



---

# Monitoreo de Arrecifes Coralinos de Xcalak, Quintana Roo Mexico: 2000-2001 Reporte final.

---

Amigos de Sian Ka'an

2000

**Cita:**

*Quintana Roo, Mexico: Amigos de Sian Ka'an*

Para más información se ponen en contacto con: Pamela Rubinoff, Coastal Resources Center, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island. 220 South Ferry Road, Narragansett, RI 02882. Teléfono: 401.874.6224 Fax: 401.789.4670 Email: rubi@gso.uri.edu

Este proyecto (1998-2003) pretende la conservación de los recursos costeros críticos en México construyendo capacidad para las ONGs, Universidades, comunidades y otros usuarios claves públicos y privados, con ello promover un manejo integrado costero participativo y realizar la toma de decisiones. Esta publicación fue hecha posible a través del apoyo proporcionado por la Agencia estadounidense para la Oficina del Desarrollo Internacional de Ambiente y Oficina de Recursos Natural para Crecimiento Económico, Agricultura y Comercio bajo los términos del Acuerdo Cooperativo #PCE-A-00-95-0030-05.



“MONITOREO DE ARRECIFES CORALINOS DE XCALAK, QUINTANA ROO,  
MEXICO”  
Reporte final

Fuente de financiamiento: UNIVERSIDAD DE RHODE ISLAND  
Y USAID FUNDING

Institución: AMIGOS DE SIAN KA'AN A.C.  
Crepúsculo No. 18, SM. 44. Mza. 13, Fraccionamiento Alborada  
AP 770. CP. 77506. Cancún, Quintana Roo, México.  
Tel/fax: 01(98) 80-60-24/ 48-16-18/ 48-15-93  
E-mail: [sian@cancun.com.mx](mailto:sian@cancun.com.mx)

Director ejecutivo  
Biol. Marco A. Lazcano Barrero.

Coordinador proyecto MIRC  
Biol. Carlos López Santos

Ecol. Mar. Alejandro Vega Zepeda<sup>1</sup>      Biol. Rosa Ma. Loreto Viruel<sup>1</sup>

Participantes:

Biol. Wady Hadad López<sup>1</sup>

Alejandro Batun<sup>3</sup>

Gerardo Arreola<sup>3</sup>

M.C. Ricardo González Hunt<sup>1</sup>

Instr. Suzanne Redman<sup>2</sup>

Roman Gonzales<sup>3</sup>

Dr. Carlos A. García Saez<sup>4</sup>

M.C. Grant Murray<sup>5</sup>

Capitanes de las embarcaciones:

Vidal Batun<sup>3</sup>

Fortunato Herrera<sup>3</sup>

Marcelo González<sup>3</sup>

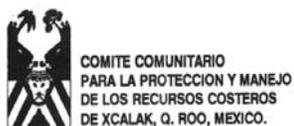
<sup>1</sup>Amigos de Sian Ka'an A.C.

<sup>2</sup>Tienda de buceo “XTC”

<sup>3</sup>Comunidad de Xcalak

<sup>4</sup>Universidad de Rhode Island

<sup>5</sup>Universidad de Duke



## INDICE

I) INTRODUCCIÓN.....	2
II) OBJETIVOS.....	2
III) ANTECEDENTES.....	3
IV) ÁREA DE ESTUDIO.....	3
V) METODOLOGÍA.....	4
VI) RESULTADOS.....	5
6.1) Poza Norte.....	6
6.2) Poza Frontera.....	9
6.3) Doña Nica.....	12
6.4 )Hob-na.....	15
6.5) Río Huache.....	17
VII) DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	20
VIII) RECOMENDACIONES.....	22
IX) TABLAS Y GRÁFICAS .....	23
X) MAPAS.....	36
XI) BIBLIOGRAFÍA.....	40

## I) INTRODUCCIÓN

Quintana Roo tiene una línea de costa de 860 km. (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1985). El turismo representa la fuente más importante generadora de divisas del país, en especial en el Caribe mexicano.

En la costa sur de Quintana Roo se encuentra una gran diversidad de ecosistemas interdependientes: arrecifes de coral, humedales, lagunas costeras, playas y selvas, entre otros, en buen estado de conservación y que son susceptibles de ser aprovechados con fines turísticos y pesqueros principalmente.

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más diversos del planeta, los cuales conforman un hábitat de alta heterogeneidad espacial donde cientos de especies pueden coexistir (Stoddard, 1969; Conell, 1978). Debido a su riqueza biológica, han sido explotados durante siglos por el ser humano para diversos fines como lo son la alimentación, construcción, medicina, joyería o en el esparcimiento de otras actividades.

Además de su importancia económica y biológica los arrecifes tienen otras funciones relevantes: proteger a la costa del oleaje y las tormentas, y contribuyen a la formación de playas arenosas y caletas y previniendo la erosión de las mismas (Green, 1977; Gómez y Green, 1984; IUCN/UNEP, 1988).

Existen múltiples razones para proteger a los arrecifes coralinos, ya que en nuestro país como en otras partes del mundo, los arrecifes están sujetos a diferentes tipos de amenazas tanto antropogénicas como naturales. Unas de las principales amenazas causadas por el hombre es la sobrecarga turística, la sobre explotación pesquera y la contaminación.

Para proteger a estos ecosistemas, se tiene que llegar a un equilibrio entre el desarrollo de actividades productivas y las actividades de protección. Para esto es necesario conocer cuales son las principales especies que conforman la comunidad arrecifal, cuales son dominantes, el número de individuos, el estado en que se encuentra el arrecife, etc.

Para determinar la respuesta que presentan diferentes zonas del arrecife sometidas a diferentes tipos de actividades, es necesario mantener un programa de monitoreo en cual se tomen y analicen datos y parámetros, los cuales nos podrían dar una idea de los efectos que causa dicha actividad y poder identificar posibles soluciones al problema.

## II) OBJETIVOS

Objetivo general: Establecer un programa de monitoreo para evaluar la condición del arrecife de acuerdo a su uso a través del tiempo.

Objetivos particulares:

- 1.- Conocer la condición del arrecife en cada una de las áreas destinadas a un uso en particular.
- 2.- Involucrar a los usuarios en el monitoreo de arrecifes del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak".

## III) ANTECEDENTES

Durante los últimos años los pobladores de Xcalak se ha preocupado por los recursos naturales que se encuentran en su comunidad, sobre todo en el aspecto pesquero pues se ha visto una disminución de especies con valor comercial (J. Carranza *et al*, 1996).

Durante los meses de julio y septiembre de 1993, y de octubre a diciembre de 1994 Amigos de Sian Ka'an A.C. y Biocenosis A.C. realizaron la caracterización de los arrecifes del Sur del estado de Quintana Roo (Gutierrez *et al.*, 1996), en donde el estudio abarco desde Tantaman hasta Boca Bacalar Chico, frontera México-Belice. En 1996 se trabajo durante el mes de abril en la zona conocida como "la poza", la cual se encuentra a lo largo de la costa de Xcalak, con esto se complemento el estudio de caracterización antes mencionado.

En Junio de 1995, la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "Andrés Quintana Roo S.C.L.", entregó una carta al Ing. Mario Villanueva Madrid, Gobernador constitucional del Estado de Quintana Roo, una solicitud de los pescadores para que los apoyara en la conservación de los recursos naturales de la zona y para llevar a cabo un desarrollo turístico compatible con la conservación. El C. Agustín Adolfo Acevedo Young, por medio del C. Rodolfo Ogarrío Director General de la Fundación Mexicana para la Educación Ambiental A.C., envió un escrito al Instituto Nacional de Ecología (INE) de la SEMARNAP, donde expone el interés que existe para que el área conocida como Xcalak, que se encuentra al sur del estado de Quintana Roo, sea decretada como Area Natural Protegida.

A partir de esto la comunidad de Xcalak solicitó a Amigos de Sian Ka'an A. C. y a la Universidad de Rhode Island, apoyo para presentar la información requerida en los términos del INE para la creación de un Area Natural Protegida, dando como resultado que en abril se realizara la "Caracterización de la zona de Xcalak, México, Propuesta para el establecimiento del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak".

En noviembre de 1999 se inicia un primer monitoreo de selección en algunas áreas arrecifales que fueran representativos por el uso al que estaban sometidos. La metodología que se utilizó fue la propuesta por el programa AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment).

En el mes de septiembre del 2000 se realiza el primer monitoreo de arrecifes utilizando la metodología del transecto por cadena en los sitios denominados Poza Frontera (zona de uso pesquero), Poza Norte (zona de uso turístico) y Doña Nica (zona de uso pesquero). En octubre del 2000 se realiza un segundo monitoreo en los sitios antes mencionados para evaluar los efectos del Huracán Keith sobre el ecosistema arrecifal. En el mes de Marzo del 2001 se lleva acabo el tercer monitoreo de los arrecifes del Parque; anexándose dos nuevos sitio, Río Huache ubicado en la zona núcleo de uso restringido y Hob-na el cual se encuentra dentro de la zona de repoblación pesquera (mapa 1)

En noviembre del 2000, es publicado en el Diario Oficial el Decreto del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak", donde el polígono abarca desde el norte de Playa Escondida hasta la frontera México-Belice.

#### IV) ÁREA DE ESTUDIO

En la costa sur del estado de Quintana Roo se localiza la península de Xcalak, entre los paralelos 18° 10' y 19° 06' latitud Norte y los meridianos 87° 33' y 88° 05' longitud Oeste, abarcando un área aproximada de 3000km<sup>2</sup> más zona litoral. Pertenece al municipio de Othón P. Blanco y colinda al Norte con la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (limite municipal), al Este con el mar Caribe, al Sur con la frontera México-Belice y al Oeste con la Bahía de Chetumal (mapa 2).

La península de Xcalak esta formada por rocas sedimentarias marinas de carbonato autigenico y anhidritas (López, 1974), cuyo origen corresponde al Mioceno y Plioceno, mientras que la plataforma continental data del Holeceno.

Esta área carece de ríos superficiales (Barrera, 1962). El agua pluvial se absorbe rápidamente, el escurrimiento es nulo y la evaporación es máxima debido a la elevada temperatura, sin embargo se verifica una circulación hídrica subterránea con dirección NW-SE, aflorando en una serie de cavernas de diversas dimensiones.

El tipo de clima en la zona es Aw(x'j), que corresponde a un cálido subhúmedo, con lluvias en verano y parte del invierno. La oscilación térmica es menor a 5°C y el mes más cálido corresponde a enero. La precipitación anual fluctúa entre los 1200 y 1300 mm y en promedio se presentan 139 días de lluvia al año. Los nortes se presentan en otoño e invierno y los huracanes entre agosto y septiembre.

Los tipos de vegetación que se encuentran en la península de Xcalak son: selva media subcaducifolia, selva media subperennifolia, selva baja inundable, manglar y algunas asociaciones (peténes, tuláres, duna costera, pantanos y tasitales).

En el corredor Xcalak- Punta Herrero se registraron 39 especies de mamíferos. Algunas de estas especies están consideradas en la NOM-059-ECOL-1994 como en peligro de extinción, por ejemplo el jaguar (*Panthera onca*).

El área arrecifal frente a la península de Xcalak se encuentra definida por tres zonas arrecifales, la primera y más cercana a la costa es la Laguna Arrecifal, siguiendo Cresta Arrecifal, la cual se encuentra dividida por tres subzonas: arrecife posterior (Po), rompiente (Ro) y transición barlovento (TB), la siguiente zona es el Arrecife Frontal el cual tiene dos subzonas: Frontal Interior (FI) y Frontal Exterior (FE). Frente al poblado de Xcalak se encuentra una estructura arrecifal poco común, a la cual los habitantes de la zona la conocen como "La Poza" (mapa 3). Uno de los rasgos más significativos de La Poza de Xcalak es la presencia de un sistema de macizos y canales, los cuales son típicos del Arrecife Frontal (Gutiérrez *et al.*). La Poza cuenta con una gran riqueza biológica, por lo tanto se debe proteger y utilizar estos recursos de manera sustentable; las actividades turísticas bien enfocadas son una alternativa para proporcionar recursos económicos a los pobladores del área.

#### V) METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio se seleccionaron 5 sitios de monitoreo los cuales fueron: Poza Norte, Poza Frontera, Doña Nica, Hob-na y Río Huache. Estos sitios cuentan con características propias y se localizan en zonas con diferentes usos. Los sitios seleccionados para el monitoreo fueron marcados permanentemente con dos estacas de metal señalando la dirección del transecto, colocando bollas a media agua y tomando la posición geográfica con un GPS para facilitar su localización en la siguiente fase de monitoreo.

Sitio	Localización		Orientación	Profundidad	Uso
	Latitud	Longitud			
<b>Poza Norte</b>	18°15'38.2"N	87°49'29.4"W	Norte-Sur	30 ft	Turístico y no tocar
<b>Poza Frontera</b>	18°11'39.71"N	87°49'41.99"W	Este-Oeste	53 a 36 ft	Pesquero
<b>Doña Nica</b>	18°17'13.75"N	87°49'03.66"W	Este-Oeste	65 a 54 ft	Turístico
<b>Hob-na</b>	18°23'05.60"N	87°46'43.02"W	Oeste-Este	36 a 28 ft	Repoblación pesquera
<b>Río Huache</b>	18°25'18.01"N	87°45'27.45"W	Este-Oeste	30 a 20 ft	Zona núcleo uso restringido

La toma de datos se realizó por medio de transectos. Un transecto consiste en una cadena de plástico con 20 m de longitud (600 eslabones). Se realizó un transecto por sitio de monitoreo, el cual se extendió a lo largo de las estructuras arrecifales tratando de que no abarcara alguna zona de arena. Se registró la profundidad y dirección a la que se colocaba cada transecto.

Los grupos taxonómicos considerados para este estudio fueron los corales escleractinios (corales duros), macroalga y peces.

Corales escleractinios: Se registraron a lo largo del transecto de 20 metros y 0.5m a ambos lados del mismo. En esta área se tomaron datos de especies, cobertura, tamaño, densidad de colonias de coral. La identificación se hizo hasta nivel de especie, la cobertura de tejido vivo se estimó contando el número de

eslabones que pasaban por encima de las colonias de coral. La densidad es el resultado del número de colonias en los 20m<sup>2</sup> del área, estimando el tamaño de la colonia midiendo el largo y ancho con una cinta métrica de plástico, también se estimó el porcentaje de muerte, blanqueamiento o enfermedad que presentaban las colonias.

Algas: Se registraron a lo largo de un transecto de 20 metros lineales las especies y la cobertura que presentaban. La identificación se realizó hasta el nivel de especies, registrando el número de eslabones que ocupaba cada especie, de esta manera se obtuvieron las coberturas por especies.

Peces: Para la toma de datos de peces se utilizaron dos tipos de censos: el del transecto y el estacionario, este último es último se realizó para registrar el mayor número de especies precedentes en el área de monitoreo.

Transecto. En un transecto de 20 metros se tomaron 1 metro a cada lado de este (20x2), resultando un área de 40m<sup>2</sup>, donde se registraron el número de especies, la densidad y tamaño de los peces. El registro de los peces arrecifales se efectuó mediante un censo visual realizando dos recorridos sobre el transecto de 20 x 2 metros registrando el número de especies, el número de individuos así como su tamaño.

Estacionario: Este método consiste en realizar un censo visual estacionario en un radio aproximado de 5 m, dependiendo de la visibilidad, tomando las especies, la densidad y la talla de los peces.

La identificación de especies de los tres grupos se realizó “*in situ*” con ayuda de claves y guías de campo.

Los índices de diversidad y equitabilidad de Shannon-Wiener, se obtuvieron mediante el programa Basic (Mega Stats-program) de la Universidad de Manchester.

Para identificar los pares de fases en los cuales se espera que sean inconsistentes las comparaciones entre los índices de diversidad (Macias, 1994). Se graficaron los valores de rango de abundancia específica contra abundancia proporcional acumulada por fase y sitio de monitoreo, según lo sugerido por Lambshead *et al.* (1983),

## VI) RESULTADOS

Cada sitio de monitoreo cuenta con características propias, determinadas por las estructuras arrecifales que lo conforman.

