

**Informe final\* del Proyecto CE021**  
**Biodiversidad de la macrofauna bentónica en la microcuenca de Chabihau, Yucatán**

**Responsable:** Dr. Eduardo Batllori Sampedro  
**Institución:** Instituto Politécnico Nacional  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados  
Unidad Mérida  
**Dirección:** Carretera Antigua a Progreso Km 6, Cordemex, Mérida, Yuc, 97310,  
México  
**Correo electrónico:** [batllori@mda.cinvestav.mx](mailto:batllori@mda.cinvestav.mx)  
**Teléfono/Fax:** Tel: (999)124 2100 Ext 2136 Fax: (999) 981 2923  
**Fecha de inicio:** Noviembre 30, 2004  
**Fecha de término:** Febrero 3, 2009  
**Principales resultados:** Base de datos, Informe final; Cartografía, Manuscrito.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Batllori Sampedro, E y Avilés Ramírez, G. A. 2009. Biodiversidad de la macrofauna bentónica en la microcuenca de Chabihau, Yucatán. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CE021**. México D. F. Edición digital: Conabio 2009.

**Resumen:**

La región costera del estado de Yucatán es conocida por su gran riqueza biológica, ejemplo de ello es el número y tamaño de las áreas protegidas declaradas en el estado. Sin embargo, estudios que ayuden a conocer la biodiversidad de las comunidades de la macrofauna marina son pocos, aún en estas áreas protegidas. Por este motivo, zonas claves ubicadas dentro del Corredor Biológico Costa Norte de Yucatán y que no pertenecen a alguna ANP, tienen pocas oportunidades de que su biodiversidad sea estudiada y conocida. Actualmente, la zona costera de Yucatán se encuentra bajo presión por la probable explotación del petróleo, motivo suficiente para realizar estudios como el presente y a través de los cuales se puedan conocer los recursos con los cuales cuenta el estado de Yucatán y distinguir aquellos que tengan algún potencial comercial y turístico. El presente estudio plantea aprovechar los organismos colectados durante el desarrollo del proyecto "Evaluación de los cambios socioambientales en la microcuenca de Chabihau ocasionados por el huracán ISIDORO y estrategias de prevención ante futuros fenómenos meteorológicos" y la realización de dos muestreos más que permitan completar dos ciclos anuales, para conocer la temporalidad de la biodiversidad macrofaunística presente en la zona marina y de ciénaga. Las muestras serán colectadas y preservadas en formalina al 4% y posteriormente en alcohol al 15%. Se generará un listado taxonómico de al menos 134 familias con al menos 150 especies de la macrofauna. Además se realizarán mediciones de las variables físico químicas mas importantes para estudiar la relación que guarda la macrofauna con su medio ambiente. Todo esto permitirá aumentar el conocimiento de los recursos marinos y costeros y darle la importancia que requiere este sistema.

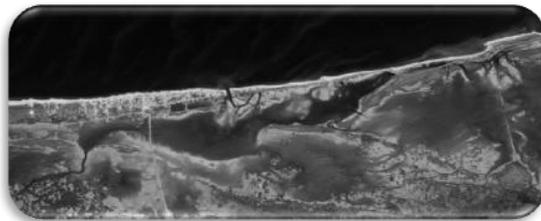
- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  -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



Cinvestav



## “Biodiversidad de la macrofauna bentónica en la microcuenca de Chabihau, Yucatán”



**INFORME FINAL**  
**PROYECTO CE-021**

## RESUMEN

La región costera del estado de Yucatán es conocida por su gran riqueza biológica, ejemplo de ello es el número y tamaño de las áreas protegidas declaradas en el estado. Sin embargo, estudios que ayuden a conocer la biodiversidad de las comunidades de la macrofauna marina son pocos, aún en estas áreas protegidas. Por este motivo, zonas clave ubicadas dentro del Corredor Biológico Costa Norte de Yucatán y que no pertenecen a alguna ANP, tienen pocas oportunidades de que su biodiversidad sea estudiada y conocida.

Actualmente, la zona costera de Yucatán se encuentra bajo presión por la probable explotación del petróleo, motivo suficiente para realizar estudios como el presente y a través de los cuales se puedan conocer los recursos con los cuales cuenta el estado de Yucatán y distinguir aquellos que tengan algún potencial comercial y turístico.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento que existe de las comunidades de la macrofauna presentes en la costa de Yucatán se ha reservado casi exclusivamente a las Áreas Protegidas y aún en estas, el conocimiento de estas comunidades es limitado. En la Microcuenca de Chabihau, en los años de 2000-2003, se realizaron estudios encaminados a aumentar el conocimiento de las comunidades de macrofauna presentes en este sistema con el interés de identificar los patrones de distribución de especies con importancia económica, tales como camarones del género *Farfantapeneus*, holoturios del género *Istochopus*; otras especies significativas por su importancia ecológica como el artrópodo como el *Lymulus polyphemus* especie protegida y corales blandos del género *Pleaxuara* localizados en la zona marina.

La microcuenca de Chabihau se ha caracterizado por su gran dinámica costera, producto de las aberturas que se han hecho en la barrera por fenómenos naturales extremos como los huracanes, estos cambios han provocado un variación constante en la línea costera redundando en alteraciones de la composición de los sedimentos. El paso del huracán Isidoro provocó grandes cambios en los sedimentos, tanto en tamaño y composición, relacionados con la abertura de la bocana en la población de Chabihau.

La paraestatal de Petróleos Mexicanos (PEMEX) planea realizar actividades de explotación y extracción de petróleo y gas natural en la zona marina de la costa norte de Yucatán, estas actividades son reconocidas como riesgosas para todas las comunidades marinas al causar un gran impacto al ambiente. Por esta razón se hace importante la realización de los estudios que produzcan como resultado el conocimiento de la biodiversidad marina presente, al igual que la evaluación del estado natural en el cual se encuentran. Estos estudios permitirán elaborar estrategias que permitan establecer programas para la conservación, manejo y uso sustentable de la biodiversidad; así como programas de prevención de impactos por actividades riesgosas para el ambiente; y proveer las bases ecológicas necesarias para la toma de decisiones por los diferentes sectores de la sociedad.

