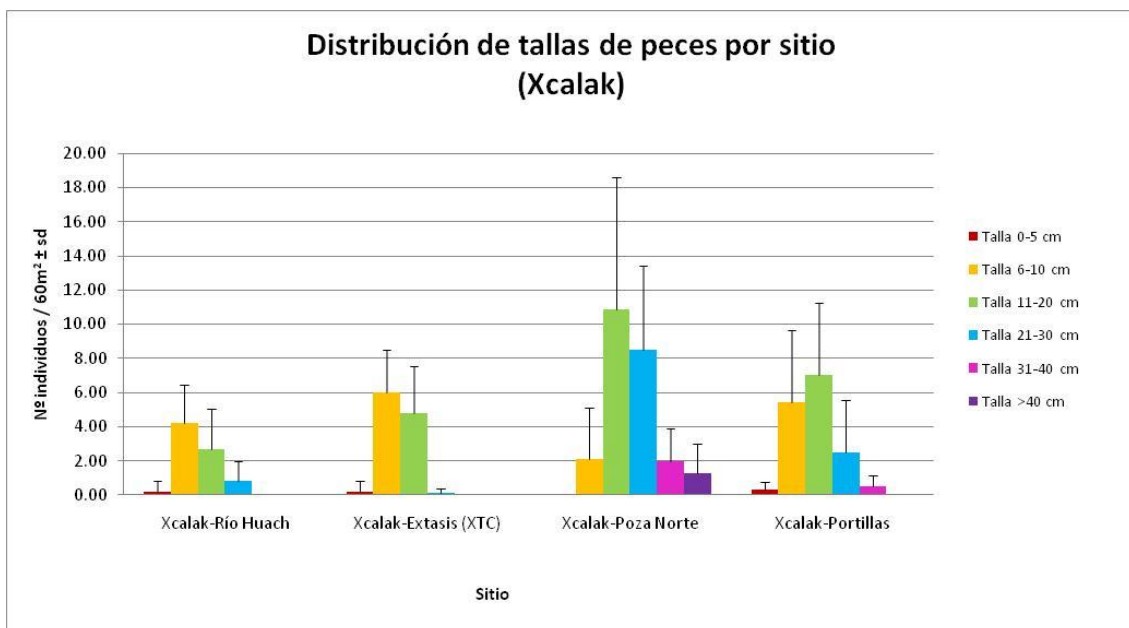
### **Análisis de datos biológicos y ecológicos:**

En cuanto a la riqueza de especies, se observa lo que parece ser una diferencia entre dos sitios, en los que todos los taxa presentan una riqueza parecida con una ligera superioridad en las gorgonias (Río Huach y Extasis), y los otros dos sitios en los que existe una mayor riqueza de peces y algas, y menor en el caso de corales y gorgonias.



**Ilustración 78: riqueza de especies en el Parque Nacional Arrecifes Xcalak.**

En cuanto a la distribución de tallas, también parece que existen ciertas diferencias entre estos dos grupos de sitios.

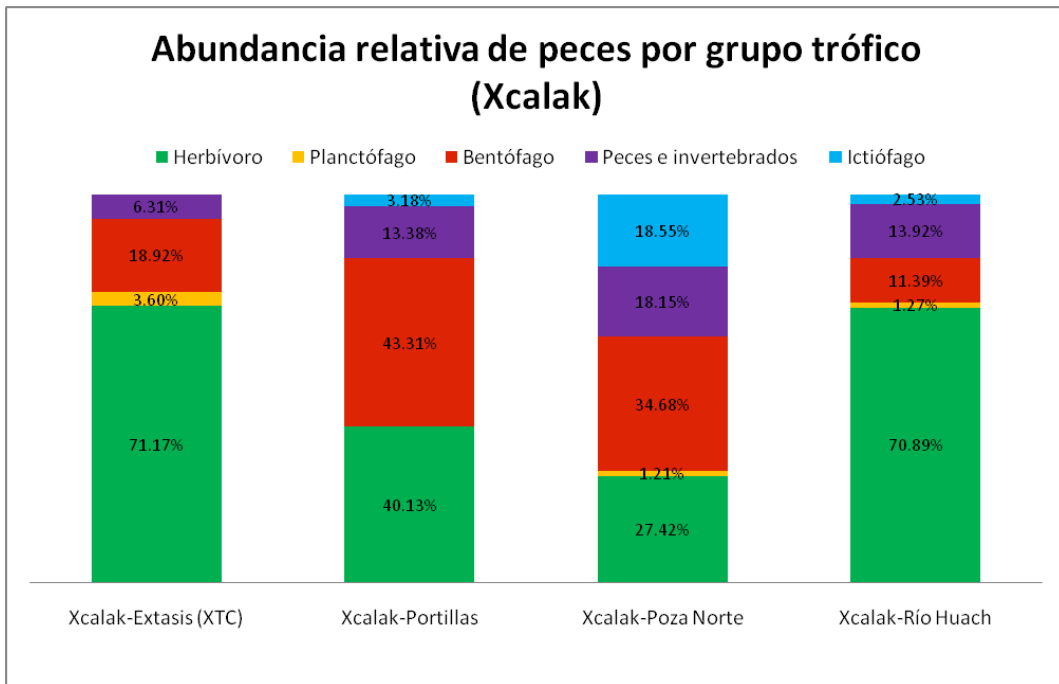


**Ilustración 79: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado en PNAX.**

En "Río Huach" y "Extasis" hay una densidad menor de individuos; especialmente de tallas mayores a 20 cm. Por otro lado, los otros dos sitios existen individuos mayores (especialmente en "Poza Norte") y mayor abundancia.

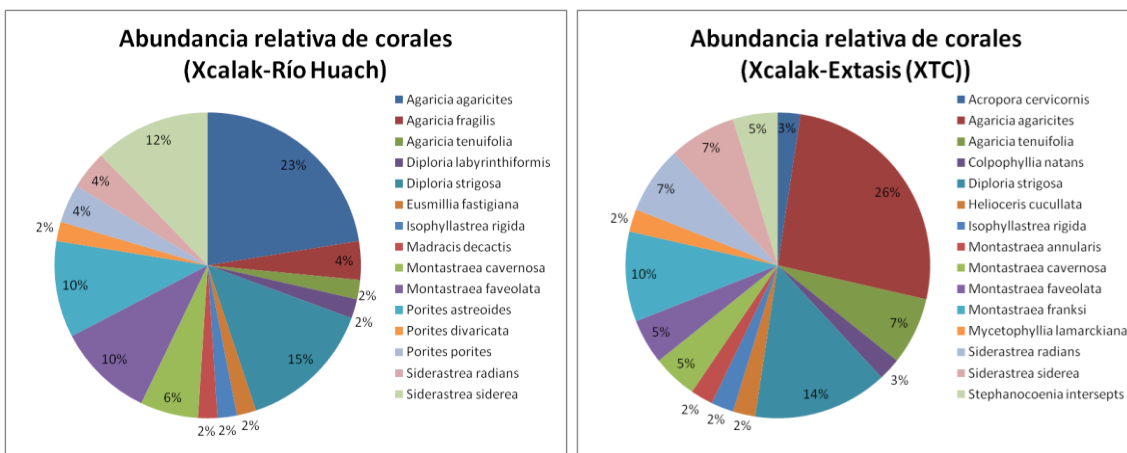
Los resultados disgregados por especies, muestran que tres de los sitios (Río Huach, Extasis y Portillas) tienen una composición similar en cuanto a las especies dominantes (*Acanthurus bahianus*, *A. coeruleus* y *Sparisoma viride*), si bien las especies que



