

57
201



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CONSUMO DE OXIGENO Y BIOMASA DE LA
INFAUNA DEL AMBIENTE DE PLATAFORMA
CONTINENTAL DEL SUROESTE DEL GOLFO
DE MEXICO Y PENINSULA DE YUCATAN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A :
LUISA ISAURA FALCON ALVAREZ

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ELVA G. ESCOBAR BRIONES**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1998

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO
114619
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION DE BIBLIOTECA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: Consumo de oxígeno y biomasa de la infauna del ambiente de plataforma continental del suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán. realizado por Luisa Isaura Falcón Alvarez con número de cuenta 91339092 , pasante de la carrera de Biología. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	Dra. Elva G. Escobar Briones Investigador Titular TC A	<i>Elva Escobar-Briones</i>
Propietario	Dr. Fernando Alvarez Noguera Investigador Titular TC A	<i>Fernando Alvarez</i>
Propietario	Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldia Profesor Asociado de 3C	<i>Guillermina Alcaraz</i>
Propietario	Dra. María Antonieta Aladro Lubel Profesor Titular B	<i>María Antonieta Aladro</i>
Supiente	Dra. Luisa Alba Lois Profesor Asociado C TC	<i>Luisa Alba</i>
Suplente		

Consejo Departamental de Biología

[Firma]
M. EN C. ALEJANDRO MARTÍNEZ MENA

Indice

Resumen	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Lista de tablas	iv
Lista de figuras	v
Introducción	1
Antecedentes	6
Area de estudio	9
Hipótesis	13
Objetivo y Metas	13
Material y Método	14
Trabajo de campo	15
Trabajo de laboratorio.....	18
Resultados	25
Características ambientales y factores abióticos	26
Consumo de oxígeno.....	31
Densidad y biomasa béntica.....	34
Densidad y biomasa totales	41
Consumo teórico de oxígeno.....	43
Discusión	47
Propuestas	55
Conclusiones	56
Literatura consultada.....	57
Apéndices.....	64

Resumen

El consumo de oxígeno ($\text{mlO}_2/\text{m}^2\cdot\text{hr}$) por la comunidad bentónica se expresó como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{día}$) para macrofauna, meiofauna y bacterias, midiéndose en experimentos de incubación usando "Cámaras de Microcosmos para Incubación de Muestras de Sedimento" (CMIMS). Este trabajo se realizó a bordo del B/O "Justo Sierra" en la plataforma continental del suroeste del Golfo de México (crucero OGMEX - 12) en julio de 1994 y Península de Yucatán (crucero OGMEX - 14) en enero de 1996, siguiendo un gradiente de tipo de sedimento terrígeno a carbonatado.

El sedimento incubado se analizó para cuantificar la biomasa (mgC/m^3) de cada fracción comunitaria. Los valores medios de biomasa (mgC/m^3) para OGMEX - 12, incluyendo los tres componentes comunitarios, presentaron valores máximos de $3,002 \pm 491$ y valores mínimos de $1,023 \pm 299$. En OGMEX - 14, los valores máximos medios de biomasa (mgC/m^3) fueron de 816 ± 166 y mínimos de 625 ± 289 . Los consumos de oxígeno ($\text{mlO}_2/\text{m}^2\cdot\text{hr}$) medidos en las CMIMS tuvieron valores medios máximos de 12.5 ± 2.5 y mínimos de 6.1 ± 4.3 para OGMEX - 12 y de 4.85 ± 1.22 a 4.13 ± 1.4 para OGMEX - 14.

Se calcularon los valores de tasa metabólica a partir del consumo de oxígeno para cada fracción comunitaria utilizando ecuaciones que se basan en relaciones alométricas, siendo la ecuación: $R_o = r_p$ para 20°C , y para ajustar a la temperatura de cada estación de trabajo con: $R_t = R_o e^{0.069t}$ para un $Q_{10} = 2$. La respiración media expresada como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{día}$) para ambas regiones de estudio, para macrofauna fue de 14.5 (19%), 35.9 (46%) para meiofauna y 26.6 (35%) para bacterias. Debido a que la energía que se libera por el sistema a partir de la respiración expresada como tasa metabólica es de $77 \text{ mgC}/\text{m}^2\cdot\text{día}$ (sumatoria de las medias para cada componente), deberá haber un aporte de al menos este valor al sistema vía el carbono orgánico particulado (COP).

Las biomásas (mgC/m^3) máximas se encontraron en las estaciones 2 ($3,335 \pm 552$) y 10 ($2,551 \pm 465$) de OGMEX - 12, región que corresponde a la zona de transición entre los sedimentos de origen terrígeno a carbonatados y región en la cual se ubica la mayor pesquería de camarón del Golfo de México. En el área de estudio de OGMEX - 12, esta biomasa comunitaria elevada es atribuida a las bacterias ($848 \pm 284 \text{ mgC}/\text{m}^3$ en 7 cm), seguida por la meiofauna ($741 \pm 556 \text{ mgC}/\text{m}^3$), equivalente al 76 % de la biomasa comunitaria entre ambos componentes y por último a macrofauna ($455 \pm 93 \text{ mgC}/\text{m}^3$), representando el 24 % restante de la biomasa comunitaria. En OGMEX - 14, la meiofauna presenta la mayor biomasa ($394 \pm 46 \text{ mgC}/\text{m}^3$), seguida por la macrofauna ($214 \pm 59 \text{ mgC}/\text{m}^3$) contribuyendo los dos componentes con el 82 % de la biomasa comunitaria y por último, las bacterias ($98 \pm 61 \text{ mgC}/\text{m}^3$ en 7 cm) representando el 18 % restante de la biomasa comunitaria. Estas características se pueden deber al tipo de sedimento encontrado en cada sitio y al aporte de materia orgánica proveniente de los ríos en la primera región de estudio y carencia de este aporte en la segunda región de estudio.

Ambas regiones de estudio son similares entre si para un 95% de confianza, para los factores abióticos y bióticos analizados.

Dedicatoria

Quisiera dedicar esta tesis a mi familia, por apoyarme siempre y especialmente, por creer en mi...gracias.

Papá y Mamá, gracias por ser como son, por estar siempre que los he necesitado y por ayudarme en todo momento.

A mis abuelos, les quiero agradecer por enseñarme otras maneras de vivir y aprender, lo que me ha ayudado a tener una posición ante la vida.

Cam, Ta, Val, Mat y Ju, son unos hermanos increíbles, gracias por todo. Ri, gracias por haberme cuidado y apoyado siempre.

A mis amigos, con quienes he compartido momentos maravillosos.

*Un sueño es la respuesta
a una pregunta
que todavía no hemos
aprendido a formular.*

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todos aquellos que han hecho este trabajo posible: antes que nada, quiero agradecer a la Dra. Elva Escobar Briones, no solo por ser mi asesora de tesis, pero por ser una excelente maestra, por confiar en mi, brindarme su apoyo, en fin...por ser una gran persona y amiga.

A todos los estudiantes del Laboratorio de Ecología del Bentos, ICM y L, gracias por ayudarme con mis dudas y por ser buenos compañeros, o mejor dicho, compañeras en las campañas oceanográficas. Quiero agradecer al Dr. Luis Soto, jefe del laboratorio, por su apoyo en este trabajo. A Carlos Illescas quiero dar las gracias por ser un excelente compañero y amigo, además de ayudarme siempre con mi trabajo.

Esta tesis se realizó a bordo del B/O "*Justo Sierra*" y por lo tanto, la tripulación del buque participó también en todo el proceso de montar experimentos, colectar las muestras, repetir y repetir las dragas, en fin...gracias a toda la tripulación del "*Justo*" y al ICM y L por esta experiencia.

El Dr. Gilbert T. Rowe de la Universidad de Texas A y M me ayudó constantemente. El trabajo que realicé se basó en su método para cuantificar metabolismo de comunidades bentónicas. De hecho, fue el quien en 1994 montó los experimentos de metabolismo a bordo del B/O "*Justo Sierra*". Quiero agradecerle muy especialmente, por su invitación para que realizara el análisis de mis datos en su laboratorio. Trabajar directamente con el fue sumamente importante para que yo conjugara esta investigación. De la misma forma, quiero agradecer a Liz Cruz-Kaegi, por enseñarme su método para cuantificar biomasa bacteriana cuando en octubre de 1995, visité por primera vez el Departamento de Oceanografía de TAMU para entrenarme en su técnica.

La Dirección General de Intercambio Académico, UNAM, proporcionó mi boleto de avión en octubre de 1995, permitiendo esta primera visita a TAMU. Fundación UNAM me proporcionó una beca de "Iniciación Temprana a la Investigación" durante dos periodos de 10 meses, para que yo realizara mis investigaciones en el Laboratorio de Ecología del Bentos, trabajo que culminó en esta tesis. Fundación UNAM también me dio la beca, boleto de avión y seguro médico para que realizara la segunda estancia de

investigación en TAMU, durante agosto a octubre de 1997, en la cual acabé de escribir esta tesis, analizar los datos y realizar la discusión y conclusiones. Debo mencionar también, que Fundación UNAM me becó durante los tres últimos años de mi carrera de licenciatura mediante el programa de “Alto Desempeño Académico”, es por esto que agradezco muy sinceramente a estas instancias, que existen para servir a la Universidad Nacional, su apoyo a los estudiantes es sumamente importante en nuestro desarrollo académico, gracias.

El Dr. Antonio Peña, Director del ICM y L me permitió realizar el análisis cuantitativo del componente bacteriano en su laboratorio del Instituto de Fisiología Celular, UNAM, también consiguió la mayoría del material que se usó para realizar estos análisis, gracias por su interés en un tema tan distante a su disciplina. Jorge Sepúlveda del Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Fisiología Celular, UNAM me ayudó a sacar fotografías de microscopía electrónica para observar directamente a las bacterias en el sedimento, muchas gracias por los comentarios y sugerencias.

Muy especialmente quiero agradecer a mis amigos de la Facultad de Ciencias y a todos mis profesores por hacer de mi carrera una experiencia maravillosa.

Finalmente quisiera agradecer a mi familia, padres, hermanos, Ri, primos, tios, abuelos, amigos y a todos aquellos con los que he compartido momentos muy especiales.

Lista de Tablas

Tabla 1. Localidades de trabajo para ambas regiones de estudio.....	15
Tabla 2. Características ambientales de las estaciones de trabajo en ambas regiones de estudio: Profundidad (Prof.), temperatura (T °C), salinidad (ups = unidades prácticas de salinidad), oxígeno de fondo (mg /Lt), tipo de sedimento, porcentaje (%) de carbono orgánico (C), nitrógeno orgánico (N), materia orgánica (m.o.) y carbonatos (CaCO ₃).....	26
Tabla 3. Valores de consumo de oxígeno medios y desviaciones estándar (±) para las regiones de estudio del suroeste del Golfo de México (OGMEX – 12) y Península de Yucatán (OGMEX – 14), expresados como consumo (mlO ₂ /m ² * hr y día) y como tasa metabólica (mgC/m ² * día).....	32
Tabla 4. Valores de densidad media y desviación estándar (±) de bacterias (células/cm ³), meiofauna y macrofauna (ind/m ³), y biomasa de bacterias (mgC/m ² en 7 cm), meiofauna y macrofauna (mgC/m ³), para cada estación de trabajo en ambas regiones de estudio.....	35
Tabla 5. Consumo teórico de oxígeno expresado como tasa metabólica (mgC/m ² *día) a 20 °C para macrofauna y meiofauna en ambas regiones de estudio.....	43
Tabla 6. Consumo teórico de oxígeno expresado como tasa metabólica (mgC/m ² *día) y ajustado a la temperatura de cada estación de trabajo, para los tres componentes de la comunidad béntica.....	44
Tabla 7. Tasas de recambio en días para los tres componentes comunitarios de ambas regiones de estudio.....	46
Tabla 8. Consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica (mgC/m ² *día) de los componentes de la infauna para otras áreas de estudio.....	50