## **ANTECEDENTES**

En el año 2000 y 2002, el Laboratorio de Hidrobiología del Departamento de Ecología Humana del CINVESTAV-Mérida, desarrolló dos importantes proyectos en la microcuenca de Chabihau: 1) “Caracterización y evaluación de la pesquería de camarón, fauna de acompañamiento y entorno ecológico de la ciénaga y zona litoral de Chabihau, Yucatán” y 2) “Evaluación de los cambios socioambientales en la microcuenca de Chabihau ocasionados por el huracán ISIDORO y estrategias de prevención ante futuros fenómenos meteorológicos”; el primero aprobado por el sistema CONACyT SISIERRA y el segundo por los fondos mixtos CONACyT-Gobierno del Estado de Yucatán.

Parte del objetivo principal, en ambos proyectos, planteaba el conocimiento de la composición familiar de las comunidades macrobentónicas presentes en la zona marina y en la zona de ciénaga. Previo a estos proyectos, se realizó el *“Programa de Desarrollo Socioeconómico de la Microcuenca de Chabihau para el Manejo de los Recursos Naturales”* en el cual se obtuvo, como uno de los productos principales, la elaboración de un mapa con las Unidades de la Gestión Ambiental (UGA´s) así como los Criterios de Uso y Descripción de las Unidades de Gestión Ambiental y de la Microcuenca de Chabihau con la Normatividad para cada una de las Unidades de Gestión Ambiental.

El proyecto aprobado por el SISIERRA permitió caracterizar ambientalmente toda la microcuenca a lo largo de dos años, realizándose el estudio bioeconómico de la pesquería artesanal de camarón que se registra en la microcuenca y de la fauna de acompañamiento. De igual manera, se caracterizó biológicamente a toda la ciénaga y zona marina de la microcuenca destacando los componentes de zooplancton y macrobentos presentes en el día y en la noche, detectándose 85 familias diferentes de macrobentos y 32 grupos de zooplancton. Los resultados obtenidos muestran una gran diferencia entre los organismos presentes en el día con respecto en la noche. Dentro de los géneros de macrobentos que destacan son los *Farfantapeneus*, *Tripneustus* y *Holothuria*, tratándose el primer género de los camarones de importancia económica, el segundo y tercer género son equinodermos de importancia económica en otras regiones del país.

En conjunto con fondos mixtos CONACyT y el Gobierno del estado de Yucatán, se aprobó un proyecto para evaluar el grado de impacto ambiental y socioeconómico que produjo el huracán Isidoro en la costa yucateca. Este proyecto permitió continuar con la caracterización física de la microcuenca y la caracterización biológica del macrobentos y zooplancton de la ciénaga y zona marina de Chabihau, incorporando el análisis de comunidades de mamíferos y aves presentes en la zona costera, de ciénaga, manglar y selva.

Para conocer el comportamiento de las comunidades macrobentónicas y zooplantónicas se realizaron muestreos durante el día y la noche, observándose un incremento en el número de familias de macrobentos presentes en la ciénaga después del impacto del huracán con una mayor abundancia de ictioplanton. Los resultados indican que debido a la abertura ocasionada por el huracán Isidoro, la ciénaga de Chabihau se ha ido transformando en una laguna costera marina.

Gracias a estos dos proyectos, se ha podido estudiar el comportamiento de la comunidad de macrofauna después del impacto de fenómenos naturales de gran envergadura.

## **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al conocimiento de la biodiversidad marina presente en el Corredor Mesoamericano “Costa Norte Yucatán” a través del estudio y análisis taxonómico de las comunidades de la macrofauna de la Microcuenca de Chabihau, Municipio de Yobaín.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Conocer y registrar la composición de las especies de la macrofauna presentes en la Microcuenca de Chabihau.
2. Conocer y registrar la distribución espacio-temporal de las especies de la macrofauna presentes en la Microcuenca de Chabihau.
3. Elaborar mapas de distribución espacio temporal de las especies de la macrofauna.
4. Determinar el status de las especies registradas y su categoría ecológica.
5. Conformar una base de datos de las especies de la macrofauna presente en la Microcuenca de Chabihau, de acuerdo a los criterios de la CONABIO.
6. Incrementar la colección bentónica del CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida para consultas futuras.

Estos objetivos son acordes con el objetivo de la CONABIO de generar el conocimiento necesario para la conservación, manejo y uso sustentable de la biodiversidad, a través de compilar y sistematizar la información, para la toma de decisiones por los diferentes sectores de la sociedad; específicamente con la línea estratégica de “Desarrollar herramientas bioinformáticas para la compilación, sistematización, manejo y análisis espacio-temporal de la información y la integración de los datos en sistemas de información inteligentes para la correcta toma de decisiones de carácter político, económico y legal en materia de conservación, manejo y uso de la biodiversidad.” Así mismo, esta acorde a los objetivos establecidos por el Corredor Mesoamericano *“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”*.

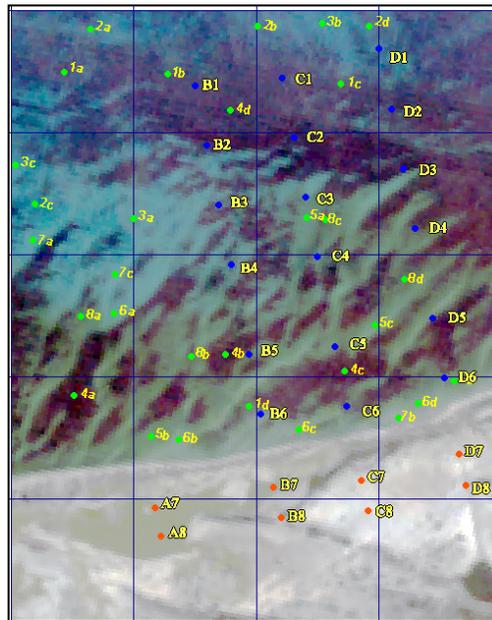
## **AREA DE ESTUDIO**

De acuerdo a los proyectos realizados y que sirvieron para obtener los organismos que conformaran parte de la colección, la zona de estudio fue la Microcuenca de Chabihau.

Chabihau, se encuentra al norte del estado de Yucatán, y pertenece al Municipio de Yobaín. La ubicación geográfica es 21° 18´ N y 89° 09´ W. Colinda al poniente con la localidad de San Crisanto (Municipio de Sinanché), al oriente con la localidad de Santa Clara (Municipio de Dzizantún), al norte se extiende la plataforma marina y al sur humedales que se extienden más de 1.5 km y posteriormente la población de Yobaín.