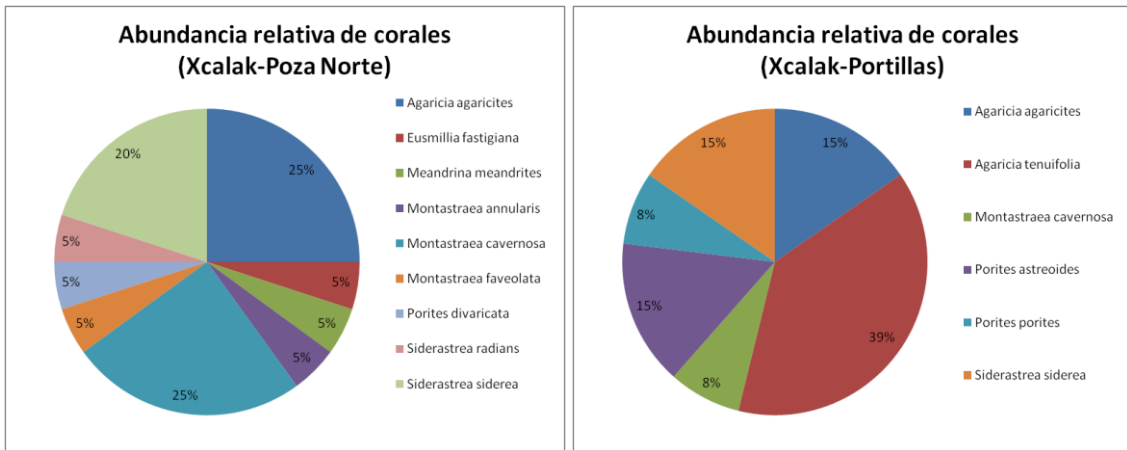


**Ilustración 81: abundancia relativa de peces pro grupo trófico en PNAX.**

Para la abundancia relativa de corales, de nuevo se observa un similitud entre los punto más septentrionales (Río Huach y Extasis), en los cuales domina la presencia de *Agaricia agaricites*, seguido de *Diploria strigosa*. Por otro lado, en "Poza Norte" también domina *Agaricia agaricites*, pero seguida de *Montastraea cavernosa* y *Siderastrea siderea*. Finalmente, el sitio con menor riqueza de especies es "Portillas", en el que domina la presencia de *Agaricia tenuifolia*, seguido por tres especies en proporciones similares; *A. agaricites*, *Porites astreoides* y *S. siderea*.

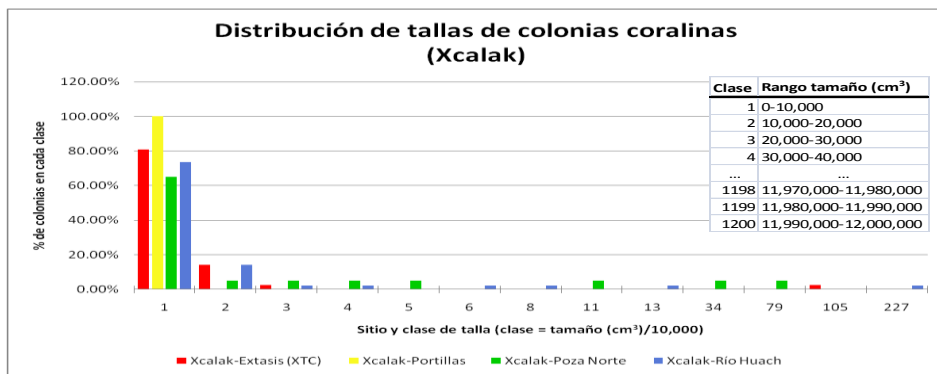






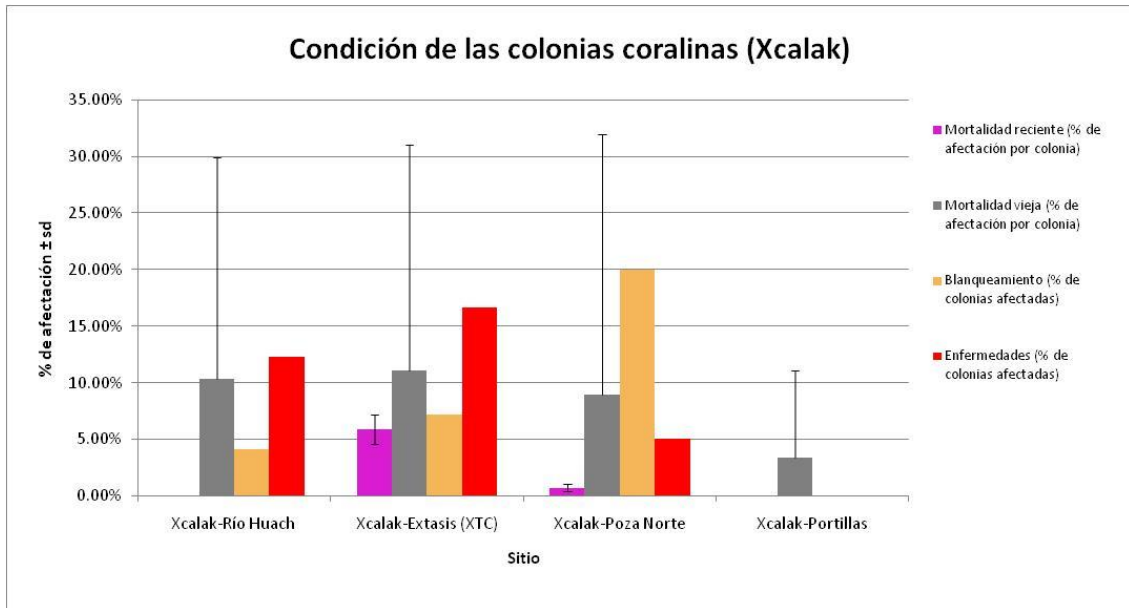
**Ilustración 82: abundancia relativa de corales en PNAX.**

Si calculamos la distribución de tallas de las colonias, parece que también se puede establecer una diferencia entre los dos sitios más la norte (Río Huach y Extasis) y los dos sitios más al sur (Portillas y Poza Norte). En los dos primeros el tamaño de las colonias se restringe a la clase 1, es decir, colonias pequeñas. Por otro lado, en los otros sitios hay una mayor distribución de colonias en diferentes clases de talla.



**Ilustración 83: distribución de tallas de colonias coralinas en PNAX.**

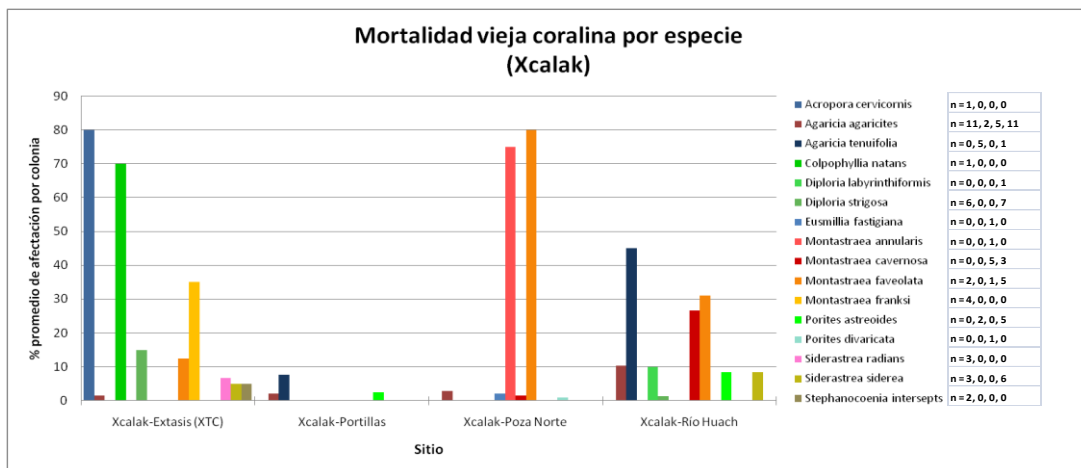
El datos de condición arrecifal, indican una gran diferencia entre el sitio "Portillas" y los demás, siendo éste el que mantiene mejor condición con valores muy bajos o nulos de mortalidad y enfermedades. Por otro lado, sobresale el alto porcentaje de blanqueamiento en "Poza Norte", así como el de enfermedades en "Río Huach" y "Extasis".