Lista de Figuras

Fig. 1. Area de Estudio. Estaciones para OGMEX - 12 y 14.....	14
Fig. 2. Cámaras de incubación	17
Fig. 3. Fotografía al microscopio electrónico de barrido de bacterias en sedimento y debrís orgánico.....	20
Fig. 4. Fotografías al microscopio electrónico de barrido de componentes de la meiofauna: a) copépodo harparcticoide, b) nemátodo y c) foraminífero bentónico.....	21
Fig. 5. Fotografía de microscopio estereoscópico de (a) poliqueto e ilustración de crustáceo (b) (modificado de Brusca y Brusca, 1990).	22
Fig. 6. Relación entre temperatura (T °C) y profundidad [z (m)] (a), salinidad (ups) y profundidad (b), oxígeno de fondo (mg/Lt) y profundidad (c), materia orgánica (% m.o.) y profundidad (d), carbono orgánico (%C) y profundidad (e), carbono orgánico (%C) y materia orgánica (f), oxígeno de fondo y temperatura (T °C) (g) para ambas regiones de estudio. Gradiente geográfico de oeste a este mostrando estaciones de OGMEX - 12 (primera región) 21, 18, 13, 10 y 2, y de OGMEX - 14 (segunda región) 3, 4 y 5, en relación a porcentaje de carbono orgánico (% C) (h), porcentaje de materia orgánica (% m.o.) (i) y porcentaje de carbonato de calcio (% CaCO ₃) (j).....	30 y 31
Fig. 7. Relación entre consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica (mgC/m ² * día) y profundidad [z (m)] (a), temperatura (T °C) (b), salinidad (ups) (c) y materia orgánica (% m.o.) (d) por localidad en ambas regiones de estudio: suroeste del Golfo de México (OGMEX - 12) y Península de Yucatán (OGMEX - 14).....	33 y 34
Fig. 8. Relación entre la biomasa bacteriana (mgC/m ² en 7 cm) y profundidad del fondo del mar [z (m)] (a) y materia orgánica (% m.o.) (b) por localidad en ambas regiones de estudio.....	37
Fig. 9. Relación entre la biomasa de la meiofauna (mgC/m ³) y profundidad del fondo del mar [z (m)] (a) y materia orgánica (% m.o.) (b) por localidad en ambas regiones de estudio.....	38
Fig. 10. Densidad (ind/m ³) (a) y biomasa (mgC/m ³) (b) para los taxa de la meiofauna en ambas regiones de estudio: OGMEX - 12 y 14. NEM = nemátodos, FOR = foraminíferos, POL = poliquetos, PRI = priapulidos, OST = ostrácodos y COP = copépodos.....	39
Fig. 11. Relación entre la biomasa de la macrofauna (mgC/m ²) y profundidad del fondo del mar [z (m)] (a) y materia orgánica (b) por localidad en ambas regiones de estudio.....	40

Fig. 12. Densidad (ind/m^2) (a) y biomasa (mgC/m^2) (b) para los taxa de la macrofauna en ambas regiones de estudio: OGMEX – 12 y 14. POL = poliquetos, EQU = equinodermos, CRU = crustáceos, MOL = moluscos, PEC = peces, NEM = nemátodos, OLI = oligoquetos, SIP = sipuncúlidos y BRI = briozoarios.....	41
Fig. 13. Biomasa promedio por estación de muestreo para cada clase de talla del bentos, siguiendo un gradiente geográfico de oeste a este (Estaciones 21 – 2: OGMEX - 12; 3 – 5: OGMEX - 14).....	42
Fig. 14. Porcentajes sobre la biomasa total para ambas regiones en conjunto.....	43
Fig. 15. Porcentaje sobre la respiración teórica media expresada como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) para cada fracción comunitaria en ambas regiones de estudio.....	45
Fig. 16. Modelo conceptual del flujo de carbono orgánico para el bentos del suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán.	54

Introducción

La vida, sus formas y origen han sido siempre el encanto del ser humano. La búsqueda de explicaciones a lo observado en la naturaleza desarrolló, a través del Método Científico, a la rama de la ciencia que estudia a la vida: la Biología. Los naturalistas y exploradores de los siglos XVIII y XIX sentaron las bases para mucho del conocimiento de la historia natural que hemos desarrollado posteriormente, además de dar los primeros pasos en lo que actualmente conocemos como Ecología (estudio de los organismos y su relación con el ambiente) y Evolución (estudio de los cambios en los organismos a lo largo del tiempo).

El estudio de la ecología marina ha estado dirigido hacia la búsqueda de una comprensión de la estructura de las comunidades, intentando determinar la composición de especies y su relación con el ecosistema. Los aspectos funcionales de la ecología marina tratan de establecer respuestas metabólicas e interacciones tróficas entre los componentes de las comunidades (Smith, 1973). El estudio del funcionamiento de las comunidades puede ser estudiado mediante la investigación de los flujos de energía entre sus componentes (Carey, 1967).

En los océanos, el ecosistema está conformado por el fitoplancton y zooplancton, el necton y el bentos. Como en cualquier otro ecosistema, existen: a) los autótrofos (que producen su propio alimento por fotosíntesis o quimiosíntesis) representados por el fitoplancton, plantas marinas y bacterias, b) los heterótrofos (que se alimentan de otros organismos) como el zooplancton, necton y bentos, c) los descomponedores (que reciclan la materia orgánica en el ecosistema, proveyendo a los productores primarios de materia orgánica), en donde se presentan principalmente los organismos del bentos (Brusca y Brusca, 1990). En principio, los niveles de productividad primaria controlan la estructura del ecosistema marino (Walsh, 1988). El bentos funciona como un componente principal en la energética de éste, ya que las comunidades bentónicas son la porción del ecosistema marino que se encuentra habitando los fondos, consumiendo materia orgánica y regenerando los nutrientes (Carey, 1967). Graf (1989) propone el término de “acoplamiento bentónico-pelágico”, en donde el bentos va a liberar materia orgánica

remineralizada a la columna de agua, que va a ser utilizada por el plancton. Así mismo, Legendre y Rassoulzadegan (1996) han descrito la exportación de la columna de agua al bentos, vinculando de arriba a abajo al ecosistema marino.

El estudio del bentos se inicia en 1817 con el trabajo de Sir John y Sir James Clark Rosses, quienes obtienen organismos provenientes de profundidades marinas de hasta 1, 800 m en Canadá (Gray, 1981). Las expediciones del *Challenger*, a finales del siglo XIX, sientan las bases para las técnicas de muestreo del bentos, al igual que para el desarrollo de una serie de observaciones que llevaron a formular ideas mas complejas acerca de la composición de especies e interrelaciones de los organismos del fondo (Thurman, 1994).

El bentos se ha clasificado principalmente por su tamaño así como por el tipo de alimentación, requerimientos respiratorios, movilidad y posición en el sedimento. Todos aquellos organismos del bentos que habitan dentro del sedimento se denominan *infauna*, incluyendo en esta clasificación a organismos tanto procariontes como eucariontes, encontrándose aquí tres tallas: las bacterias ($\sim 1 \mu\text{m}$), meiofauna ($> 63 \mu\text{m}$) y macrofauna ($> 0.5 \text{ mm}$). Los organismos de la *epifauna* son los que viven sobre del sustrato, como el megabentos ($> 1 \text{ cm}$) y de hecho, algunos de los organismos de la macrofauna (Thiel, 1983). La clasificación mas aceptada para estos organismos, es la que los separa por los tamaños retenidos en diferentes aperturas de malla de tamices (Thiel, 1975). Esta clasificación varía dependiendo del ambiente estudiado y la anterior es la mas usada en plataforma continental y se aplica en este estudio.

Schwinghamer (1981) hace un análisis de las comunidades bentónicas con base en la relación biomasa (como contenido de carbono en una unidad de área) de los organismos usando el "Espectro de Sheldon" (Sheldon *et al.*, 1972). Encuentra que esta relación separa a los organismos por su biomasa y talla en tres grupos que coinciden con la clasificación anterior. De esta manera, encuentra un máximo en biomasa para los organismos con un diámetro entre $0.5 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}$ (bacterias), para los organismos entre $64 \mu\text{m} - 125 \mu\text{m}$ (meiofauna) y otro máximo en biomasa $> 2 \text{ mm}$ para la macrofauna. Aunque esta clasificación de los organismos no es idéntica a la de Thiel (1975), sus

rangos incluyen los de este último y la importancia reside en aportar una explicación ecológica y funcional a la separación de Thiel (1975). Schwinghamer (1981) explica que aunque estas tallas separan a la mayoría de las clases de talla de la infauna, existe un continuo en la distribución de los tres máximos de biomasa, es decir, hay organismos a lo largo de todo el gradiente de talla, pero simplemente, la mayoría se concentra en tres clases de tamaño y biomasa.

El lugar en el cual viven los organismos va a caracterizar el tipo de alimento que pueden obtener y que sostiene sus actividades metabólicas, todas aquellas reacciones bioquímicas que permiten a un organismo obtener energía asimilable en forma de ATP a partir de moléculas orgánicas o inorgánicas, (Lincoln y Boxshall, 1987). El bentos presenta organismos que son sésiles, es decir, que están adheridos al sustrato, y estos suelen alimentarse por filtración, extrayendo partículas orgánicas suspendidas en el agua. Los organismos que presentan movimiento pueden ser detritívoros, que significa que comen el sedimento y digieren la materia orgánica presente en éste incluyendo a las bacterias y meiofauna, llevándolos a ser depredadores (Brusca y Brusca, 1990). Debido a que los organismos bentónicos habitan en o sobre el sedimento, el tamaño de grano va a determinar su distribución. Bader (1954) propuso que los organismos aumentarían su densidad con relación a la abundancia de alimento, la cual se podría definir para algunos organismos como la concentración de materia orgánica en el sedimento. Tenore (1987) propone que la biomasa en el sedimento deberá estar relacionada con la presencia de nitrógeno orgánico como uno de los componentes de la materia orgánica. Smith propuso en 1976 que en comunidades que habitan sobre una superficie, la competencia por el espacio es otro factor que limita la estructura comunitaria. Schwinghamer (1981) demuestra que la actividad y biomasa bacteriana van a estar determinadas tanto por el tamaño de grano como por el flujo de materia orgánica. La meiofauna, al estar principalmente dentro del sedimento, va a estar limitada en su abundancia y tamaño por el diámetro de poro entre los granos de sedimento (Hulings y Gray, 1976). De esta manera, los organismos intersticiales deben ser menores en tamaño que el diámetro medio de las partículas de sedimento para poderse mover libremente. Debido a que el medio en el cual se encuentran estos organismos está compuesto por túneles llenos de

agua, que es en si un medio viscoso, el número de Reynolds es bajo, dificultando a los organismos mas pequeños el movimiento, favoreciendo la detritivoría (Gray, 1974). El número de Reynolds representa la relación entre la fuerza de inercia con la viscosidad ($R=pluv$) en donde: p = densidad del fluido, l = medida de tamaño corporal, u = velocidad relativa del fluido sobre la superficie corporal y v = viscosidad del fluido (Brusca y Brusca, 1990). Lo anteriormente expuesto indica que formas bióticas muy pequeñas como las bacterias van a ser mas abundantes en aquellos sustratos que presenten un tamaño de grano fino y materia orgánica en abundancia, debido a que deben estar adheridas a un sustrato y tener un aporte de nutrimentos. En los sedimentos de grano muy grueso, en donde la materia orgánica no se puede quedar porque hay flujo de agua intersticial y ésta se percola, las bacterias deberán tener abundancias menores. La meiofauna presentará una abundancia mayor en donde tenga espacio mayor para moverse, como son los sustratos arenosos, pero requiere del aporte de materia orgánica de manera continua (Schwinghamer, 1981).