Para las diferentes fases de monitoreo se utilizaron las siguientes claves:

Fecha de monitoreo	Clave
Septiembre del 2000	2000
Octubre del 2000 (después del huracán Keith)	2000K
Marzo del 2001	2001M
Julio del 2001	2001J

### 6.1) POZA NORTE

Este sitio se encuentra en la punta donde principia la formación llamada “la Poza”, en las coordenadas 18°15'38.2"N; 87°49'29.4"W, en una zona de “uso turístico” y definido como área de no pesca por parte de la comunidad, aunque hasta ahora no ha sido respetado al 100%. En esta área se dominan los montículos de *Montastrea annularis* y algunas colonias de coral pilar (*Dedrogira cilindrus*). La profundidad máxima es de 30 ft, donde se inicia la formación arrecifal por la pared interior hasta la superficie. El fondo está compuesto por un arenal con pedacera de coral.

## Corales escleractinios

### Riqueza de especies

A través de las cuatro fases de monitoreo se registraron 17 especies de corales duros pertenecientes a 7 familias y 2 especies de hidrocorales pertenecientes a 1 familia. En la primer fase de monitoreo (2000) se registró 8 especies, en la segunda fase (2000K) se registraron 10 especies, disminuyendo el número de especies en la fase 2001M a 7, aumentando nuevamente el registro en la fase 2001J donde se registraron 15 especies. Las especies *Mycetophyllia ferox*, *Dichocoenia stokesii*, *Diploria laberintiformis*, *Mycetophyllia lamarckiana*, *Eusmilia fastigiata* y *Montastrea faveolata*, se registraron solo una vez en diferentes fases de monitoreo.

### Cobertura de tejido coralino vivo

En la fase 2000 se registro una cobertura de  $18.66\% \pm 18.17\%$ , presentándose un aumento en la fase 2000K ( $29.66\% \pm 31.62\%$ ), disminuyendo nuevamente en las fases 2001M y 2001J ( $24.16\% \pm 25.4\%$  y  $20.05\% \pm 19.38\%$  respectivamente) (figura 1). En las cuatro fases de monitoreo el genero *Montastrea* registro la mayor cobertura comparada con los demás géneros.

### Tejido coralino muerto

El mayor porcentaje de tejido muerto se registro en el monitoreo del 2000 (37.66%), disminuyendo para el monitoreo 2000K (15%), aumentando ligeramente en el monitoreo 2001M (19.44%), y por ultimo el monitoreo 2001J con 11.32% (figura 1).

### Enfermedades y Blanqueamiento

En esta estación de monitoreo no se registro ningún tipo de enfermedad ni blanqueamiento de coral. Las partes de las colonias que fueron sepultadas por la sedimentación que origino el huracán Keith siguen bajo la arena, ya que la remoción de sedimento de sedimento dentro de la Poza es casi nula.

### Densidad

La mayor densidad de colonias se registró en el monitoreo del 2001J con  $3.2 \pm 1.7 \text{ ind/m}^2$ , seguido por los monitoreos 2001M y 2000K ambos con un registro de  $1.35 \text{ ind/m}^2$ , mientras que en el monitoreo 2000 se registro una densidad de  $0.95 \pm 0.86 \text{ ind/m}$  lineal (figura 2). En los monitoreos 2000 y 2001M el genero *Montastrea* registro el mayor número de colonias, mientras que en los monitoreos 2000K y 2001J el genero *Agaricia* presento la mayor densidad.

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

La diversidad de especies, así como la equitabilidad, con respecto a la cobertura, presenta diferencias entre los monitoreos; registrándose una mayor diversidad en el monitoreo 2000K con una baja equitabilidad ( $H'=1.63$ ,  $J'=0.7092$ ), en los monitoreos 2000 y 2001J se registro la misma diversidad ( $H'=1.55$ ) no siendo así con la equitabilidad ( $J'=0.7478$  y  $J'=0.7082$ ), mientras que en el monitoreo 2001M se registro la más baja diversidad y la más alta equitabilidad ( $H'=1.52$  y  $J'=0.782$ ) (tabla 2).

### Curvas de abundancia acumulada

Graficando los rangos de abundancia especifica contra los rangos de abundancia acumulada de cada especie registrada en las diferentes fases de monitoreo, encontramos que todas las curvas presentan cruzamiento por lo tanto no son comparables en términos de diversidad (figura 3).

El cruce de las curvas indica que los resultados obtenidos por diferentes índices de diversidad pueden ser contradictorios según den mayor importancia a la riqueza de especies o a la equitabilidad y por lo tanto la diversidad entre ambas no será directamente comparable (Lambshead *et al.*, 1983; Macias, 1994).

Al aplicar una prueba “t” a los índices de diversidad de Shannon-Wiener de las curvas que presentaron cruzamiento, encontramos que entre las fases 2000 - 2000K no existe diferencia significativa ( $t_{0.05}=1.308$ ;  $g.l=229.68$ ), lo mismo ocurre entre las fases 2000 - 2001J ( $t_{0.05}=1.004$ ;  $g.l=232.85$ ) y 2000K - 2001J ( $t_{0.05}=0.209$ ;  $g.l=256.78$ ) ( $t<1.96$ ); mientras que para las fases 2000K - 2001M ( $t_{0.05}=4.738$ ;  $g.l=318.16$ ,  $p=0.5$ ), 2001M - 2001J ( $t_{0.05}=4.294$ ;  $g.l=212.18$ ) y 2000 - 2001M ( $t_{0.05}=5.332$ ;  $g.l=188.68$ ) presentan diferencias significativas ( $t_{0.05}>1.96$ ).

## Algas

### Riqueza de especies

En el sitio Poza Norte, a través de las cuatro fases de monitoreo se obtuvo un registro de 38 especies de algas pertenecientes a cuatro divisiones; presentándose el mayor número en la fase 2001J (27 especies), siguiendo la fase 2001M (20 especies), la fase 2000K (18 especies) y la fase 2000 con 17 especies (tabla 3).

### Cobertura

La cobertura a aumento y disminuyo en las tres primeras fase de monitoreo; La fase 2000 presento una cobertura algal de  $68.16\% \pm 38.73\%$ , disminuyendo en la fase 2000K ( $57.0\% \pm 31.40\%$ ), aumentando nuevamente en la fase 2001M ( $66.0\% \pm 23.01\%$ ), registrándose la máxima cobertura algal en la fase 2001J con  $68.66\% \pm 32.97\%$  (figura 4). En las fases 2000, 2001M y 2001J la especie *Lobophora variegata* presentó una mayor abundancia, mientras que en la fase 2000K la especie dominante fue *Halimeda goreau*.

A nivel de división las algas verdes (Chlorophytas) fueron más abundantes en las fases 2000K y 2001M, mientras que en las fases 2000 y 2001J la mayor abundancia la presentaron las algas cafés (Phaeophytas)

Analizando la cobertura por grupos funcionales de algas tenemos que la macroalgas presentaron la más alta cobertura en todas las fases de monitoreo, aportando más del 50% de la cobertura total en la mayoría de las fases, excepto en la 2000K (40.33%); las algas costrosas registraron en segundo lugar en cobertura en las fases 2000 y 2001J (6.33% y 7.66%) respectivamente; mientras que las algas filamentosas presentaron el segundo lugar en las fases 2000K (8.83%) y 2001M (3.66%) (figura 5).

### Diversidad ( $H'$ ) y Equitabilidad ( $J'$ )

En la fase 2000K se registro la mayor diversidad ( $H'=2.5009$ ) y equitabilidad ( $J'=0.8653$ ), la fase 2001J presento el segundo índice más alto de diversidad ( $H'=2.493$ ) y el más bajo de equitabilidad ( $J'=0.7564$ ); la fase 2000 registro el tercer lugar con respecto a la diversidad ( $H'=2.4258$ ) y el segundo en equitabilidad ( $J'=0.8562$ ); finalmente en la fase 2001M se registro la más baja diversidad para este sitio ( $H'=2.3862$ ) y el tercer lugar en equitabilidad ( $J'=0.7965$ ) (tabla 4).

### Curvas de abundancia acumulada

Las seis combinaciones posibles en términos de diversidad presentaron cruzamiento en sus curvas de abundancia acumulada, por lo tanto ninguna fase es comparable en términos de diversidad (figura 6).

Al aplicar una prueba “t” a las fases cuyas curvas se cruzan, encontramos que entre las fases 2000 –2001M presentó una  $t_{0.05}<1.96$  lo cual indica que no existe diferencia significativa ( $t_{0.05}=1.457$ ;  $g.l=769.19$ ); las cinco comparaciones restantes presentaron una  $t_{0.05}>1.96$ , 2000 – 2000K ( $t_{0.05}=5.592$ ;  $g.l=738.06$ ); 2000 – 2001J ( $t_{0.05}=12.295$ ;  $g.l=3047.4$ ); 2000K –2001M ( $t_{0.05}=3.592$ ;  $g.l=732.66$ ); 2000K –2001J ( $t_{0.05}=7.285$ ;  $g.l=740.5$ ) y 2001M – 2001J ( $t_{0.05}=10.02$ ;  $g.l=805.84$ ), por lo tanto existe diferencia significativa entre ellas con respecto a la diversidad.

## Peces

### Riqueza de especies

La lista de especies acumulada de las cuatro fases de monitoreo presentó un total de 49 especies de peces, las cuales están distribuidas en 22 familias; 23 de las 49 especies son de importancia comercial. Las fases donde se registro el mayor numero de especies fueron la 2000 y 2001M ambas con 22, la fase 2000K registro 20 especies y la fase 2001J tuvo 14 especies (tabla 5). En este sitio se observaron durante las diferentes fases de monitoreo un cardumen de Sábalos (*Mealops atalnticus*).

### Densidad

La mayor densidad se registro en la fase 2000K (2.7 ind/m<sup>2</sup>); siguiendo la fase 2001J con 1.6 ind/m<sup>2</sup>; la fase 2001M con 1.07 ind/m<sup>2</sup> y por ultimo la fase 2000 con 0.64 ind/m<sup>2</sup> (figura7). La especie *Thalassoma bifasciatum* el cual es un pez omnívoro registro la mayor densidad en las fases 2000, 2001M y 2001J; mientras que la especie *Chromis cyanea* presento la mayor densidad en la fase 2000K.

El análisis de peces comerciales se realizó a nivel de familia, tomándose en cuenta las tres más importantes por su densidad: (Scaridae (peces loro), Lutjanidae (pargos) y Haemulidae (roncos). La familia Lutjanidae registro la mayor densidad de individuos en las fases 2000 y 2000K con 0.096 ind/m<sup>2</sup> y 0.287 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en las fases 2001M y 2001J la Familia Scaridae (peces loro) registró la mayor densidad (0.175 ind/m<sup>2</sup> y 0.1 ind/m<sup>2</sup>) respectivamente (figura 8).

En lo que respecta al tamaño de los peces comerciales, para este sitio en las dos primeras fases la familia Serranidae (meros, cabrillas, chernas) presento las mayores tallas promedio (2000= 42.7cm; 2000K=33.6cm), y para las dos últimas fase la familia Haemulidae (roncos) fueron los más grandes (2001M=25.9cm; 2001J=25.5cm).

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

La diversidad más alta se registro en la fase 2000 (H'=2.6247), mientras que la equitabilidad presento el tercer lugar con respecto a las demás fases (J'=0.8491); en la fase 2001M se presento la segunda más alta diversidad (H'=2.6068) y la más alta diversidad (J'=0.9014); la fase 2001J obtuvo el tercer lugar con respecto a la diversidad (H'=2.2765) y el segundo en equitabilidad (J'=0.8626); por ultimo en la fase 2000K se registraron los índices más bajos de diversidad (H'=1.8934) y equitabilidad (J'=0.7174) (tabla 6).

### Curvas de abundancia acumulada

De las seis combinaciones posibles, tres presentan cruzamiento (2000-2001M; 2000K-2001M y 2000K-2001J), por lo tanto estas fases no son comparables entre si en términos de diversidad. Entre las fases cuyas curvas no presentan cruzamiento, tenemos que la fase 2000 resulto ser más diversa que las fases 2000K y 2001J, puesto que la curva de la fase 2000 esta por debajo de las curvas de las fases anteriores; por otro lado la curva de la fase 2001M pasa por debajo de la curva de 2001J por lo tanto la fase 2001M es más diversa (figura 9). Estos resultados apoyan a los obtenidos aplicando el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Aplicando una prueba "t" a las fases cuyas curvas se cruzan encontramos: 2000-2001M ( $t_{0.05}=3.604$ ;  $g.l=187.42$ ); 2000K-2001M ( $t_{0.05}=6.87$ ;  $g.l=266.76$ ) y 2000K-2001J ( $t_{0.05}=5.99$ ;  $g.l=184.73$ ); por lo tanto existe una diferencia significativa entre estas, ya que presentaron una  $t_{0.05}>1.96$ .

## 6.2) POZA FRONTERA

Este sitio se localiza al sur del poblado de Xcalak, cerca de la frontera con Belice, en las coordenadas 18°11'39.71''N; 87°49'41.99''W, dentro del polígono del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak" en la zona

de "uso pesquero". En este sitio se registra una profundidad máxima de 93 ft desde la base, elevándose hasta 36 ft. Se observa un sistema de macizos coralinos y canales de arena en la pared interna de la Poza. La base de los macizos se compone principalmente de coral muerto cubierto de algas verdes (*Halimeda*).

### Corales escleractinios (corales duros)

#### Riqueza de especies

En este sitio de monitoreo, a través de las cuatro fases de monitoreo se registraron un total de 17 especies de corales duros y 1 especies de hidrocoral, pertenecientes a 8 familias. En La fase 2000 se registraron 11 especies de corales, disminuyendo en la fase 2000K a 10 especies , registrándose nuevamente 11 especies en la fase 2001M, finalmente en la fase 2001J se registraron 13 especies (tabla 1). Las variaciones en la composición específica entre las fases es mínima. Las especies *Isophyllia sinuosa*, *Madracis decactis* y *Millepora alcicornis* se presentaron solo una vez en diferentes fases de monitoreo, las dos ultima se registraron en la fase 2001J (tabla 1).

#### Cobertura de tejido coralino vivo

La más alta cobertura coralina se registró en la fase 2000 con 28% 29.52%, disminuyendo aproximadamente 4% en la la fase 2000K (24.16% 24.4%), aumentando ligeramente en la fase 2001M a 25% 24.5%, por ultimo la fase 2001J registro un 19% 14.4% de cobertura (figura 1). En la fase 2000 el genero *Porites* apporto el mayor porcentaje de cobertura, mientras que para las fases 2000K, 2001M y 2001J fue el genero *Montastrea*.

#### Tejido coralino muerto

La fase 2000 presentó un 26.4% de tejido coralino muerto, mientras que en la fase 2000K el registro fue menor (21.34%), aumentando nuevamente en la fase 2001M (26.57%), por ultimo la fase 2001J donde se presento el menor registro de tejido muerto con 16.98% (figura 1).

#### Enfermedades y Blanqueamiento

En este sitio no se registro ningún tipo de enfermedad en las colonias coralinas ni blanqueamiento.

#### Densidad

La mayor densidad de colonias se registró en la fase 2001J con 2.65 col/m<sup>2</sup> 1.15 col/m<sup>2</sup>; siguiendo la fase 2001M con 1.75 col/m<sup>2</sup> 1.29 col/m<sup>2</sup>; la fase 2000K con 1.3 col/m<sup>2</sup> 1.03 col/m<sup>2</sup>, por ultimo la fase 2000 con 1.25 col/m<sup>2</sup> 0.97 col/m<sup>2</sup> (figura 2). El genero *Montastrea* apporto la mayor densidad de colonias en las cuatro fases de monitoreo.

#### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

En la primer fase de monitoreo se registro una diversidad de H'=1.7431 con una equitabilidad de J'=0.7269; para la fase 2000K la diversidad disminuyo (H=1.7131), pero aumento la equitabilidad (J'=0.7440); en la fase 2001M se registro los índices más altos de diversidad y equitabilidad (H'=1.8793; J=0.8172), mientras que en la fase 2001J se presento la más baja diversidad (H=1.4948) con una equitabilidad de J'=0.7682 (tabla 2).