Esta vasta zona de humedales se ha venido alterando durante los últimos 35 años de manera estrepitosa, de tal forma que se ha redimensionado la superficie del manglar, la ciénaga, así como el flujo de agua proveniente de los cenotes y manantiales localizados en la zona, de los cuales están plenamente identificados 15 de los 27 existentes. (Batllori et al, 1999).

En la zona marina y terrestre de la microcuenca se establecieron una red de cuatro transectos compuestos por ocho estaciones cada uno, 6 de ellas ubicadas en la zona marina (1 al 6) y las restantes dos dentro de la ciénaga, de tal manera que el perímetro del área de estudio abarcó tres kilómetros de Este a Oeste y cuatro de Norte a Sur (un total de 14 km<sup>2</sup>). Las estaciones fueron establecidas mediante el uso de imágenes de satélite LANDSAT del año 2000 a través del software TNT y posteriormente ubicadas mediante un Geoposicionador por satélite (GPS 2000 XL MAGELLAN + 15m).



**Figura 01.- Ubicación de los transectos y estaciones muestreadas para sedimentos. Los puntos en azul indican las estaciones del mes de mayo y noviembre de 2002; los puntos en verde indican las estaciones del mes de agosto de 2003; los puntos en rojo indican las estaciones en ciénega.**

## **MÉTODOLOGIA**

El presente proyecto planteó el aprovechamiento de los organismos colectados durante el desarrollo del proyecto “Evaluación de los cambios socioambientales en la microcuenca de Chabihau ocasionados por el huracán ISIDORO y estrategias de prevención ante futuros fenómenos meteorológicos” y la realización de dos muestreos adicionales con los cuales se cerrarían dos ciclos anuales, para conocer la temporalidad de la biodiversidad macrofaunística presente en la zona marina y de ciénega.

Las muestras que se colectaron se preservaron en formalina al 4% y posteriormente sumergidas en alcohol al 15%.

Se realizaron mediciones de las variables físico-químicas oxígeno disuelto, temperatura y salinidad para estudiar la relación que guarda la macrofauna con su medio ambiente, la medición se realizó mediante el uso de los multímetros YSI85 a dos niveles superficial y de fondo y midiéndolas de día y de noche.

Adicional a los muestreos de los proyectos, se realizaron dos muestreos uno en la temporada de secas y otro en la de lluvias, empleando la misma red de 20 estaciones. Las estaciones marinas formaron dos transectos de seis estaciones cada uno, perpendiculares a la línea costera y con una separación de dos kilómetros entre sí, cada estación estará separada entre sí por 500 metros. Con el objetivo de conocer los organismos con conductas diurnas y nocturnas se realizaron arrastres en el día y en la noche.

Para obtener los organismos mayores a 1cm de la macrofauna de la zona marina se hicieron arrastres de fondo, con una red tipo patín modificada de luz de malla de 1cm, los arrastres se realizaron durante un minuto aproximadamente a un nudo de velocidad lo cual equivale a una distancia promedio de 25 a 30 metros. Las dimensiones de la boca de la red fueron de 0.25m por 0.25m lo cual equivale a 7.5m<sup>2</sup> de arrastre. Para la macrofauna presente en la ciénaga, se empleo un nucleador de 30 cm de alto y 24 cm<sup>2</sup> de área de boca debido a las condiciones propias de la ciénaga (Jaramillo et al., 2000; Defeo et al., 2001).

Una vez colectadas las muestras de macrofauna, se les aplicó cloruro de magnesio para el relajamiento de los organismos y posteriormente se vaciaron en bolsas y fijaron con formalina al 40%. Para su identificación se etiquetaron con la siguiente información: Estación; Fecha; Fotoperíodo. En el laboratorio las muestras se limpiaron y colocaron en una solución de alcohol al 70%. Posteriormente, los organismos se separaron mediante tamices de .5 y 1 cm de luz de malla e identificados al nivel de familia y colocados en frascos individuales para la colección. Esto se realizó para cada una de las estaciones, mediante el auxilio de diferentes claves de identificación, tanto gráficas, como escritas. Al tiempo que se realizó la identificación se llevo a cabo el conteo de los organismos con el fin de obtener la abundancia y densidad con base a 7.5m<sup>2</sup>. Posteriormente se obtuvieron los índices de Diversidad y Equidad; la diversidad se midió mediante el índice de Shannon-Weaver y la equidad medida con el índice de Pieolou.

Para el análisis de los sedimentos se empleo la técnica indirecta de tamizado mecánico de Folk (1957). Los muestreos se realizaron antes del Isidoro en la fecha de mayo 2002 y después de Isidoro en Noviembre de 2002 y Agosto de 2003. La metodología se divide en las técnicas de colecta del sedimento, las empleadas para la obtención de los pesos

porcentuales y acumulativos de los sedimentos de cada una de las estaciones muestreadas y el análisis de los datos.

Para la colecta del sedimento se usó un frasco de plástico de 1lt a manera de núcleo, la colecta se realiza con buceo a pulmón, teniendo cuidado de que la vegetación u otros objetos presentes en el fondo no obstruyan la toma de la muestra de sedimento; obteniéndose alrededor de 1 kg de sedimento superficial. La colecta se realizó sobre los primeros 5cm de la superficie de fondo, el sedimento fue conservado en bolsas de plástico para su posterior procesamiento. Para determinar el tamaño y tipo del sedimento se realizó el estudio de la fracción gruesa por medio del análisis mecánico por tamices, empleado por Folk (1957).

Para el análisis mecánico, primero se secó la muestra de sedimento a 60 °C durante 4 horas; y se pesaron 30 gr. en una balanza analítica. Posteriormente, la muestra se colocó en un tren de tamices con la luz de malla más grande arriba y en orden decreciente hasta la más fina; en la parte inferior se colocó un receptáculo conocido como pan el cual capturara los sedimentos que se consideraron como la fracción fina.