**Ilustración 84: condición de las colonias coralinas en PNAX.**

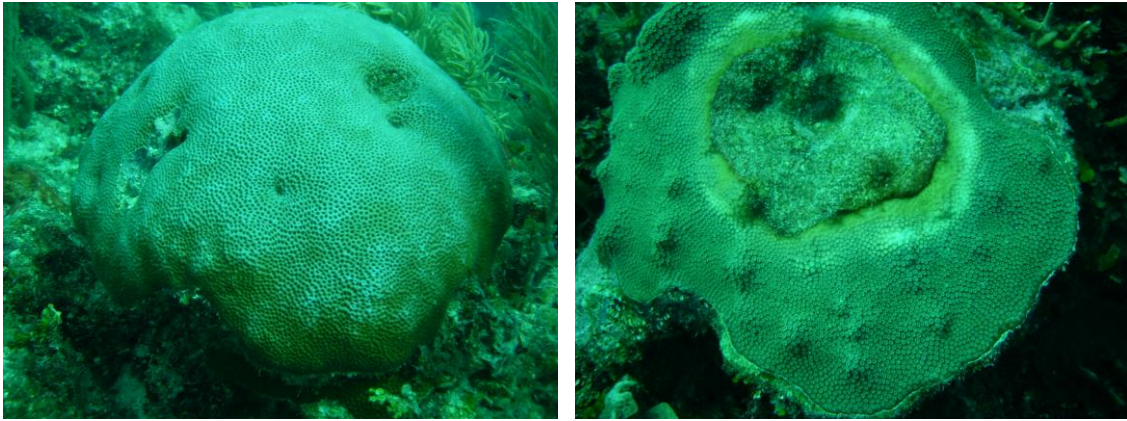
De hecho, se observaron varias colonias con blanqueamiento o enfermedades (ver Ilustración 86). Teniendo en cuenta que los sitios visitados presentaban en general un alto grado de cobertura y desarrollo arrecifal, el número de colonias muestreadas fue relativamente alto, por lo que el porcentaje de enfermedades es indicativo de un problema que merece especial atención.

Cabe mencionar que los datos de mortalidad reciente aparentemente elevados en "Extasis", son debido a los valores de dos colonias, por lo que no son relevantes.

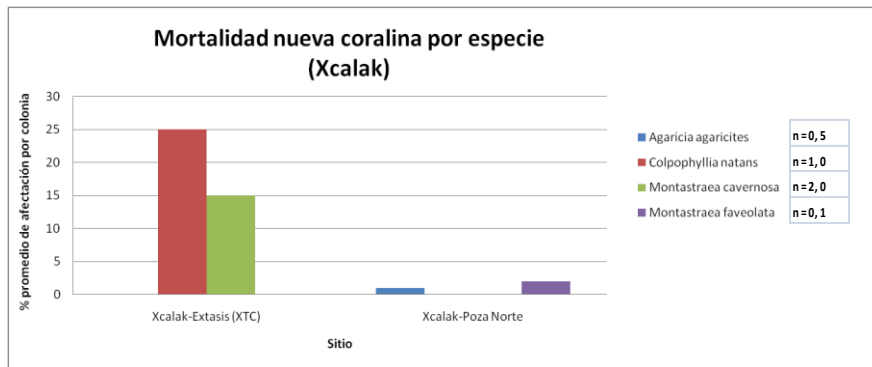


**Ilustración 85: porcentaje de mortalidad vieja en las colonias coralinas en PNAX.**

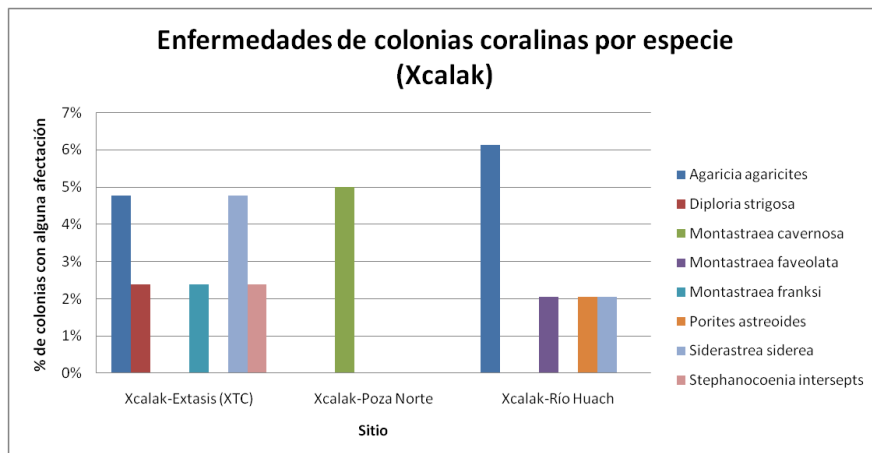
En la afectación por especie, se observa que ésta varía entre sitios para la mortalidad vieja, siendo "Extasis" y "Río Huach" los sitios en que la mortalidad afecta a una variedad mayor de especies.



**Ilustración 86:** Colonia de *Siderastrea siderea* con blanqueamiento (izquierda) y colonia de *Montastraea faveolata* con enfermedad de Banda Amarilla (derecha). (Fotos: Albert Franquesa Rinos)