#### Curvas de abundancia acumulada

De las seis comparaciones posibles cinco presentaron cruzamiento (2000 con 2000K, 2001M y 2001J; 2000K con 2001M y 2001J). La única comparación cuyas curvas no se cruzaron fue la que se presento entre las fases 2001M con 2001J, donde la curva de la fase 2001M pasa debajo de la curva 2001J, por lo tanto la fase

2001M es más diversa (figura 3), estos resultados concuerdan con lo obtenido bajo el índice de Shannon-Wiener.

Aplicando una prueba “t” a las combinaciones cuyas curvas se cruzan tenemos que, entre las fases 2000-2000K presentaron una  $t_{0.05} < 1.96$  ( $t_{0.05}=0.538$ ;  $g.l=307.42$ ), por lo tanto no existe diferencia significativa; mientras que las combinaciones de las fases 2000-2001M ( $t_{0.05}=1.9735$ ;  $g.l=308.7$ ), 2000K-2001M ( $t_{0.05}=2.4921$ ;  $g.l=270.09$ ), 2000-2001J ( $t_{0.05}=5.1442$ ;  $g.l=269.62$ ) y 2000K-2001J ( $t_{0.05}=4.456$ ;  $g.l=257.28$ ) presentaron una  $t_{0.05} > 1.96$ , por lo tanto existe una diferencia significativa.

## Algas

### Riqueza de especies

Durante las cuatro fases de monitoreo se registraron un total de 40 especies de algas pertenecientes a cuatro divisiones. En la fase 2000 se registraron 23 especies, para la fase 2000K se registraron 20 especies, aumentando a 22 especies en la fase 2001M y registrándose el mayor número en la fase 2001J con 26 especies (tabla 3).

### Cobertura

La mayor cobertura algal se registró en la fase 2001J con un 101.6% 15.87%, siguiendo la fase 2000K con 76.6% 21.18%, la fase 2000 con 75.16% 25.98%, por último la cobertura más baja se registró en la fase 2001M con 71.5% 18.11% (figura 4). La especie *Dictyota sp* presentó la mayor abundancia en las fases 2000, 2001M y 2001J, mientras que en la fase 2000K dominó la especie *Halimeda copiosa*. Este cambio en la abundancia podría deberse a los efectos del huracán Keith, el cual posiblemente desprendió del sustrato a algunos individuos de las demás especies.

Por división encontramos que las algas cafés (Phaeophytas) presentaron una mayor abundancia en las fases 2000, 2001M y 2001J, mientras que en la fase 2000K dominaron las algas verdes (Chlorophytas). Esto podría deberse a que las algas verdes del género *Dictyota* presentan mayor resistencia a las fuertes corrientes, por lo tanto el paso del huracán Keith ocasionó desprendimientos de algas cafés.

Analizando la cobertura por grupo funcional encontramos que las macroalgas aportaron el mayor porcentaje de cobertura en todas las fases de monitoreo, siendo este superior al 50%; las algas costrosas ocuparon el segundo lugar en cobertura en las fases 2000 y 2001M (5.66% y 5%) respectivamente, mientras que las algas filamentosas ocuparon el segundo lugar en cobertura durante las fases 2000K (15.83%) y 2001J (11.33%) (figura 5).

### Diversidad ( $H'$ ) y Equitabilidad ( $J'$ )

Los valores de diversidad y equitabilidad fueron aumentando y disminuyendo alternadamente durante las fases de monitoreo; en la fase 2000 los índices registrados de diversidad y equitabilidad fueron de  $H'=2.8363$ ;  $J'=0.9176$ , disminuyendo en la fase 2000K ( $H'=2.4313$ ;  $J'=0.8116$ ), mientras que en la fase 2001M se presentaron los índices más altos ( $H'=2.8363$ ;  $J'=0.9176$ ) y en la fase 2001J los más bajos ( $H'=2.4124$ ;  $J'=0.7404$ ) (tabla 4).

### Curvas de abundancia acumulada

De las seis comparaciones posibles cinco presentaron cruzamiento (2000-2000K, 2000-2001M, 2000-2001J, 2000K-2001J y 2001M-2001J). Las únicas curvas que no presentaron cruzamiento fueron 2000K-2001M, siendo la curva de la fase 2001M la más diversa ya que se encuentra por debajo de la curva 2000K (figura 6).

Para definir si existe diferencia significativa entre las fases cuyas curvas se cruzan se aplicó una prueba “t”, encontrando que las cinco comparaciones presentan diferencia significativa por presentar una  $t_{0.05} > 1.96$ , 2000-2000K ( $t_{0.05}=15.251$ ;  $g.l.=910.94$ ); 2000-2001M ( $t_{0.05}=12.064$ ;  $g.l.=784.142$ ); 2000-2001J ( $t_{0.05}=7.663$ ;  $g.l.=1059.171$ ); 2000K-2001J ( $t_{0.05}=6.809$ ;  $g.l.=1067.385$ ) y 2001M-2001J ( $t_{0.05}=19.971$ ;  $g.l.=955.98$ ).

## Peces

### Riqueza de especies

Durante las cuatro fases de monitoreo se obtuvo una lista acumulada de 39 especies de peces, 16 de estas de importancia comercial, distribuidas en 14 familias. En la fase 2000 se registraron 16 especies, aumentando el registro en la fase 2000K a 18 especies; en la fase 2001M se presentó el mayor número de especies con 20, disminuyendo en la fase 2001J con un registro de 15 especies (tabla 5).

### Densidad

Las densidades de peces arrecifales variaron de 0.56 ind/m<sup>2</sup> en la fase 2000K hasta 2.85 ind/m<sup>2</sup> que se registró en la fase 2001J, los valores intermedios se presentaron en las fases 2001M y 2000 con 1.46 ind/m<sup>2</sup> y 1.125 ind/m<sup>2</sup> respectivamente (figura 7). En cada una de las fases de monitoreo diferente especie de peces aportó la mayor densidad, en la fase 2000 fue la especie *Lutjanus crysurus*; para la fase 2000K la especie *Thalassoma bifasciatum*; en la fase 2001M se registró un cardumen de *Acanthurus coeruleus* aportando una alta densidad y en la fase 2001J aportaron una mayor densidad la especie *Gobiosoma sp.*

Analizando la densidad por Familias de especies comerciales, encontramos que la Familia *Scaridae* (peces loro) registró las densidades más altas durante las 4 fases de monitoreo, así mismo la Familia *Lutjanidae* (pargos) presentó el segundo lugar en densidad en todas las fases y por último la Familia *Haemulidae* (roncos) de la cual solo se registraron organismos en la fase 2000K y 2001M (figura 8).

Las mayores tallas promedio en las fases 2000 y 2000K las presentó la Familia *Serranidae* (meros, cabrillas, chernas) con 15.5cm y 50cm respectivamente, en la fase 2001K la composición ictica cambió presentando las mayores tallas la Familia *Carangidae* (palometas, coronados, jureles

y cojinudas) con un promedio de 44.4cm y para la fase 2001J la Familia *Lutjanidae* (pargos) presentó una talla promedio de 18.8cm.

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

Los más altos índices de diversidad y equitabilidad se registraron en la fase 2000 ( $H'=2.1849$ ;  $J'=0.8793$ ), en la fase 2001J se presentó el segundo lugar en diversidad ( $H'=2.089$ ) y el tercero con respecto a la equitabilidad ( $J'=0.8144$ ), mientras que en la fase 2000K se registró el tercer índice más alto de diversidad ( $H'=2.080$ ) y el segundo en equitabilidad ( $J'=0.8371$ ); por último los índices más bajos se registraron en la fase 2001M ( $H'=1.5884$ ;  $J'=0.6021$ ) (Tabla 6).

### Curvas de abundancia acumulada

De las seis combinaciones posibles dos presentaron cruzamiento (2000-2000K y 2001M-2001J), por lo tanto no son comparables en términos de diversidad. De las comparaciones que no presentaron cruzamiento tenemos que las curvas de las fases 2000 y 2000K se encuentran por debajo de las curvas de las fases 2001M y 2001J por lo tanto las primeras son más diversas (figura 9).

Aplicando la prueba “t” a las combinaciones cuyas curvas se cruzaron encontramos que las dos combinaciones presentan una  $t_{0.05} > 1.96$ , por lo tanto existe diferencia significativa entre estas fases, 2000-2000K ( $t_{0.05}=5.44$ ;  $g.l.=88.50$ ) y 2001M-2001J ( $t_{0.05}=3.63$ ;  $g.l.=194.67$ ).

## 6.3) DOÑA NICA

Este sitio se localiza en la zona del Arrecife Frontal Interior (Gutiérrez *et al.*, 1993), con un sistema de macizos y canales de una altura de 3 metros, la máxima profundidad es de 65 ft, y sobre los macizos es de 55 ft, el ancho de los macizos es de 50 m aproximadamente. El sitio de muestreo se localiza en las coordenadas 18°17'13.75''N; 87°49'03.66''W, en la zona propuesta de "uso turístico".

### Corales escleractinios (corales duros)

#### Riqueza de especies

Durante las cuatro fases de monitoreo se obtuvo una lista de acumulado de 23 especies de corales duros y una especie de hidrocoral, distribuidas en 9 familias, siendo las fases 2000K y 2001J donde se registró el mayor número de especies (18); durante las fases 2000 y 2001M se obtuvo un registro de 13 y 14 especies respectivamente (tabla 1).

#### Cobertura de tejido coralino vivo

La cobertura en este sitio aumento y disminuyo alternadamente, siendo en la primer fase de monitoreo (2000) donde se registró la más alta cobertura (45.5% 21.76%); durante la fase realizada después del huracán Keith (2000K) se presentó una disminución (31.25% 14.03%); aumentando ligeramente en la fase 2001M (33.0% 27.09%) y disminuyendo en la fase 2001J (27.91% 29.88) (figura 1). El genero *Montastrea* aportó la mayor cobertura de tejido coralino en las fases 2000, 2001M y 2001J, mientras que el genero *Porites* lo hizo en la fase 2000K.

#### Tejido coralino muerto

Al igual que la cobertura, el porcentaje de tejido coralino muerto se presento de manera alternada; por lo tanto tenemos que la fase 2000 presentó un 17.82% de tejido muerto, siguiendo, la fase 2000K con 9.71%, la fase 2001M con 12.8% y por ultimo la fase 2001J con 7.02% (figura 1).

#### Enfermedades y Blanqueamiento

En la fase 2000K se registraron dos colonias con blanqueamiento de las especies *Montastrea franksi* y *porites astreoides*, con un porcentaje bajo (10% y 5% respectivamente), es difícil determinar si se debe a los efectos del huracán o algún otro factor, ya que fueron las únicas colonias con blanqueamiento registradas en esta fase.

#### Densidad

La densidad de colonias fue aumentando durante las fases de monitoreo, la fase 2000 registro 2.45 col/m<sup>2</sup> 1.16 col/m<sup>2</sup>, la fase 2000K presento 3.45 col/m<sup>2</sup> 1.31 col/m<sup>2</sup>, aumentando nuevamente en la fase 2001M a 3.75 col/m<sup>2</sup> 2.02col/m<sup>2</sup> y por ultimo la fase 2001J con 4.7 col/m<sup>2</sup> 2.541 col/m<sup>2</sup> (figura 2). El genero *Porites* presentó el mayor número de colonias en las fases 2000, 2000K y 2001J, mientras que para la fase 2001M fue el genero *Montastrea*.

#### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

En la fase 2000K se registro el índice más alto de diversidad (H'=2.2348) con una equitabilidad de J'=0.8252; la fase 2000 registro una diversidad de H'=2.1454 y una equitabilidad de J'=0.8364; la fase 2001M presentó el tercer lugar en diversidad con H'=2.0342 y la más baja equitabilidad (J'=0.7931); por ultimo en la fase 2001J se registro la más baja diversidad (H'=1.8042) y la mayor equitabilidad (J'=0.8676) para este sitio (tabla 2).

#### Curvas de abundancia acumulada

Las seis combinaciones posibles entre las fases de monitoreo realizadas en este sitio presentaron cruzamiento por lo tanto ninguna fase es comparable en términos de diversidad entre sí (figura 3).

Aplicando la prueba "t" de Students a las diferentes combinaciones, encontramos que todas presentaron una  $t_{0.05} < 1.96$ ; 2000-2000K ( $t_{0.05}=0.2048$ ;  $g.l=283.641$ ); 2000-2001M ( $t_{0.05}=0.7656$ ;  $g.l=451.54$ ); 2000-2001J ( $t_{0.05}=1.135$ ;  $g.l=365.035$ ); 2000K-2001M ( $t_{0.05}=0.4063$ ;  $g.l=282.253$ ); 2000K-2001J ( $t_{0.05}=0.684$ ;  $g.l=254.03$ ) y 2001M-2001J ( $t_{0.05}=0.3347$ ;  $g.l=326.756$ ), por lo tanto no existe diferencia significativa entre su diversidad.

## Algas

### Riqueza de especies

En el sitio Doña Nica durante las cuatro fases de monitoreo se registro una lista acumulada de 35 especies de algas, distribuidas en cuatro divisiones. En la fase 2000 se registraron 15 especies, aumentando en la fase 2000K a 20 especies, mientras que en la fase 2001M disminuyo el registro de especies a 18, aumentando nuevamente en la fase 2001J a 22 especies (tabla 3).

### Cobertura

La más alta cobertura de algas se registró en la fase 2001J con 99.5% 24.02%; siguiendo la fase 2001M con 82.83% 24.77%, la fase 2000 con 77.66% 20.33%, mientras que la menor cobertura se registró en la fase 2000K con 70.0% 20.43% (figura 4). La especie más abundante en las fases 2000, 2001M y 2001J fue *Dictyota sp.*, mientras que para la fase 2000K la especie *Sargassum hyxtris* fue la más abundante.

Por división encontramos que las algas cafés (Phaeophytas) fueron más abundantes en las fases 2000, 2001M y 2001J, mientras que las algas verdes (Chlorophytas) registraron una mayor abundancia en la fase 2000K. Este mismo patrón se presento en los sitios Poza Norte y Poza Frontera, lo cual nos podría corroborar que las algas verdes soportan más la tensión hidrodinámica generada por los fenómenos naturales.

Por grupo funcional encontramos que las macro algas en todos las fase aportan mas de la mitad de la cobertura registrada, mientras que las algas costrosas ocupan el segundo lugar en cobertura excepto en la fase 2001J donde las algas filamentosas presentaron un mayor porcentaje que las costrosas (figura 5).

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

El mayor índice de diversidad y equitabilidad se registro en la fase 2000K ( $H'=2.5892$ ;  $J'=0.8643$ ), siguiendo la fase 2001M ( $H'=2.2849$ ;  $J'=0.7605$ ); la fase 2001J registro una diversidad de  $H'=2.1073$  con un índice de equitabilidad de  $J'=0.6818$ , siendo este ultimo el más bajo registrado en el sitio, por ultimo en la fase 2000 se presento la mas baja diversidad ( $H'=1.9178$ ) con una equitabilidad de  $J'=0.7082$  (tabla 4).

### Curvas de abundancia acumulada

De las seis comparaciones posibles, cuatro presentaron cruzamiento (2000-2001M; 2000-2001J; 2000K-2001J y 2001M-2001J) estas no son comparables en términos de diversidad, por otro lado las comparaciones de las fases que no presentaron cruzamiento fueron 2000-2000K y 2000K-2001M, ya que la curva de la fase 2000K es más diversa ya que se encuentra por debajo de las curvas de las fases 2000 y 2001M (figura 6), esto apoya los resultados obtenido por el índice de Shannon-Wiener.

Aplicando la prueba "t" para conocer si existe diferencia significativa entre las fases cuyas curvas se cruzan, tenemos que todas las combinaciones presentaron una  $t_{0.05} > 1.96$ : 2000-2001M ( $t_{0.05}=18.86$ ;  $g.l=924.59$ ); 2000-2001J ( $t_{0.05}=15.13$ ;  $g.l=1045.27$ ); 2000K-2001J ( $t_{0.05}=21.96$ ;  $g.l=1012.88$ ) y 2001M-2001J ( $t_{0.05}=2.54$ ;  $g.l=1087.94$ ), por lo tanto existe diferencia significativa entre estas fases.

