

Informe final* del Proyecto Y008

Diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero de Progreso, Yucatán

Responsable: Dr. Pedro Luis Ardisson Herrera
Institución: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida
Departamento de Recursos del Mar
Laboratorio de BENTOS
Dirección: Carretera Antigua a Progreso Km 6, Cordemex, Mérida, Yuc, 97310 , México
Correo electrónico: ardisson@mda.cinvestav.mx,
Teléfono/Fax: Tel: 999 942 9400 ext. 9452 directo 01 999 942 9451
Fecha de inicio: Febrero 15, 2002
Fecha de término: Octubre 4, 2004
Principales resultados: Base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Ardisson, P. -L. 2005. Diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero de Progreso, Yucatán. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Y008.** México, D.F.

Resumen:

El presente proyecto pretende estudiar la diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero del área focal Progreso, Norte de Yucatán. Los principales grupos zoológicos considerados son Annelida (Polychaeta, Oligochaeta), Crustacea (Malacostraca), Mollusca (Bivalvia, Gastropoda, Polyplacophora) y Echinodermata (Ophiuroidea, Echinoidea, Holothuroidea), aunque otros grupos podrán ser incorporados en caso de ser registrados. El objetivo del estudio es crear una base de datos sobre el inventario faunístico del área focal propuesta, así como establecer las bases de un sistema de monitoreo sobre los cambios espaciales y temporales de alguna o algunas especies conspicuas o importantes desde el punto estructural y/o funcional para el ecosistema estudiado. La relevancia del proyecto radica en que este sector del litoral es uno de los más densamente poblados y expuestos a estrés ambiental en el Estado, por lo que en él el riesgo de deterioro y pérdida de viabilidad de las poblaciones marinas que lo habitan es mayor, particularmente en su sector somero. La consecuencia previsible de ello es la interrupción en el flujo de especies y organismos a lo largo del litoral (corredor), con la consiguiente pérdida de diversidad local y regional. En la zona infralitoral las muestras se colectarán mediante un dispositivo hidroneumático de succión por impulso de aire comprimido. Los ejemplares colectados serán incorporados a la colección "Invertebrados Bentónicos de Yucatán", integrante del repertorio de colecciones biológicas mexicanas de la CONABIO. La duración del estudio será de 24 meses.

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

**Diversidad bentónica del ambiente intermareal e infralitoral somero
de Progreso, Yucatán**

Convenio CONABIO FB813/Y008/02



Informe final presentado ante la

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Ardisson Pedro-Luis, Castillo-Fernández Delta

Email: ardisson@mda.cinvestav.mx

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO
POLITÉCNICO NACIONAL, UNIDAD MÉRIDA

Apartado Postal 73 - Cordemex. 97310 Mérida, Yucatán.

Agosto 2004

RESUMEN

El presente informe integra la descripción de actividades y de resultados obtenidos en el marco del proyecto CONABIO FB813/Y008/02, el cual tuvo como propósito determinar, sobre una base estacional, los cambios en la composición, abundancia y distribución de la fauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán; crear una base de datos; elaborar el inventario faunístico de la zona intermareal e infralitoral somera del área propuesta y sentar las bases y criterios para el establecimiento de un sistema de monitoreo de la calidad del hábitat mediante el empleo de índices bióticos y/o especies indicadoras asociadas al ambiente bentónico. En conjunto, la fauna bentónica colectada e incorporada a la colección de Invertebrados Bentónicos de Yucatán incluye 135 familias, 183 géneros y 234 especies, con un total de 376,873 ejemplares ubicados en 29,128 registros de la base de datos. Entre las especies de la macrofauna que se colectaron en este estudio se incluyen 58 especies de anélidos, 91 especies de artrópodos, 68 especies de moluscos, 7 especies de equinodermos, 3 de platihelmintos y 7 especies adicionales de otros phyla menores. El material faunístico total existente en esta colección de invertebrados alcanza actualmente los 31,922 registros y 475,538 ejemplares, e incluye a 217 familias, 316 géneros y 476 especies pertenecientes a 13 phyla.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los valiosos comentarios y opiniones, en sus respectivas esferas de competencia, de los Drs. Gordon Paterson del Departamento de Zoología del Museo Británico de Historia Natural, UK, y del Profesor Alfonso R. Condal de la Universidad Laval, Canadá, los cuales contribuyeron substancialmente a robustecer el estudio. Agradecemos igualmente la invaluable ayuda y competencia profesional, tanto en campo como en laboratorio, de la Ing. Acuác. María Teresa Herrera Dorantes, ayuda sin la cual el desarrollo del proyecto hubiera sido infinitamente más arduo. Esencial y de gran valor en campo fue igualmente la ayuda del Ing. Pesquero Eduardo Campos Bravo y del Hidrobíol. Alfonso Ignacio Vega Moro, lo mismo que la de los estudiantes de maestría Alicia del Carmen Medina Hernández, Roberto Carlos Hernández Landa, Susana Patiño del Olmo, así como la de los estudiantes de licenciatura Karla Rodríguez Medina y Carlos Paz Ríos (campo y laboratorio).

El reconocimiento del área de estudio y apoyo logístico se realizó con la colaboración de la Federación Regional de Cooperativas Pesqueras del Centro y Poniente del Estado de Yucatán y de la Estación de Investigación Oceanográfica Progreso, Yucatán, Secretaría de Marina, Armada de México. Nuestro reconocimiento y agradecimiento al personal de ambas organizaciones.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
Marco conceptual	1
Concordancia de los objetivos del proyecto con la elaboración de inventarios faunísticos en la zona del Corredor Biológico Mesoamericano-Méjico (CBMM) y las Áreas Naturales	
Protegidas que éste conecta.....	2
Antecedentes	3
Objetivos	4
MATERIAL Y MÉTODOS	4
Área de estudio	4
Posicionamiento de localidades, transectos y sitios de colecta.....	5
Colecta de sedimento y organismos	6
Análisis de laboratorio	7
Colección biológica.....	8
Base de datos.....	8
Análisis exploratorio de datos.....	9

RESULTADOS.....	9
Base de datos.....	9
Inventario de especies.....	11
Colección biológica.....	11
Descripción de la variabilidad espacial, sobre una base estacional, de algunos atributos poblacionales de la fauna.....	13
Distribución espacial.....	13
Abundancia.....	14
Riqueza de especies.....	15
Diversidad y equidad de especies.....	16
Especies dominantes.....	18
Diagnosis biogeográfica de los taxa registrados.....	19
Importancia económica y/o de utilización de los taxa.....	20
REFERENCIAS	21