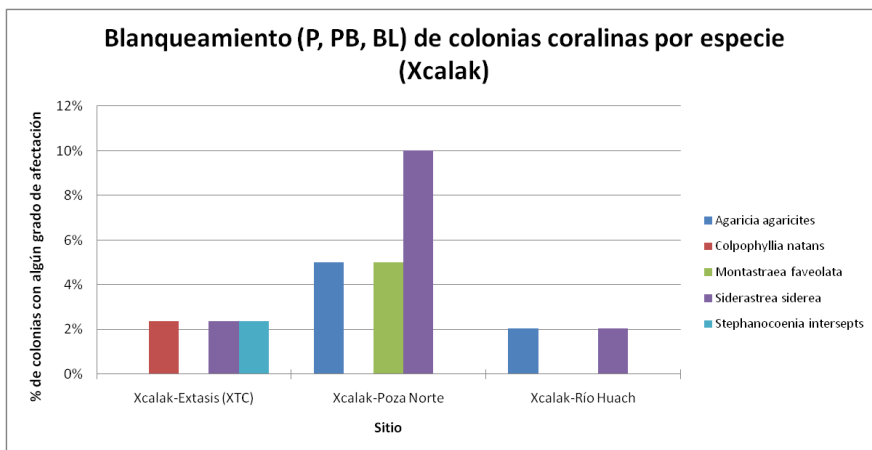


**Ilustración 87:** porcentaje de mortalidad nueva en las colonias coralinas de PNAX.



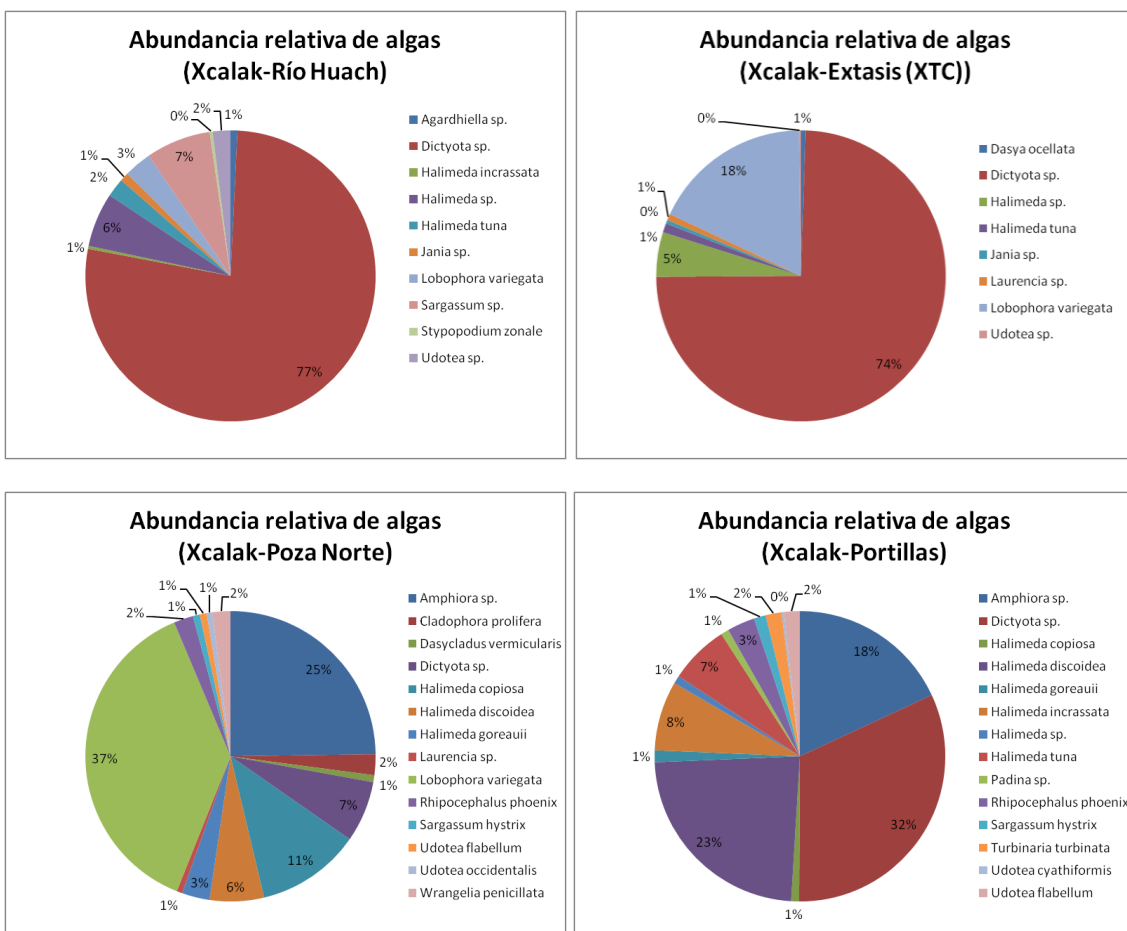
**Ilustración 88:** porcentaje de enfermedades presentes en las colonias coralinas en PNAX.

En referencia al blanqueamiento, éste afectó preferentemente a *Siderastrea siderea*, mientras las enfermedades tuvieron mayor impacto en *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea* y *Montastraea cavernosa*.



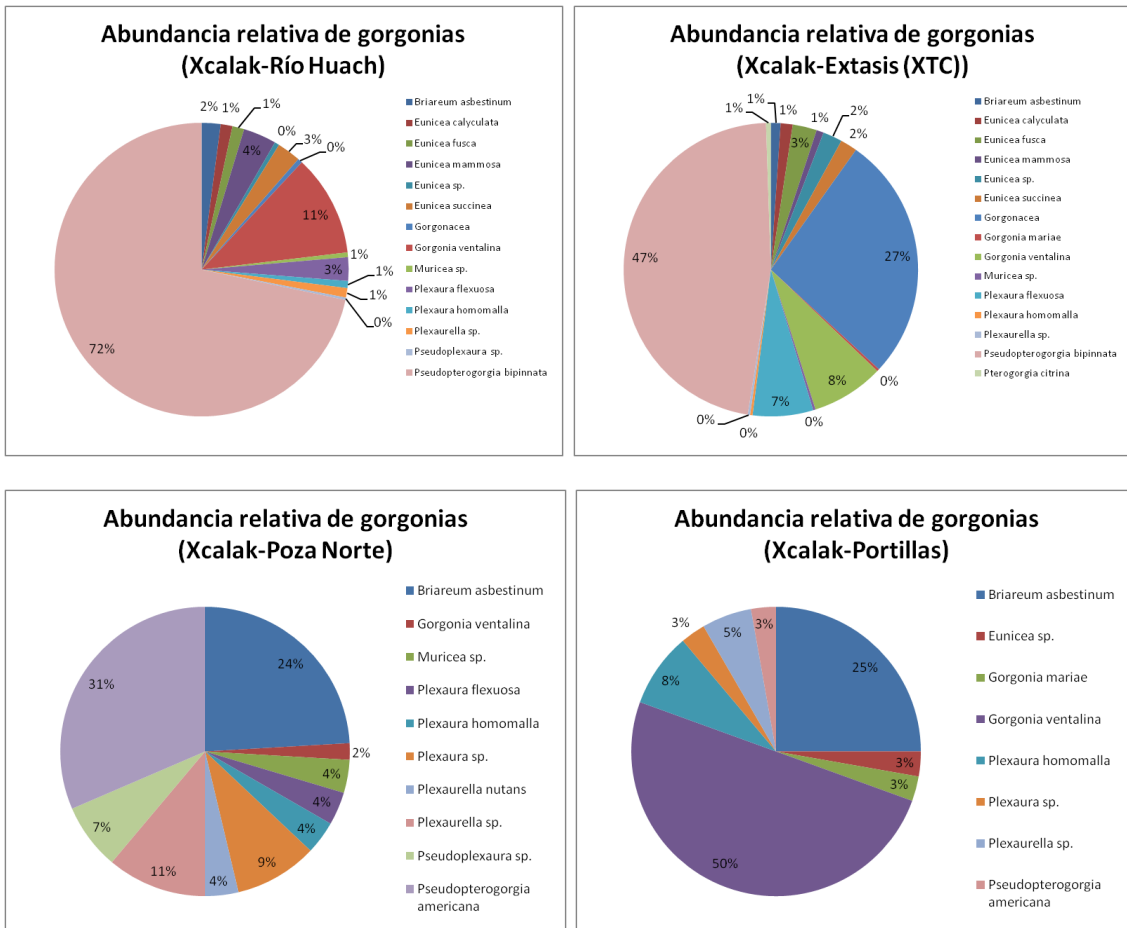
**Ilustración 89: porcentaje de blanqueamiento en colonias coralinas en PNAX.**

En la composición de algas, se vuelve a observar una clara diferencia entre los sitios ubicados al norte y los demás. Así, "Río Huach" y "Extasis" presentan una fuerte dominancia de *Dictyota sp.*, teniendo el segundo también una proporción importante de *Lobophora variegata*. Los demás sitios no presentan dicha homogeneidad, siendo "Poza Norte" principalmente compuesto por *Amphiora sp.* y *Lobophora variegata*, y "Portillas" por *Dictyota sp.*, *Halimeda discoidea* y *Amphiora sp.*