## Peces

### Riqueza de especies

A través de las cuatro fases de monitoreo se obtuvo una lista acumulada de 42 especies de peces distribuidas en 18 familias, de las cuales 19 especies presentan importancia comercial. La riqueza de especies aumento y disminuyo de manera alternada durante las tres primeras fases de monitoreo, la fase 2000 registro 17 especies, disminuyendo el registro en la fase 2000 K a 14 especies, para aumentar nuevamente en la fase 2001M a 19 especies; siendo la fase 2001J donde se registro la mayor riqueza con 21 especies (tabla 5). Los cambios registrados en la composición específica de la fase 2000K al parecer se deben al huracán Keith, ya que debido a las fuertes corrientes y oleaje ocasionados por estos fenómenos los peces por lo regular buscan refugio en áreas menos turbulentas.

### Densidad

En las dos primeras fases se registraron menos de un individuo por metro cuadrado 2000 (0.875 ind/m<sup>2</sup>) y 2000K (0.425 ind/m<sup>2</sup>), aumentando la densidad en la fase 2001M a 1.11 ind/m<sup>2</sup>, registrándose una mayor densidad en la fase 2001J con 1.7 ind/m<sup>2</sup> (figura 7). Las especies más abundantes de acuerdo a su densidad variaron durante las fases de monitoreo, para la fase 2000 fue la especie *Acanthurus bahianus*, la especie con mayor abundancia en la fase 2000K fue *Caranx ruber*, para la fase 2001M fue *Sparisoma viride* y para la fase 2001J fue la especie *Haemulon aurolineatum*.

En el análisis de peces comerciales encontramos que, la Familia *Scaridae* (peces loro) presentó la mayor densidad en las Fases 2000 (0.0625 ind/m<sup>2</sup>) y 2001M (0.4 ind/m<sup>2</sup>), mientras que la Familia

*Haemulidae* (roncos) apporto la mayor densidad en las fases 2000K (0.1 ind/m<sup>2</sup>) y 2001J (0.425 ind/m<sup>2</sup>) (figura 8).

Las mayores tallas promedio se presentaron de la siguiente forma a través de las cuatro fases de monitoreo. En la fase 2000 la Familia *Serranidae* (meros, cabrillas, chernas) presentó una talla promedio de 50cm, en la fase 2000K y 2001J la Familia *Lutjanidae* (pargos) registraron 33cm y 15.5cm respectivamente y en la fase 2001M la Familia *Scaridae* (peces loro) presentó 16.3cm.

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

En la fase 2000 se presento el índice de diversidad más bajo (H'=2.1389) con una equitabilidad (J')=0.8339; ; la fase 2000K tuvo una diversidad (H')=2.2675 con la equitabilidad más alta para este sitio (J')=0.9456; mientras que en la fase 2001M se registro la más baja equitabilidad (J')=0.8037, con una diversidad (H')=2.2285 y el índice de diversidad más alto se registró en la fase 2001J con H'=2.498 y una equitabilidad (J')=0.8818 (tabla 5).

### Curvas de abundancia acumulada

Tres de las seis combinaciones presentaron cruzamiento (2000-2000K, 2000-2001M y 2000K-2001M), la curva de la fase 2001J no presento cruzamiento con ninguna otra, pasando por debajo de las demás curvas, por lo tanto es más diversa concordando con el resultado obtenido por el índice de Sahnnon-Wiener (H') (figura 9).

Al realizar un análisis mediante la prueba "t" para determinar si existe diferencia significativa entre los índices de diversidad entre las fases cuyas curvas se cruzan, tenemos que la fase 2000-2000K ( $t_{0.05}=2.834$ ; g.l=55.47) y 2000-2001M ( $t_{0.05}=6.55$ ; g.l=158.96) presentaron una  $t_{0.05}>1.96$ , por lo tanto existe diferencia significativa, mientras que las fases 2000K-2001M presentaron una  $t_{0.05}=1.85$ ; g.l=61.17, por lo tanto no existe diferencia significativa.

#### 6.4) HOB-NA

Este sitio esta compuesto por un sistema de macizos y canales con una profundidad máxima de 50 ft. Los macizos presentan una altura de hasta 5 metros. El sitio de monitoreo se marcó a una profundidad de 36 ft en el extremo Este subiendo a 28 ft. de profundidad en el extremo Oeste. La ubicación es 18°23'05.60''N; 87°46'43.02''W, dentro de la zona propuesta para "re población pesquera". Este sitio se comenzó a monitorear en la fase 2001M, por lo tanto solo presenta resultados de dos fases.

#### **Corales escleractinios (corales duros)**

##### Riqueza de especies

Durante dos fases de monitoreo se obtuvo una lista acumulativa de 17 especies de corales escleractinios distribuidas en 7 familias. En la fase 2001M se presentaron 13 especies, mientras que en la fase 2001J se registro el mayor número de especies con 16, (tabla 1).

##### Cobertura de tejido coralino vivo

La mayor cobertura se registró en la fase 2001M con 25.5% 20.03% y en la fase 2001J se obtuvo 23.83% 22.21% (figura 1). En ambos sitios el genero *Montastrea* apor to la mayor cobertura.

##### Tejido coralino muerto

Al igual que en la cobertura la fase 2001M presento el mas alto valor de tejido coralino muerto (10.0%) contra un 5.69% que se registro en la fase 2001J (figura 1).

##### Enfermedades y Blanqueamiento

No se registraron enfermedades ni blanqueamiento en las fases 2001M y 2001J.

##### Densidad

La más alta densidad de colonias se presentó en la fase 2001J con 3.6 ind/m<sup>2</sup> 1.52 ind/m<sup>2</sup> y en la fase 2001M se presentaron 2.35 ind/m<sup>2</sup> 1.6 ind/m<sup>2</sup> (figura 2). Al igual que en la cobertura el genero *Montastrea* registro el mayor número de colonias por metro cuadrado.

##### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

La fase 2001M presentó la más alta diversidad y equitabilidad para este sitio (H'=1.9017; J'=0.7931), mientras que la fase 2001J registró una diversidad y una equitabilidad ligeramente menor (H'=1.8034; J'=0.7258) (tabla 2).

##### Curvas de abundancia acumulada

Al graficár la diversidad entre las dos fases de monitoreo por medio de las curvas de abundancia acumulada, encontramos que no son comparables en términos de diversidad ya que las curva se cruzan (figura 3).

Aplicando una prueba "t" encontramos que presentan una  $t_{0.05} > 1.96$  ( $t_{0.05} = 2.5507$ ;  $g.l = 290.746$ ), por lo tanto existe diferencia significativa en términos de diversidad.

#### **Algas**

##### Riqueza de especies

Durante las cuatro fases de monitoreo se registraron un total de 36 especies distribuidas en 4 divisiones; Cada una de las fases (2001M y 2001J) tienen un registro de 25 especies, pero difieren por su composición especifica, ya que cada una registró 11 especies diferentes (tabla 3).

##### Cobertura

La mayor cobertura algal se registró en la fase 2001J con 57.83% 19.32, mientras que en la fase 2001M se presentó un 45.66% 15.20% (figura 4). En ambas fases la especie más abundante fue *Dictyota sp.* Por división las algas cafés (Phaeophytas) presentaron la mayor abundancia en las dos fases de monitoreo (2001M y 2001J).

Por grupo funcional encontramos que la macroalgas aportaron un mayor porcentaje en las dos fases de monitoreo 2001M (32.83%) y 2001J (52.16); las algas costrosas ocuparon el segundo lugar en cobertura en la fase 2001M (6.83%), mientras que en la fase 2001J las algas filamentosas ocuparon la segunda posición con 3.5% (figura 5)

#### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

Los más altos índices de diversidad y equitabilidad se presentaron en la fase 2001M (H'=2.4219; J'=0.7524) y la fase 2001J registró H'=2.0605; J'=0.6401 (tabla 4).

#### Curvas de abundancia acumulada

Las curvas de las fases 2001M y 2001J no presentaron cruzamiento, por lo tanto son comparables en términos de diversidad; resultando que la curva de la fase 2001M pasa por debajo de la curva de la fase 2001J, por lo tanto la fase 2001M es más diversa (figura 6).

### Peces

#### Riqueza de especies

Mediante las dos fases de monitoreo se obtuvo una lista acumulada de 45 especies, distribuidas en 14 familias; 17 de las 45 especies son de importancia comercial. En la fase 2001M se registró el mayor número de especies con 36, mientras que en la fase 2001J se presentaron 25 especies (tabla 5), variando la composición de especies entre las fases.

#### Densidad

La mayor densidad se registró en la fase 2001J con 3.3 ind/m<sup>2</sup> y en la fase 2001M se registraron 2.4 ind/m<sup>2</sup> (figura 7). En la fase 2001M la especie con mayor abundancia fue *Chromys cyanea*, mientras que en la fase 2001J la especie más abundante fue *Gobiosoma sp.*

De acuerdo con el análisis de las familias de especies comerciales, encontramos que la familia *Scaridae* (peces loro) presentaron la mayor densidad en la fase 2001M con 0.47 ind/m<sup>2</sup>, mientras que en la fase 2001J la familia *Haemulidae* (roncos) registraron la mayor densidad con 0.425 ind/m<sup>2</sup> (Figura 8).

Las familias con el mayor promedio en talla fueron *Haemulidae* (roncos) con 21.5 cm en la fase 2001M y *Lutjanidae* (pargos) con 13.5 cm en la fase 2001J.

#### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

La fase 2001J registró los índices más altos de diversidad y equitabilidad para este sitio (H'=2.018; J'=0.728), en la fase 2001M se registró una diversidad (H') de 1.9979 con una equitabilidad (J') de 0.5874 (tabla 5).

#### Curvas de abundancia acumulada

Las curvas de abundancia de ambas fases presentaron cruzamiento, por lo tanto no son comparables con respecto a la diversidad (figura 9).

Aplicando la prueba "t" para definir si existe diferencia significativa entre las dos fases con respecto a la diversidad, encontramos que presentaron una  $t_{0.05} > 1.96$  ( $t_{0.05} = 8.49$ ;  $g.l = 328.93$ ) por lo tanto si existe una diferencia significativa.

## 6.5) RÍO HUACHE

Al igual que Hob-na, el sitio de monitoreo Río Huache se estableció en la fase 2001M.

Este sitio se localiza al norte del polígono del parque, en el área propuesta como "zona núcleo de uso restringido", una de las características relevantes de este sitio es la presencia de una salida de agua dulce conocida como Río Huache (nombre que le da al lugar), la cual desemboca en el mar. En este sitio, la segunda fase de monitoreo (2001J) se realizó en un lugar diferente a la primera fase (2001M), debido a que se perdieron las marcas (boyas y estacas) que se habían colocado durante la fase 2001M. Las coordenadas de la Fase 2001M fueron 18°25'18.0''N; 87°45'27.4''W y de la fase 2001J fueron 18°25'19.0''N; 87°45'28.4''W.

Al marcar el segundo sitio de monitoreo se tuvo cuidado de que presentara características similares al primero. Ambos se encuentran en la zona arrecifal Transición al Barlovento a una profundidad promedio de 20 ft, y se componen por macizos y canales perpendiculares a la costa.

### Corales escleractinios (corales duros)

#### Riqueza de especies

En este sitio se registró una lista acumulada de 13 especies de corales escleractinios y una de hidrocorales, distribuidas en 5 familias. La fase 2001J presentó el mayor número de especies con 12, mientras que la fase 2001M registró solo una menos (11 especies) (tabla 1). Existe diferencia en la composición específica de 4 especies, ya que en la fase 2001J se registraron 3 especies que no aparecen en la fase 2001M, mientras que la fase 2001M registró solo una especie diferente a la fase 2001J.

#### Cobertura de tejido coralino vivo

La más alta cobertura se registró en la fase 2001J con 17.33% y 15.55%, contra una cobertura de 11.33% y 13.26% registrada en la fase 2001M (figura 1). Al analizar la cobertura por género encontramos que en la fase 2001M el género *Porites* registró la mayor cobertura con 3.5% y en la fase 2001J los géneros *Agaricia* y *Diploria* aportaron el mismo porcentaje (3.66%).

#### Tejido coralino muerto

En la fase 2001J se registró el mayor porcentaje de tejido muerto (7.32%), mientras que en la fase 2001M se presentó un 5.36% (figura 1).

#### Enfermedades y Blanqueamiento

No se registraron enfermedades ni blanqueamiento en las fases 2001M y 2001J.

#### Densidad

La densidad de colonias presentó una mínima diferencia entre ambas fases; siendo la fase 2001M la de mayor densidad ( $2.75 \text{ col/m}^2$  y  $1.6 \text{ col/m}^2$ ) y la fase 2001J la de menor densidad ( $2.65 \text{ col/m}^2$  y  $1.85 \text{ col/m}^2$ ) (figura 2). En la primera fase de este sitio (2001M) el género *Siderastrea* registró el mayor número de colonias, mientras que en la segunda fase (2001J) el género con mayor número de colonias fue *Agaricia*.

#### Diversidad ( $H'$ ) y Equitabilidad ( $J'$ )

La fase 2001J registró los índices más altos de diversidad y equitabilidad ( $H'=1.9842$ ;  $J'=0.9542$ ), por otra parte la fase 2001M presentó una diversidad ( $H'$ ) de 1.7758 y una equitabilidad ( $J'$ ) de 0.854 (tabla 2).

#### Curvas de Abundancia acumulada

Las curvas de abundancia de las dos fases presentan cruzamiento por lo tanto no son comparables en términos de diversidad (figura 3)

Aplicando la prueba "t" entre las fases 2001M y 2001J, encontramos un valor de  $t_{0,05} > 1.96$ , ( $t_{0,05} = 8.1443$ ;  $g.l. = 105.275$ ) por lo tanto existe una diferencia significativa en con respecto a la diversidad.

## Algas

### Riqueza de especies

En este sitio, a través de las dos fases de monitoreo, se obtuvo una lista acumulada de 32 especies de algas distribuidas en cuatro divisiones. En la fase 2001J se presentó el mayor número de especies con 26 y en la fase 2001M se registraron 20 especies (tabla 3).

### Cobertura

La mayor cobertura se registró en la fase 2001M con 76.83% 17.59, disminuyendo un 3.33% en la fase 2001J (73.5% 24.7%) (figura 4). La especie *Dictyota sp* registró la mayor abundancia para las dos fases de monitoreo (2001M y 2001J). Así mismo la división de las algas cafés (Phaeophytas) registraron la mayor abundancia en ambas fases.

El grupo funcional de macroalgas registró la mayor cobertura en las dos fases de monitoreo, siguiendo el grupo de algas costrosas y por último las filamentosas (figura 5).

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

El más alto índice de diversidad se registró en la fase 2001J ( $H' = 2.5233$ ), mientras que la mayor equitabilidad se presentó en la fase 2001M ( $J' = 0.8172$ ) (tabla 4).

### Curvas de abundancia acumulada

Las curvas de abundancia de las fases 2001M y 2001J presentaron cruzamiento, por lo tanto no son comparables en términos de diversidad (figura 6).

El análisis de la varianza estimada para la diversidad mediante la prueba "t" nos indicó que existe diferencia significativa entre las dos fases de monitoreo (2001M-2001J), puesto que resultó una  $t_{0,05} > 1.96$  ( $t_{0,05} = 12.244$ ;  $g.l. = 842.54$ ).

## Peces

### Riqueza de especies

La lista acumulativa para este sitio nos dio como resultado 12 especies comerciales y 20 no comerciales obteniendo un total de 32 especies registradas durante las dos fases de monitoreo, distribuidas en 13 familias. La fase 2001M presentó el mayor número de especies con 28, mientras que en la fase 2001J se registró solo 15 especies (tabla 5).