Las comunidades bentónicas se encuentran limitadas por los parámetros ambientales de temperatura, profundidad, salinidad, concentración de materia orgánica y oxígeno disuelto (Brusca y Brusca, 1990). Mills (1975) indicó que la distribución de la biomasa bentónica varía geográficamente y Rowe (1983) demostró que la biomasa bentónica de la macrofauna es mayor conforme aumenta la latitud. Rowe (1971) encontró así mismo, una relación directa entre la biomasa bentónica y la productividad primaria, en donde la biomasa disminuye con la profundidad, debido al menor aporte de carbono orgánico exportado a partir de la producción primaria. Van der Have y de Jong (1996) han mostrado que la temperatura es un factor que aumenta la respiración y que afecta al crecimiento y la diferenciación de células bacterianas en forma no lineal. En ambientes de plataforma continental como lo es la Península de Yucatán, en donde hay gran cantidad de pastos y algas marinas, la productividad primaria es alta (Britton y Morton, 1989) y Ray (1990) indica que en este tipo de ambientes en donde hay arrecifes coralinos, las cianobacterias en columna de agua juegan un papel importante al llevar a cabo fotosíntesis y la fijación del nitrógeno.

La complejidad de las comunidades del bentos se va a caracterizar por el ambiente en el cual se encuentren, el cual estará definido por la cercanía a la costa, el aporte fluvial, la profundidad de la columna de agua, y por lo tanto, la incidencia de luz solar, temperatura y procesos de la columna de agua (Brusca y Brusca, 1990).

Este trabajo se realizó en la región de plataforma continental, la cual es definida como el área somera del mar que abarca desde la costa y se extiende hasta la cima del talud continental. Tiene una profundidad promedio de 133 m y máxima de 200 m (King, 1975; Lugo-Hubp, 1989), con una pendiente y una amplitud promedio de $0^{\circ}07'$ y 67 km respectivamente (Shepard, 1973). De acuerdo a Lugo-Hubp (1989), las plataformas del mundo cubren alrededor de 28,000,000 km², equivalentes al 8% de la superficie de los océanos (Mendoza, 1994). Rowe *et al.* (1986) proponen que las plataformas continentales van a proveer la materia orgánica que se exporta al talud continental. En las plataformas continentales se dan fenómenos de surgencias (movimientos verticales hacia la superficie, de masas de agua altamente ricas en nutrientes) y depósito de las descargas provenientes de los ríos, que van a enriquecer al ecosistema con nutrientes y material particulado (Smith *et al.*, 1974). En ambientes marinos tropicales, existen arrecifes coralinos sobre la plataforma continental, además de producción primaria del bentos a partir de algas, que constituyen otra forma de producción primaria además de la presente en columna de agua. El papel de las descargas fluviales en la “bomba biológica” (la toma de CO₂ por el plancton y su posterior exportación por debajo de la capa eufótica) es un elemento importante, ya que el aumento en la descarga fluvial promueve la productividad primaria (Fucik y El-Sayed, 1979). Jahnke *et al.* (1990) indican que los flujos verticales de materia orgánica cerca de los márgenes continentales juegan un papel importante en los ciclos biogeoquímicos, los cuales se inician con la exportación y tienen una influencia sobre la producción secundaria en la plataforma continental.

Antecedentes

Diferentes métodos han sido utilizados para determinar la producción secundaria en el bentos como son el consumo de oxígeno y el intercambio de nutrientes entre el componente comunitario bentónico y la columna de agua (Berner, 1976). El consumo de oxígeno a través de las comunidades bentónicas ha sido estimado mediante la incubación de núcleos de sedimento y la medición del decremento en el tiempo del oxígeno disuelto en el agua marina, salobre y continental (Smith y Hinga, 1983). El consumo de oxígeno de un organismo es la manera mas simple para cuantificar su tasa metabólica, ya que la cantidad de energía (kcal) producida por un litro de oxígeno metabolizado permanece casi constante para la oxidación de proteínas, carbohidratos o lípidos (Schmidt – Nielsen, 1993).

En 1961, Teal y Kanwisher estudiaron el intercambio de oxígeno entre el sedimento y la columna de agua en manglares de Georgia. Estos investigadores tomaron muestras del sedimento y lo llevaron al laboratorio, en donde midieron con un oxímetro el consumo de oxígeno presente a diferentes profundidades del sustrato, con la técnica gasométrica de Scholander *et al.* (1955). Notaron en sus experimentos que si el agua no se agitaba, se formaba un gradiente de oxígeno por estratificación, llegando a presentarse niveles de anoxia (carencia de oxígeno) cerca de la superficie del sedimento, debido a la respiración por los organismos.

Carey (1967) realizó incubaciones en el laboratorio de muestras de sedimento tomadas en la Sonda de Long Island durante un estudio de la energética del bentos. Este investigador mantuvo un rotor dentro del tanque que impidió la estratificación del agua. Al término del experimento, tamizó el sedimento y recuperó al componente de la macrofauna, analizándolo posteriormente. Carey (1967) obtuvo resultados interesantes que muestran que el consumo de oxígeno máximo se presentó con los valores mayores de temperatura y concluye que la actividad biológica es el proceso que influye mayoritariamente en el consumo de oxígeno. Debido a los cambios estacionales en la temperatura, este autor propone que deben existir cambios estacionales en el consumo de

oxígeno por las comunidades del bentos, ya que la temperatura afecta también el crecimiento poblacional de los organismos.

El consumo de oxígeno en el sedimento provee parámetros que permiten integrar la utilización del oxígeno disuelto en el sedimento en reacciones químicas de óxido-reducción en el sustrato y la respiración aeróbica de los organismos bentónicos. Estos valores constituyen el consumo de oxígeno (CO) de la comunidad bentónica y no son parámetros que permitan obtener el consumo total de oxígeno (CTO) para estas comunidades. El CTO no se cuantifica ya que la porción de la megafauna no es considerada comunmente, debido a que no suelen caber dentro de las cámaras de incubación, que por su tamaño reducido, van a albergar a las porciones comunitarias bentónicas mas pequeñas como son la macrofauna, meiofauna, bacterias y ocasionalmente algún organismo de la megafauna que se llegue a enterrar en el sedimento (Piepenburg *et al.*, 1995).

Existen dos mecanismos para medir la demanda de oxígeno por los organismos del fondo: las incubaciones de sedimento no perturbado obtenido a partir de nucleadores de caja y su posterior incubación en la superficie con agua de fondo (Pamatmat, 1978) y las incubaciones *in situ* con variados tipos de cámaras que tienen como función incubar el sedimento durante tiempos definidos (Pomeroy, 1959; Rowe *et al.*, 1975), en donde se incluyen los “landers bentónicos” (unidades autónomas de muestreo) (Smith *et al.*, 1976). Debido a que no es fácil duplicar las características hidrodinámicas presentes en la interfase sedimento-agua, las cuales afectan las tasas de intercambio entre los nutrientes y elementos estudiados (NH₄, N₂, O₂, entre otros), Miller-Way *et al.* (1994), proponen que el uso de landers bentónicos es preferido sobre cualquiera de los otros métodos, debido a que es el que menos afecta los procesos físicos, químicos y biológicos presentes en el sedimento.

Las cámaras de incubación y los landers mantienen un volumen conocido de agua sobre el sedimento muestreado y reflejan el consumo de oxígeno en tiempo por los organismos o por reacciones en el agua intersticial con solutos reducidos que se difunden en el sedimento (Archer y Devol, 1992). La productividad de las comunidades bentónicas

es un componente importante en el ciclo del flujo de materia y energía de las plataformas continentales, en donde algunos de sus componentes de mayor talla tienen relevancia económica ya que sostienen las pesquerías regionales, como la del camarón o de peces demersales. En el marco global, la medición del metabolismo bentónico a lo largo de grandes regiones del océano, es un aspecto importante en el equilibrio del carbono entre la atmósfera, las tierras emergidas y la hidrósfera (Gage y Tyler, 1991).

Wieser y Kanwisher (1961) proponen que de los organismos < 1 mm, las bacterias, son los mayores consumidores de oxígeno y materia orgánica en el bentos. Las bacterias son sumamente interesantes en este ecosistema debido a que suelen estar representando a las biomásas mayores, presentan un efecto directo en el reciclaje del carbono depositado y a la capacidad de sobrevivir en condiciones que serían desfavorables para otros organismos (bajas temperaturas, altas presiones y ausencia de materia orgánica) (Rowe *et al.*, 1991). La gran diversidad de rutas metabólicas que presentan para crecer a partir de sustratos orgánicos e inorgánicos es otra de sus características (Jannasch y Wirsen, 1983). Hayes (1964) indica que en la interfase sedimento-agua hay un intercambio orgánico controlado por bacterias, que es estimulado por el depósito de materia orgánica proveniente del plancton y por el oxígeno disuelto. Rowe *et al.* (1991) proponen que debido a que comúnmente la biomasa bacteriana es mayor a la del resto de los componentes bióticos del bentos, su papel en el reciclaje de energía es importante. Según estos autores, las cadenas tróficas del bentos son muy complejas ya que inicia el flujo de energía la materia orgánica. Sus estudios muestran que la energía se transfiere inicialmente a las bacterias y posteriormente a la meiofauna y macrofauna, en donde los cambios de detritivismo a depredación son reconocidos. Hargrave (1969) propone que las bacterias marinas representan del 30 al 50% de la respiración comunitaria en sistemas dulceacuícolas y Smith (1971) indica que lo mismo ocurre en los sedimentos marinos, resaltando la importancia de evaluar a esta fracción comunitaria en los estudios de las comunidades del fondo marino.

En la última década, se ha intentado caracterizar a todo el Golfo de México como un gran ecosistema marino incluyendo variaciones espacio temporales de cada uno de sus

componentes. Soto y Escobar (1995) han caracterizado en el marco de tres tallas del bentos a la Bahía de Campeche, vinculando el flujo de carbono en el bentos con la columna de agua. López (1996) realizó un estudio de la distribución espacial de la meiofauna en el margen continental en Tamaulipas y Yucatán, Castañeda (1996) analizó al componente de la macrofauna para las mismas regiones. Rowe y Menzel (1971) se enfocaron al estudio de la distribución de la biomasa de dos componentes del bentos (macrofauna y meiofauna) en el talud continental de Yucatán, encontrando que las biomásas disminuyen en esta zona en dirección este y con el gradiente de profundidad. Se han llevado a cabo experimentos de respirometría en especies de crustáceos decápodos en la plataforma continental del noroeste del Golfo de México (Rosas *et al.*, 1992), en ambientes lagunares (Rosas, 1989), con respecto al cambio en salinidad (Rosas *et al.*, 1991) y en relación a su adaptación a diferentes hábitats (Sánchez *et al.*, 1991). En México no se han llevado a cabo estudios de consumo de oxígeno y su relación con biomasa para la comunidad de la infauna del bentos, por lo que en ese sentido este trabajo es importante, ya que aporta los primeros datos para el ambiente de plataforma continental. La importancia que tiene el conocer el consumo de oxígeno a nivel comunitario reside en su utilidad para calcular la tasa metabólica, valor utilizado en modelos predictivos de la producción secundaria en el bentos y facilita la evaluación en tallas pequeñas, de las cuales comunmente no hay información.

Area de Estudio

El Golfo de México es un mar intercontinental marginal, semicerrado (Gore, 1992) ubicado en el Océano Atlántico Occidental Tropical que se encuentra limitado al norte por las costas de Estados Unidos, al oeste y sur por México y al este por la isla de Cuba (Enc.de Mex., 1977).

El origen del Golfo de México ha sido muy discutido, creyéndose que pudo haber sido una placa continental que se desplomó por movimientos tectónicos o por la

acumulación de sedimentos (Gore, 1992). Antoine (1972) indica que el Golfo es una cuenca muy antigua representando una región del suelo oceánico que ha sido cubierta por sedimentos. Geológicamente se divide en 7 provincias, de las cuales dos nos interesan en este estudio: el Banco y la Bahía de Campeche (Fig. 1). La primera de estas provincias es una extensión de la plataforma carbonatada del sur de Florida, formadas por el depósito de carbonatos por organismos marinos alrededor del Albiano (dentro del periodo Cretácico). La segunda de estas provincias se originó durante las orogenias de la era Paleozoica (~ 570 – 225 m.a.) que crearon la formación de cuencas y bahías hacia la costa. Durante el periodo Cretácico (~ 136 – 71 m.a.) se depositaron clastos carbonatados y terrígenos en esta provincia, predominando los carbonatos hacia el este.