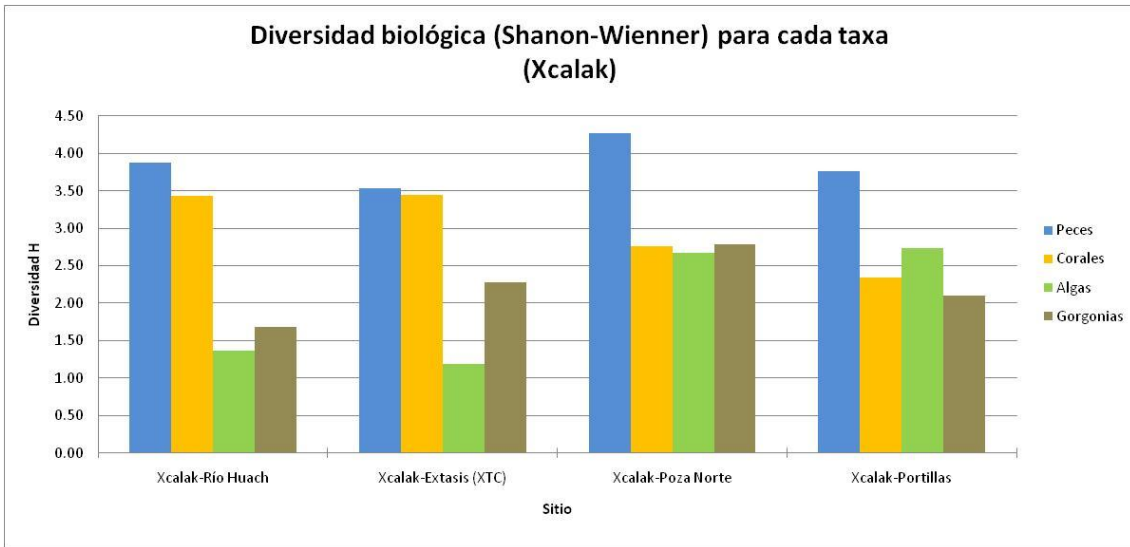
**Ilustración 90: abundancia relativa de algas en PNAX.**

La diferenciación entre los dos sitios más al norte y los otros dos también se observa en la composición de gorgonias. En los primeros, *Pseudopterogorgia bipinnata* es claramente la especie más abundante. Los otros dos sitios, presentan una proporción importante de *Briareum asbestinum*, pero se diferencian claramente por la especie más abundante en cada sitio, siendo *Pseudopterogorgia americana* en "Poza Norte" y *Gorgonia ventalina* en "Portillas".



**Ilustración 91: abundancia relativa de gorgonáceos en PNAX.**

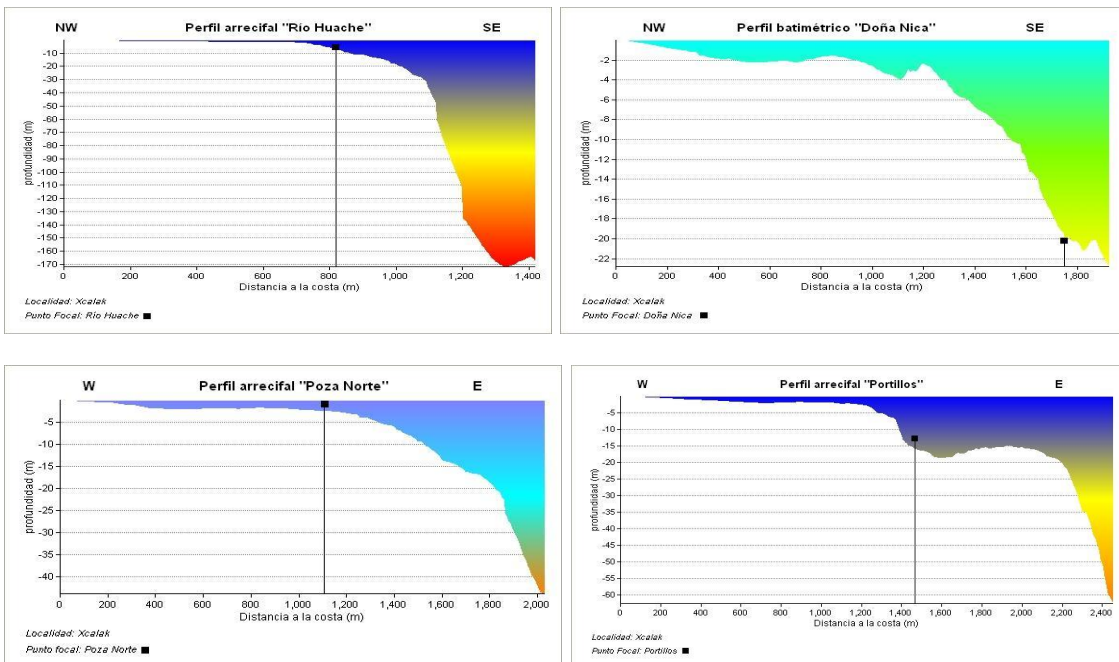
La diversidad biológica encontrada muestra de nuevo una clara diferencia entre los dos grupos de sitios. "Río Huach" y "Extasis" muestran valores mayores de diversidad en corales, mientras que en "Poza Norte" y "Portillas" los valores son mayores en las algas y gorgonias.



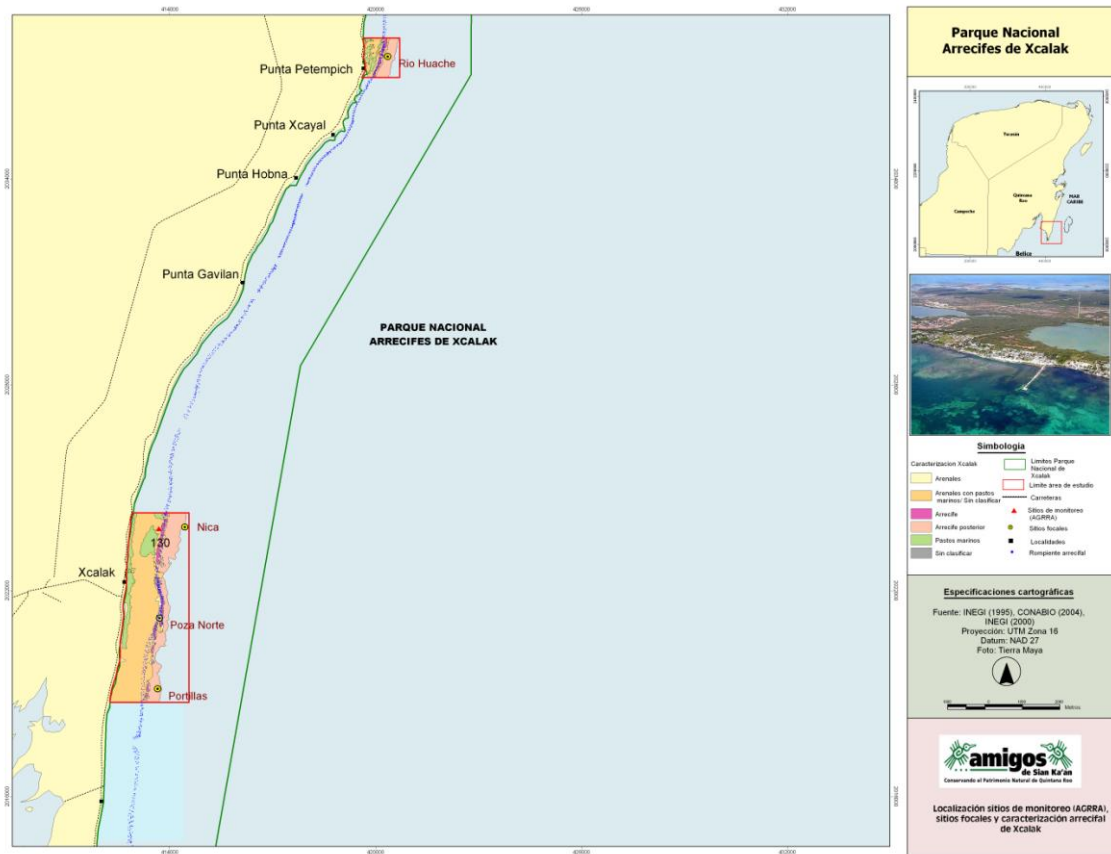
**Ilustración 92: índice de Shanon-Wiener por taxón en PNAX.**

### Producción de mapas de hábitat y perfiles arrecifales

Se cuenta con el mapeo preliminar de los hábitats bentónicos (ver Ilustración 94) realizado como actividad adicional al proyecto, así como los perfiles arrecifales de cada sitio focal. Éstos últimos se elaboraron a partir del modelo batimétrico levantado.