### Densidad

La densidad más alta se registró en la fase 2001J con 1.725 ind/m<sup>2</sup> y en la fase 2001M se registraron 1.025 ind/m<sup>2</sup> (figura 7). De acuerdo su densidad la especie *Gobiosoma sp.* presentó mayor abundancia en las dos fases de monitoreo (2001M y 2001J)

Al analizar la densidad por familia de especies comerciales, encontramos que la Familia *Scaridae* (peces loro) registraron la mayor densidad en la fase 2001M (0.375 ind/m<sup>2</sup>) y en la fase 2001J la Familia *Haemulidae* (roncos) presentó la más alta densidad (0.325 ind/m<sup>2</sup>) (figura 8).

En la fase 2001M la Familia *Lutjanidae* registró la mayor talla promedio con 25.5cm, mientras que en la fase 2001J la familia *Scaridae* (peces loro) presentaron 17.3cm.

### Diversidad (H') y Equitabilidad (J')

La mayor diversidad y equitabilidad se presentó en la fase 2001M ( $H' = 2.4511$ ;  $J' = 0.8182$ ), mientras que la fase 2001J registró una diversidad ( $H' = 1.8879$ ) con una equitabilidad ( $J' = 0.7154$ ) (tabla 5).

#### Curvas de abundancia acumulada

Las curvas de abundancia de las dos fases de monitoreo no presentaron cruzamiento, por lo tanto son comparables en términos de diversidad, siendo la fase 2001M más diversa que la 2001J ya que se encuentra más cerca del eje de las x (figura 9).

## VII) DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para poder establecer una hipótesis sobre lo que sucede en los sitios de muestreo de acuerdo con los resultados obtenidos, es necesario tener una larga serie de datos de muestreo, ya que en algunos puntos podrían llegarse a conclusiones erróneas sobre fluctuaciones que probablemente se deban a causas naturales (Hellawell, 1991). Hasta el momento se puede iniciar con un análisis comparativo de las variaciones que se han registrado por fase en los distintos sitios de monitoreo.

El género *Montastrea* es uno de los principales constructores arrecifales, ya que las especies que integran este género son masivas, es decir presentan grandes tallas, debido al volumen de las colonias, por lo general este género es la base de las estructuras arrecifales.

El género *Montastrea* presentó la más alta cobertura de tejido vivo en cuatro de los cinco sitios, siendo Río Huache el único sitio donde este género no presentó una cobertura significativa, esto podría deberse a que en este sitio se presenta un flujo continuo de agua directo de la laguna Huache, este aporte de agua está cargado con taninos y partículas en suspensión que aparte de restringir el paso de la luz tienen un efecto abrasivo sobre las colonias coralinas, por lo tanto en este sitio las especies coralinas dominantes son tolerantes a este tipo de ambientes y registraron poca altura.

Los arrecifes que se localizan en zonas profundas, por lo general presentan mayor cobertura y menor mortalidad de tejido coralino, ya que los efectos de las perturbaciones ambientales disminuyen al aumentar la profundidad. En el sitio Doña Nica se presentó la mayor cobertura y menor porcentaje de mortalidad, registrando mínimas variaciones a través de las fases de monitoreo, uno de los factores que interviene en la estabilidad de este sitio es la profundidad a la que se encuentra (54 a 65 ft). Los sitios Poza Norte y Poza Frontera presentaron relativamente las mismas fluctuaciones en la cobertura coralina (entre 18% y 30%) y el porcentaje de mortalidad siendo este el más alto registrado en comparación de los demás sitios, esto se debe a que se encuentran bajo la influencia de los efectos que ocurren dentro de la estructura denominada la Poza, la cual, por sus características topográficas (en forma de surco o canal), actúa como una trampa de arena y de todo material que este siendo arrastrado por el fondo marino, provocando una alta sedimentación.

Otro factor que influye en la cobertura de coral lo constituye los herbívoros, principalmente los peces y erizos, ya que son los forrajeadores dominantes de los arrecifes (Lubchenco, 1978; Ogden y Lobel, 1978; Lara, 1989); la acción de forrajeo que realizan estos organismos mantiene libre a los corales de un sobrecrecimiento de algas, las cuales podrían llegar a matar a la colonia de coral.

La cobertura algal que se presentó en los sitios de monitoreo fue relativamente alta, sobre todo en la última fase, esto podría deberse a un error sistemático en la toma de datos, o a factores ambientales como el aporte de nutrientes por las corrientes marinas. Con las observaciones que se realizaron en los sitios de monitoreo, el sitio Poza Frontera presentó la mayor cobertura de algas, dado que se encuentra dentro de la estructura denominada la Poza, donde existe un alto gradiente de sedimentación, otro factor que podría influir es la abertura del canal de Zaragoza, ya que el sitio de monitoreo se encuentra relativamente cerca de este y el aporte de agua de dicho canal podría estar cargado de materia orgánica proveniente de la bahía de Chetumal, lo cual favorecería el crecimiento de algas.

La densidad de peces se mantuvo estable, en casi todas las fases, la excepción se presentó en la fase 2000K, la cual se realizó días después del Huracán Keith, el cual provoca una disminución en la densidad de peces en los sitios Poza Norte y Poza Frontera, pasando lo contrario en el sitio Poza Norte donde la densidad aumentó, esto podría deberse a la estructura geomorfológica que se presenta en este sitio, ya que prácticamente cuenta con dos rompientes arrecifales, esto brinda protección contra el fuerte oleaje y corrientes que generan estos fenómenos naturales creando una zona de relativa calma, donde los peces buscan refugio durante el mal tiempo.

La densidad de peces comerciales durante las fases de monitoreo se presentó de manera alternada en la mayoría de los sitios, con excepción de la Poza Frontera donde domina la Familia Scaridae (peces loro), esto podría ser resultado de la alta cobertura de algas que se observó en el sitio ya que estos peces son herbívoros y utilizan estos sitios como área de alimentación.

Los arrecifes de coral están sujetos a una gran variedad de procesos físicos y biológicos que pueden tener efectos opuestos en la diversidad de especies (Huston, 1985; Lara, 1989).

Los efectos que causó el paso del huracán Keith fueron solo momentáneos, a excepción de la sedimentación detectada en la Poza Norte, ya que se registraron colonias que fueron cubiertas con la arena que este fenómeno depositó, presentaron muerte en parte de su tejido coralino, por otro lado las fluctuaciones que se registran en la cobertura de tejido coralino y la densidad de peces en los demás sitios de monitoreo parecen ser más de carácter cíclico que perturbaciones originadas por el huracán.

La zonificación propuesta para el "Parque Nacional Arrecifes de Xcalak" está en proceso; así que se siguen ejerciendo actividades no permitidas en las zonas propuestas para algún uso específico. Para la zona norte de la Poza existe un acuerdo comunitario en el cual se marca como zona de "no pesca" o "no tocar", por comentarios de los habitantes de Xcalak, al parecer este acuerdo no se ha respetado al 100%, aun así se han observado peces de importancia y talla comercial en este sitio, entre lo más relevante son las observaciones continuas de un cardumen de sábalos (*Megalops atlanticus*), con una talla promedio de 1 metro. Gracias a la geomorfología de este sitio es un excelente refugio para los peces arrecifales contra los fenómenos naturales, si le agregamos a esto, que se respeten los acuerdos y vigilancia, sin duda dará mejores resultados.

Aplicando el índice de diversidad de Shannon-Wiener encontramos diferencias entre las fases por sitio de monitoreo. Siguiendo lo sugerido por Lamshead *et al.* (1983), al graficar la abundancia proporcional acumulada contra el rango de abundancia específica de cada uno de los componentes analizados (peces, corales y algas) por fase y sitio de monitoreo se observó que la mayoría de las combinaciones del grupo de las algas y corales presentaron cruzamiento de sus curvas, debido a la distribución cruzada de sus valores. Mediante el análisis de la varianza estimada del índice de Shannon, se realizaron comparaciones mediante una prueba t entre las fases cuyas curvas se cruzaron encontrando que con respecto a corales, el sitio Doña Nica no registra diferencias significativas entre los índices de diversidad de las fases de monitoreo, pero para poder llegar a una conclusión definitiva, es necesario mantener un programa de monitoreo a largo plazo para dar seguimiento a los posibles cambios que se generen en el área.

La alta cobertura de corales duros, la gran diversidad de peces y el bajo porcentaje de colonias con tejido muerto, hacen a "Doña Nica" y a "Hob-na" los sitios con mejor estado de conservación, esto se debe a que se encuentran en una zona abierta (Arrecife Frontal Interior), además de que la afluencia de buzos y el gradiente de sedimentación es muy baja. El primer sitio está sujeto a uso turístico, mientras que el segundo se encuentra en una zona propuesta de repoblación pesquera según la propuesta de manejo del "Parque Nacional Arrecifes de Xcalak".

## VIII) RECOMENDACIONES

Con el método de monitoreo hasta ahora empleado (Transectos), se han presentado algunos problemas, como el movimiento de este transecto ocasionado por las corrientes y el oleaje, lo cual nos produce un error en la toma de datos, ya que es imposible mantenerlo lo suficientemente tenso para no sobrestimar las coberturas de corales y algas, así como las densidades de colonias coralinas; por lo tanto se recomienda aplicar la metodología de transectos y cuadrantes, debido que con este método se reduce el error en la toma de datos puesto que se tiene un mayor control sobre el área de muestreo (cuadrante de 1m x 1m).

La metodología de transectos y cuadrantes se esta aplicando en otras zonas arrecifales del estado (Sian Ka'an y Banco Chinchorro), por lo tanto al aplicar esta metodología en los monitoreos de arrecifes del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak se podrá realizar comparaciones entre estas zonas.

El análisis de los datos obtenidos a través de las cuatro fases de monitoreo solo nos permiten obtener observaciones generales de lo que pudiera estar pasando en los diferentes sitios, por lo tanto, es necesario establecer un programa de monitoreo a largo plazo de los arrecifes de Xcalak, para poder determinar que efectos producen las actividades que se realizan en los diferentes sitios y si son estas las que pudieran estar alterando el ecosistema o si son cambios naturales de tipo sucesional. Además de que a largo plazo el Parque pueda estar mas consolidado y las acciones como la vigilancia puedan tener un efecto positivo en la conservación del ANP

Será necesario establecer otras estrategias motivar a la comunidad y exista un mayor interés en participar en los monitoreos.

Se recomienda establecer un monitoreo social a la par con los monitoreos biológicos, esto nos permitirá evaluar hasta que punto las actividades humanas (pesca, actividades acuticorecreativas) ejercen una fuerte presión sobre el ecosistema arrecifal lo cual pueda causar un deterioro de sus componentes (corales, peces, etc.).

# TABLAS Y GRAFICAS

## CORALES

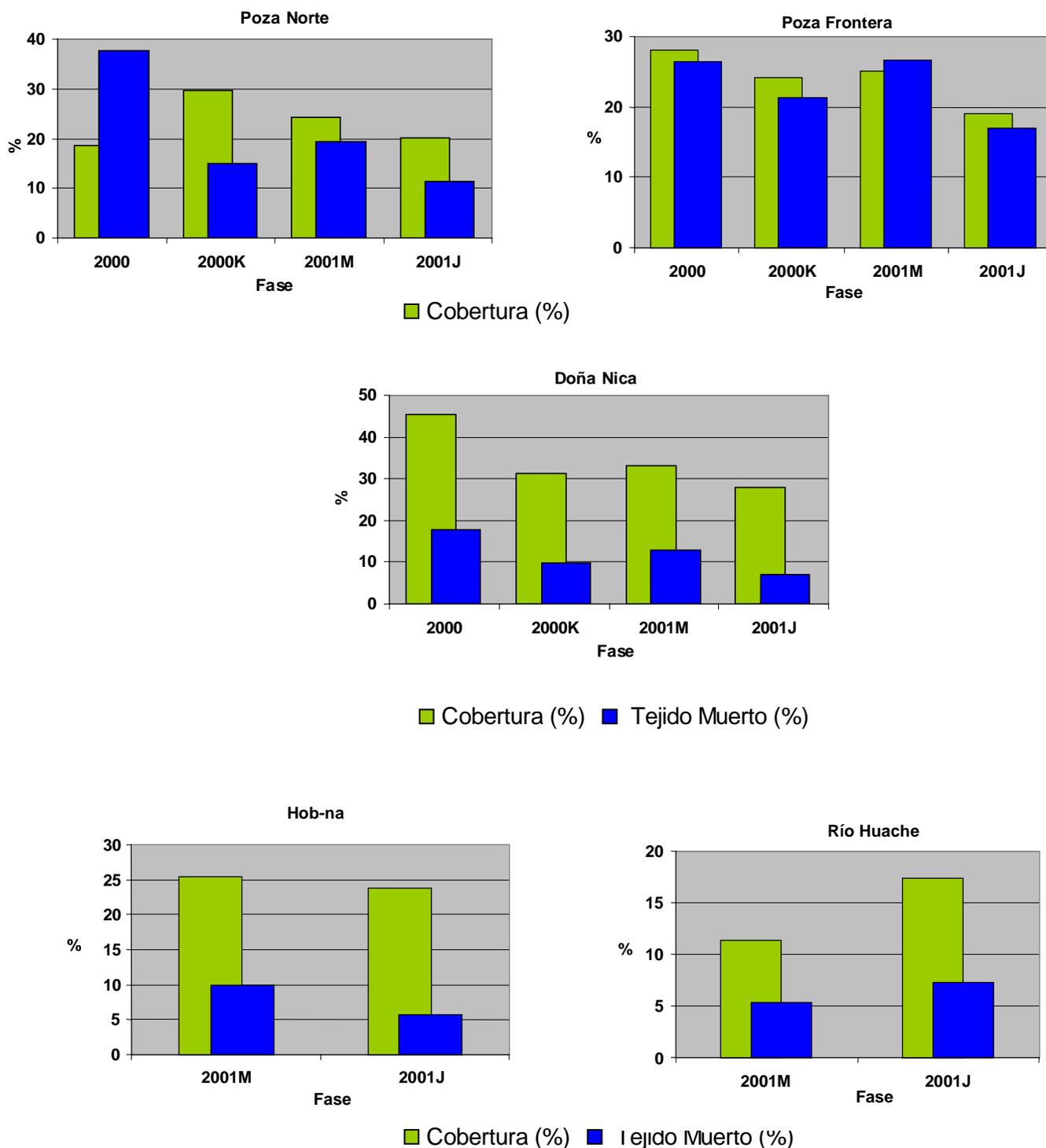


Figura 1: Porcentaje de cobertura de tejido coralino vivo contra el porcentaje de tejido coralino muerto por fase y sitio de monitoreo.