LISTA DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla 1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo en el área focal Progreso, norte de Yucatán.	23
Tabla 2. Sinopsis de la base de datos sobre la macrofauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán.	24
Tabla 3. Composición de especies de la macrofauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán.	25
Tabla 4. Registro de especies de la macrofauna bentónica por período de colecta en el área focal Progreso, norte de Yucatán.	34
Tabla 5a. Registro de especies de la macrofauna bentónica por localidad en el área focal Progreso, norte de Yucatán. Colecta Abril-mayo 2002.	53
Tabla 5b. Registro de especies de la macrofauna bentónica por localidad en el área focal Progreso, norte de Yucatán. Colecta Abril-mayo 2003.	70
Tabla 5c. Registro de especies de la macrofauna bentónica por localidad en el área focal Progreso, norte de Yucatán. Colecta Junio 2003.	79

	<u>Página</u>
Tabla 5d. Registro de especies de la macrofauna bentónica por localidad en el área focal Progreso, norte de Yucatán. Colecta noviembre 2003. _____	89
Tabla 6. Estimación de la riqueza específica de la macrofauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán, por el método Jackknife. _____	98
Tabla 7. Estimación de la diversidad (índice de Brillouin) y equidad (índice de Smith & Wilson) de la macrofauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán. _____	99
Tabla 8. Dominancia comunitaria de la macrofauna bentónica de la zona focal Progreso, norte de Yucatán de acuerdo al índice de McNaughton. _____	100
Tabla 9. Utilización de algunas de las especies de macrofauna bentónica registradas el área focal Progreso, norte de Yucatán, como sujetos de pruebas toxicológicas en laboratorio. _____	101

LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Ubicación de las localidades de muestreo en el área focal Progreso, norte de Yucatán. Zona oeste: 1, San Antonio Copte; 2, Xtul; 3, Huachinango; 4, Basurero. Zona centro: 5, Loret de Mola; 6, Calle 102; 7, Eladio's; 8, Anuncio Dzilam. Zona este: 9, Camajugui; 10, Mirador; 11, Sin entrada; 12, El Faro. _____ 105
- Figura 2. Fotografía aérea de las localidades de muestreo en el área focal Progreso, norte de Yucatán (1998). Zona oeste: 1, San Antonio Copte; 2, Xtul; 3, Huachinango; 4, Basurero. Zona centro: 5, Loret de Mola; 6, Calle 102; 7, Eladio's; 8, Anuncio Dzilam. Zona este: 9, Camajugui; 10, Mirador; 11, Sin entrada; 12, El Faro. _____ 106
- Figura 3. a, tendido de los transectos en las localidades seleccionadas; b, transecto completamente tendido, anclado y señalizado; c, embarcación finalizando la colecta. _____ 107
- Figura 4. Colecta en la zona intermareal: a, el sedimento se recoge con la pala y se deposita sobre los tamices; b, tamizado con agua de mar; c, se separan las fracciones y se colocan en cubetas para su relajación y fijación y posterior traslado al laboratorio; d, arreglo en la lancha de cubetas con redes usadas con el dispositivo de succión (DIHISIAC). _____ 108

- Figura 5. a, Dispositivo Hidroneumático de Succión por Impulso de Aire Comprimido (DHISIAC) (Holme & McIntyre 1984); b, imágenes submarinas del funcionamiento del DHISIAC y de la colecta por cuadrantes. _____ 109
- Figura 6. Cambios en la línea de costa después del huracán Isidoro. a y b, zonas en donde se perdió o disminuyó drásticamente la playa; c y d, zonas en donde la playa aumentó, formándose charcas que se inundaban con la marea alta. En este último caso los sitios ubicados anteriormente a 20 m quedaron expuestos. _____ 110
- Figura 7. Imágenes del proceso de extracción de arena de la zona oeste para el relleno de playas de la zona centro (Progreso). a, comparación del amontonamiento de arena en relación a una persona de 1.80 m; b, panorámica de la acumulación de arena para relleno. _____ 111
- Figura 8. a, Condiciones del mar antes del huracán Isidoro; b, muestreo con el Dispositivo Hidroneumático de Succión por Impulso de Aire Comprimido (DHISIAC) en condiciones de baja visibilidad; c condiciones del mar pocos días después del huracán Isidoro. _____ 112
- Figura 9. Estimación de la abundancia de las especies de anfípodos con el mayor numero de individuos durante la primera colecta y su comportamiento poblacional _____ 113

durante las tres colectas restantes.

Página

- Figura 10. Estimación de la abundancia de las especies de cumáceos con el mayor numero de individuos durante la primera colecta y su comportamiento poblacional durante las tres colectas restantes. 114
- Figura 11. Estimación de la abundancia de cuatro especies con un número elevado de individuos durante la primera colecta y su comportamiento poblacional durante las tres colectas restantes. 115
- Figura 12. Estimación de las especies únicas de la macrofauna bentónica presentes en la población total y en cada zona del área focal Progreso, norte de Yucatán (método Jackknife). 116
- Figura 13. Riqueza de especies en la población total y por zonas de la macrofauna bentónica del área focal Progreso, norte de Yucatán, calculado por el método de Jackknife. 117
- Figura 14. Estimación de la diversidad (índice Brillouin) de la macrofauna bentónica por zonas del área focal Progreso, norte de Yucatán. 118
- Figura 15. Estimación de la equidad (índice Smith & Wilson) de la macrofauna bentónica por zonas del área focal 119

- Figura 16. Estimación de las especies comunes de la macrofauna bentónica por localidad en el área focal Progreso, norte de Yucatán. La línea recta indica la tendencia de la población con relación a la heterogeneidad. ————— 120
- Figura 17. Dominancia comunitaria de la macrofauna bentónica de la zona focal Progreso, norte de Yucatán, de acuerdo al índice de McNaughton. ————— 121
- Figura 18. Estimación de las dos especies dominantes en los cuatro periodos de colecta y en las doce localidades ubicadas a lo largo de la línea de costa del área focal Progreso, norte de Yucatán. ————— 122

INTRODUCCIÓN

Marco conceptual

Tradicionalmente, desde el punto de vista biológico, las zonas intermareal e infralitoral somera de la zona costera en ambientes tropicales ha recibido poca atención, con el resultado de que los invertebrados de substrato blando que habitan estas zonas, particularmente aquellos de talla pequeña, permanecen poco estudiados. Sin embargo, existe la necesidad urgente de registrar y describir dicha fauna. Las áreas costeras someras, por su proximidad a la línea de costa, se encuentran entre las más expuestas a pérdida de biodiversidad por causa de estrés de origen tanto natural (e.g. oleaje, corrientes de marea, sedimentación de partículas, cambios en la temperatura y en la salinidad del agua) como antropogénico (e.g. degradación del hábitat, contaminación, efectos del cambio climático global).