Además del trabajo de campo se realizó el curso de identificación de poliquetos titulado “Curso-Taller: Identificación Taxonómica de las principales familias de poliquetos presentes en el Golfo de México y Mar Caribe”, como parte de las actividades de asesoría de la Dra. Patricia Salazar Silva. El curso fue impartido en las instalaciones del Laboratorio de Hidrobiología los días 30 de mayo al 3 de junio de 2004.

Se realizó una estancia en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, en el D. F., a fin de recibir la asesoría de la Dra. Ana Margarita Hermoso Salazar, para la identificación de crustáceos en general, haciendo hincapié en los decápodos.

## **RESULTADOS**

### **Físico Químicos**

Para las mediciones de las variables físico-químicas se realizaron análisis de varianza a dos niveles:

1. Intra fechas de muestreo: En este nivel se uso el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis.
2. Entre fechas de muestreo: En este nivel se uso el análisis de varianza paramétrico de una vía.

Se emplearon los programas de estadística STATISTIC y SRATGRAPHICS PLUS.

Las fechas de muestreo fueron las que a continuación se enlistan:

1. Febrero 2002
2. Mayo 2002
3. Agosto 2002
4. Noviembre 2002
5. Agosto 2003

Los tres primeros muestreos están comprendidos en el periodo anterior al impacto del huracán Isidoro, los dos últimos dentro del periodo posterior al impacto del huracán Isidoro.

A continuación se presentan los valores resumidos para cada una de las variables medidas, en sus niveles diferentes. En este análisis se contrastaron los valores promedio de Día y Noche.

	X	$\sigma$ .	Sesgo	Kurtosis	Valor F	Valor p	D. S. Per
<b>Febrero 2002</b>							
<b>OD sup</b>	6.2325	0.963166	-0.6810	-0.32868	82.49*	0.0000	SI
<b>OD fondo</b>	7.068	0.56	3.70471	4.85828	24.0583	9.3461E-7	SI
<b>Temp sup</b>	26.3861	0.32351	1.83345	-0.03915	11.8703	0.000570013	SI
<b>Temp fondo</b>	26.3333	0.300476	3.13213	1.61269	9.09655	0.00255998	SI
<b>Sal sup</b>	31.1722	1.82516	-0.4124	-1.0072	18.4094	0.0000178176	SI
<b>Sal fondo</b>	31.6222	1.37011	-1.189	0.361085	18.6942	0.000015345	SI
<b>Mayo 2002</b>							
<b>OD sup</b>	5.16806	0.61197	-2.1212	4.34124	2.81435	0.0934212	NO
<b>OD fondo</b>	4.97972	0.768247	-1.6732	1.47124	1.87*	0.1802	NO
<b>Temp sup</b>	27.8944	1.50028	-2.7645	-0.334076	13.9114	0.000191502	SI
<b>Temp fondo</b>	27.8829	1.47498	-2.97012	-0.105923	11.281	0.000782629	SI
<b>Sal sup</b>	37.9457	1.04525	0.33410	-1.18765	0.69*	0.4125	NO
<b>Sal fondo</b>	37.6444	1.25253	-1.4255	3.36591	2.26668	0.13218	NO
<b>Agosto 2002</b>							
<b>OD sup</b>	5.95472	0.759426	-1.0976	-0.032885	32.00	0.0000	SI
<b>OD fondo</b>	5.97306	0.711621	-2.2314	1.60709	5.62	0.0236	SI
<b>Temp sup</b>	30.5694	1.0596	-0.03786	-0.961818	2.31017	0.128526	NO
<b>Temp fondo</b>	29.9806	1.87507	-3.03444	3.82511	0.169562	0.680501	NO
<b>Sal sup</b>	35.8889	0.666667	0.308759	-0.774705	0.0	1.0000	NO
<b>Sal fondo</b>	35.8889	0.666667	0.308759	-0.774705	0.00	1.0000	NO
<b>Noviembre 2002</b>							
<b>OD sup</b>	7.25514	0.494472	0.163537	-0.679249	1.15076	0.283388	NO
<b>OD fondo</b>	6.824	0.840743	-3.4683	2.09987	0.279141	0.597265	NO
<b>Temp sup</b>	23.4057	0.771531	1.95432	1.35672	22.8478	0.00000175354	SI
<b>Temp fondo</b>	22.9857	.581146	2.72283	0.230845	6.2878	0.012155	SI
<b>Sal sup</b>	35.4543	0.562736	-1.08573	-1.00816	1.79506	0.180308	NO
<b>Sal fondo</b>	35.72	0.56921	-2.26985	-0.139117	2.1265	0.144767	NO
<b>Agosto 2003</b>							
<b>OD sup</b>	0.284146	0.856283	9.44404	17.2994	4.66972	0.0306958	SI
<b>OD fondo</b>	0.0272222	0.0142651	9.70364	24.3511	11.0174	0.000902123	SI
<b>Temp sup</b>	26.8463	2.58303	4.56495	10.826	0.0252673	0.873703	NO
<b>Temp fondo</b>	25.1	1.58979	1.79944	-0.263427	2.99255	0.0836449	NO
<b>Sal sup</b>	35.8927	3.05765	14.4945	44.7455	0.503347	0.478032	NO
<b>Sal fondo</b>	35.5278	0.671293	-9.5821	29.278	2.51485	0.112775	NO
<b>Noviembre 2003</b>							
<b>OD sup</b>	5.91978	0.520579	1.53692	2.4053	17.1936	0.0000337576	SI
<b>OD fondo</b>	5.82935	0.570292	-1.82517	6.45182	10.9656	0.000927711	SI
<b>Temp sup</b>	26.4261	0.937238	-1.49585	-1.81882	0.157733	0.691252	NO
<b>Temp fondo</b>	26.2913	0.978849	-0.93466	-2.30735	0.0888133	0.765691	NO
<b>Sal sup</b>	36.3524	0.471165	-1.81033	-0.633613	0.0351714	0.851237	NO
<b>Sal fondo</b>	36.45	0.503212	-2.06878	-0.453516	1.55554	0.212317	NO

El mes de Febrero 2002 es el mes con una diferencia significativa en todas las variables y en sus niveles de análisis (Día y Noche), esto nos indica la presencia de un gradiente tanto vertical como horizontal y de estratificación.