**Ilustración 93: perfiles arrecifales de los sitios monitoreados en PNAX, río Huach, Doña Nica, Poza Norte y Portillos (de izq. a der., de arriba abajo).**



**Ilustración 94: mapeo de hábitat bentónico del PNAX mediante la digitalización manual de imágenes SPOT y ortofotografías de INEGI.**

## Elaboración de la propuesta del plan de monitoreo

El plan de monitoreo elaborado, se entrega como documento adicional a este reporte.

### Discusión y resultados generales

Para tener una visión general de algunos indicadores importantes, se hicieron gráficas comparativas para todos los sitios.

Para la riqueza de especies, en términos generales podríamos decir que no hay una zona en la que se observen valores claramente superiores para todos los taxa, si bien parece que Sian Ka'an sí es la zona con valores más bajos visto en términos genéricos. Para los corales, podríamos decir que Mahahual y Xcalak son las zonas con sitios con mayor riqueza. Para los peces, en cambio, destacan los sitios de Bancho Chinchorro. En cuanto a las gorgonias, Mahahual y Puerto Morelos son las zonas con mayor riqueza, siendo ésta última la que muestra también valores mayores para las algas.

Cabe señalar, que los datos reportados son promedios por transecto, por lo que no pueden considerarse como una medida de riqueza total del sitio, para lo que sería necesario otro tipo de muestreo. Además, la variación mostrada en forma de desviación estándar, indica que las comparaciones deben ser tomadas sólo a modo indicativo, ya que sería necesario un esfuerzo de muestreo mayor para reducir dicha variación.

En cuanto a la abundancia relativa, se debe indicar que los individuos identificados sólo a nivel de género (lo cual sucede con relativa frecuencia especialmente con las gorgonias debido a la dificultad o imposibilidad de identificar los individuos a nivel de especie *in situ*), se contabilizaron de manera general como "Genero sp.", por lo que esto puede haber sobreestimado o subestimado la abundancia de ciertas especies según el caso y los valores de riqueza.

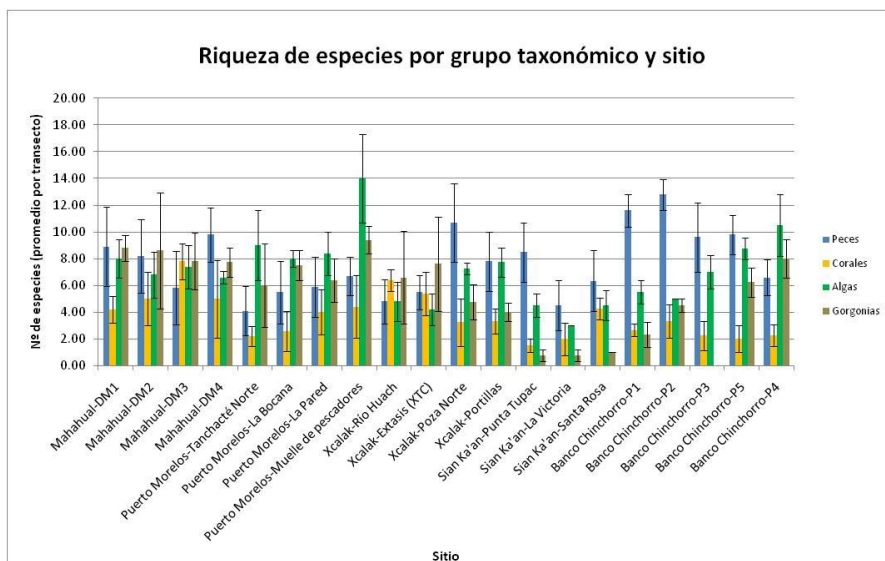
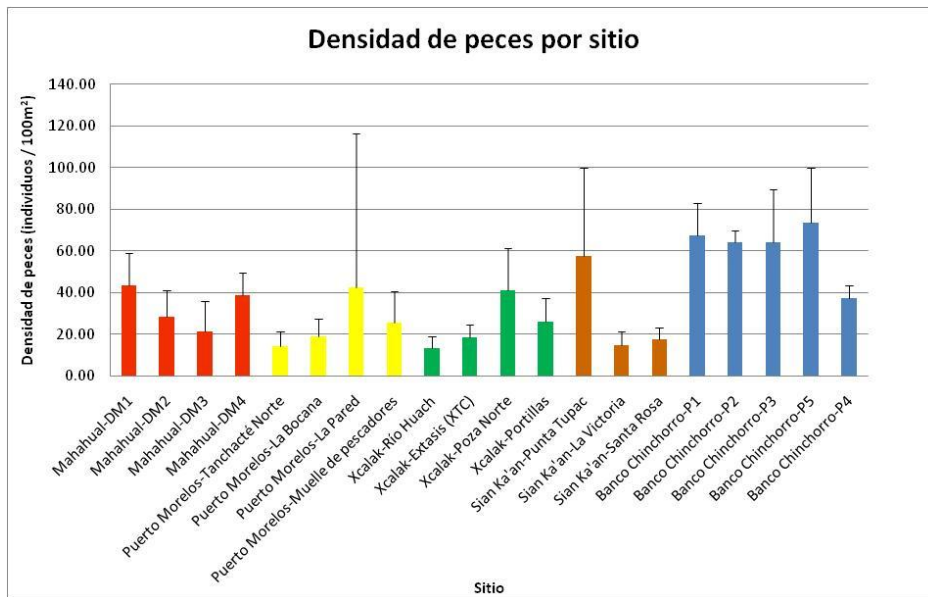


Ilustración 95: riqueza de especies por taxón y sitio.

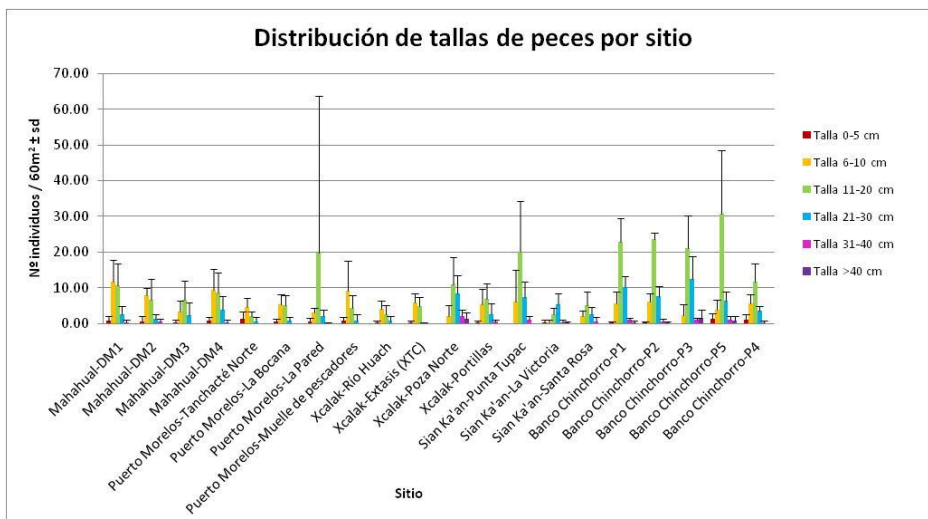


En cuanto a la densidad de peces, se observa claramente que Bancho Chinchorro es la zona con una mayor número de individuos por cada 100 m<sup>2</sup>, aunque Sia Ka'an también presenta valores altos para uno de los sitios (Punta Tupac).



**Ilustración 96: densidad de peces por sitio monitoreado**

Al clasificar las abundancias por talla, se observa que los tamaños de peces más comunes son de 6-10 cm y de 11-20 cm, si bien la mayoría de individuos pertenecen a esta última talla en los sitios donde la abundancia de peces es mayor (Punta Tupac y los sitios de Banco Chinchorro). Además, se observa que para dichos sitios también existen un mayor número de individuos de tallas superiores (especialmente 31-40 cm), lo cual también es cierto para el sitio "Poza Norte" en Xcalak.