En muchos casos, esta variabilidad obliga a los organismos a desarrollarse bajo condiciones ambientales severas. La severidad de las condiciones se incrementa hacia el límite superior de distribución vertical de las especies el cual, para la mayor parte de ellas, está definido por el límite superior de fluctuación de mareas. A pesar de las condiciones desfavorables que prevalecen frecuentemente a proximidad de este límite, algunos grupos de especies colonizan la zona costera somera de manera recurrente. Si bien las especies desarrollan estrategias adaptativas para hacer frente a las condiciones variables, no está bien establecido sin embargo si estas especies se encuentran regularmente bajo estrés o si, por el contrario, obtienen beneficios específicos de estas condiciones variables.

Uno de los problemas principales a los que se confronta la ecología de comunidades, es explicar por qué un sitio particular abriga un cierto número de especies. Desde una perspectiva ecológica, por oposición a una perspectiva evolutiva, el problema es comprender la importancia relativa de los diferentes factores y procesos que regulan la colonización y pérdida local de especies. Es precisamente en este contexto que el

inventario de especies, la conformación de bases de datos y la creación de colecciones biológicas que den cuenta de manera fiable y verificable de la variabilidad espacial y temporal en la composición, distribución y abundancia poblacional de las especies, cobran relevancia al constituirse en una etapa básica y fundamental para hacer avanzar el conocimiento de la biodiversidad de uno de los ambientes potencialmente más ricos y promisorios, como lo es el ambiente marino litoral.

Concordancia de los objetivos del proyecto con la elaboración de inventarios faunísticos en la zona del Corredor Biológico Mesoamericano-Méjico (CBMM) y las Áreas Naturales Protegidas que éste conecta

Previo a la conducción del presente proyecto, la fauna macrobentónica presente en el territorio comprendido en el área de estudio denominada área focal Progreso, Norte de Yucatán, no había sido hasta ahora objeto de estudio formal. El área focal Progreso es una de las áreas comprendida dentro del proyecto CBMM, el cual tiene como objetivo general la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en cinco corredores biológicos del sureste de México mediante la integración de criterios de biodiversidad en el gasto público y en prácticas de planeación y desarrollo locales. La relevancia del proyecto radica en que este sector del litoral del Estado es uno de los más densamente poblados, transitados por embarcaciones de diversa índole y frecuentados por el turismo para el desarrollo de actividades náutico recreativas, por lo que en él el riesgo de deterioro y pérdida de viabilidad de las poblaciones que lo habitan es mayor. La perspectiva de que en el entorno ecológico de esta zona se lleve a la práctica el proyecto denominado “Perforación de pozos exploratorios del proyecto Progreso”, propuesto por PEMEX, incrementa el riesgo en este sentido. La consecuencia previsible de ello es la interrupción en el flujo de especies y organismos a lo largo del litoral (corredor), con la consiguiente pérdida de diversidad local y regional.

Antecedentes

Un análisis de la información publicada en la base de datos *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* (ASFA) para el período 1978 - marzo 2001, muestra que de 54 trabajos referidos a registros de especies en el ambiente marino del norte de la península de Yucatán y de su zona de influencia (Banco de Campeche y Canal de Yucatán), el mayor porcentaje de ellos corresponde a especies pelágicas observadas en aguas abiertas. Raros han sido los trabajos conducidos en la porción somera de la zona nerítica, particularmente en lo referente a especies bentónicas. En el área de estudio propuesta, la ausencia de antecedentes conocidos sobre registros de especies bentónicas es notoria. Una excepción a lo anterior lo constituye sin embargo el trabajo de Pech (1999) quien reporta para el substrato duro del muelle fiscal de Progreso la presencia de un briozoario incrustante (Ciliostomata), del molusco *Acmaea antillarum*, del balano *Balanus amphitrite niveus* y del poliqueto *Ceratonereis mirabilis*. De manera incidental, en esa misma zona se ha señalado la presencia de otras especies de balanos, de pepinos de mar (Holothuroidea) y de corales pétreos (Scleractinia), aunque estos no han sido descritos. Mientras que en el litoral norte de Yucatán los pepinos de mar suscitan un interés creciente por su valor comercial como producto de exportación destinado al consumo humano, la presencia de corales escleractíneos en la zona sorprende, por inusitada; en efecto, en el ambiente costero somero, la baja transparencia del agua y el alto contenido en material particulado en suspensión impide normalmente el establecimiento de estos organismos filtradores particularmente sensibles. Cabe destacar que en numerosos trabajos, los registros de especies citados carecen de georreferenciación, de datos de colecta complementarios y de ejemplares de referencia depositados en una colección, por lo que en este sentido difícilmente pueden ser considerados registros curatoriales válidos.

Objetivos

General: Crear una base de datos sobre la composición, abundancia y distribución de la fauna bentónica del área focal Progreso, Norte de Yucatán.

Particulares: (1) Elaborar el inventario faunístico de la zona intermareal e infralitoral somera del área propuesta, (2) Determinar, sobre una base estacional, los cambios en la composición, abundancia, dominancia y diversidad de las poblaciones bentónicas registradas, (3) Representar, mediante mapas, el arreglo espacial en la distribución de los taxa más conspicuos, (4) Destacar la importancia económica y/o uso tradicional de tales taxa, (5) Sentar las bases y criterios para el establecimiento de un sistema de monitoreo de la calidad del hábitat mediante el empleo de índices bióticos y/o especies indicadoras asociadas al ambiente bentónico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Al interior de los límites del área focal Progreso, y limitado a su sector litoral marino, el proyecto se circunscribió al área representada por el polígono siguiente:

89° 51' 50" W	89° 51' 50" W	89° 28' 28" W	89° 28' 28" W
21° 14' 34" N	21° 14' 40" N	21° 19' 11" N	21° 19' 17" N

La extensión de litoral contenida al interior de dicho polígono es de 42 km de longitud (Figura 1). El área de trabajo se limitó a los ambientes intermareal e infralitoral somero. Esto es, a la franja litoral comprendida entre el límite superior de mareas y la isóbata de 4 m (aproximadamente), lo cual correspondió en todos los casos a una anchura de 200 m. La amplitud de dicha franja se determinó, fundamentalmente, por la restricción que imponen los límites del área focal Progreso en su sector marino y, secundariamente, por razones de naturaleza logística. En efecto, respecto a este segundo factor, el

estudio de la comunidad bentónica está condicionado por las condiciones batimétricas del área de estudio, por la disponibilidad de dispositivos eficaces de muestreo, por factores de campo que inciden sobre las condiciones de seguridad bajo las cuales se desempeña la actividad y, finalmente, por el monto de financiamiento disponible.