El mes de Mayo 2002 presenta diferencias significativas en la variable Temperatura, a sus dos niveles, las restantes variables nos permiten ver que la zona marina de Chabihau es homogénea en esta época del año. La diferencia de temperatura podría deberse a que el año 2002 fue un año más seco, lo cual desde el primer tercio del año se presentaron temperaturas más altas, lo cual provocó una mayor temperatura en el Día.

En el mes de Agosto 2002, se observa una homogenización de la temperatura a sus dos niveles así como de la salinidad, sin embargo la concentración de Oxígeno disuelto si presenta diferencias significativas en sus dos niveles.

En el mes de Noviembre de 2002, posterior al huracán Isidoro, la variable Temperatura fue la única que presentó diferencias significativas. Esta diferencia se puede deber a un mayor aporte de agua con temperaturas diferentes, ocasionados por la presencia de fenómenos meteorológicos naturales. La temperatura superficial fue más homogénea sin embargo se presenta una diferencia marcada entre Día y Noche, con valores más altos en el Día probablemente debido a las altas temperaturas provenientes de aguas más calientes provenientes de la ciénega, con la cual se presenta una mayor comunicación por la abertura de la barra arenosa

En el mes de Agosto y Noviembre de 2003, el resultado fue igual, con diferencias significativas en la variable de Oxígeno Disuelto. Para el caso del mes de Agosto las diferencias se pueden acusar al momento de la medición, mientras que para el mes de Noviembre la mayor comunicación entre la ciénega y el mar, debido a la bocana abierta sobre la barra arenosa, ha permitido que el intercambio de masas de agua sé de en mayor cantidad lo cual ha provocado un mayor movimiento y mezcla del agua. El Oxígeno Disuelto presente a nivel de fondo tuvo una diferencia significativa pequeña, siendo casi similar estos valores, probablemente las diferencias se ubiquen cercanas a la zona de la bocana. En Oxígeno Disuelto de superficie, las diferencias fueron mayores con una mayor concentración de Oxígeno disuelto en la noche, lo cual confirma que la mayor concentración se deba a una mayor comunicación vía bocana.

## **Sedimentos**

De acuerdo a los estudios realizados, los sedimentos sufrieron un cambio derivado de la abertura de la bocana en la barra de Chabihau como consecuencia directa del impacto del huracán Isidoro. Los muestreos realizados expreso para el presente proyecto muestran como los sedimentos mostraron una tendencia a estabilizarse conforme las condiciones ambientales costeros-ciénaga se estabilizaron.

Los resultados de los sedimentos anexan los resultados de los proyectos previos, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 01.- Resultados del análisis granulométrico correspondiente al mes de Noviembre de 2002.**

ESTACION	COORDENADAS EN UTM		PHI	DES. EST.	Sg	Kg	TAMAÑO DE GRANO	CLASIFICACION	ASIMETRIA	CURTOSIS
	N	E								
B1	281502	2366386	0.90	1.19	0.03	1.48	AG	PC	CS	L
B2	281600	2365897	2.72	0.58	-0.09	1.71	AF	MdBC	CS	ML a EL
B3	281697	2365407	2.03	0.93	-0.16	0.90	AF	MdC	ASG	M
B4	281792	2364918	0.88	1.75	-0.12	0.91	AG	PC	ASG	M
B5	281938	2364185	1.94	1.10	-0.34	0.86	AM	PC	FASG	P
B6	282033	2363697	0.64	1.52	0.04	1.68	AF	PC	CS	ML a EL
B7	282143	2363095	1.63	1.63	-0.22	0.93	AM	PC	ASG	M
B8	282205	2362847	-0.26	1.48	-0.08	1.05	AMG	PC	CS	M
C1	282210	2366448	1.29	1.33	0.13	1.12	AG	PC	ASG	L
C2	282307	2365960	1.59	1.01	0.04	0.77	AG	PC	CS	P
C3	282405	2365469	2.73	0.52	-0.06	1.48	AF	MdBC	CS	L
C4	282500	2364982	2.32	0.61	-0.15	1.22	AF	MdBC	ASG	L
C5	282646	2364248	2.32	0.69	-0.21	1.47	AF	MdBC	ASG	L
C6	282741	2363759	2.09	1.33	-0.23	0.89	AM	PC	ASG	M
C7	282860	2363150	1.94	1.44	-0.04	0.88	AM	PC	CS	P
C8	282913	2362900	2.20	1.41	-0.08	0.82	AM	PC	CS	P
D1	283007	2366683	1.79	1.03	-0.17	0.86	AM	PC	ASG	P
D2	283104	2366195	1.23	1.56	-0.13	0.92	AM	PC	ASG	M
D3	283200	2365706	1.63	0.81	0.09	0.90	AM	MdC	CS	M
D4	283297	2365217	1.51	1.53	-0.17	0.90	AM	PC	ASG	M
D5	283443	2364484	2.24	0.59	-0.04	1.39	AF	MdBC	CS	L
D6	283538	2363996	1.85	1.32	-0.11	0.73	AM	PC	ASG	P
D7	283660	2363369	1.78	1.22	-0.19	0.98	AM	PC	ASG	M
D8	283713	2363117	2.18	1.13	-0.16	1.01	AF	PC	ASG	M

**Tabla 02.- Resultados del análisis granulométrico correspondiente al mes de Agosto de 2003.**

ESTACION	COORDENADAS		TAMAÑO MEDIO	CLASIFICACION	SESGO	CURTOSIS	TAMAÑO DE GRANO	CLASIFICACION	ASIMETRIA	CURTOSIS
	N	E								
I.3	283051	2363600	2.42	0.54	-0.15	1.38	AF	MdBC	ASG	L
II.4	279887	2363508	1.84	0.99	-0.10	1.01	AM	MDC	CS	M
II.5	283589	2364198	2.39	0.98	-0.20	1.69	AF	MDC	ASG	ML
II.6	280947	2365304	2.20	0.92	-0.13	1.05	AF	MDC	ASG	M
II.8	284254	2364494	2.39	0.97	-0.13	1.61	AF	MDC	ASG	ML
II.9	279922	2365370	1.70	0.62	0.04	0.86	AM	MdBC	CS	P
II.19	279923	2365767	2.08	0.95	-0.14	0.88	AF	MDC	ASG	P
II.28	284606	2364585	1.05	1.56	-0.01	0.85	AM	PC	CS	P
II.7	280692	2365392	2.11	1.05	-0.31	1.23	AF	PC	MASG	L
III.10	279842	2365472	2.00	0.86	-0.18	0.76	AM	MDC	ASG	P
III.11	283396	2364193	2.15	0.96	-0.19	1.98	AF	MDC	ASG	ML
III.13	282993	2363983	2.12	1.13	-0.26	1.10	AF	PC	ASG	M
III.16	280142	2367302	1.47	1.14	0.21	0.88	AM	PC	ASF	P
III.37-2	279516	2366590	1.47	0.94	0.09	0.92	AM	MDC	CS	M
IV.15	280026	2364563	1.25	1.38	-0.41	0.31	AM	PC	MASG	MP
IV.16	281190	2364603	1.10	1.05	0.05	1.06	AM	PC	CS	M
IV.17	284691	2366293	1.57	1.18	-0.09	0.90	AM	PC	CS	M
IV.21	284084	2365085	1.71	0.66	-1.04	0.74	AM	MdBC	MASG	P