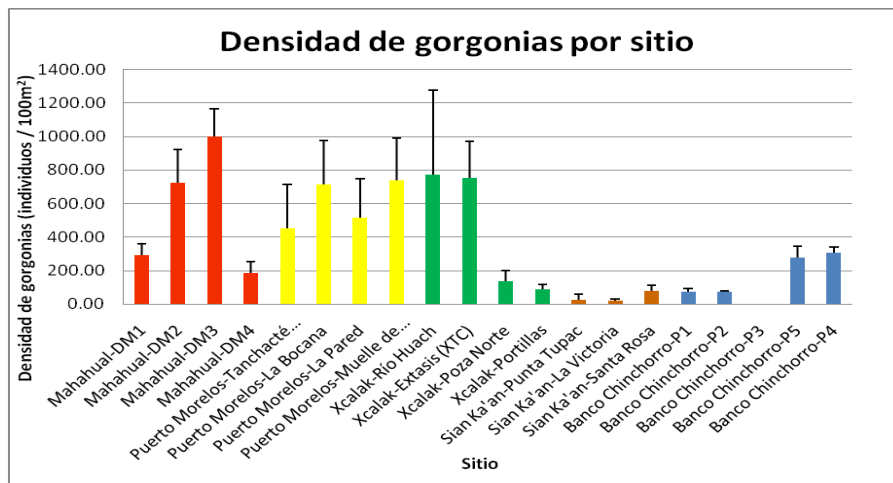
**Ilustración 97: distribución de tallas de peces por sitio monitoreado.**

Es importante señalar, que si bien todos estos datos son indicativos, no necesariamente son representativos del total de las zonas, ya que los sitios focales

fueron seleccionados de manera estratégica, y el número de los mismos es muy reducido en comparación con el área que ocupan cada una de las zonas de estudio.

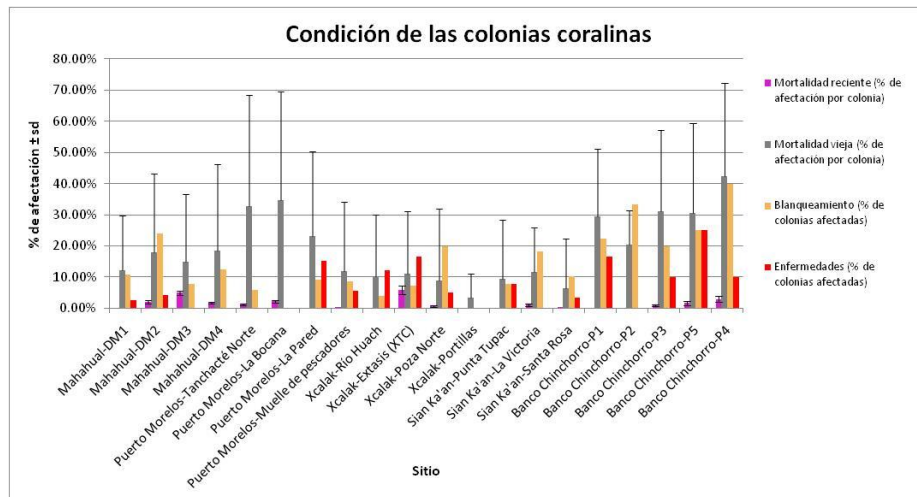
Cuando se compara la densidad de gorgonias entre las diferentes zonas de estudio, se observa claramente una diferencia entre dos grupos de sitios. Por un lado todos los sitios de Puerto Morelos, los sitios "DM2" y "DM3" de Mahahual, y "Río Huach" y Extasis" en Xcalak, muestran valores mucho más altos. Por el otro, todos los demás sitios muestran densidades bajas de gorgonias, es decir, que Sian Ka'an y Banco Chinchorro no tienen ningún sitio con densidades importantes.

Es necesario mencionar, que junto con las limitaciones de representatividad de los datos indicadas arriba, se debe añadir el hecho de que estas diferencias podrían estar indicando, no una diferencia regional, sino una diferencia entre distintos hábitats seleccionados.



**Ilustración 98: densidad de gorgonáceos por sitio monitoreado.**

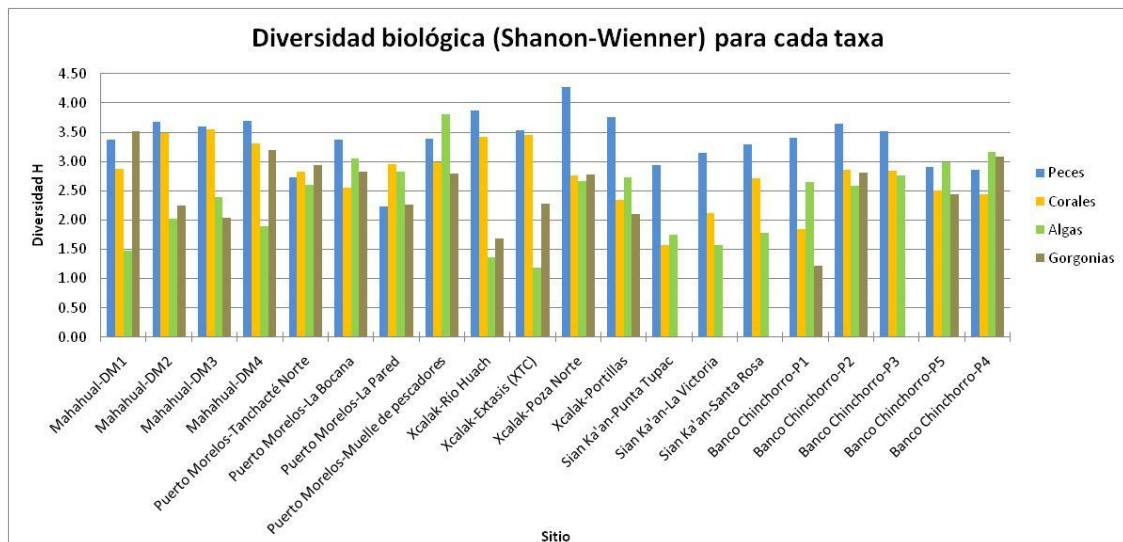
La condición de las colonias coralinas muestreadas muestra diferencias en el promedio de mortalidad vieja, blanqueamiento y enfermedades. Respecto a la mortalidad vieja, Puerto Morelos y Banco Chinchorro son las zonas con valores más altos. En el caso de Banco Chinchorro, puede hipotetizarse que estos valores son indicativos de los efectos que dejó el huracán Dean en el año 2007, si bien estos efectos no aparecen reflejados de la misma manera en los arrecifes de Mahahual; los cuales también sufrieron el paso del ciclón. Banco Chinchorro también destaca por sus valores en cuanto a enfermedades y blanqueamiento, si bien en este último caso los valores entre zonas son difícilmente comparables, ya que esta variable depende de los cambios anuales y mensuales de las condiciones climáticas y los muestreos fueron hechos en diferentes momentos.



**Ilustración 99: condición de las colonias coralinas en los sitios monitoreados.**

Los valores de diversidad biológica, del mismo modo que ya se comentó para la riqueza de especies, son meramente indicativos, ya que para estimar con exactitud dichos valores deben utilizarse metodologías de muestreo específicas para tal fin.