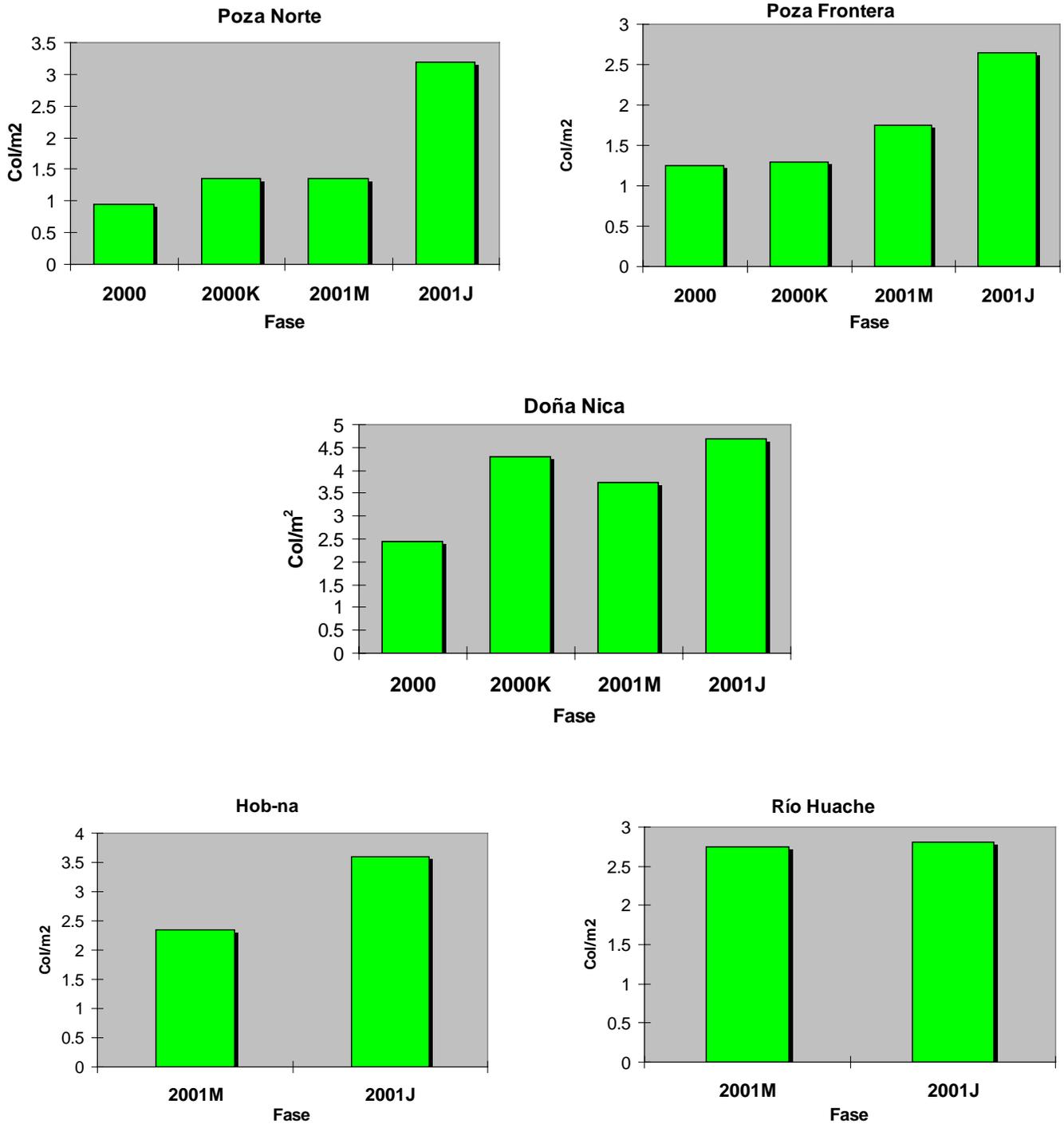


Figura 2: Diversidad de colonias por fase y sitio de monitoreo

Poza Norte				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	1.555	1.6341	1.5257	1.5561
Equitabilidad J'	0.7478	0.7097	0.784	0.7082

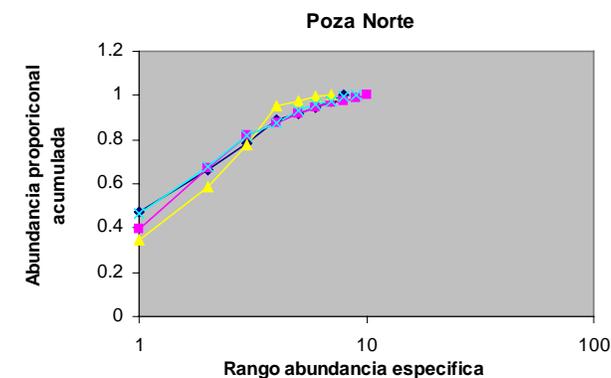
Poza Frontera				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	1.7431	1.7131	1.8793	1.4948
Equitabilidad J'	0.7269	0.744	0.8162	0.7682

Poza Frontera				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	1.7431	1.7131	1.8793	1.4948
Equitabilidad J'	0.7269	0.744	0.8162	0.7682

Hob-na		
	2001M	2001J
Diversidad H'	1.9017	1.8034
Equitabilidad J'	0.7931	0.7258

Rio Huache		
	2001M	2001J
Diversidad H'	1.7758	1.9842
Equitabilidad J'	0.854	0.9542

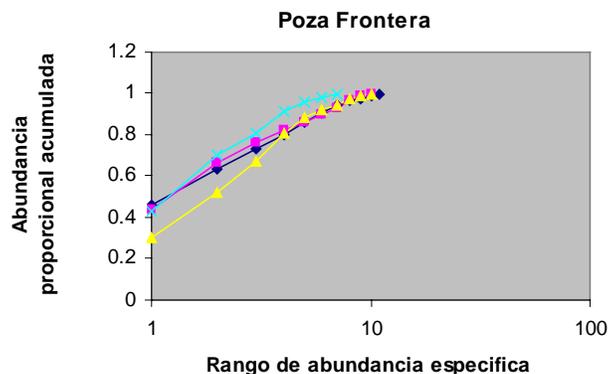
Tabla 2: Indices de diversidad y equitabilidad por sitio y fase de monitoreo



Poza Norte				
2000				
2000K	X	2000K		
2001M	X	X	2001M	
2001J	X	X	X	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

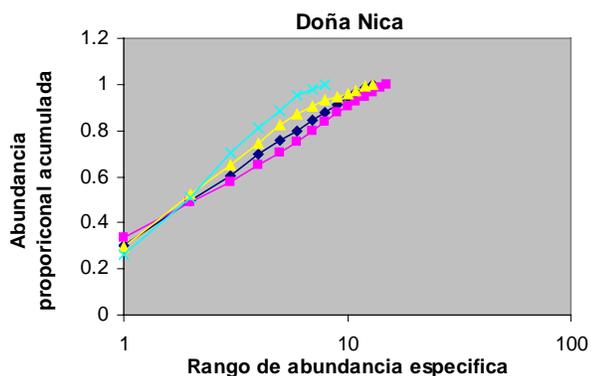
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



Poza Frontera				
2000				
2000K	X	2000K		
2001M	X	X	2001M	
2001J	X	X	O	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

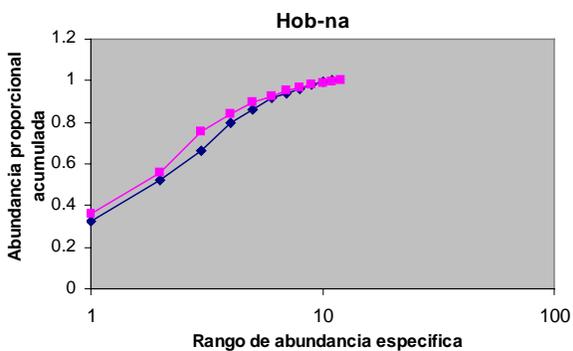
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



Doña Nica				
2000				
2000K	X	2000K		
2001M	X	X	2001M	
2001J	X	X	X	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

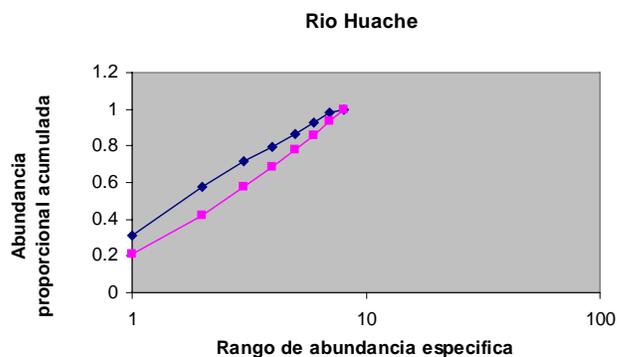
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



Hob-na	
2001M	
2001J	X

◆ 2001M    ■ 2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan



Río Huache	
2001M	
2001J	X

27  
Figura 3: Curvas de abundancia acumulada por fase y sitios de monitoreo

## ALGAS

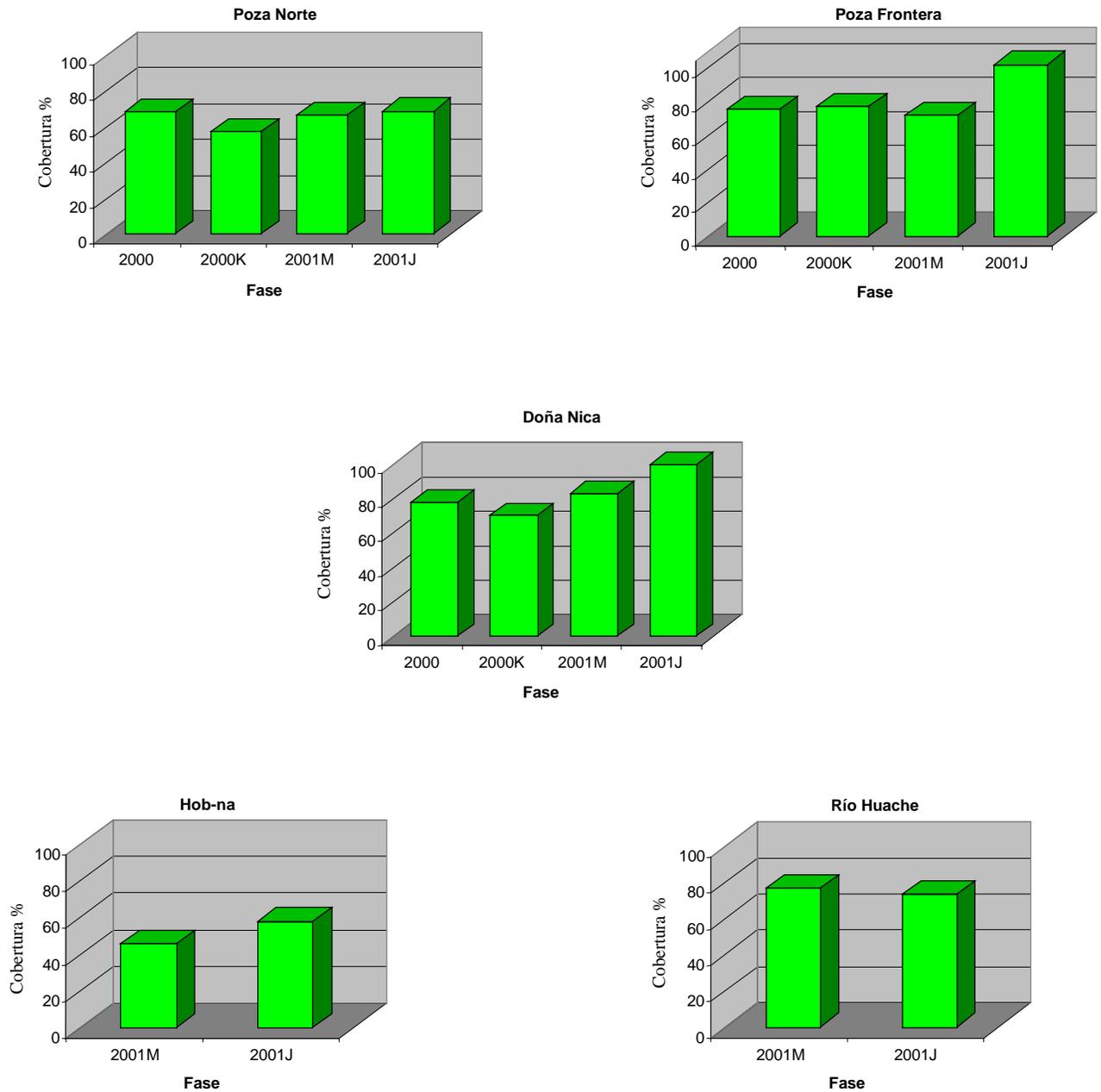


Figura 4: Cobertura algal por sitio y fase de monitoreo

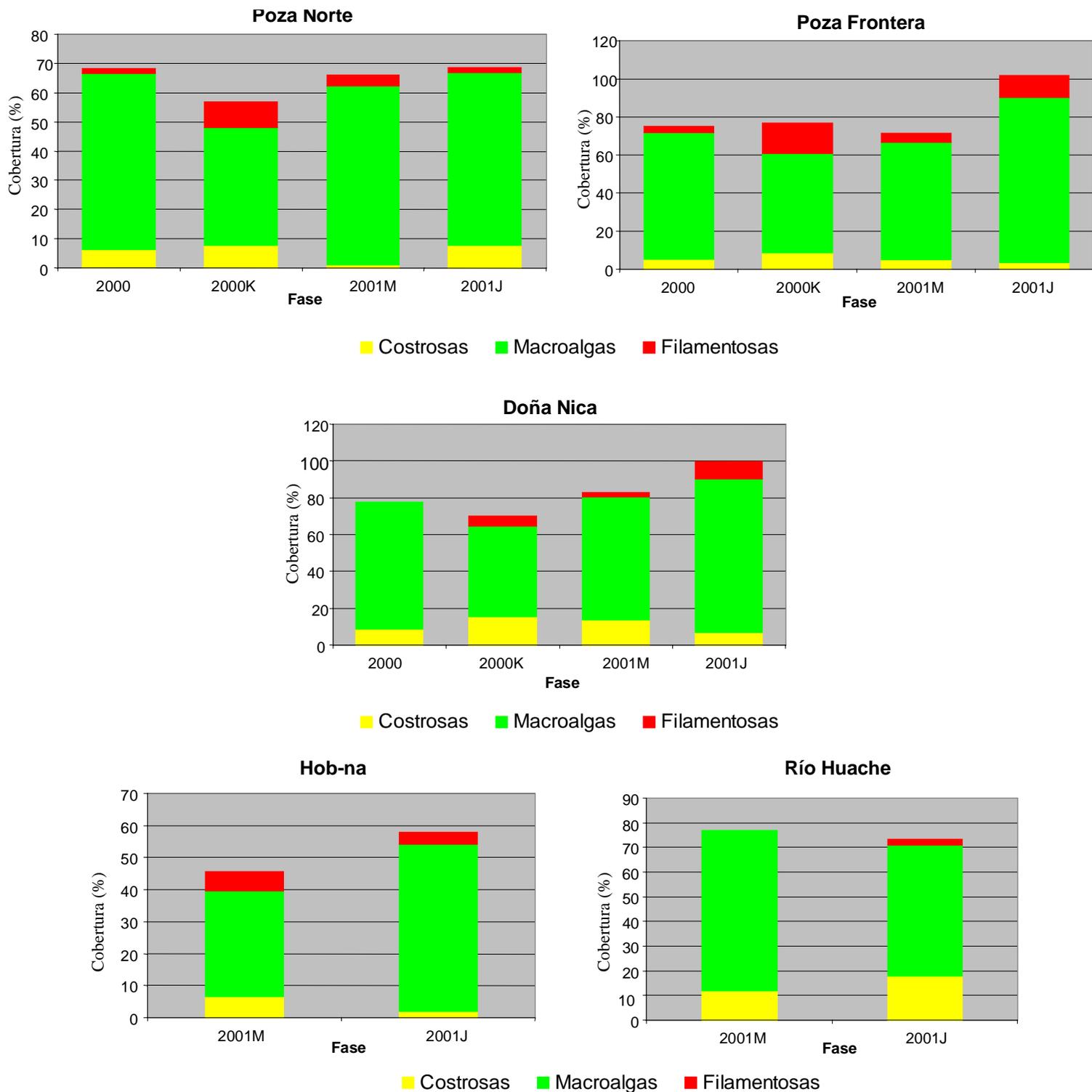


Figura 5: Cobertura algal por grupo funcional en las diferentes fases y sitios de monitoreo

<b>Poza Norte</b>				
	<b>2000</b>	<b>2000K</b>	<b>2001M</b>	<b>2001J</b>
<b>Diversidad H'</b>	2.4258	2.5009	2.3862	2.493
<b>Equitabilidad J'</b>	0.8562	0.8653	0.7965	0.7564

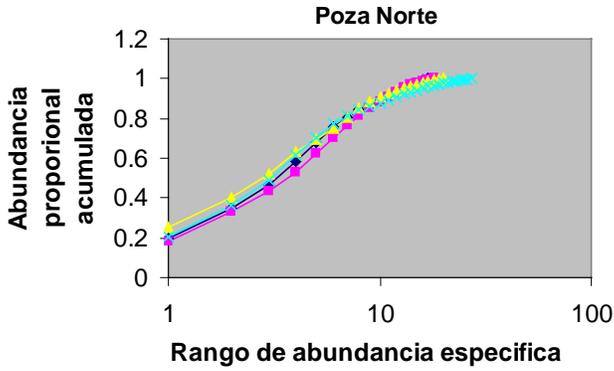
<b>Poza Frontera</b>				
	<b>2000</b>	<b>2000K</b>	<b>2001M</b>	<b>2001J</b>
<b>Diversidad H'</b>	2.6296	2.4313	2.8363	2.4124
<b>Equitabilidad J'</b>	0.8387	0.8116	0.9176	0.7404