ESTACION	COORDENADAS		TAMAÑO MEDIO	CLASIFICACION	SESGO	CURTOSIS	TAMAÑO DE GRANO	CLASIFICACION	ASIMETRIA	CURTOSIS
	N	E								
IV.23	274439	2364165	2.35	0.91	-0.26	1.57	AF	MDC	ASG	ML
IV.51	282850	2365401	2.04	0.73	0.19	0.87	AF	MDC	CS	P
IV.59	280003	2364283	1.70	1.01	-0.01	0.95	AM	PC	CS	M
V.22	282414	2364718	1.97	1.22	-0.24	1.03	AM	PC	ASG	M
V.24	284798	2364594	2.09	0.71	-0.21	0.74	AF	MdBC	ASG	P
V.26	279734	2365796	2.01	0.80	-0.18	0.87	AF	MDC	ASG	P
V.27	282769	2364008	1.60	1.24	-0.23	1.45	AM	PC	ASG	L
VI.28	280142	2365666	1.32	1.26	0.11	0.88	AM	PC	ASF	P
VI.33	284714	2367794	1.26	1.14	0.06	1.00	AM	PC	CS	M
VI.34	282726	2365720	1.55	0.97	0.09	0.70	AM	MDC	CS	P
VI.35	281175	2366601	2.08	0.87	-0.21	0.69	AF	MDC	ASG	P
VI.36	280230	2366546	1.11	1.06	0.07	1.15	AM	PC	CS	L
VI.38	283213	2367589	1.23	0.89	0.09	0.94	AM	MDC	CS	M
VII.41	279155	2366079	2.06	1.04	-0.21	0.87	AF	PC	ASG	P
VII.42	280007	2366175	2.55	0.62	-0.14	1.40	AF	MdBC	ASG	L
VII.44	279171	2367602	1.84	0.75	-0.06	0.87	AF	MDC	CS	P
VII.45	280037	2367682	0.62	0.96	0.04	1.26	AG	MDC	CS	L
VII.92	279740	2367888	0.42	0.42	-0.06	1.65	AG	BC	CS	ML
VIII.49	281040	2363512	1.20	1.20	-0.04	0.77	AM	PC	CS	P
VIII.52	276595	2365288	2.03	2.03	-0.18	0.78	AF	MPC	ASG	P

Los valores de tamaño de grano (Phi) previos al huracán y posteriores al mismo, indican una diferencia significativa, suponiendo que el huracán provocó una mayor remoción de sedimentos así como cambios en los patrones de distribución y sedimentación.

**Tabla 03.- Resumen de estadísticos para PHI de los sedimentos superficiales previos y posteriores al huracán Isidoro.**

	Cantidad	Media	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Sesgo	Kurtosis	Suma
<b>POST</b>	56	1.74	0.28	0.53	0.42	2.73	-1.33	-0.49	97.75
<b>PRE</b>	18	1.36	0.62	0.78	0.07	2.8	0.15	-0.70	24.61
<b>Total</b>	74	1.65	0.39	0.62	0.07	2.8	-1.63	-0.55	122.36

**Tabla 04.- Prueba de Kruskal-Wallis**

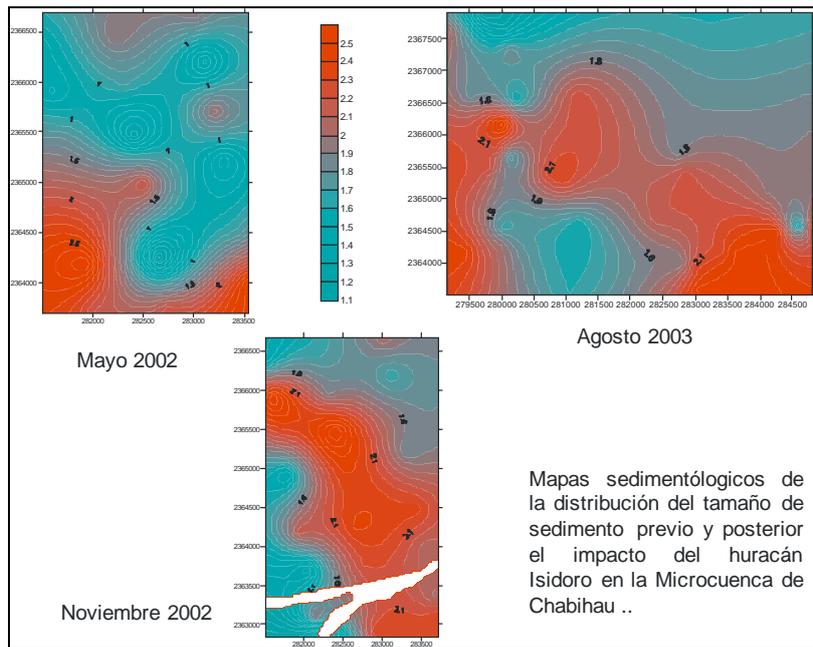
HURACAN	Tamaño de Muestra	Rango promedio
POST	56	40.4107
PRE	18	28.4444

**Estadístico de prueba = 4.21824 Valor -p = 0.0399883**



**Figura 02.- Valores medios y niveles de significancia de 95% para el tamaño de grano presente antes y después de Isidoro.**

Al nivel de muestreos, no se observan diferencias significativas, sin embargo este resultado se debe de considerar ya que el muestreo de mayo está muy separado de los otros dos (Noviembre 2002 y Agosto 2003).