Saulwood y Morse (1991) caracterizaron los sedimentos encontrados en el Golfo de México en cuatro tipos: 1) arenas carbonatadas encontradas en las plataformas continentales de Yucatán y Florida, 2) sedimentos arcillosos encontrados en la planicie abisal, 3) sedimentos de origen terrígeno al norte y noroeste del Golfo originados de la descarga del río Mississippi y 4) los sedimentos de origen terrígeno encontrados en el suroeste del Golfo por el aporte del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos. Los tres últimos tipos de sedimento se caracterizan por presentar un tamaño de grano fino. A diferencia de la región suroeste del Golfo de México, la región de plataforma continental de la Península de Yucatán, se va a caracterizar por la presencia de sedimentos carbonatados arenosos que presentan un espacio intersticial mayor al encontrado en los limos y arcillas producto del aporte terrígeno de la otra región de estudio. La ausencia de descargas fluviales a la plataforma continental va a ser un factor abiótico determinante en la estructura comunitaria bentónica.

El Banco de Campeche está influenciado por un sistema de lagunas costeras y estuarios conocidos por su productividad (Contreras, 1985). Esta provincia geológica se caracteriza por ser una planicie carbonatada que incluye a la plataforma continental de la Península de Yucatán, además de presentar la zona de transición entre sedimentos carbonatados a terrígenos en la plataforma continental frente a la laguna de Términos. La Bahía de Campeche se encuentra al oeste del Banco de Campeche y va a presentar un

aporte mayor de sedimentos de origen terrígeno por la descarga del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta, Coatzacoalcos y laguna del Carmen-Machona (Yáñez, 1968) y Carranza-Edwards *et al.* (1993). Es en la zona de transición en donde existen condiciones físicas que permiten la presencia de una productividad primaria alta ($> 40.4 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{día}$) y de la mayor pesquería de camarón del país (con aproximadamente 16,000 toneladas al año). Además, es el sitio de mayor extracción de petróleo para México, con una capacidad de $1,095 \times 10^3$ barriles al año (Soto y Escobar, 1995). Es también una zona de gran belleza natural al encontrarse incluidos en ella varios arrecifes coralinos principalmente sobre el margen de la plataforma continental. El estudio de las comunidades bentónicas de plataforma continental interna para la Península de Yucatán, en el Banco de Campeche, es sumamente importante, ya que aquí se encuentra un ecosistema coralino como ejemplo de estas comunidades bentónicas complejas (Mendoza, 1994).

Soto y Escobar (1995) proponen que en la zona de la plataforma continental de la Bahía de Campeche, se presenta estacionalidad en la hidrodinámica de la columna de agua. Estos autores indican que en época de lluvias hay una estratificación marcada de la columna de agua, debido al aporte fluvial del sistema Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos, consistente de agua continental, menos densa y con mayor temperatura, la cual fluye sobre el agua oceánica. Esta condición limita la exportación de materia orgánica fuera de la capa eufótica, lo cual se refleja en biomasa bentónica baja. Durante el periodo de nortes, se presenta mezcla elevada de la columna de agua, aunado a la presencia de un giro ciclónico permanente, que genera un frente a lo largo del margen, el cual inicia una surgencia.

Merino (1997) se basa en evidencias hidrográficas para sostener la propuesta de Cochrane (1966) de un fenómeno de surgencia en la porción oriental de la plataforma continental de la Península de Yucatán. La presencia de la isoterma de 22.5 °C en el Mar Caribe sirve como base para esta propuesta. El agua subsuperficial del Caribe, que trae aguas profundas mas frías y ricas en nutrientes, va a ascender por el talud continental de la Península de Yucatán y a vertirse en la plataforma continental. En la primavera y

verano, se presenta una fuerte estratificación de la columna de agua sobre la plataforma continental de la Península de Yucatán, entre el agua subsuperficial del Caribe y el agua superficial del Caribe. Las observaciones del cambio de profundidad de la isoterma de ~ 150 m a 10 m entre verano e invierno, sugieren que en el invierno, al presentarse tormentas y vientos del Norte, se van a mezclar ambas masas de agua. Posteriormente esta masa de agua que estuvo en contacto con el fondo, va a salir de la plataforma continental hacia el norte del Arrecife Alacrán. Monreal y Salas (1997) indican que esta surgencia provoca una corriente que fluye de este a oeste y pasa a través del Banco de Campeche y va posteriormente a la Bahía de Campeche, la cual presenta además una circulación de tipo ciclónica dominada por un giro ciclónico que se origina a partir del desprendimiento de un giro anticiclónico de la Corriente del Lazo; también se encuentra en esta región un frente costero que se forma por la descarga de agua riverina proveniente del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta. El aporte de este sistema fluvial equivale a un tercio del total del aporte riverino del resto de México (Carranza-Edwards *et al.*, 1993).

El presente estudio se llevó a cabo en las regiones del suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán, en el sector interno y medio de la plataforma continental de la Bahía y Banco de Campeche (Fig. 1). El muestreo cubrió un gradiente de sedimentos de origen terrígeno, con aporte de los ríos Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta y Champotón y de las lagunas del Carmen-Machona y Términos, en la región oeste (OGMEX - 12) ($18^{\circ}30'36''$ y $19^{\circ}57'35''$ de latitud y los $94^{\circ}23'24''$ a $91^{\circ}52'20''$ de longitud) a carbonatado en la Península de Yucatán, en la región este (OGMEX - 14) ($22^{\circ}30'00''$ y $23^{\circ}22'50''$ de latitud a $90^{\circ}30'00''$ y $87^{\circ}30'00''$ de longitud). En este gradiente se incluye la zona de transición entre ambos tipos de sedimento, sobre la plataforma continental frente a la laguna de Términos y río Champotón (estaciones 2 y 10 de OGMEX -12). La Figura 1 muestra que las estaciones de OGMEX - 12 se encuentran cerca a la desembocadura del río Coatzacoalcos (21), laguna del Carmen-Machona (18), sistema fluvial Grijalva-Usumacinta (13), laguna de Términos (10 y 2) y río Champotón (2). Las estaciones de OGMEX - 14 se encuentran sobre la plataforma continental de la Península de Yucatán, en donde no existen desembocaduras de sistemas fluviales.

Se espera que el consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica y la biomasa, serán mayores en la comunidad bentónica de plataforma continental del suroeste del Golfo de México con respecto al norte de la Península de Yucatán. Esto es debido a que la primera región se caracteriza por la presencia de un aporte terrígeno alto, producto de la desembocadura de varios ríos importantes, lagunas costeras y sistemas estuarinos, en contraste con la segunda región, en donde los aportes fluviales están ausentes.

Objetivo

El objetivo principal de este estudio es determinar el consumo de oxígeno comunitario del bentos de fondos suaves, asociándolo con la biomasa para cada grupo de la infauna en la plataforma continental del suroeste del Golfo de México y norte de la Península de Yucatán.

Metas

*Determinar el consumo de oxígeno en sedimento superficial mediante la utilización de “Cámaras de Microcosmos para Incubación de Muestras de Sedimento” (CMIMS).

*Evaluar la biomasa de los componentes bentónicos del sedimento superficial colectado e incubado en ambas regiones de estudio.

*Analizar comparativamente el consumo de oxígeno con los factores abióticos (temperatura, profundidad, materia orgánica, salinidad y tipo de sedimento) y bióticos (densidad y biomasa de bacterias, meiofauna y macrofauna) reconocidos para ambas regiones.

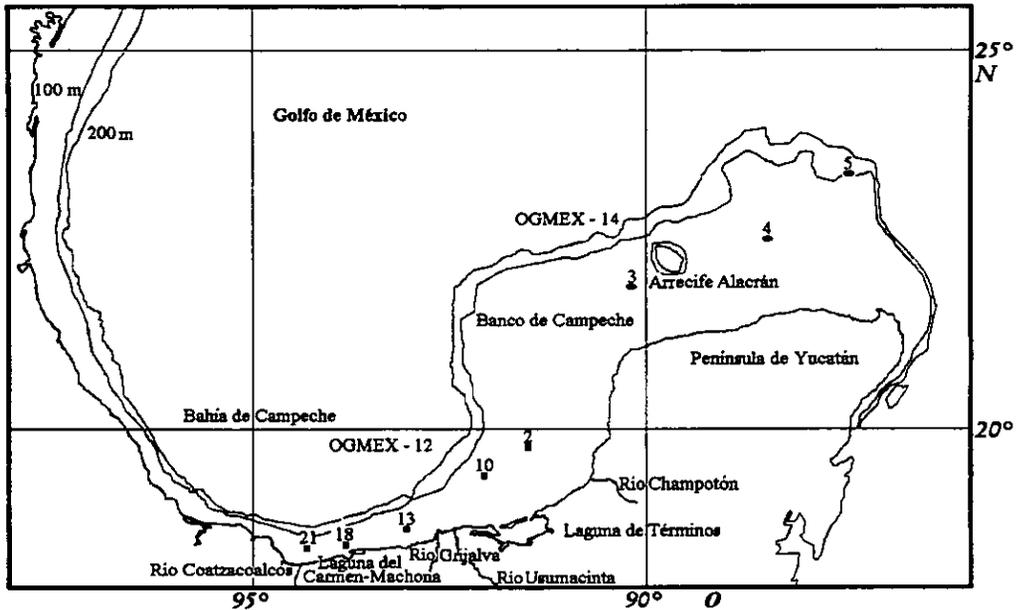


Fig. 1. Area de estudio. Estaciones para OGMEX - 12 (●) y OGMEX - 14 (⊗).

Material y Método

El consumo de oxígeno del sedimento superficial y la biomasa bentónica se relacionaron con los parámetros abióticos (temperatura, profundidad, materia orgánica y salinidad) en cinco localidades de muestreo de la plataforma continental del suroeste del Golfo de México y tres de la Península de Yucatán (Fig. 1), cada estación incluyó cuatro y tres réplicas respectivamente, que permitieron la intercomparación en el gradiente geográfico. Los experimentos de consumo de oxígeno se llevaron a cabo por incubación de muestras no perturbadas del sedimento superficial a bordo del B/O "Justo Sierra", durante dos campañas oceanográficas. Las profundidades de muestreo estuvieron en el intervalo batimétrico de los 50-110 m. Las estaciones de trabajo se seleccionaron con base al derrotero previamente planificado para cada una de las campañas oceanográficas, eligiéndose las estaciones más someras.

Colecta

Como parte del trabajo realizado durante la campaña oceanográfica "Oceanografía del Golfo de México" (OGMEX-12) en julio de 1994, a bordo del B/O "Justo Sierra", se eligieron cinco estaciones someras (52–103 m) en la plataforma continental de la región suroeste del Golfo de México. Las cinco localidades de trabajo se localizaron entre los 18°30'36" y 19°57'35" de latitud y los 94°23'24" a 91°52'20" de longitud. Estas se ubicaron contemplando un gradiente de tipo de sedimento, de oeste a este, que cubre las zonas de transición de ambientes terrígenos y carbonatados con influencia fluvial. Las muestras no perturbadas de los primeros 10 centímetros de sedimento superficial se obtuvieron a partir del submuestreo de sedimento colectado con un nucleador de caja GOMEX.

En enero de 1996, durante la campaña oceanográfica OGMEX-14, se llevaron a cabo incubaciones en tres estaciones frente a la costa norte de la plataforma continental de la Península de Yucatán. Estas se encontraron localizadas entre los 22°30'00" y 23°22'50" de latitud a 90°30'00" y 87°30'00" de longitud, con un intervalo de profundidad de 45-110 m. Por la naturaleza del sedimento (arenas carbonatadas), se obtuvieron muestras de sedimento superficial utilizando una draga Smith McIntyre (Tabla 1).