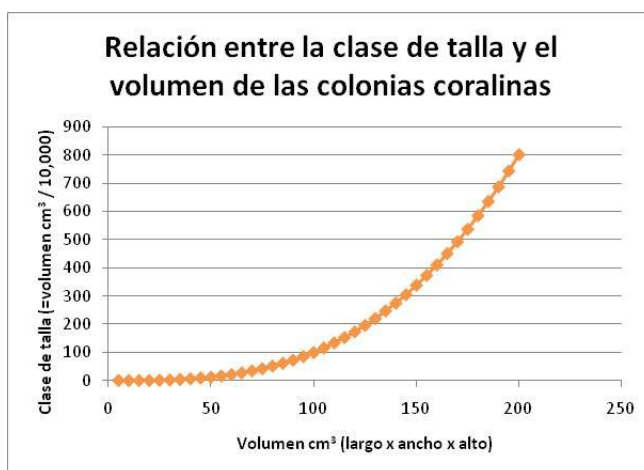
Aun y así, se puede indicar que los sitios en los que se midió una mayor diversidad de corales y peces fueron, en términos generales, en Mahahual y en dos sitios en Xcalak. En cambio para las algas y las gorgonias, los sitios con valores más altos fueron mayoritariamente en Puerto Morelos y Banco Chinchorro.



**Ilustración 100: biodiversidad expresada en índice Shanon-Wiener por taxón y sitio monitoreado.**

Para presentar la distribución de tallas de las colonias coralinas se utilizó el volumen calculado como producto del diámetro máximo, el ancho máximo y la altura de cada colonia. La razón por la que se usó esta medida en vez de únicamente el diámetro máximo, fue para evitar el efecto que la forma de la colonia puede generar en la interpretación errónea de la talla. Por ejemplo, aquellas especies que crecen de forma masiva (e. g. *Diploria strigosa*) guardan una proporción bastante uniforme en los tres

planos de crecimiento (largo, ancho y alto). Sin embargo, aquellas especies que crecen de forma ramificada o predominantemente en un eje espacial determinado (e. g. *Millepora alcicornis*) no mantienen dicha proporcionalidad, pudiendo tener un diámetro relativamente grande pero siendo muy estrechas, es decir, pudiendo tener un diámetro igual al de una colonia masiva pero ocupando un volumen mucho menor. El aspecto negativo de utilizar el volumen para definir las clases es que éste incrementa en una potencia de tres, por lo que si el volumen es mayor, un incremento pequeño de las dimensiones lineales de la colonia implica un gran incremento del volumen (ver gráfica abajo). Esto a su vez genera un gran número de clases de talla y un número reducido de colonias representadas en las tallas superiores, acumulándose la mayoría en las tallas pequeñas. Este efecto puede ser eliminado cambiando los intervalos de las clases en base a una escala más adecuada (logarítmica u otra apropiada), si bien no se hizo en este caso para facilitar la interpretación de las gráficas para el lector no experimentado con esas transformaciones de escala.



**Ilustración 101: relación entre la clase de talla y el volumen de las colonias coralinas.**

Si bien los análisis elaborados en este reporte se hicieron en base a las necesidades estipuladas por el proyecto y los convenios pertinentes, se recomienda ampliarlo al cálculo de otros índices de la condición arrecifal que son esenciales para interpretar correctamente los resultados obtenidos e inferir correctamente el estado de conservación de cada uno de los sitios focales. Dichos índices deberían incluir pero no necesariamente limitarse a: 1) Cobertura coralina y algal, distinguiendo entre algas carnosas, calcáreas incrustantes, calcáreas macro y tipo turf, 2) Biomasa de peces clasificada por grupo trófico y 3) Porcentaje de colonias coralinas totalmente muertas.

Dichos índices y otros de igual importancia que no pueden ser calculados con éste grupo de datos, podrán ser obtenidos a partir del protocolo de monitoreo planteado en el plan anexo a este reporte.

## ***Conclusiones***

Este proyecto ha sido un paso fundamental para iniciar el primer esfuerzo integral, regional e interinstitucional para monitorear sistemáticamente la salud de los arrecifes

de coral de Quintana Roo. Esta etapa, además de permitir avanzar en el trabajo de campo ha representado un proceso de aprendizaje de los aspectos logísticos y operativos de un proyecto pionero de esta envergadura, y con las dificultades que han tenido que solventarse.

El proyecto ha iniciado ya la generación de importantes bases de datos, de líneas de base para el futuro y de alianzas de colaboración y coordinación de monitoreo de arrecifes, lo cual será de gran importancia para la continuidad del proyecto a largo plazo.

En miras a los próximos años es esencial la realización de un taller de estandarización anual con suficientes fondos para que pueda ser llevado a cabo de manera adecuada, ya que de otro modo es imposible medir y reducir el sesgo entre observadores.

Finalmente, es importante resaltar la necesidad imperante de empezar a enfocar esfuerzos en la identificación de las causas de la condición arrecifal, si se quiere mejorar el manejo efectivo de los arrecifes del estado.

## **Trabajos citados**

Claro, R. (1987). *Ecología de los Peces Marinos de Cuba*. Inst. de Oceanol, Academia de Ciencias de Cuba y Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Quintana Roo, México.

*FishBase*. (s.f.). Recuperado el 2010, de <http://www.fishbase.org>

Loya, I. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Marine Biology* (13), 100-123.

Newman, M. J., Paredes, G. A., Sala, E., & Jackson, J. B. (2006). Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters* (9), 1216–1227.

## **ANEXO I (Memorias del Taller de calibración regional)**

### **Taller de calibración/estandarización para la toma de datos de monitoreo arrecifal en el marco del proyecto “CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CONDICIÓN ARRECIFAL EN CINCO ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y UN AREA DE INFLUENCIA, QUINTANA ROO, MÉXICO: PRIMERA ETAPA”**

**Fecha:** 7 de diciembre de 2007

**Lugar:** Instalaciones Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

**Ciudad:** Xcalak, Municipio de Othon P. Blanco, Estado de Quintana Roo, México

**Organizadores:**

Amigos de Sian Ka'an, A.C.

**Objetivos:**

1. Presentación del protocolo que se utilizará en el proyecto.
2. Repaso de criterios de delimitación de colonias, clasificación de blanqueamiento y enfermedades.
3. Calibración y estandarización de los tomadores de datos para minimizar el sesgo del observador.

**Participantes:**

Jorge Gómez Poot (PNAX-CONANP) – Algas, Corales y Gorgonias  
Daniel Ponce-Taylor (GVI) – Peces  
Mayra Macín (GVI) – Corales y Peces  
Yareni Perera - Corales  
Eloy Gayoso – Corales  
Baruch Figueroa Zavala – Corales y Algas  
Shivani Velázquez – Corales y Peces  
Albert Franquesa Rinos – Corales y Gorgonias

**Contacto:**

Biol. Albert Franquesa Rinos  
Coordinador del Programa de Conservación Marina  
Amigos de Sian Ka'an, A.C.  
Tel: (998) 892.29.59  
Cel. (998).228.68.65  
[afranquesa@amigosdesiankaan.org](mailto:afranquesa@amigosdesiankaan.org)  
[www.amigosdesiankaan.org](http://www.amigosdesiankaan.org)

<b>Día 7 de Dic</b>	<b>Hora</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>SESIÓN MAÑANA</b>	08:00 a.m. 09:00 a.m.	<b><u>Introducción al Taller</u></b> Presentación del protocolo para corales y Gorgonias y Algas	Biol. Albert Franquesa Rinos Amigos de Sian Ka'an, A.C
	09:00 a.m. 09:30 a.m.	Estimación de porcentajes y límites para colonias, colocación del transecto, llenado de los formatos, etc.	
	09:30 a.m. 10:00 a.m.	Criterios para la clasificación de blanqueamiento y las enfermedades.	
	10:00 a.m. 10:45 a.m.	Presentación del protocolo para Peces	
	10:45 a.m. 11:30 a.m.	Explicación de la logística y preparación del buceo	Todos los participantes
	12:00 p.m. 03:00 p.m.	1r Buceo	
<b>Receso</b>	03:00 p.m. 04:00 p.m.	Almuerzo	
<b>SESIÓN DE TARDE</b>	04:00 p.m. 06:00 p.m.	Análisis y comparación de los datos a) Captura de datos en hojas b) Discusión	Todos los participantes