Adicionalmente a las actividades vinculadas con el turismo de playa, el área de estudio se caracteriza por ser un área de transito obligado de embarcaciones hacia las zonas de pesca. Adicionalmente, su entorno inmediato constituye un área de tráfico comercial y turístico intenso, actividades éstas vinculadas con la creación del muelle fiscal y, recientemente, con la creación de la terminal marítima remota en la que atracan embarcaciones de gran calado. El impacto ecológico que ha representado la construcción de esta terminal remota aún no ha sido completamente evaluado, pero al examinar las imágenes aéreas tomadas por el INEGI en 1998 se puede apreciar el cambio aparente en el patrón de circulación de corrientes en el área (Figura 2). Desafortunadamente no existen fotografías recientes del área que den cuenta del impacto sufrido por efecto del huracán Isidoro en septiembre de 2002.

Posicionamiento de localidades, transectos y sitios de colecta.

A lo largo de los 42 km de litoral y a intervalos regulares de 4 km aproximadamente (a excepción de la última localidad que se ubicó a 2 km de la localidad precedente), se ubicaron 12 localidades de colecta. Las localidades fueron ubicadas con un sistema de posicionamiento global GARMIN® GPS 12XL Professional Handheld GPS-12 Channel Receiver. Adicionalmente, cada localidad se nombró de acuerdo con alguna característica local distintiva (e.g. nombre de calle o propiedad más cercana) con el propósito de servir de referencia para facilitar su ubicación en colectas posteriores (Tabla 1). De acuerdo con el posicionamiento de las localidades, el área de estudio se dividió en tres grandes zonas: Zona Oeste, se ubica hacia el puerto de Sisal y comprende las localidades San Antonio Copte, Xtul, Huachinango y Basurero (estas dos últimas en el área de influencia de las poblaciones de Chuburná Puerto y Chelem);

Zona Centro, comprende las localidades Loret de Mola, Calle 102, Eladio's y Anuncio de Dzilam (en el área de influencia de la población del puerto de Progreso); Zona Este, comprende las localidades Camajugui, Mirador, Sin entrada y El Faro (en el área de influencia de Chicxulub y Huaymitun).

En cada localidad se tendió un transecto guía de 200 m de longitud, perpendicular a la línea de costa (Figura 3a,b). Cada transecto fue lastrado, tensado y señalizado con flotadores. En cada transecto, el primer sitio se ubicó en la porción media de la zona intermareal y los sitios subsiguientes a intervalos de 20 m en dirección de la zona infralitoral, lo que hace un total de 11 sitios por transecto (localidad). La unidad muestral (= dimensiones del cuadrante) fue de 0.25 m². En cada sitio se colectó una muestra de sedimento por cuadruplicado (área total de 1 m²).

Colecta de sedimento y organismos

En la zona intermareal, las muestras fueron colectadas mediante una pala de PVC. La arena se depositó en un recipiente suficientemente grande para contenerla y se tamizó *in situ* con agua de mar a través de tamices de campo de 1 cm, 5 mm y 500 µm de abertura de malla (Figura 4a,b,c). El material colectado se colocó en una cubeta, se relajó con MgCl₂ al 15% y se fijó con formol al 10%, tapando la cubeta herméticamente para su traslado al laboratorio.

En la zona infralitoral (20 a 200 m de distancia horizontal de la línea de costa), las muestras se colectaron mediante un Dispositivo Hidroneumático de Succión por Impulso de Aire Comprimido (DHISIAC) (Holme & McIntyre 1984). Este dispositivo, utilizado con éxito para la colecta de organismos marinos bentónicos en la laguna arrecifal de Akumal, Quintana Roo (Castañeda 1999, Ardisson et al. 2003), consiste básicamente en un tubo de PVC de 1.25 m de longitud y 10 cm de diámetro. A 20 cm de distancia de uno de sus extremos, el tubo se conecta a la manguera del primer paso de un regulador de buceo, el cual se conecta a su vez con un tanque de buceo que

suministra aire comprimido y que ejerce presión para impulsar el sedimento hacia el extremo opuesto del tubo en donde se colecta a través de una bolsa de malla de apertura de 500 μm y en donde quedan retenidos los organismos (Figura 5). Los organismos obtenidos con el dispositivo de succión se mantuvieron en la red de colecta, la cual se colocó en una cubeta de plástico. Los organismos retenidos en la red se relajaron con MgCl_2 al 15% y se fijaron con formol al 10%, tapando la cubeta herméticamente para su traslado al laboratorio (Figura 4d). La frecuencia de muestreo fue cuatrimestral.

En términos de evitar daños al ambiente o a las poblaciones estudiadas, es pertinente especificar que el método propuesto de colecta de sedimento en la zona afecta sólo la zona prevista para tal efecto. El conjunto de unidades muestrales considerado por campaña de muestreo, ('la muestra del área de estudio': $n = 132$), constituye el 0.0014% del área destinada a representar; esto es, $42 \times 0.2 \text{ km}$, por lo que el riesgo de perturbación para el ambiente es virtualmente nulo.

Adicionalmente a la colecta de sedimento, en cada sitio de colecta se registró *in situ* la profundidad mediante una sonda de pulsos de alta frecuencia HONDEX® Portable Depth Sounder; la transparencia del agua con un disco de Secchi y la temperatura del agua mediante un termostato programable sumergible HOBO® H8 Data Logger. En cada periodo de colecta se accedió a los sitios de colecta por medio de embarcaciones de fibra de vidrio con motorización fuera de borda de longitud y potencia variables (Figura 3c).

Análisis de laboratorio

En el laboratorio, las redes fueron lavadas con agua corriente para recuperar a todos los organismos, los cuales se colocaron en frascos debidamente etiquetados con alcohol al 70% para su posterior separación, cuantificación y determinación taxonómica mediante el uso de microscopios estereoscópicos y de contraste diferencial de

interferencia. Los organismos fueron determinados hasta especie, contabilizados y preservados en frascos con alcohol al 70%, con la etiqueta correspondiente.

El personal adscrito al Laboratorio de Bentos posee la formación y la experiencia suficientes para garantizar la calidad de las determinaciones taxonómicas de la mayoría de los grupos colectados. No obstante, el Dr. Gordon Paterson del Departamento de Zoología del Museo Británico de Historia Natural (Londres), quien es especialista en Anélidos y Equinodermos, visitó el laboratorio en agosto de 2002 y confirmó la identidad de las especies de anélidos poliquetos que planteaban dudas. Así mismo, el Dr. Paterson nos facilitó la literatura faltante para la determinación de algunas especies de anfípodos.