Tabla 1. Localidades de trabajo para ambas regiones de estudio. z = profundidad.

Región	Est. (#)	Latitud	Longitud	z (m)	Réplicas (n)
Suroeste del Golfo de México	21	18°30'36"	94°23'24"	72	4
	18	18°33'00"	93°55'00"	103	4
	13	18°48'10"	93°10'97"	60	4
	10	19°15'00"	92°23'00"	52	4
	2	19°57'35"	91°52'20"	52	4
Península de Yucatán	3	22°30'00"	90°30'00"	45	3
	4	22°33'00"	88°30'00"	49	3
	5	23°22'50"	87°30'00"	110	3

En ambas campañas oceanográficas, el sedimento superficial no perturbado obtenido por las dragas, se sometió a experimentos de incubación dentro de las CMIMS, con un área de 125 cm² (Miller-Way *et al.*, 1994) de 6 a 12 horas, en función a la velocidad del consumo de oxígeno. La diferencia con el método usado en este trabajo con el de Miller-Way *et al.* (1994) fue que en lugar de usar un sistema quimiostático, en donde hay una medición continua de datos, aquí, se tomaron datos de consumo de oxígeno en forma discreta, en tiempos determinados y el experimento se dió por terminado cuando la curva de decremento de la concentración de oxígeno disuelto con respecto al tiempo, alcanzó el nivel de hipoxia (< 2 mlO₂/Lt) (Rowe, 1997). Durante la campaña oceanográfica OGMEX-12, se realizaron cuatro réplicas de incubaciones en cada estación, mientras que en OGMEX-14, se realizaron tres réplicas de incubaciones por cada estación.

La caracterización de la condición de la columna de agua suprayacente al fondo se realizó, para cada una de las estaciones de trabajo, utilizando una sonda hidrográfica CTD (General Oceanics Mark III WOOCE), que aportó datos de temperatura del agua (°C), profundidad (m) y salinidad (ups), los cuales se graficaron e interpretaron a bordo para ambas campañas, con el objeto de conocer las condiciones hidrográficas (mezcla o estratificación) de la columna de agua en cada localidad. Así mismo, se tomaron muestras de sedimento superficial para determinar C y N orgánico conforme al método de Pocklington (1976) basado en el valor de N orgánico, por la relación (% N * 15.3) propuesta por Stetson y Trask (1953).

Incubaciones

Cada una de las cámaras de incubación (Fig. 2), con área de 125 cm², se insertó en los 10 primeros centímetros de la superficie no perturbada de sedimento colectado por el nucleador de caja o la draga. Al introducir los cilindros de acrílico en el sedimento recuperado, se buscó que cada una de las réplicas tuviera igual cantidad de material y agua suprayacente. Una vez colectada la muestra se colocaron las tapas, inferior y superior, igualmente de acrílico, ensamblando las cámaras de incubación y dejándolas estabilizar por al menos 30 minutos. El agua marina con la cual se llenó el resto de la

cámara de acrílico, se obtuvo con rossette en la localidad de muestreo de agua de fondo, con el objeto de que el sedimento se incubara a la misma temperatura y condiciones a las cuales se encontraba antes de ser colectado. Las cámaras se colocaron en un recipiente de plástico profundo, a manera de baño, que se cubrió totalmente con agua monitoreada por termómetros, en el cual se reguló la temperatura. La incubación se realizó en oscuridad en el Laboratorio de Química del buque. Cada cámara de incubación tiene en la cara interna de la tapa superior, un sistema de imanes que va a girar continuamente por la acción de un rotor, impidiendo que el agua suprayacente al sedimento se estratifique. Se tomaron datos de oxígeno disuelto ($\text{mlO}_2/\text{m}^2\cdot\text{hr}$), al inicio del experimento y posteriormente cada hora, con ayuda de sensores de oxígeno YSI, para cada réplica, durante un periodo promedio de 12 horas para OGMEX-12 y de 6 horas para OGMEX-14. Al término de cada incubación, el sedimento se submuestreó para cada uno de los diferentes grupos de talla de la infauna (bacterias, meiofauna y macrofauna). Se tomó un área de 5 cm^2 para analizar el componente bacteriano, otra porción fue tomada con una jeringa de 4 cm de diámetro por 10 cm de profundidad para analizar la densidad y biomasa de la meiofauna en un área de 5 cm^2 , el resto de la muestra original se tamizó a través de mallas de 0.5 y 0.25 mm para el análisis de la porción de la macrofauna, en un área de 115 cm^2 . Lo anterior se realizó para todas las réplicas, etiquetando y fijando cada una de estas fracciones.

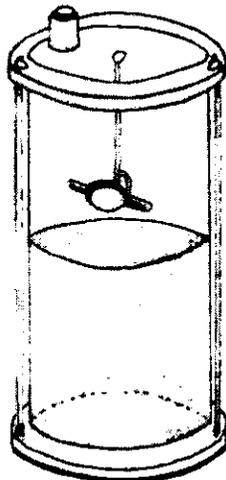


Fig. 2. Cámaras de incubación.

Bacterias

Se obtuvieron cuatro submuestras de 5 cm² de sedimento por estación (una por cada núcleo incubado) utilizando para esto una jeringa estéril de plástico sin punta. Se utilizaron para la fijación de cada muestra 5 ml³ de formaldehído al 5% previamente filtrado por discos de 0.22 µm y posteriormente, se les colocó en refrigeración a 4°C. Las muestras obtenidas durante OGMEX-12 fueron analizadas en el Departamento de Oceanografía de la Universidad de Texas A y M, mientras que los datos de biomasa bacterianas para OGMEX-14 se analizaron en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, ambos siguiendo el método descrito por Cruz-Kaegi (1992), con tres réplicas por muestra.

Este método se basa en el conteo directo de células bacterianas teñidas con DAPI (4'6-diamino-2-fenil indol), que es un agente intercalante, (se une a las moléculas de ADN) y epifluoresce entre los 350-470 nm (Porter y Feig, 1980). Este protocolo permite obtener valores de densidad (células/cm³ de sedimento) y biomasa (mgC/m² en 7 cm) bacteriana a partir de conteos directos de células, mediante un análisis de epifluorescencia, utilizando microscopía óptica. Para esto, es necesario aplicar a 1 cm³ de muestra fijada, 15 cm³ de una solución 0.1 M de pirofosfato tetrazódico e incubar en frío y oscuridad por 15 minutos. Lo anterior provoca un choque osmótico en las células, que al sufrir una turgencia, tienden a separarse de las partículas de sedimento. Posteriormente, se aplica un proceso de sonificación a 50 Hz/min, en donde las vibraciones creadas van a ayudar a la separación de las células de las partículas abióticas o fracciones finas del sedimento. El sobrenadante se diluye en 100 ml de agua doblemente filtrada a través de un filtro de 0.22 µm y se colocan 2 ml de esta solución de sedimento y agua en una torre de filtración. A este volumen se le agregan 200 µl de DAPI (50 µg/ml) y se deja incubar por 5 minutos en oscuridad. La torre de filtración tiene entre su columna y el recipiente dos filtros de membrana, uno negro de 0.2 µm y otro blanco de 0.45 µm. Al término del tiempo de incubación (5 minutos), se aplica vacío y ya que acabó de pasar la muestra a través de los filtros, se toma el filtro negro (que es en donde quedan las bacterias teñidas) y se monta (con la cara brillante hacia arriba) entre un portaobjetos y un cubreobjetos con resina "kristalón", que permite tener preparaciones semipermanentes. Estas preparaciones

deben permanecer en la oscuridad y a temperatura de 4 °C, manteniéndose legibles hasta por un año. Se hicieron tres preparaciones por réplica de experimento de incubación y tres blancos por ciclo de preparaciones para cotejar grado de contaminación en agua y soluciones. Posteriormente, las preparaciones son sometidas a un análisis de microscopía óptica por epifluorescencia, en donde se van a hacer conteos de las células bacterianas encontradas en 20 campos con un aumento total de 1000x y aceite de inmersión para epifluorescencia. Los datos obtenidos se registran y posteriormente, se obtienen las medias de abundancia para cada estación de trabajo, restándole a este número el valor obtenido en los blancos. Este valor se multiplica por el volumen de sedimento filtrado y así se obtiene la densidad de células bacterianas con relación a 1cm³ de sedimento.

El protocolo incluye la toma de fotografías en diapositivas a color de por lo menos un campo por preparación y de una microreglilla, las cuales se proyectan posteriormente. Se usó un planímetro digital (PLANIX 2) para obtener los valores de perímetro de las bacterias y calcular el volumen bacteriano, trabajando con un mínimo de 100 células.

El cálculo de biomasa se basa en la utilización de la media del volumen obtenido, que se multiplica por un factor de conversión a carbono, Bratbak y Dundas (1984) equivalente a 220 fentogramos de carbono (fgC)/μm³. Se obtiene la cantidad de carbono promedio encontrada en cada célula y este valor (6.93 x 10⁻¹⁴ gC/célula), que es constante para todas las muestras, se multiplica por (células/cm³sedimento) (10⁴cm²/m²) (7cm), obteniendo las unidades de biomasa (gC/m²) en los 7 primeros cm de profundidad del sustrato (Rowe *et al.*, 1997). Se consideraron a las bacterias como aeróbicas debido a que no se conoce el porcentaje de bacterias reductoras (Fig. 3).



Fig. 3. Fotografía al microscopio electrónico de barrido de bacterias en sedimento y debris orgánico. (Foto: J. Sepúlveda).

Meiofauna

Esta fracción de la comunidad bentónica (Fig. 4) tiene un intervalo de talla entre los 50-63 μm . Un área de 5 cm^2 fue submuestreada usando jeringas de plástico de 4 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, que se insertaron en el sedimento superficial de cada cilindro de incubación. Esta submuestra se fijó con etanol al 70% y Rosa de Bengala en solución con formol al 4 % que tiñe a los organismos vivos de la muestra y permite separarlos por contraste bajo el microscopio estereoscópico. El análisis de abundancia se realizó en el Laboratorio de Ecología del Bentos, ICM y L utilizando dos tamices, el primero para separar la macrofauna con una apertura de malla de 175 μm y el segundo para retener la meiofauna con apertura de 54 μm . La fracción obtenida del segundo tamiz fue analizada al microscopio estereoscópico y los organismos teñidos fueron separados con pinzas, identificándolos a nivel de Phylum, Subphylum o Clase, obteniendo datos de abundancia por grupo taxonómico. Posteriormente, los individuos reconocidos se colocaron en viales con etanol al 70 % y se etiquetaron. Los datos de abundancia por réplica y por estación fueron transformados a unidades de densidad (ind/m^3). Estos

valores se multiplicaron por constantes de peso por taxa (Gettleson, 1976), obteniéndose así los valores de peso húmedo. La biomasa en peso húmedo se transformó a valores de mgC/m^2 con la constante de Rowe (1983) para cada uno de los grupos.