<b>Doña Nica</b>				
	<b>2000</b>	<b>2000K</b>	<b>2001M</b>	<b>2001J</b>
<b>Diversidad H'</b>	1.9178	2.5892	2.2849	2.1073
<b>Equitabilidad J'</b>	0.7082	0.8643	0.7905	0.6818

<b>Hob-na</b>		
	<b>2001M</b>	<b>2001J</b>
<b>Diversidad H'</b>	2.4219	2.0605
<b>Equitabilidad J'</b>	0.7524	0.6401

<b>Río Huache</b>		
	<b>2001M</b>	<b>2001J</b>
<b>Diversidad H'</b>	2.448	2.5233
<b>Equitabilidad J'</b>	0.8172	0.7745

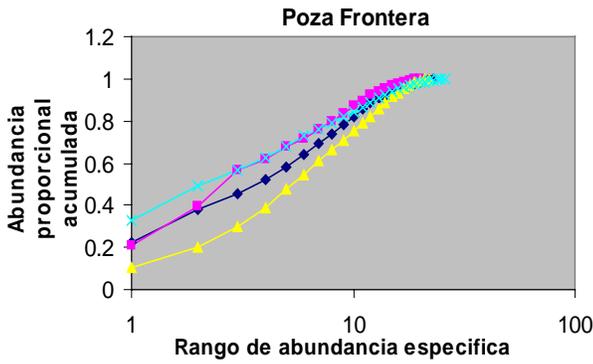
Tabla 4: Índices de diversidad y equitabilidad por sitio y fase de monitoreo



	2000			
2000K	X	2000K		
2001M	X	X	2001M	
2001J	X	X	X	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

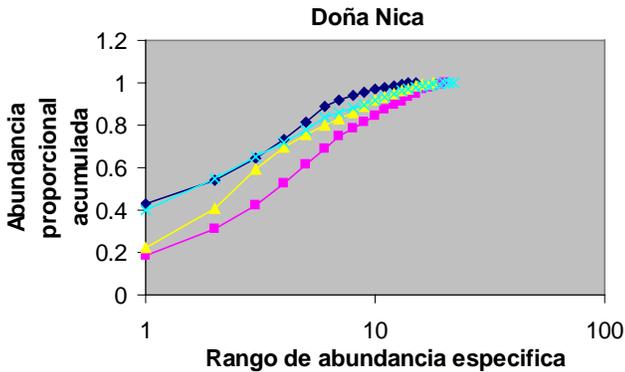
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



	2000			
2000K	X	2000K		
2001M	X	O	2001M	
2001J	X	X	X	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

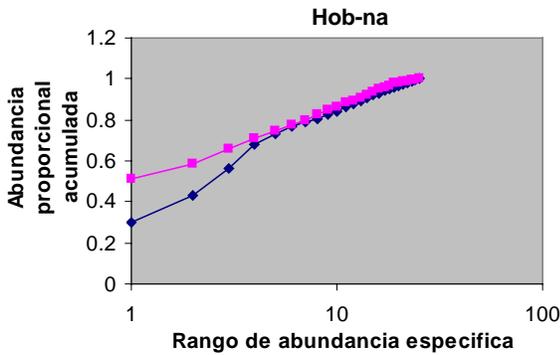
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



	2000			
2000K	O	2000K		
2001M	X	O	2001M	
2001J	X	X	X	2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

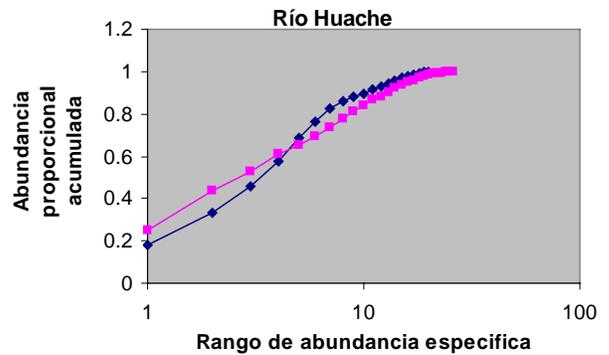
◆ 2000    ■ 2000K    ▲ 2001M    ✕ 2001J



	2000	
2000K	O	

◆ 2001M    ■ 2001J

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan



	2000	
2000K	X	

Figura 6: Curvas de abundancia acumulada por fase y sitios de monitoreo

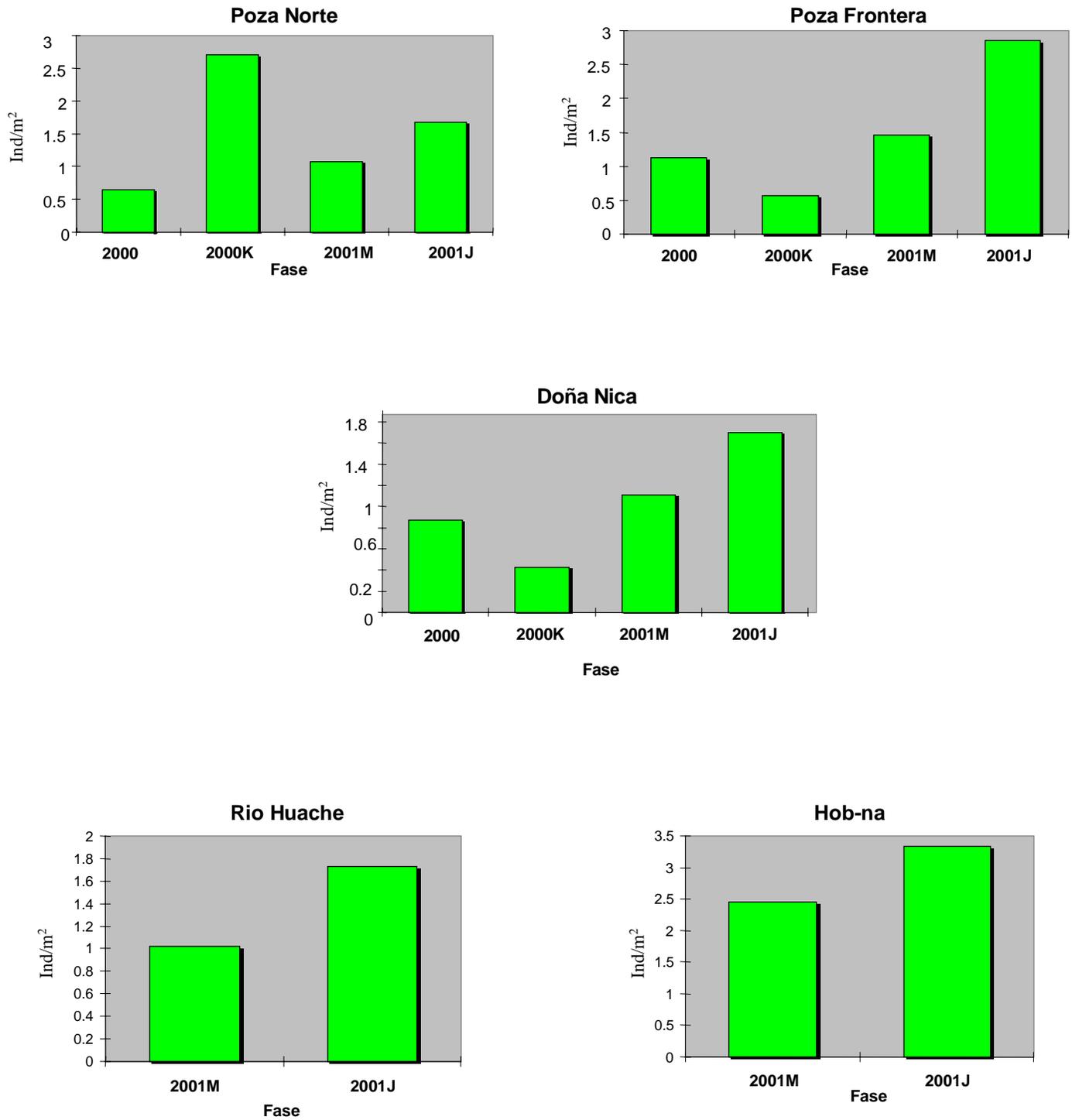
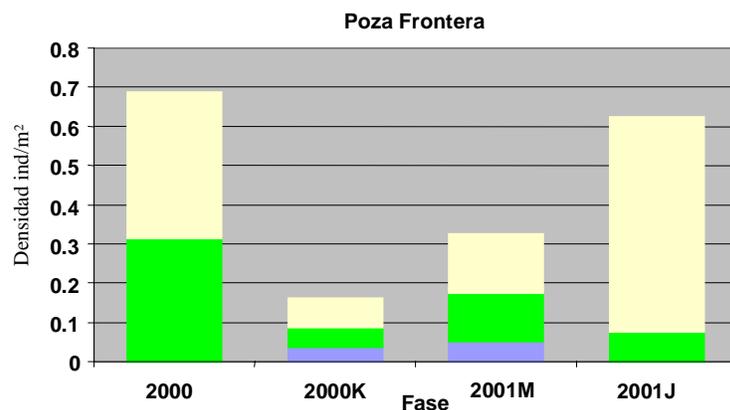
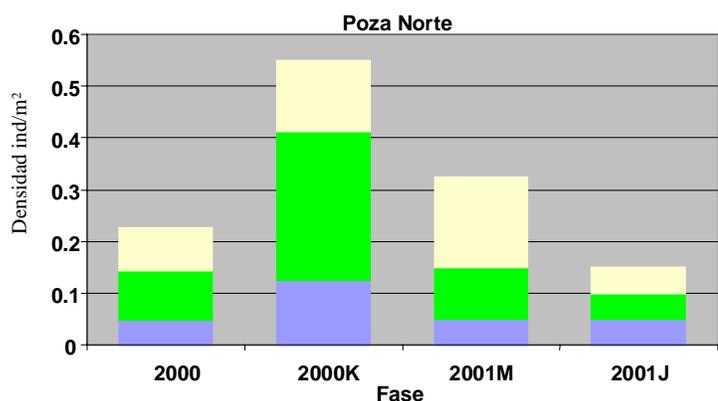
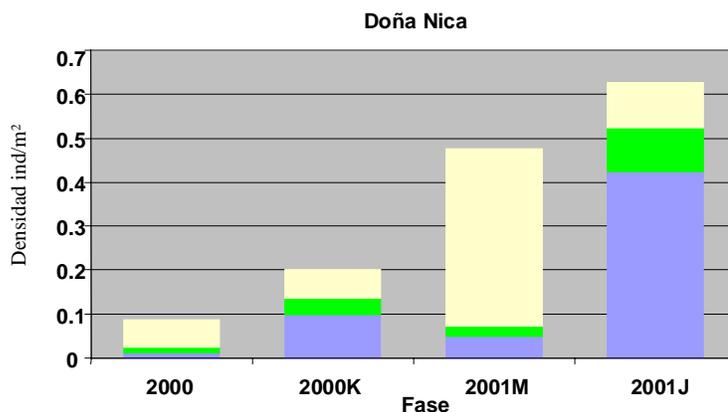


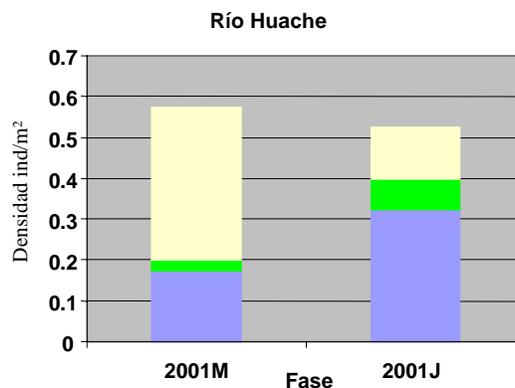
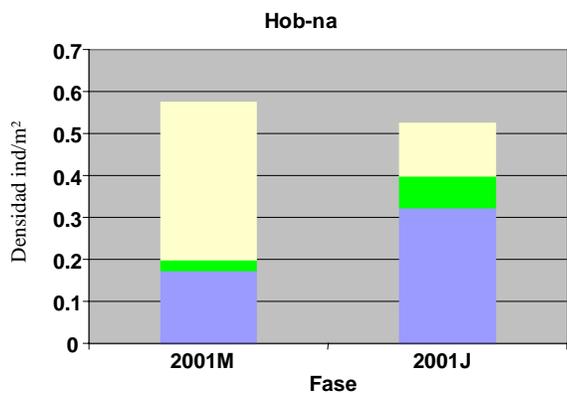
Figura 7: Densidad de peces por fase y sitio de monitoreo



■ Haemulidae (roncos)      ■ Lutjanidae (pargos)      ■ Scaridae (pez loro)



■ Haemulidae (roncos)      ■ Lutjanidae (pargos)      ■ Scaridae (pez loro)



■ Haemulidae (roncos)      ■ Lutjanidae (pargos)      ■ Scaridae (pez loro)

Figura 8: Densidad de peces por familias con importancia comercial.

<b>Poza Norte</b>				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	<b>2.6247</b>	1.8934	2.6068	2.2765
Equitabilidad J'	<b>0.8491</b>	0.7174	0.9019	0.8626

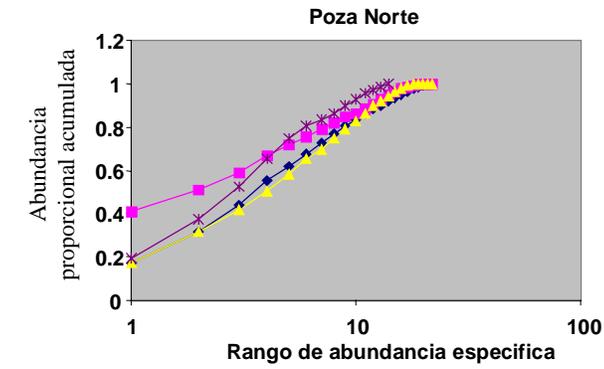
<b>Poza Frontera</b>				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	<b>2.1849</b>	2.08	1.5884	2.089
Equitabilidad J'	<b>0.8793</b>	0.8371	0.6021	0.8144

<b>Doña Nica</b>				
	2000	2000K	2001M	2001J
Diversidad H'	<b>2.1389</b>	2.2675	2.2285	2.498
Equitabilidad J'	<b>0.8339</b>	0.9456	0.8037	0.8818

<b>Hob-na</b>		
	2001M	2001J
Diversidad H'	1.9979	2.018
Equitabilidad J'	0.5874	0.728

<b>Rio Huache</b>		
	2001M	2001J
Diversidad H'	2.4511	1.8879
Equitabilidad J'	0.8182	0.7154

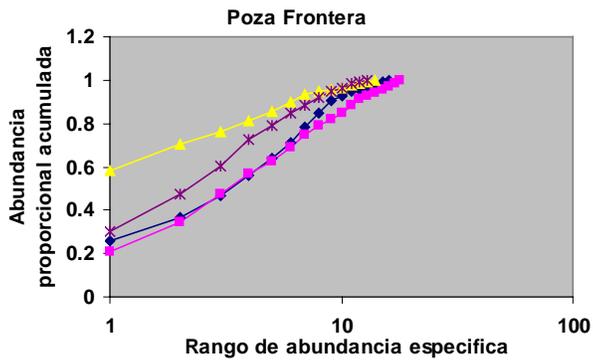
Tabla 5: Indices de diversidad y equitabilidad por sitio y fase de monitoreo



Poza Norte		2000		2001M		2001J	
2000K	O	2000K	X	2001M	O	2001J	O
2001M	X	X	O	2001M	X	2001J	O
2001J	O	X	O	2001M	O	2001J	X

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

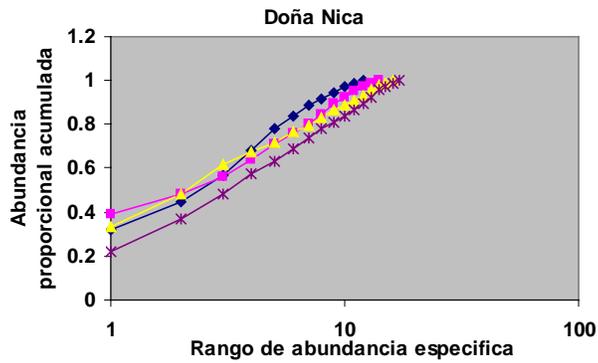
—◆— 2000 —■— 2000K —▲— 2001M —✱— 2001J



Poza Frontera		2000		2001M		2001J	
2000K	X	2000K	O	2001M	O	2001J	O
2001M	O	O	X	2001M	X	2001J	O
2001J	O	O	O	2001M	O	2001J	X