Colección biológica

Los organismos colectados y determinados a especie se incorporaron a la colección de Invertebrados Bentónicos de Yucatán, ya existente en el Laboratorio de Bentos. Esta colección fue creada en 1995 y se encuentra registrada en la obra Síntesis del Estado de las Colecciones Biológicas Mexicanas (Llorente et al 1999).

Base de datos

La información obtenida en el marco del presente proyecto se organizó sobre una base de datos creada mediante el programa Microsoft Access XP y cumple con las características indicadas en el INSTRUCTIVO PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES DE DATOS COMPATIBLES CON EL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD.

Análisis exploratorio de datos

En el marco del presente proyecto, el análisis de datos se limitó al aspecto de análisis de tendencias de variación en la composición y abundancia de las especies, tanto espacial como temporal, en su forma de expresión más simple. De esta manera, la variabilidad en los datos se representó mediante tablas y figuras en formato diverso. Para el cálculo de los índices de riqueza específica, diversidad y equidad se utilizó el programa Ecological Methodology v.5.01 (Windows) (Krebs 1998). La dominancia de especies, se calculó de acuerdo con el índice comunitario de dominancia de McNaughton (Krebs 1978). La producción de mapas de distribución y abundancia de las especies registradas durante las colectas, actividad en la que se consideró la participación del Profesor Alfonso R. Condal de la Universidad Laval, Canadá, no pudo ser efectuada debido a la imposibilidad práctica de producir mapas por causa de la escala de representación de los datos al interior de un área de estudio de 42 km de longitud por 0.2 km de anchura (área desproporcionadamente más larga que ancha). Por tal razón, las tendencias de variación espacial para cada periodo de muestreo se representaron en forma de figuras sin restricción de escala (ver sección Resultados).

RESULTADOS

Con base en lo indicado en el ANEXO 1 del Convenio, a continuación se presentan los resultados y productos más relevantes del proyecto:

Base de datos

La base de datos resultante del proyecto es conforme con las características que se indican en el INSTRUCTIVO PARA LA CONFORMACIÓN DE BASES DE DATOS COMPATIBLES CON EL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE

BIODIVERSIDAD. Adicionalmente, ésta posee las especificaciones que se describen a continuación:

- a) La base de datos está conformada por 29,128 registros curatoriales que resultan al asociar un número de colecta o lote a un único o varios ejemplares (sin contar duplicados) de una sola especie, colectados en una única localidad georreferenciada y cuyos especímenes o datos correspondientes están depositados en una colección biológica.
- b) De acuerdo con el inciso anterior, los registros curatoriales comprenden 376,873 ejemplares colectados y registrados durante el desarrollo del proyecto en 132 localidades únicas con coordenadas geográficas distribuidas en el área focal Progreso, en el estado de Yucatán. Dichos ejemplares pertenecen a 234 especies, 183 géneros y 135 familias de los phyla Annelida (Polychaeta, Clitellata), Arthropoda (Acarina, Cirripedia, Malacostraca, Maxillopoda, Merostomata, Ostracoda, Pycnogonida), Chaetognatha (Sagittoidea), Chordata (Cephalochordata), Cnidaria (Hydrozoa), Echinodermata (Echinoidea, Holoturoidea, Stelleroidea), Echiura (Echiuroidea), Mollusca (Bivalvia, Gastropoda, Scaphopoda), Nemertea (Enopla), Platyhelminthes (Turbellaria), Porifera (Demospongiae) y Sipuncula (Phascolosomatidea).
- c) Los ejemplares colectados están depositados en la Colección de Invertebrados Bentónicos de Yucatán (CYMX), Laboratorio de Benthos, Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida.
- d) El 100% de los registros curatoriales están georreferenciados según su Estado, Municipio, Latitud y Longitud y profundidad (m). Cada localidad, fue georreferenciada mediante un sistema de posicionamiento global (geoposicionador).
- e) La base de datos está desarrollada bajo una estructura relacional, en formato ACCESS XP 2002, e incluye los campos obligatorios descritos en el instructivo para la

conformación de bases de datos compatibles con el Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB).

El resultado condensado del contenido de la base de datos durante los períodos de colecta se muestra en la Tabla 2.

Inventario de especies

El número de unidades de muestra colectadas para la macrofauna bentónica mediante el Dispositivo Hidroneumático de Succión por Impulso de Aire Comprimido (DHISIAC), ascendió a 2,112 (12 localidades, 11 sitios, 4 réplicas y 4 períodos de colecta), de las cuales la totalidad fue procesada. La composición taxonómica (inventario) de los organismos separados de estas unidades de muestra está contenida en la Tabla 3. Entre las especies que la integran, 58 corresponden al phylum Annelida (3 a la clase Clitellata y 55 a la clase Polychaeta); 91 al phylum Arthropoda (1 a la clase Acarina [ácaros], 1 a la clase Cirripedia [balanos], 75 a la clase Malacostraca [crustáceos], de las cuales 24 pertenecen al orden Amphipoda, 10 al orden Cumacea, 13 al orden Decapoda, 17 al orden Isopoda, 1 al orden Leptostraca, 6 al orden Mysida y 4 al orden Tanaidacea, 6 a la clase Maxillopoda (copépodos), 1 a la clase Merostomata (cangrejo cacerola), 6 a la clase Ostracoda y 1 a la clase Pycnogonida; 68 al phylum Mollusca (26 a la clase Bivalvia, 39 a la clase Gastropoda y 3 a la clase Scaphopoda); 7 al phylum Echinodermata; y 3 al phylum Platyhelminthes; los phyla Cnidaria, Chaetognatha, Chordata, Echiura, Nemertea, Porifera y Sipuncula, estuvieron representados por una sola especie cada uno. El total de especies registradas fue de 234.

Colección biológica

La colección de Invertebrados Bentónicos de Yucatán, localizada en el Laboratorio de Bentos de la Unidad Mérida del CINVESTAV-IPN, se ha ido incrementando y

depurando desde su creación en 1995. Actualmente, nuestra colección puede catalogarse como una colección de documentación faunística; es decir, una colección en la que los ejemplares de documentación biológica son representativos de los taxa presentes en la zona de estudio y han sido determinados por personas no especialistas hasta el nivel de género o especie, quedando a disposición de los taxónomos para corroborar esta determinación específica y pasar posteriormente a formar parte de una colección de referencia taxonómica en las que los ejemplares se consideren de soporte taxonómico y no estén asociados directamente con perspectivas de nomenclatura propiamente sino que siendo éstos susceptibles de ser determinados hasta especie por especialistas, provean información importante sobre la presencia y variación morfológica de los especímenes en la zona de estudio. Finalmente, conforme se continúe depurando y afinando, nuestra colección deberá alcanzar el nivel deseado de colección de nomenclatura sistemática, en donde ya se establezcan ejemplares tipo, basándose ya sea en redescripciones o descripciones de nuevas especies (e.g. holotipos, paratipos).