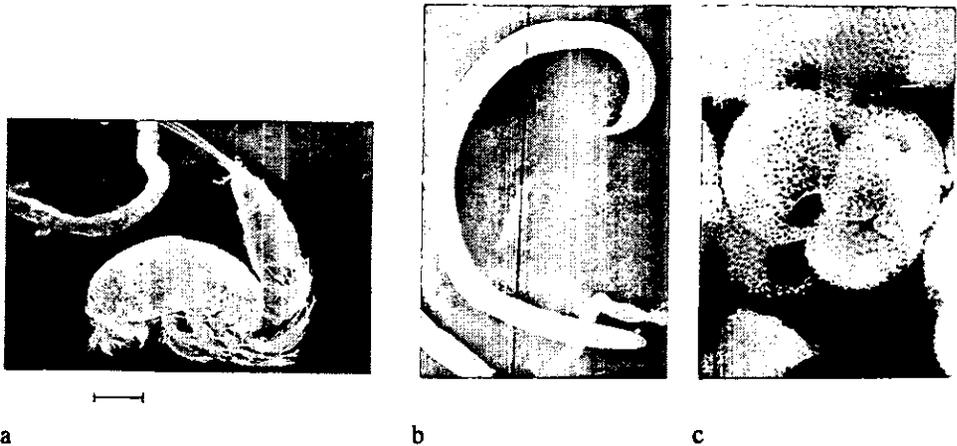
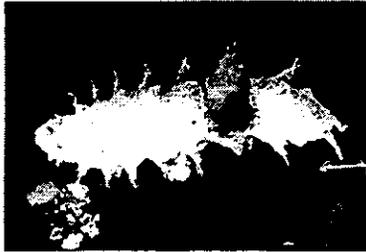


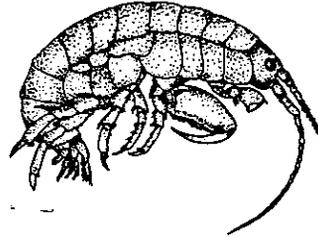
Fig. 4. Fotografías al microscopio electrónico de barrido de componentes de la meiofauna: a) copépodo harpacticóide, b) nemátodo y c) foraminífero bentónico. (Fotos: J. Valdés y E. Escobar); (Escala = $10\ \mu\text{m}$)

Macrofauna

El resto del sedimento (área = $115\ \text{cm}^2$), se tamizó a bordo a través de mallas de $0.5\ \text{mm}$ y $250\ \mu\text{m}$. Los organismos separados de los tamices se fijaron en etanol al 70%. El material restante en los tamices se colocó en bolsas de plástico o frascos etiquetados. Estos sobrantes de las réplicas se fijaron con el mismo método descrito para la meiofauna. En el laboratorio, se separaron los organismos teñidos utilizando pinzas, se identificaron hasta Phylum, Subphylum o Clase y se les colocó en viales, conjuntamente con el material separado a bordo, etiquetándolos y fijándolos con etanol al 70% (Fig. 5). Se elaboró una tabla por réplica con los grupos taxonómicos, su abundancia que se transformó a densidad (ind/m^2) y posteriormente, pesando a los organismos en una balanza analítica Sartorius (con $0.001\ \text{mg}$ de precisión) se obtuvo la biomasa como peso húmedo. Para obtener la biomasa expresada en mgC/m^2 , se usó el factor de conversión promedio para macrofauna propuesto por Rowe (1983).



a



b

Fig. 5. Fotografía de microscopio estereoscópico de componente de la macrofauna: a) poliqueto e ilustración de b) crustáceo (modificado de Brusca y Brusca, 1990). (Fotos: J. Valdés y E. Escobar); (Escala =.1 mm).

Consumo de Oxígeno

Las tasas de consumo de oxígeno se evaluaron al cuantificar el decremento en la concentración de este elemento a lo largo del tiempo en el agua suprayacente al sedimento durante los experimentos de metabolismo a bordo. Las unidades de los datos obtenidos se expresaron en $\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$. Estos datos se llevaron a $\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{día}$. Posteriormente, utilizando un Coeficiente Respiratorio (C.R.) de 0.85 (Rowe *et al.*, 1988) se calcularon los valores de tasa metabólica a partir de consumo de oxígeno en $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$. El C.R. indica la relación entre CO_2 producido y O_2 consumido. Es una medida que proporciona información acerca de la energía utilizada en el metabolismo. Un valor de C.R. de 1 es indicador de metabolismo de carbohidratos, 0.81 sugiere que se han metabolizado principalmente proteínas y 0.7 es para lípidos. El valor de 0.85 para el C.R. asume que el alimento contiene proporciones similares de proteína, carbohidratos y lípidos (Schmidt – Nielsen, 1993). El C.R. de 0.85 indica que por 1 ml de O_2 consumido se metabolizarán 0.45 mg de C. Lo anterior se basa en la relación estequiométrica de: $(\text{mlO}_2 \text{ consumido}/\text{tiempo}) (\text{peso molecular del C} = 12/\text{volumen ocupado por 1 ml de O}_2 \text{ en condiciones estándar} = 22.4) (\text{C.R.}) = \text{mg de C utilizados}/\text{tiempo}$ (Rowe, 1997).

Cálculo de valores teóricos de consumo de oxígeno

La cuantificación del consumo de oxígeno en la columna de agua suprayacente al sedimento, permite obtener el consumo de toda la comunidad bentónica, pero no de cada uno de sus componentes (macrofauna, meiofauna y bacterias). Para obtener los valores de cada componente de la comunidad bentónica sujeta a incubaciones, sin incubarlos separadamente, es necesario aplicar ecuaciones que se basan en relaciones alométricas que relacionan la respiración a la masa corporal (Brody, 1945).

El consumo teórico de oxígeno expresado como tasa metabólica de la macrofauna y meiofauna se basó en la relación propuesta por Rowe (1996):

$${}_{(1)}Ro = (kr)(\rho) \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

en donde:

Ro = respiración como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$)

kr = constante de respiración (en días)

ρ = biomasa (mgC/m^2)

Los valores de Ro teóricos se obtuvieron a partir de ajustes de los trabajos de (Zeuthen, 1953), (Nimura e Inoue, 1969), (Childress, 1971), (Hargrave, 1971), (Pamatmat, 1978), (Stephenson, 1980), (Koike y Mukai, 1983) y (Rosas, 1992), sintetizados por Rowe *et al.* (en preparación) para la plataforma continental del suroeste del Golfo de México y los valores de biomasa (mgC/m^2) para macrofauna y meiofauna se calcularon por Soto y Escobar (1995), estos valores son:

Macrofauna: Ro = 25.6 $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$; ρ = 307 mgC/m^2 ; kr = 0.0834 día

Meiofauna: Ro = 31.7 $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$; ρ = 151 $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$; kr = 0.2099 día

Se calcularon los valores de respiración teóricos como tasa metabólica para macrofauna y meiofauna con base al producto de la constante respiratoria (kr) y las

biomasas promedio calculadas en este trabajo, en cada estación y réplica, utilizando la ecuación 1. Estos valores equivalen a la respiración teórica como tasa metabólica a 20 °C.

Posteriormente, el cálculo de la respiración teórica expresado como tasa metabólica para cada uno de los grupos de talla, ajustado a las temperaturas registradas en los sitios de muestreo, se llevó a cabo con la ecuación propuesta por Riley (1947):

$$R_t = R_o e^{0.069t} \text{ para un } Q_{10} = 2$$

en donde:

R_t = respiración como tasa metabólica en función de la temperatura

R_o = respiración como tasa metabólica a partir de ecuación 1

0.069 = constante a partir de temperatura. Este número fue calculado por Riley (1947) con base en experimentos de respiración de zooplancton en función a la temperatura.

t = temperatura (°C)

($Q_{10} = 2$) = factor de incremento de la respiración en función del incremento en la temperatura. La respiración se duplica con incrementos de 10 °C.

La respiración teórica expresada como tasa metabólica del componente bacteriano se obtuvo por medio de la diferencia entre la sumatoria de las respiraciones teóricas (tasas metabólicas) de macrofauna y meiofauna con el consumo total de oxígeno (convertido a unidades de tasa metabólica) medido en las cámaras de incubación. Los valores medios de respiración (tasa metabólica) de cada fracción se sumaron y el total se comparó al consumo de oxígeno medio (convertido a unidades de tasa metabólica) registrado en las cámaras de incubación.

El aporte relativo de cada grupo de la infauna al metabolismo comunitario se obtuvo mediante la *Tasa de Recambio de Biomasa*. La biomasa es una estimación de la cantidad de materia viva que constituye a un organismo (Portilla y Zavala, 1990). En este trabajo se expresa como mgC/m^2 . La *Tasa de Recambio* es el tiempo (días) de residencia del carbono en la biota viva, por lo que está en función del ciclo de vida (Rowe *et al.*, 1997):

$$T_{\text{R}} = \rho \times R \times$$

en donde:

x = grupo de organismos de la infauna

ρx = biomasa de cada x

R x = respiración teórica para cada x

Análisis Estadístico

Se utilizó la prueba de “t de Student heterocedástica” (Sokal y Rohlf, 1973), que asume que las varianzas entre dos poblaciones son distintas. Se empleó un nivel de confianza del 95%, para estimar diferencias en biomasa, consumo de oxígeno convertido a tasa metabólica y factores abióticos entre las estaciones de cada región, y al no haber diferencias significativas, entre ambas regiones. Para ello se empleó Excel para Windows 95.

Resultados

El estudio del metabolismo de comunidades bentónicas se ha llevado a cabo en diferentes ambientes marinos como son la plataforma y talud continental y en el mar profundo. En este estudio se mostró, que los resultados obtenidos para consumo de oxígeno convertido a tasa metabólica y biomasa de los tres componentes de talla de las comunidades bentónicas, permiten conocer el gasto energético metabólico en el ecosistema bentónico. Al no presentarse diferencias significativas entre las estaciones de cada región de estudio para todos los parámetros analizados, se muestran los resultados estadísticos de comparación inter-regiones exclusivamente.

Factores Abióticos

El rango de profundidad en la región suroeste del Golfo de México fluctuó entre los 52 y los 103 m y entre los 45 y los 110 m para la región de la Península de Yucatán. La temperatura en la primera región de estudio, presentó valores de 18.5 a 20 °C. En la segunda región, la temperatura fluctuó de 20 a 22.4 °C. La salinidad varió de 35.8 a 36.7 ups en la región del suroeste del Golfo de México y permaneció constante en la región de la Península de Yucatán, con un valor de 36.7 ups. El oxígeno disuelto varió de 5 a 6 mg/Lt en la primera región y de 6.7 a 7.4 mg/Lt en la segunda región. Los porcentajes de carbono orgánico (% C) en el sedimento variaron de 0.42 a 8.02 en la primera región y de 11.1 a 13 en la segunda región. Los porcentajes de nitrógeno orgánico (% N) en el sedimento en la primera región van de 0.04 a 0.18 y de 0.01 a 0.05 en la segunda región. La materia orgánica (m.o.) en el sedimento presentó valores de 0.61 a 2.75 % en el suroeste del Golfo de México y de 0.15 a 0.76 % en la Península de Yucatán. Los valores porcentuales de carbonato de calcio (% CaCO₃) en el sedimento variaron entre 50 y 65 en la primera región y son más altas y constantes (75) en la segunda región (Tabla 2).

Tabla 2. Características ambientales de las estaciones de trabajo en ambas regiones de estudio mostrando: profundidad (z), temperatura (T °C), salinidad (ups = unidades prácticas de salinidad), oxígeno de fondo (mg/Lt), tipo de sedimento, porcentajes (%) de carbono orgánico (C), nitrógeno orgánico (N), materia orgánica (m.o.) y carbonatos (CaCO₃).

Región	Est. (#)	z (m)	Agua			Sedimento				
			T (°C)	Salinidad (ups)	O ₂ de fondo (mg/Lt)	Tipo	C %	N %	m.o. %	CaCO ₃ %
Suroeste del Golfo de México	21	72	20	36.2	5.4	Terrígeno	0.42	0.04	0.61	50
	18	103	20	35.8	5	Terrígeno	2.37	0.13	1.99	50
	13	60	18.6	36.7	6	Terrígeno	2.06	0.12	1.84	50
	10	52	19	36.2	5.5	Transición	4.14	0.18	2.75	50
	2	52	18.5	36.5	6	Transición	8.02	0.15	2.29	65
Península de Yucatán	3	45	22.3	36.7	7.4	Carbonatado	13	0.01	0.15	75
	4	49	22.4	36.7	6.8	Carbonatado	12.7	0.02	0.30	75
	5	110	20	36.7	6.7	Carbonatado	11.1	0.05	0.76	75

Se aprecian tendencias opuestas para la relación de temperatura y profundidad en ambas regiones (Fig. 6a). El patrón de la primera región es de aumento de la temperatura con el aumento en la profundidad, lo cual es opuesto en la segunda región, en donde la temperatura disminuye con el incremento de profundidad. Lo anterior indica que posiblemente hay una masa de agua cálida (20 °C) cerca del fondo en los puntos de muestreo más profundos para OGMEX – 12 (72 y 103 m), correspondientes a las estaciones 21 y 18, las cuales se encuentran frente al río Coatzacoalcos y laguna del Carmen-Machona y presencia de agua con temperatura mínima (18.5 – 19 °C) que surge del fondo en las estaciones con profundidad mínima (52 – 60 m) de esta campaña (2, 10 y 13), ubicadas al este.