X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

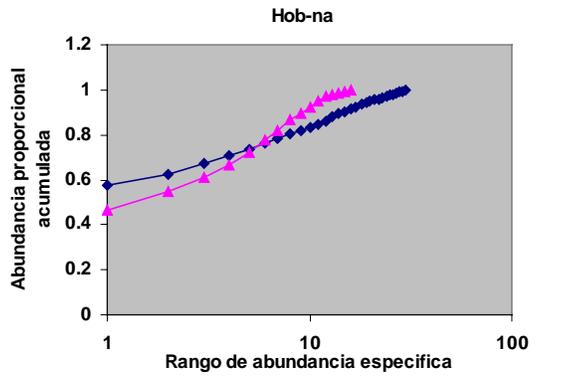
—◆— 2000 —■— 2000K —▲— 2001M —✱— 2001J



Doña Nica		2000		2001M		2001J	
2000K	X	2000K	X	2001M	O	2001J	O
2001M	X	X	O	2001M	X	2001J	O
2001J	O	O	O	2001M	O	2001J	X

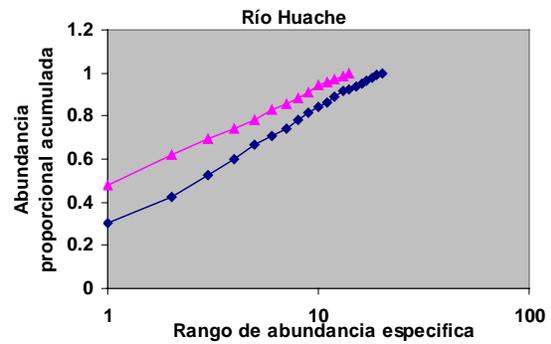
X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan

—◆— 2000 —■— 2000K —▲— 2001M —✱— 2001J



Hob-na		2001M	
2001J	O	2001M	X

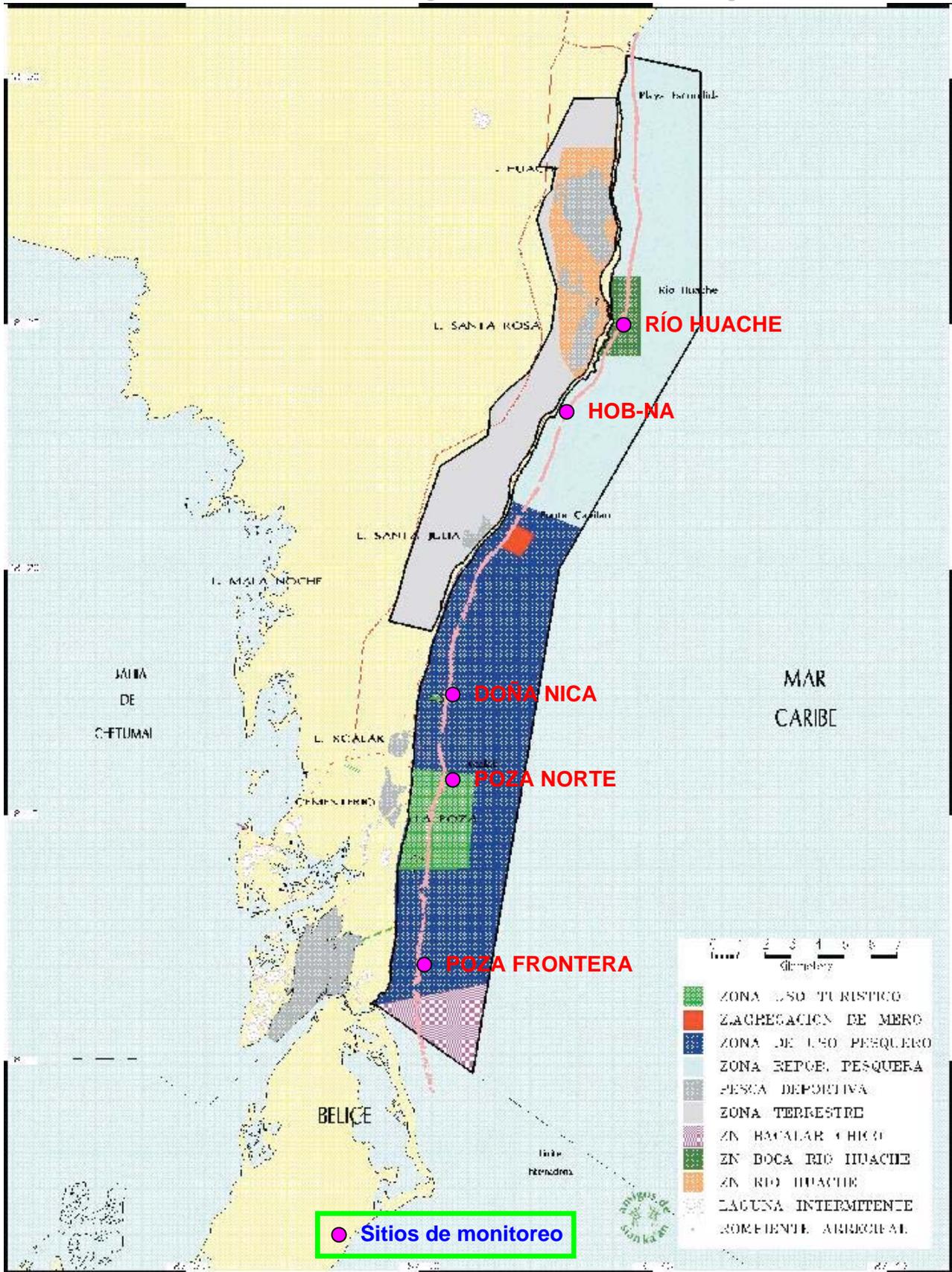
X= las curvas se cruzan  
O= las curvas no se cruzan



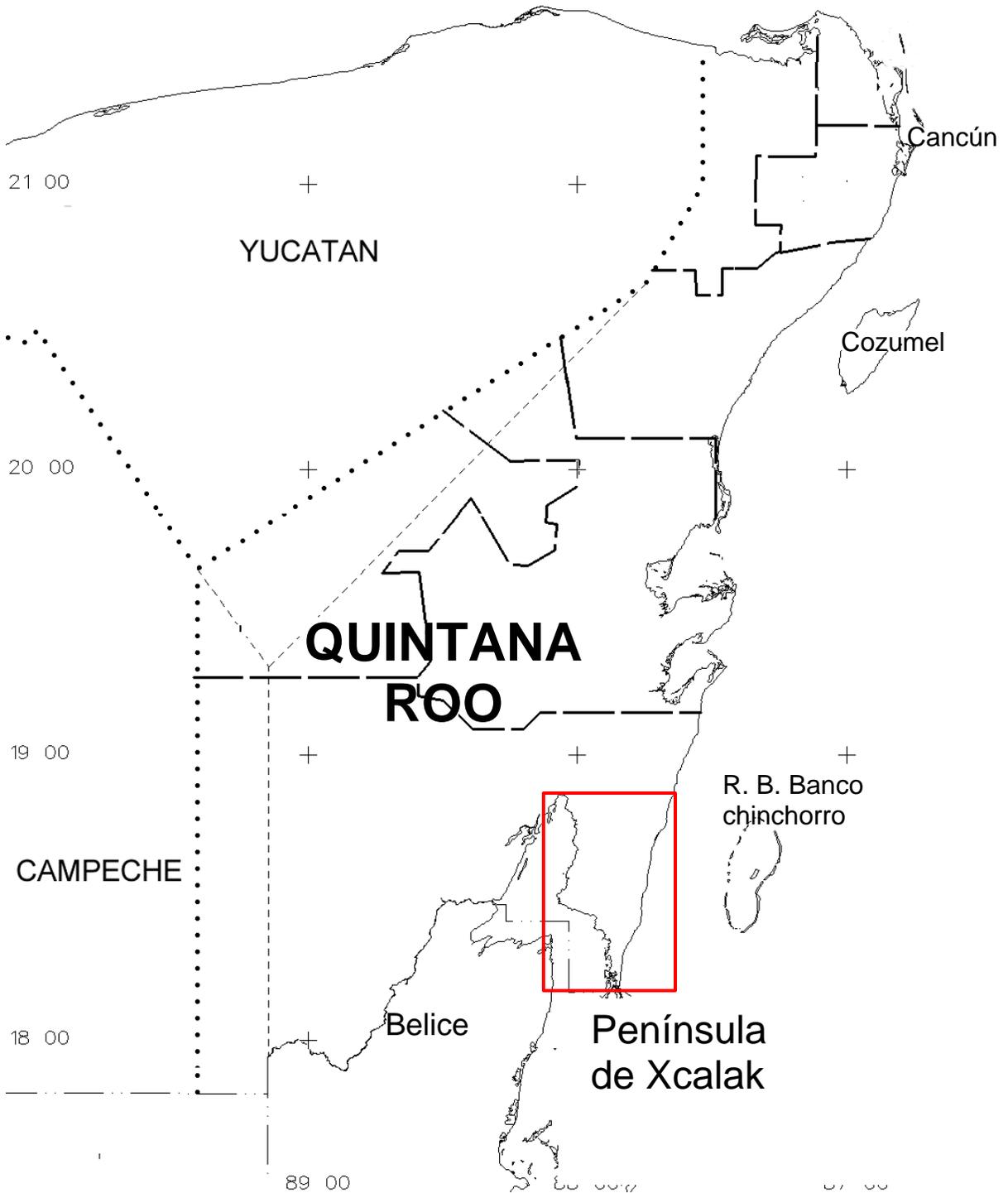
Río Huache		2001M	
2001J	O	2001M	O

Figura 9: Curvas de abundancia acumulada por sitio y Fase de monitoreo

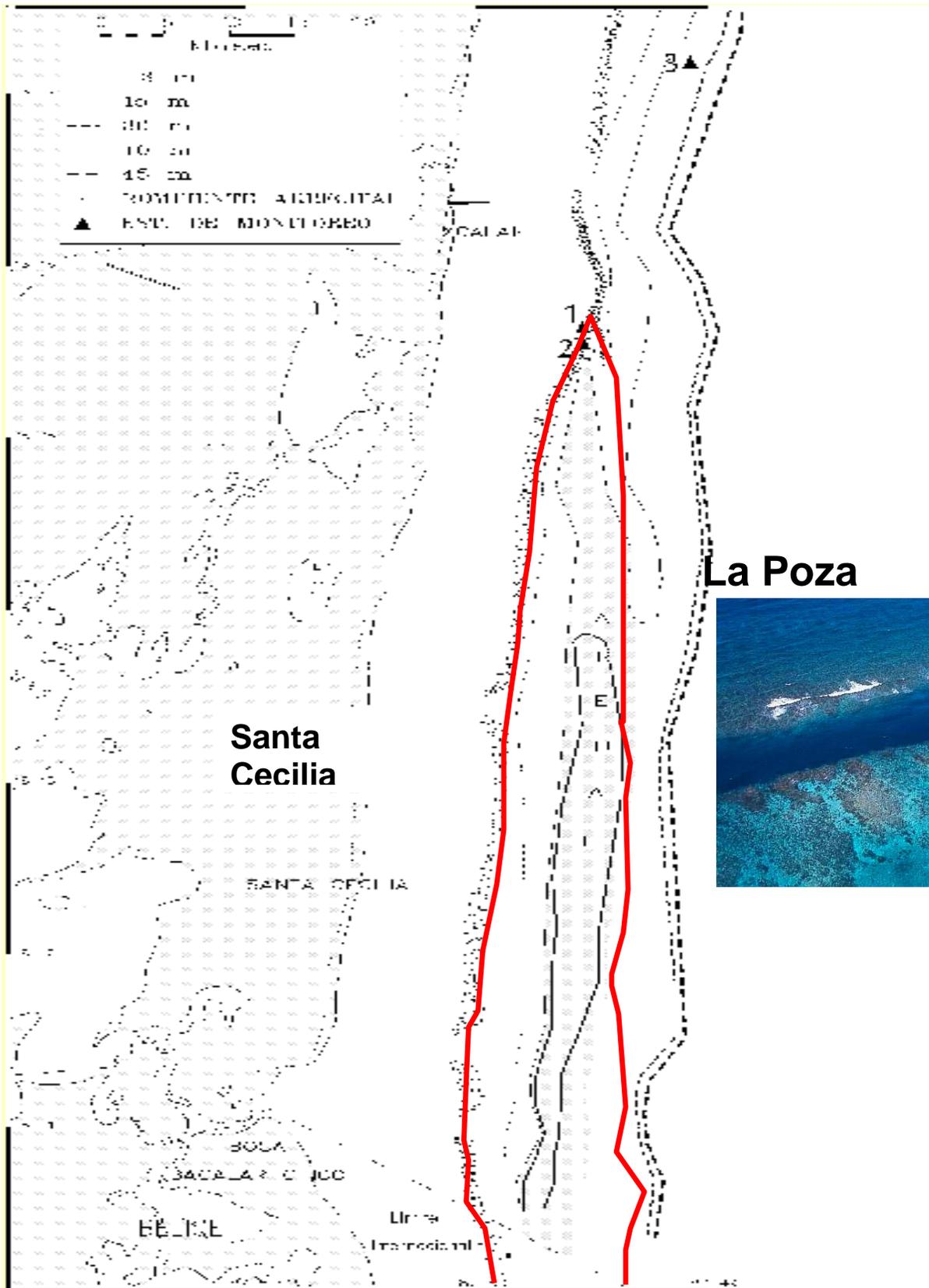
# MAPAS



Mapa 1: Localización de los sitios de monitoreo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalk



Mapa 2: Localización de la Península de Xcalak.



Mapa 3: La poza es una estructura única debido a las características topográficas y al desarrollo coralino que presenta en su pared occidental.

## IX) BIBLIOGRAFÍA

Ariaz-González J.E., Ruiz-Zárate M.A., Hernández-Landa, R.C., Nuñez-Lara, E. y González-Salas, C.F. (2000). Comparative Study of the Coral Reef of the Mexican Caribbean Using the AGRRA Protocol. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, IPN, Unidad Mérida.

Diane Scullion Littler, Mark M. Littler, Katina E. Bucher, and James N. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean, a field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 263 p.

García, G., Loreto, R. M., Gutiérrez, D. e Ibarra, R. 1995. Monitoreo de Arrecifes de Quintana Roo. Documento interno, Amigos de Sian Ka'an A.C.

García, G., Loreto, R.M., Lara, M., Padilla, C., Ibarra, R., Torres, E., Estrada, J., Gómez, D., Majil, I., Samos, A. y R. Reyes. 1996. Caracterización de Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. En: Caracterización de la zona de Xcalak, Quintana Roo, México. Propuesta para el establecimiento del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak". Sian Ka'an *Serie de Documentos No. 5*, pag. 26-45.

Ginsburg, R., Kramer, P., Lang, J., Kramer, P. y A. Bruckner. 1999. Evaluación Rápida de los Arrecifes del Atlántico y del Golfo. Univ. Miami.

Gutierrez, C. D. y García, B. G. (1995). Monitoreo de Arrecifes de Quintana Roo (Tercer Informe). Amigos de Sian Ka'an A.C. Informe interno.

Humman, P. (1992). Reef Creature Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 320 p.

Humman, P. (1993). Reef Coral Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 239 p.

Humman, P. (1994). Reef Fish Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla 2ª. Ed. 396 p.

Macias O.R. (1994). Variación espacial de la comunidad ictiología de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo. México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de México. 69 pp.

Padilla S.C. (1989). Estructura Comunitaria de Escleractinios del Arrecife del Cabezo, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México., Facultad de Ciencias. 95 pp.

Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. (1980). Biometry "the Principles and Practice of Statistics in Biological Research", Second Edition.