En conjunto, la fauna bentónica colectada e incorporada a la colección de Invertebrados Bentónicos de Yucatán en el curso del presente proyecto comprende 135 familias, 183 géneros y 234 especies, con un total de 376,873 ejemplares ubicados en 29,128 registros de la base de datos. Entre las especies de la macrofauna que se colectaron en este estudio se incluyen 58 especies de anélidos, 91 especies de artrópodos, 68 especies de moluscos, 7 especies de equinodermos, 3 de platihelmintos y 7 otras especies de phyla menores poco representados.

El material faunístico total existente actualmente en esta colección de invertebrados alcanza los 31,922 registros y 475,538 ejemplares, e incluye a 217 familias, 316 géneros y 476 especies pertenecientes a 13 phyla. Esto sin considerar un volumen de material importante de otras localidades de la Península aún sin incorporar a la colección, por falta de recursos tanto humanos como económicos.

Descripción de la variabilidad espacial, sobre una base estacional, de algunos atributos poblacionales de la fauna

Distribución espacial

La presencia de especies por período de colecta y localidad (transecto) se muestra, respectivamente, en las Tabla 4, 5a, 5b, 5c y 5d. De estas 234 especies, 71 de ellas (30.3%) estuvieron presentes en los cuatro períodos de colecta y en la casi totalidad de localidades. De alguna forma el conjunto de especies fue afectado por el huracán, ya que 75 especies (32%) no volvieron a presentarse en las muestras durante los períodos de muestreo posteriores al paso del huracán. Las especies que no volvieron a presentarse pertenecieron a los grupos taxonómicos siguientes: 13 especies de la clase Polychaeta (phylum Annelida); 17 especies del phylum Arthropoda: 1 de la clase Acarina (ácaros), 15 de la clase Malacostraca (crustáceos), de las cuales 2 son del orden Amphipoda y 1 del orden Cumacea, 2 del orden Decapoda, 5 del orden Isopoda, 1 del orden Leptostraca, 3 del orden Mysida y 1 del orden Tanaidacea; 1 de la clase Maxillopoda (copépodos); 37 especies del phylum Mollusca, 11 de la clase Bivalvia, 24 de la clase Gastropoda y 2 de la clase Scaphopoda; 3 especies del phylum Echinodermata y 3 especies del phylum Platyhelminthes. No se registraron más ejemplares de los phyla Cnidaria y Porifera durante el tiempo restante del estudio.

Otras 13 especies (5.6%) observadas durante el primer período, no se presentaron durante el segundo período de colecta (no obstante haber transcurrido un año entre ambos períodos). Estas especies reaparecieron sin embargo en el tercer y cuarto período de colecta, mostrando con ello signos de recuperación poblacional.

El relleno de playas realizado justo antes del tercer período de colecta afectó aparentemente a las poblaciones de 7 especies (3%), las cuales habían estado presentes en las dos primeras colectas y reaparecieron posteriormente en el ultimo

período de colecta, algunas de ellas con una densidad mayor que durante las dos primeras colectas.

Algunas especies se registraron sólo en uno o dos períodos de colecta, siendo éstos consecutivos o alternados. Su presencia o ausencia pudo haber sido influenciada por fenómenos ambientales o alteraciones ocasionadas por el relleno de playas. Se registraron 20 especies (8.5%) en la primera y segunda colecta y no reaparecieron ulteriormente; 13 especies (5.6%) solo se registraron en la primera y tercera colecta; 12 especies (5.1%) se registraron en la primera y cuarta colecta; 1 especie (0.4%) se registró en la segunda y tercera colecta; 1 especie (0.4%) se registró en la segunda y cuarta colecta; 2 especies (0.9%) solo se registraron en la segunda colecta y 8 especies (3.4%) se registraron en la cuarta colecta exclusivamente.

Abundancia

La abundancia de las especies registradas fluctuó durante los cuatro períodos de colecta, esto debido probablemente a la influencia de dos eventos de perturbación, uno de ellos natural (huracán Isidoro) y el otro antropogénico (relleno de playas). Algunas especies mantuvieron presencia durante las diferentes colectas y fueron las más abundantes, aunque se observó en ellas fluctuaciones drásticas de abundancia como en el caso de los anfípodos *Platyischnopus viscana*, *Metaphoxus fultoni*, *Bathyporeia parkeri* y *Corophium multisetosum*. Éste último registró una población inicial de 25,989 individuos y disminuyó en la cuarta colecta a 751 individuos (Figura 9). Otras especies abundantes que presentaron situaciones similares son los cumáceos *Cyclaspis jonesi*, *Cumella coralicola* y *Cumella caribbeana* (Figura 10), el misidáceo *Bowmaniella floridana*, el poliqueto *Armandia agilis*, el molusco gasterópodo *Olivella floralia* y el copépodo *Acartia tonsa*. (Figura 11). En las tres figuras anteriores se puede observar que la tendencia general de las poblaciones es a disminuir después de los eventos de perturbación, con excepción de *A. agilis* (poliqueto) y de *A. tonsa* (copépodo), quienes mostraron una recuperación de sus poblaciones, aún después del relleno de playas.

Riqueza de especies

Para estimar la riqueza específica del área focal Progreso, se aplicó el método de Jackknife mediante el programa Ecological Methodology v.5.01 (Windows) (Krebs 1998). Este método está basado en la observación de las especies raras en la comunidad y se obtiene tabulando los datos en una serie de cuadrantes elaborando matrices de presencia-ausencia, con lo cual la presencia de especies únicas, o sea las que sólo se presentan en un cuadrante, es tomada en cuenta. Se consideró al total de la población y las poblaciones agrupadas de las tres zonas: oeste, centro y este para elaborar las matrices y estimar la presencia de especies únicas y la riqueza específica del área de estudio (Tabla 6).

Las especies únicas son espacialmente raras, aunque esto no implica que sean numéricamente raras, ya que éstas pueden poseer un gran número de individuos agrupados en pocos sitios. Este método puede ser utilizado siempre y cuando el número de especies raras no sobrepase el 50% de la totalidad de especies en la muestra. Como se puede observar en la Figura 12, el número de especies únicas en el total de las localidades es menor que en la estimación por zonas, siendo la zona oeste la que presentó casi siempre el mayor número de especies únicas en todas las colectas, a excepción de la colecta de junio de 2003 en donde su número se equipara con la estimación general. La zona centro presentó casi siempre el menor número de especies únicas, a excepción de la colecta de junio de 2003 en donde se observa el mayor número de especies únicas en ese período. En general se observa que la cantidad de especies únicas disminuyó después de los eventos de perturbación que afectaron la zona (huracán Isidoro y relleno de playas) y que para la última colecta (noviembre 2003) los niveles poblacionales de las especies todavía no habían alcanzado una recuperación equiparable a los niveles observados en el período inicial.