Las tendencias observadas en el cambio de salinidad con respecto a la profundidad también son opuestas en ambas regiones (Fig. 6b). Se observa un patrón de disminución de la salinidad con respecto al aumento en profundidad para la primera región de estudio, con valores máximos (36.7 ups) en la estación 13 con profundidad de 60 m y valores mínimos (35.8 ups) en la estación 18 con profundidad de 103 m, frente al río Coatzacoalcos. Los valores de salinidad permanecieron constantes en la segunda región (36.7 ups). Lo anterior se puede deber a una surgencia de agua oceánica, con salinidad máxima en las estaciones de profundidad mínima, lo cual coincide con lo observado para la relación de temperatura y profundidad, debido a que el Agua Común del Golfo presenta 36.4 ups y 22.5 °C como valores característicos (Monreal y Salas, 1997).

Ambas regiones presentaron la misma tendencia de disminución del oxígeno disuelto con respecto al aumento de la profundidad (Fig. 6c). La primera región presentó valores máximos de oxígeno disuelto (6 mg/Lt) en las estaciones 13 y 2 con 60 y 52 m de profundidad y valores mínimos de (5.4 mg/Lt) en la estación 21, a 72 m de profundidad. La segunda región tuvo valores máximos de este gas disuelto (7.4 mg/Lt) a la profundidad mínima (45 m) en la estación 3 y valores mínimos (6.7 mg/Lt) a la máxima profundidad (110 m) en la estación 5. Es interesante observar que este es el único patrón de disminución de una variable abiótica con respecto al aumento de la profundidad, para ambas regiones. Esto puede deberse a que no hay un aporte de oxígeno al fondo por otra

masa de agua y que por lo tanto, este elemento es consumido por los organismos a lo largo de la columna de agua.

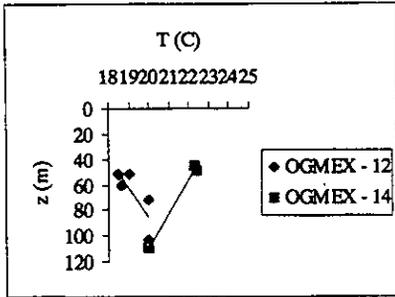
En cuanto al contenido de materia orgánica (% m.o.) con respecto al cambio de profundidad (Fig. 6d), la tendencia observada es diferente para ambas regiones. En el suroeste del Golfo de México, la materia orgánica disminuye con el aumento de profundidad, con valores de 2.75 % a 52 m y valores de 0.61 % a 72 m, correspondientes a las estaciones 10 y 21. En la segunda región, la materia orgánica aumenta ligeramente al incrementarse la profundidad de 0.15 % (45 m) a 0.76 % (110 m), correspondiente a las estaciones 3 y 5, lo cual se puede interpretar como el efecto de la surgencia de la Corriente de Yucatán sobre la plataforma continental en su porción oriental.

El porcentaje de carbono orgánico presentó la misma tendencia a disminuir con el aumento de profundidad para ambas regiones (Fig. 6e), presentando valores máximos de 8.0 %C a 52 m (estación 2) y mínimos de 0.42 %C a 72 m (estación 21) en la primera región. En la segunda región varió de 13 %C a 45 m (estación 3) a 11.1 %C a 110 m (estación 5). En el suroeste del Golfo de México el carbono orgánico disminuyó junto con la materia orgánica, de valores máximos en la estación 2 con 8.02 %C y 2.29 % m.o. a 0.42 %C y 0.61 %m.o. en la estación 21. En Yucatán, la tendencia fue de aumento del %C con respecto a la disminución de m.o. posiblemente debido a que esa región presenta sedimento predominantemente carbonatado y ausencia de aporte fluvial. Los valores máximos para %C (13) se presentaron en la estación 3 con 0.15 % de m.o. y mínimos de %C (11.1) en la estación 5 con 0.76 % m.o. (Fig. 6f)

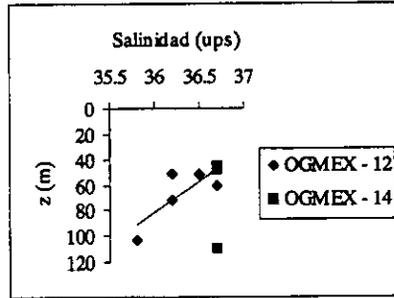
Con respecto a la temperatura, las tendencias observadas para el oxígeno disuelto fueron diferentes para ambas regiones (Fig. 6g). En la primera, se observó un patrón de disminución de este gas disuelto con respecto al incremento en la temperatura lo cual es el comportamiento normal de la disolución de los gases, presentándose valores de 5 mg/Lt de oxígeno disuelto con temperaturas de 20 °C en la estación 18, y valores de 6 mg/Lt de este gas con temperaturas de 18.5 °C en la estación 2. En la segunda región, por el contrario, los valores mínimos de oxígeno disuelto (6.7 mg/Lt) se encontraron con la mínima temperatura (20 °C) en la estación 5 y los valores máximos para O₂ (7.4 – 6.8

mg/Lt) a las temperaturas máximas (22.3 – 22.4 °C) en las estaciones 3 y 4. Debido a que el incremento en la temperatura provoca un aumento en el consumo de oxígeno es que la disminución de este elemento se observa de manera normal con el aumento en la temperatura en la primera región. Sin embargo, la tendencia opuesta encontrada en la segunda región, se puede deber a que en los puntos menos profundos de OGMEX - 14, estaciones 3 (45 m) y 4 (49 m), haya producción primaria bentónica, lo cual aumentaría el valor de oxígeno disuelto en fondo, independientemente de que se presenten las temperaturas mayores en estos puntos.

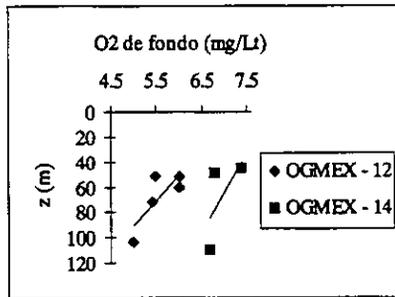
Se analizó el cambio en los valores porcentuales de carbono orgánico (C), materia orgánica (m.o.) y carbonato de calcio (CaCO_3) con respecto a un gradiente geográfico de oeste (estación 21, OGMEX – 12) a este (estación 5, OGMEX – 14). Los valores de carbono orgánico (% C) (Fig. 6i) aumentaron hacia el este, de 0.42 % en la estación 21 (OGMEX – 12) a 13 % en la estación 3 (OGMEX – 14), disminuyendo ligeramente hacia la estación 5 (OGMEX – 14) con valor de 11.1 %. La materia orgánica (% m.o.) (Fig. 6g) aumentó de 0.61 % en la estación 21, a 2.75 % en la estación 10, disminuyendo a 2.29 % en la estación 2 (OGMEX – 12). En Yucatán, siguiendo un gradiente hacia el este, los valores de materia orgánica tendieron al mínimo (0.15 % estación 3) y aumentaron a 0.76 % en la estación 5. Los porcentajes de carbonato de calcio (% CaCO_3) (Fig. 6j) aumentaron con respecto al gradiente oeste – este, de 50 % en el extremo oeste (estación 21) a 75 % en el extremo este (estación 5), asociados estrechamente a la variación de ambiente sedimentario de terrígeno a carbonatado.



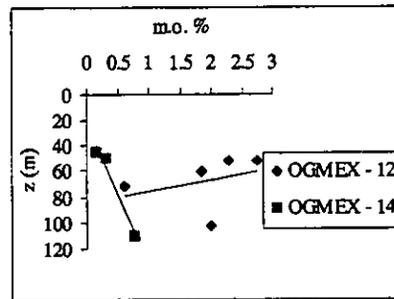
a



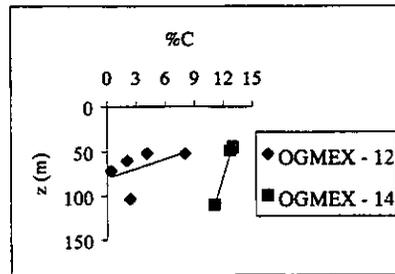
b



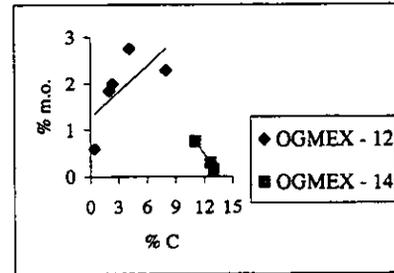
c



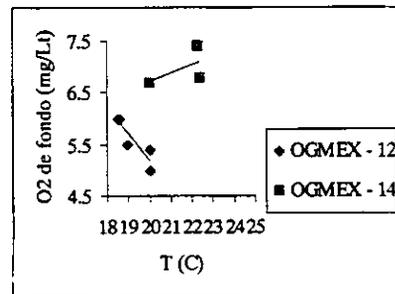
d



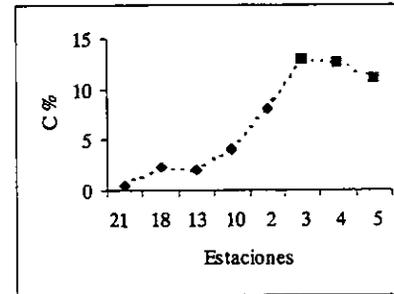
e



f



g



h

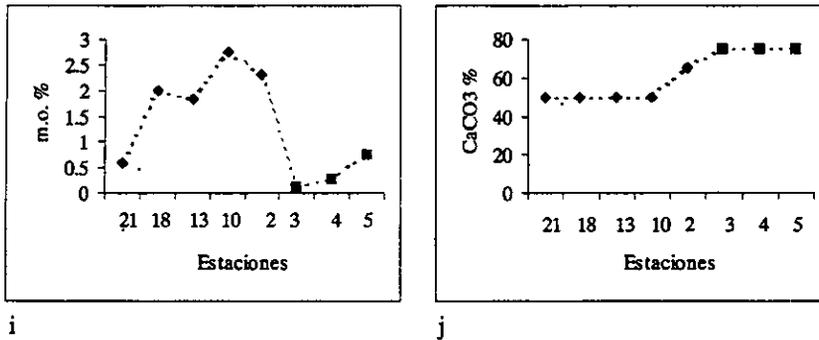


Fig. 6. Relación entre temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y profundidad [z (m)] (a), salinidad (ups) y profundidad (b), oxígeno de fondo (mg/L) y profundidad (c), materia orgánica (% m.o.) y profundidad (d), carbono orgánico (%C) y profundidad (e), carbono orgánico (%C) y materia orgánica (%m.o.) (f), oxígeno de fondo (mg/L) y temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) (g) para ambas regiones de estudio. Gradiente geográfico de oeste a este mostrando estaciones de OGMEX – 12 (primera región) 21, 18, 13, 10 y 2, y de OGMEX – 14 (segunda región) 3, 4 y 5, en relación a porcentaje de carbono orgánico (% C) (g), porcentaje de materia orgánica (% m.o.) (h) y porcentaje de carbonato de calcio (% CaCO_3) (i).