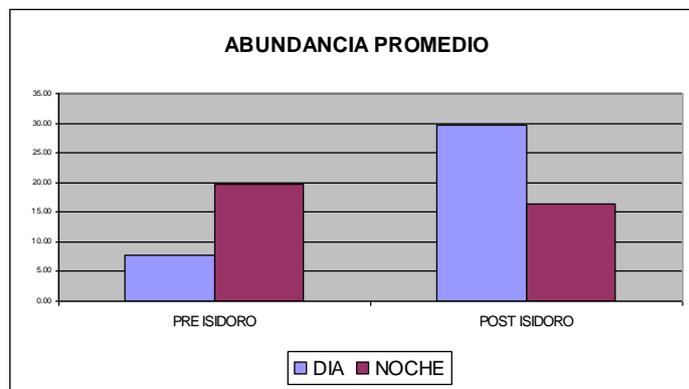


**Figura 03.- Valores medios y niveles de significancia de 95% para el tamaño de grano presente antes y después de Isidoro.**

### Macrofauna

El principal resultado fue la generación de un listado taxonómico de 150 especies comprendidas en 134 familias de la macrofauna.

Con base a los resultados obtenidos en los proyectos previos, se observó que la abundancia promedio de organismos de la macrofauna fue superior en los estudios realizados posterior al impacto del huracán Isidoro (Fig. 04).



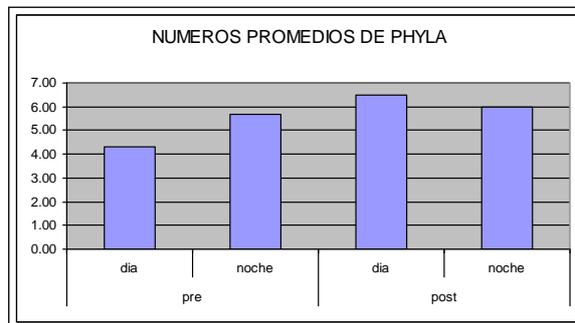
**Figura 04.- Valores de abundancia promedio de organismos de la macrofauna en la Microcuenca de Chabihau.**

A nivel de grandes grupos, los artrópodos fue el grupo más abundante seguido por los equinodermos. Se puede observar que los grupos fueron constantes pre y post al huracán Isidoro, observándose solamente diferencias al nivel de abundancia (Tabla 03).

**Tabla 03.- Resumen de estadísticos para PHI de los sedimentos superficiales previos y posteriores al huracán Isidoro.**

	FEBRERO-2002		MAYO-2002		AGOSTO-2002		NOVIEMBRE-2002		AGOSTO-2003	
	PHYLAX	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC	PHYLAC
	dia	noche	dia	noche	dia	noche	dia	noche	dia	noche
1	ARTROPODOS	ARTROPODOS	ARTROPODOS	ARTROPODOS						
2	EQUINODERMOS	EQUINODERMOS	EQUINODERMOS	EQUINODERMOS						
3	MOLUSCOS	MOLUSCOS	MOLUSCOS	MOLUSCOS						
4	ANELIDOS	ANELIDOS	ANELIDOS	ANELIDOS	*	*	ANELIDOS	ANELIDOS	ANELIDOS	ANELIDOS
5	SIPUNCULIDOS	SIPUNCULIDOS	QUETOGNATOR	QUETOGNATOR						
6	QUETOGNATOR	QUETOGNATOR	*	*	*	*	ESPONJA	ESPONJA	CNIDARIO	CNIDARIO
7	*	ESPONJA	*	*	*	*	PLATELMINTO	*	*	*

Al realizar el análisis por número de phyla, se observa un incremento en el número de phyla posteriores al impacto del huracán, además de observarse que el comportamiento de los organismos cambio observándose una mayor presencia durante el día que en la noche (Fig. 05).



**Figura 05.- Valores de números promedios de phyla de la macrofauna en la Microcuenca de Chabihau.**

Por medio del software Publisher se generó una base gráfica de los organismos de la macrofauna conteniendo 77 especies registradas.

Asimismo, con estas especies se generó una base de datos en BIOTICA, conteniendo 2976 registros.

Derivado de lo anterior, se generaron 9 espacio-mapas identificando la distribución del grupo de artrópodos, equinodermos principalmente, los espacio-mapas fueron realizados mediante el software ArcView y se usaron las bases de datos de distribución de los organismos en cada uno de los muestreos por estaciones. Las bases de datos se anexan al presente documento.

En dichos espacio-mapas se muestra la variación en la distribución de los artrópodos previo y posterior al huracán, observando un aumento del área de distribución. Los equinodermos presentaron un ligero aumento en la zona marina, sin embargo el resultado más importante fue el incremento de su presencia en la zona de la ciénaga.

## **CONCLUSIONES**

El análisis de las variables oxígeno disuelto, Salinidad y Temperatura, en sus niveles de superficie y de fondo, reflejan los efectos directos de los cambios climáticos y en el caso del Oxígeno Disuelto, el efecto del huracán Isidoro. Este efecto es indirecto debido al rompimiento de la barra arenosa lo cual provocó que la circulación interna de la ciénaga y la presente cercana a la costa cambien con los consiguientes cambios en la distribución de la Temperatura y Oxígeno principalmente.

En el caso de la Salinidad y específicamente en la ciénaga, el aumento de la cantidad de agua dentro de la ciénaga ha permitido que esta se encuentre inundada todo el año igualando las salinidades presentes en la ciénaga con las presentes en la zona marina.

Estos cambios en salinidades permiten la entrada de organismos que antes no podían hacerlo debido a los altos niveles de salinidad y por encontrarse la mayor parte de la ciénaga seca. Estos cambios en los niveles de inundación también han provocado que las concentraciones de partículas de la ciénaga

que se transportan hacia el mar aumenten, con el consiguiente aumento de partículas de ciénaga en la zona costera de Chabihau.

Estas partículas varían desde componentes biogénicos como detritus orgánico derivado de toda la zona de manglar presente en la parte posterior de la ciénaga, hasta sedimentos muy finos ricos en materia orgánica.