La riqueza específica presente en el área de estudio se presenta en la Figura 13, en donde se observa que en el primer período de colecta la riqueza de especies en la población total es ligeramente superior a la riqueza de la zona oeste, indicando que

esta zona es la más rica en especies, siguiendo, en orden decreciente de importancia, la zona este y por ultimo la zona centro. En el segundo período de colecta, realizado después del embate del huracán y habiendo transcurrido un año, vemos que el área de estudio no ha recuperado aún la riqueza específica que tenia inicialmente. Aún así, la zona oeste continúa siendo la que presenta la riqueza mayor y la zona centro la riqueza menor. Después del relleno de playas, en la tercera colecta se observa un cambio, ya que se incrementa la riqueza específica en la zona centro y disminuye la de la zona este. Este cambio no se presenta ya en la cuarta y ultima colecta en donde se observa que la riqueza de la zona centro se vuelve a abatir y aumenta la riqueza de la zona este. En cuanto a la riqueza total del área de estudio se observa que después de la disminución ocasionada por el huracán, en la tercera colecta hay una ligera recuperación, pero la riqueza global vuelve a disminuir en la ultima colecta, quedando la riqueza inicial reducida un 47%, esto quiere decir que solo el 53% de las especies se pudo recuperar después de los eventos especiales que alteraron la zona.

Diversidad y equidad de especies

Para la estimación de la diversidad se utilizó el índice de Brillouin y para la equidad el de Smith & Wilson, ambos mediante el programa Ecological Methodology v.5.01 (Windows) (Krebs 1998) (Tabla 7). Se eligieron estos dos índices debido a las características de la población muestreada, la cual presenta un número considerable de especies raras. En el primer caso, el índice de Brillouin fue elegido ya que consideramos nuestra población como una colección finita muestreada sin reemplazo y porque estamos utilizando números discretos de abundancia poblacional. Este índice es sensible a la presencia de especies raras y su cambio al interior de la comunidad. En la Figura 14 se presenta la estimación de la diversidad mediante este índice. En ella observamos que durante el primer período de colecta la diversidad de especies alcanzó un máximo en la zona oeste ($5.08 \text{ bits ind}^{-1}$) y un mínimo en la zona este ($4.60 \text{ bits ind}^{-1}$). Después del huracán y a pesar de haber transcurrido 7 meses desde la ocurrencia del evento, la diversidad se abatió drásticamente, siendo la zona centro la más afectada

(2.78 bits ind^{-1}). Posteriormente, durante el tercer período de colecta, se detectó una recuperación, siendo precisamente la zona centro la que presentó una diversidad mayor (3.90 bits ind^{-1}). En el último período de colecta se observó que las tres zonas mostraron una franca recuperación en términos de diversidad de especies, ya que la diferencia entre los valores inicial y final fue del orden de 0.30 bits ind^{-1} .

En el segundo caso, el índice de Smith & Wilson, se eligió porque es el más sensible tanto a las especies raras como a las comunes y es independiente de la riqueza específica. En la Figura 15 se representa la estimación de la equidad de la fauna en la zona de estudio. En ella podemos observar que en el primer período de colecta el valor de equidad mayor (0.143) se presenta en la zona este, indicando que es la zona más heterogénea, o sea menos diversa. El valor de equidad menor (0.104) se presenta en la zona oeste, la más diversa. En la segunda colecta el valor mayor (0.153) se presentó en la zona centro, indicando que esta zona fue la que más resintió el paso del huracán, mostrando consecuentemente un incremento en la equidad. El valor menor (0.110) correspondió a la zona oeste, la cual aparentemente se pudo recuperar y superar el valor mostrado antes de la ocurrencia del evento (0.104). En la tercera colecta, posterior al relleno de las playas, las tres zonas presentaron valores más elevados que los iniciales registrados en la primera colecta, lo que indica que los trabajos de remoción de arena y relleno de playas tuvieron un efecto sobre la equidad de las poblaciones de la macrofauna bentónica de estas zonas, con el consecuente abatimiento de la diversidad. En la última colecta se observó que la zona con mayor afectación en su equidad fue la zona oeste (0.168), valor que corresponde al mayor del período. Por el contrario, el valor menor (0.134) correspondió a la zona centro. El valor obtenido para la zona este durante este período (0.153) es muy cercano a su valor inicial (0.143), indicando que esta zona es la que más recuperación mostró durante el período de estudio.

La estimación de las especies comunes en cada localidad se presenta en la Figura 16. En esta figura la línea de tendencia muestra la equidad de la comunidad a lo largo de los cuatro períodos de colecta.

Especies dominantes

La dominancia de especies, reconocida como la abundancia numérica del conjunto de especies presentes en una localidad y sitios de colecta, fue estimada para la macrofauna bentónica de acuerdo con el índice comunitario de dominancia de McNaughton (Krebs 1978). Este índice establece que el porcentaje de abundancia con que contribuyen las dos especies más abundantes puede ser expresado como: $100 \times y_1 + y_2/y$, donde “ y_1 ” representa la abundancia de la especie más abundante, “ y_2 ” representa la abundancia de la segunda especie más abundante y “ y ” representa la abundancia del conjunto de especies presentes en el sitio. En la Tabla 8 se presentan los índices total e individual de dominancia comunitaria obtenidos para cada período de colecta y para cada localidad por separado.

En la Figura 17 se presenta la dominancia comunitaria calculada a lo largo de las 12 localidades de colecta. Se observa que en la primera colecta, la localidad 3 fue la que registró el mayor porcentaje de dominancia. En el segundo período de colecta el porcentaje de dominancia se elevó significativamente en todas las localidades, indicándonos que hubo una disminución en el número de especies presentes y que las especies dominantes presentaron un número elevado de ejemplares, siendo la localidad 5 la que registró el mayor porcentaje. En la tercera colecta el porcentaje de dominancia más elevado se registró en la localidad 8 y en la última colecta el porcentaje más elevado se registró en la localidad 10.