Pero así como la ciénaga aporta partículas a la zona marina, esta también aporta hacia adentro de la ciénaga, lo cual provoca que la producción de la ciénaga aumente en dos sentidos:

1. Por suspensión de las partículas sedimentadas en la ciénaga.
2. Por aumento del flujo de partículas de mar hacia adentro de la ciénaga.

En cuanto los sedimentos, el impacto del huracán Isidoro y principalmente el efecto de la bocana abierta, ha propiciado que los estratos superficiales de sedimentos tenga un cambio total de las condiciones previas al huracán y las posteriores.

Estos cambios reflejan una mayor dinámica de la actividad marina y un cambio en las condiciones de la ciénaga, siendo los principales cambios reportados el cambio en las profundidades y en la consistencia de los sedimentos. Los sedimentos marcaron un cambio de sedimentos finos a medios y en gruesos en algunas zonas de la ciénaga, lo cual reporta un mayor intercambio entre la zona marina y la de ciénaga.

Los sedimentos finos se caracterizan por una mayor presencia de organismos de la meiofauna, al cambiar estos sedimentos a tamaños medios y gruesos las comunidades del bentos cambian en su estructura, lo cual se ve reflejado en el cambio del número de phyla de la macrofauna posterior al huracán.

Estos sedimentos medios y gruesos son menos ricos en materia orgánica, lo cual conduce a un cambio en los organismos que colonizaran los hábitats que

se generen por efecto directo del cambio del sistema marino-ciénaga. Lo anterior se refleja al observarse un incremento en el número de especies y de phyla presentes en el sistema.

Razón importante será entonces la continuación de los estudios del bentos que permitan evaluar el efecto de la bocana en un lapso de tiempo mayor a los 10 años, evaluando su efecto restaurador en un ambiente de ciénaga que presentaba efectos notorios de desecamiento antes del huracán, con índices de biodiversidad y una abundancia de organismos bajos; contrario a lo reflejado posterior al impacto del huracán en el cual las abundancias de la macrofauna e índices de diversidad fueron mayores, un cambio en las condiciones ambientales de ser una zona de baja profundidad a una profundidad en ciertas zonas mayores a los 2 metros y el aumento de especies de pesca como peces y camarones.

## Referencias bibliográficas

**Avilés-Ramírez. G. 2000.** Estructura de la comunidad meiofaunal, de la porción Centro y Sur de la Laguna del Arrecife Alacranes, Yucatán: Variación espacial. Tesis de Maestría en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. CINVESTAV-IPN. Unidad Mérida pp.-67.

**Batllori-Sampedro E; Avilés-Ramírez. G; 2004.** Reporte del Área Ambiental (Macrobentos, Zooplancton, Ambiente Físico-Químico, Aves y Mamíferos, y Topografía) del proyecto "Evaluación de los cambios socio-ambientales en la microcuenca de Chabihau ocasionados por el huracán ISIDORO y estrategias de prevención ante futuros fenómenos meteorológicos". Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Yucatán.

**Batllori-Sampedro E. 1999.** Diplomado de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Estudio Caso Microcuenca de Chabihau. Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán. México.

**Batllori-Sampedro E; E. Díaz; J. L. Febles; 1999.** Landscape Change in Yucatan's northwest coastal wetlands (1948-1991). Yucatan's Coastal Wetlands. Human Ecology Review. Official Journal of the Society for Human Ecology. Volume 6, Number 1 Summer, 1999. Pág. 8-20.

**Defeo, O., Gómez J. y Lercari D. 2001.** Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. Marine Ecology Progress Series 212: 159-170.

**Eleftherior. A, D. Andell y C.J. Smith. 1993.** Biology and ecology of shallow coastal water. Institute of Marine Biology of Crete. Crete pp356.

**Ellis D.V., 1985.** Taxonomic sufficiency in pollution. Mar Pollut. Vol.6. pp-459.

CINVESTAV, PRONATURA Fase Descriptiva del Ordenamiento Ecológico Territorial de la Zona Costera del Estado de Yucatán. Mérida 1995.

**Ferraro-Sтивен. P y A. Cole-Faith. 1992.** Taxonomic Level Sufficient for Assessing a Moderate Impact on Macrobenthic communities in Puaet Sound Washington, USA. Can.Fish. Aquat vol. 49 pp-1184-1188.

**Ferraro-Steven. P y A. Cole-Faith.1990.** Taxonomic Level and Size Student Assesing Pollution Impacts on the Southern California. Mar-ecol-prog. 67 pp-251-262.

**Hernández-Arana. H. A. 1995.** El concepto de suficiencia taxonómica aplicado a comunidades bentónicas tropicales. Tesis de Maestría en la especialidad de Biología Marina. CINVESTAV-IPN. Unidad Mérida pp.-204.

**Hulbert, S.H. 1971.** The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. Ecology vol.-52 (4) pp.- 577-586.

**INEGI. 1985.** Libro estadístico del Estado de Yucatán. pp32-56.

**Jaramillo, E., Duarte C. y Contreras H. 2000.** Sandy beach macroinfauna from the coast of Ancud, Isla de Chiloé, southern Chile. Revista Chilena de Historia Natural, vol. 73,(.4);771-786.

**McCormick, M.I. 1995.** Fish feeding on mobile benthic invertebrates: influence of spatial variability in habitat associations. Marine Biology 121: pp. 627-637.

**Raffaelli. D y S. Hawkins. 1996.** Ecology of coastal zone. London 1º edition Champan & Hall pp. 61-63.

**Secretaría de Marina. 1990.** Manual operativo de geología. México pp.69-87.

Somerfield. P.J y K. R. Clarke. 1995 Taxonomic levels, in marine community studes, revisited. Marine Ecology Progress Series. Vol. 127 pp113-119.

**Uch-Cobos, C. (en prensa),** Análisis comparativo de la comunidad de la meiofauna presente en la zona marina de Chabihau, Yucatán. Tesis de Licenciatura en la especialidad de Biología, Universidad Autónoma de Campeche.

**Vera-Manrique. D, E. Batllori-Sampedro, E. Mendoza, y G. Avilés-Ramírez. 2002.** “Coberturas Subacuáticas de la Zona Marina Costera de Chabihau, Yucatán, México Análisis de una imagen Satelital TM del Año 1997”. Resúmenes del 55Th. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Quintana-Roo, del 11 al 15 de Noviembre del 2002. Pag-156.