Para visualizar más claramente el comportamiento de la población de las especies dominantes, se estimaron sus abundancias a lo largo de la costa durante los cuatro períodos de colecta. En la Figura 18 se representan las dos especies dominantes de la población total en cada período de colecta. En los cuatro casos los organismos dominantes pertenecen al grupo de los crustáceos, siendo el anfípodo *Corophium multisetosum* una de las especies más abundantes presentes en las tres primeras tres

colectas. En la primera colecta, junto con *C. multisetosum*, se presenta como la segunda especie más abundante a *Platyischnopus viscana*, otro anfípodo, pero en la segunda colecta ese lugar lo toma un cumáceo, *Cumella coralicola*. En el tercer período de colecta la segunda especie más abundante también es un cumáceo, *Cyclaspis jonesi*. En la ultima colecta *C. multisetosum* es desplazado por *Platyischnopus viscana* como la especie más abundante, ocupando el segundo lugar el copépodo *Acartia tonsa*.

Diagnosis biogeográfica de los taxa registrados

En nuestro estudio no se registraron especies nuevas o endémicas de la región. La totalidad de ellas han sido previamente reportadas en localidades de las grandes cuencas que la circundan (i.e. Golfo de México, Mar Caribe, Océano Atlántico). Cabe destacar sin embargo que, salvo excepción (e.g. *Balanus amphitrite*, ver Pech et al. 2002), su presencia no había sido previamente destacada en la literatura científica, por lo son susceptibles la mayor parte de ellas de ser objeto de nuevos registros para el área de estudio. La presencia de especies previamente reportadas en regiones circundantes no es de sorprender en virtud de las características geográficas y fisiográficas del área de estudio. En efecto, esta área forma parte de la plataforma de Yucatán, la porción sumergida de una planicie calcárea somera. De acuerdo con Logan et al. (1969) esta planicie se sumerge suavemente de sur a norte y es limitada al oeste, norte y este por pendientes continentales abruptas que se hunden desde el margen de la planicie sumergida hasta las profundidades abismales del Golfo de México y Mar Caribe. Como lo han mostrado estos autores, la plataforma de Yucatán está desprovista de barreras topográficas y está por lo tanto abierta al ambiente oceánico externo; olas generadas por el sistema de vientos del Golfo de México y fuertes olas oceánicas se desplazan ampliamente a través de la plataforma. Aspecto este último que facilita sin duda el transporte de especies de invertebrados bentónicos durante su fase de dispersión larvaria a través de las masas de la región.

Importancia económica y/o de utilización de los taxa

Entre las especies registradas durante el desarrollo del presente proyecto, se encuentran algunas que debido a sus características biológicas y poblacionales son utilizadas para consumo humano directo (especies de interés comercial) y como sujeto de pruebas toxicológicas en laboratorio (Tabla 9).

Un ejemplo de especies de importancia comercial es el crustáceo decápodo *Farfantepenaeus duorarum*, conocido como camarón rosado. Esta especie es nativa del Atlántico occidental con una distribución muy amplia, desde la Bahía de Chesapeake, USA, hasta Quintana Roo, México. Está muy ligada con otras especies de camarón ya que comparte su hábitat y forma parte importante de las pesquerías del Golfo de México, sin embargo como su talla es menor se le ha prestado poca atención en cuanto a sus posibilidades de cultivo comercial (Martínez 1999). Esta especie no se encontró en el primer período de colecta pero se hizo presente después del huracán y permaneció en los demás períodos de colecta. Su importancia radica en ser una de las especies que se explota comercialmente por los pescadores del área.

Otro ejemplo son los moluscos gasterópodos *Strombus costatus* (caracol blanco) y *Strombus gigas* (caracol rosado), los cuales están ahora considerados como especies comerciales en peligro de extinción, razón por la cual hay una veda permanente para su captura en el estado de Yucatán, razón que explica que el registro de ellas en el presente proyecto haya sido visual. De la primera especie se registraron dos ejemplares de 10 cm de longitud en un solo sitio de la localidad 11 durante la primera colecta; de la segunda especie se registraron 2 ejemplares de 5 cm de longitud en un solo sitio de la localidad 12 durante la cuarta colecta.

En síntesis, los resultados del proyecto muestran una comunidad compleja, ampliamente variable espacial y temporalmente, pero susceptible de retornar a una configuración estable, aunque posiblemente diferente a la configuración inicial, después de haber estado expuesta a eventos de disturbio con diferente grado de extensión e

intensidad. Los resultados igualmente sugieren que aún antes de ocurrir los eventos estocásticos de disturbio (primer período de colecta), la equidad fue globalmente moderada y la dominancia estuvo concentrada en un número reducido de especies, lo cual sugiere que aún en ausencia de disturbios estocásticos la comunidad estuvo sometida a condiciones crónicas de estrés asociadas a factores naturales y antropogénicos presentes sobre una base regular en el ambiente litoral somero. En este sentido, eventos estocásticos como el huracán Isidoro, si bien tuvo efectos perturbadores innegables, también contribuyó a depurar al sistema de su excedente de materia orgánica y a restituir las condiciones aeróbicas del sedimento en áreas como la zona centro, con la consecuente reaparición de especies indicadoras de ambientes no perturbados como lo ejemplifica la presencia del anfioxo *Branchiostoma caribaeum*.

REFERENCIAS

- Ardisson P.-L., D. Castillo-Fernández, M.T. Herrera-Dorantes. Sampling soft-bottom invertebrates in shallow coastal waters for species diversity assessment purposes. 38th European Marine Biology Symposium. University of Aveiro. 8-12 September 2003, Aveiro, Portugal.
- Díaz, H. 1980. The mole crab *Emerita talpoida* (Say): a case of changing life history pattern. Ecological Monographs 50: 437-456.
- Holme, N.A., A.D. McIntyre. 1984. Methods for the study of marine benthos. 2nd Edition. Blackwell, Oxford.
- Krebs, C.J. 1998. Ecological Methodology. Second Edition. Benjamin/Cummings, Menlo Park.

Krebs, C.J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Second Edition. Harper & Row Publishers. New York.

Logan, B.W., J.L. Harding, W.M. Ahr, J.D. Williams, y R.S. Snead. 1969. Carbonate sediments and reefs of the Yucatan Shelf, Mexico. Part 1: Late Quaternary carbonate sediments of Yucatan Shelf, Mexico. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* 11: 1-128.

Llorente, J. B., P.O. Koleff, H.D. Benitez, L.M. Lara. 1999. Síntesis del Estado de las Colecciones Biológicas Mexicanas. Resultados de la encuesta: Inventario y diagnostico de la actividad taxonomica en Mexico 1996-1998. Comision Nacional paara el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Martínez, C. L. R. 1999. Cultivo de camarones peneidos, principios y prácticas. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F.

Pech, D., P.-L. Ardisson, y E. Bourget. 2002. Settlement of a tropical marine epibenthic assemblage on artificial panels: Influence of substratum heterogeneity and complexity scales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 743-750.