No hay diferencias significativas [(d.f. = 7); ($t_{95\%} = 2.36$)] entre ambas regiones en cuanto a los factores abióticos: profundidad (0.9937) temperatura (0.0781), oxígeno de fondo (0.0055), salinidad (0.0516), % C (0.0011) y % m.o. (0.0113). El tipo de sedimento es diferente para cada región (Tabla 2), siendo de tipo terrígeno en las estaciones 21, 18 y 13 de la primera región, con valores de materia orgánica de 0.61, 1.99 y 1.84 %, de carbono (% C) de 0.42, 2.37 y 2.06 y de carbonatos (CaCO_3) 50 %. En la zona de transición (estaciones 10 y 2) los valores de materia orgánica son de 2.75 y 2.29 %, de carbono (% C) de 4.14 y 8.02, y de 50 y 65% de CaCO_3 . La segunda región muestra sedimento carbonatado, con valores de materia orgánica de 0.15, 0.30 y 0.76 %, de carbono (% C) de 13, 12.7 y 11.1 y de 75 % de CaCO_3 , (estaciones 3, 4 y 5).

Consumo de oxígeno

El consumo de oxígeno medido en las incubaciones a bordo del buque fluctuó de 12.1 ± 2.5 a 6.1 ± 4.3 ($\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$) en la primera región de estudio. Los valores máximos se presentaron en la estación 2 (12.1 ± 2.5) y los valores mínimos (6.1 ± 4.3) se presentaron en la estación 13 (OGMEX – 12). En la segunda región de estudio, estos

valores tuvieron una fluctuación menor, de 4.85 ± 1.22 a 4.13 ± 1.4 ($\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$), presentando la estación 5 los valores máximos (4.85 ± 1.22) (Tabla 3) (OGMEX – 14).

Tabla 3. Valores de consumo de oxígeno medios y desviación estándar (\pm) para las regiones de estudio del suroeste del Golfo de México (OGMEX – 12) y Península de Yucatán (OGMEX – 14), expresados como consumo ($\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ y día) y como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$).

Región	Est. (#)	Consumo de oxígeno		Tasa Metabólica
		$\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	$\text{mlO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{día}$	$\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$
Suroeste del Golfo de México	21	9.2 ± 2.8	221.5 ± 67.2	99.7 ± 30.2
	18	6.2 ± 0.4	149.5 ± 9.6	67.3 ± 4.3
	13	6.1 ± 4.3	146.9 ± 103.2	66.1 ± 46.4
	10	9.8 ± 3.7	235.9 ± 88.8	106.2 ± 40
	2	12.1 ± 2.5	291.1 ± 60	131 ± 27
	Península de Yucatán	3	4.13 ± 1.4	99.12 ± 33.6
4		4.5 ± 1.1	108 ± 25.4	48.6 ± 11.4
5		4.85 ± 1.2	116.4 ± 29.3	52.4 ± 13.2

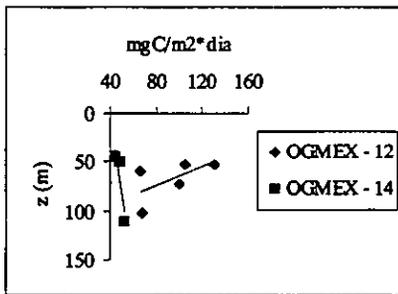
El consumo de oxígeno por la comunidad bentónica expresado como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) presentó tendencias opuestas en ambas regiones con respecto al incremento en profundidad (Fig. 7a). En la primera región, disminuyó con el aumento en profundidad de $131 \pm 27 \text{ mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ a 52 m, a $67.3 \pm 4.32 \text{ mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$ a 103 m, implicando un efecto batimétrico. En la segunda región, aumentó de 44.6 ± 15.1 a $52.4 \pm 13.2 \text{ mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, en 45 y 110 m de profundidad, lo cual es atribuible a la utilización de oxígeno por organismos en la zona de surgencia.

En cuanto a la temperatura, ambas regiones mostraron la misma tendencia de disminución en la tasa metabólica con respecto al incremento en temperatura (Fig. 7b). Los valores máximos de tasa metabólica en el suroeste del Golfo de México, presentes en la estación 2, se asociaron a la mínima temperatura ($18.5 \text{ }^\circ\text{C}$) y aunque los valores mínimos de tasa metabólica presentaron temperatura de $18.6 \text{ }^\circ\text{C}$ (estación 13) la tendencia fue de disminuir hacia los valores de temperatura máximos ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), en la

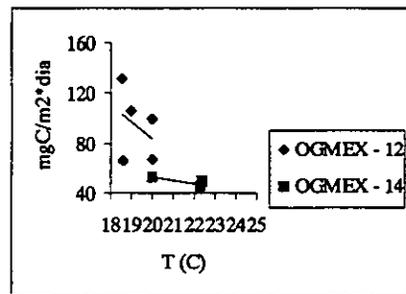
estación 18 con $67.3 \pm 4.32 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$. En la Península de Yucatán, los valores máximos de tasa metabólica fueron de $52.4 \pm 13.2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ para 20°C y los valores mínimos de $44.6 \pm 15.1 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ a 22.3°C . Esta es una respuesta esperada para la tasa metabólica.

La tasa metabólica tendió a disminuir con relación al descenso en la salinidad (Fig. 7c) para la primera región, de $131 \pm 21 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ con 36.5 ups, a $67.3 \pm 4.32 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ con 35.8 ups. Sin embargo, la estación 13 presentó valores de $66.1 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ para la máxima salinidad (36.7 ups). La segunda región no mostró una tendencia ya que la salinidad es constante (36.7 ups).

Con relación a la materia orgánica, las tendencias observadas para la tasa metabólica difirieron entre ambas regiones (Fig. 7d). En el suroeste del Golfo de México, los valores máximos fueron de 131 ± 27 a $106.2 \pm 40 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ y 2.75 a 2.29 % m.o., correspondientes a las estaciones 2 y 10; los valores mínimos de $66.1 \pm 46.4 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ para 1.84 % de m.o. se presentaron en la estación 13. En la segunda región, la tasa metabólica disminuyó junto con la materia orgánica, de $52.4 \pm 13.2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ con 0.76 % de m.o. a $44.6 \pm 15.1 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ a 0.15 % m.o.



a



b

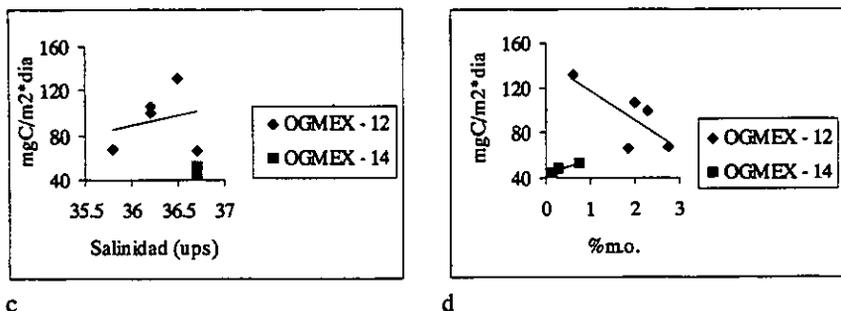


Fig. 7. Relación entre consumo de oxígeno medio expresado como tasa metabólica ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) y profundidad [z (m)] (a), temperatura (T °C) (b), salinidad (ups) (c) y materia orgánica (% m.o.) (d) para ambas regiones de estudio, suroeste del Golfo de México (OGMEX - 12) y Península de Yucatán (OGMEX - 14).

Se analizaron estadísticamente ambas regiones para consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica para un 95% de confianza y se reconoció que no hay diferencias significativas [(d.f. = 7); ($t_{95\%} = 2.36$); ($t = 0.0198$)].

Densidad y biomasa béntica

Las densidades y biomásas variaron espacialmente entre ambas regiones de estudio para cada grupo de talla. Las bacterias presentaron un valor promedio de densidad (células/cm^3) de $2.6 \pm 0.8 \times 10^9$ en la primera región y de $2.8 \pm 0.2 \times 10^9$ en la segunda región, con un grado menor de magnitud. Las biomásas bacterianas (mgC/m^2 en 7 cm) promedio para la región suroeste del Golfo de México fueron de 848 ± 294 y de 98 ± 61 para la región de la Península de Yucatán. La densidad promedio de meiofauna fue de $87,862 \pm 66,767$ para la primera región y de $48,428 \pm 5,435$ para la segunda región, con biomásas promedio de 741 ± 556 en la primera región y de 394 ± 46 en la segunda región. La densidad promedio de macrofauna para la primera región fue de $2,567 \pm 579$ y de $1,327 \pm 499$ en la segunda región, con biomásas promedio de 455 ± 93 en la primera región y de 214 ± 59 en la segunda región. Los valores de densidad y de biomasa promedio para meiofauna y macrofauna, son aproximadamente el doble en la región del suroeste del Golfo de México, en contraste con la región de la Península de Yucatán (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de densidad media y desviación estándar (\pm) para bacterias (células/cm³), meiofauna y macrofauna (individuos/m²) y biomasa de bacterias (mgC/m² en 7 cm), meiofauna y macrofauna (mgC/m²), para cada estación de trabajo en ambas regiones de estudio.

Región	Est.(#)	z (m)	Densidad			Biomasa		
			Bact.	Meio.	Macro.	Bact.	Meio.	Macro.
Suroeste del Golfo de México	21	72	2 \pm 0 x10 ⁹	8,962 \pm 5,634	2,455 \pm 532	600 \pm 142	143 \pm 128	475 \pm 47
	18	103	2 \pm 0 x10 ⁹	9,307 \pm 8,176	2,304 \pm 805	574 \pm 56	96 \pm 81	378 \pm 122
	13	60	2 \pm 0 x10 ⁹	149,058 \pm 88,963	3,360 \pm 1,468	691 \pm 52	787 \pm 722	590 \pm 232
	10	52	4 \pm 1 x10 ⁹	161,321 \pm 73,730	3,022 \pm 2,629	1,332 \pm 415	1,499 \pm 827	504 \pm 415
	2	52	3 \pm 0 x10 ⁹	111,793 \pm 78,181	1,696 \pm 645	1,040 \pm 112	1,184 \pm 1,144	327 \pm 140
<i>Promedio</i>		68	2.6 \pm 0.8 x10 ⁹	87,862 \pm 66,767	2,567 \pm 579	848 \pm 294	741 \pm 556	455 \pm 93
Península de Yucatán	3	45	3 \pm 1 x10 ⁸	45,912 \pm 17,834	1,710 \pm 893	149 \pm 25	366 \pm 107	225 \pm 86
	4	49	2.7 \pm 2 x10 ⁸	55,975 \pm 41,609	1,739 \pm 230	132 \pm 97	459 \pm 314	280 \pm 131
	5	110	2.6 \pm 1 x10 ⁸	43,396 \pm 34,327	667 \pm 181	132 \pm 21	358 \pm 306	137 \pm 52
	<i>Promedio</i>		68	2.8 \pm 0.2 x10 ⁸	48,428 \pm 5,435	1,327 \pm 499	98 \pm 61	394 \pm 46

Tendencias Generales

Es interesante observar que los valores máximos de densidad (3 y 4 x10⁹ células/cm³) y biomasa de bacterias 1,322 \pm 415 y 1040 \pm 112 (mgC/m² en 7 cm) para la primera región (Tabla 4), se encuentran en las estaciones 2 y 10, localizadas frente a laguna de Términos y río Champotón. Las densidades 2 x10⁹ (células/cm³) y biomasa 574 \pm 56 – 691 \pm 52 (mgC/m² en 7 cm) mínimas estuvieron en las estaciones 13, 18 y 21. En la segunda región, la estación 3 es la que presenta el valor máximo en densidad 3 \pm 1 x10⁸ (células/cm³) y biomasa 149 \pm 97 (mgC/m² en 7 cm) de bacterias y la estación 5 presenta los valores mínimos de densidad 2.6 \pm 1 x10⁸ (células/cm³) y 132 \pm 21 (mgC/m² en 7 cm). La meiofauna tuvo valores máximos de densidad 161,321 \pm 73,730 (ind/m²) y de biomasa 1,499 \pm 827 (mgC/m²) en la estación 10. Los valores mínimos de densidad de meiofauna 8,176 \pm 9,307 (ind/m²) y biomasa 96 \pm 81 (mgC/m²) en la estación 18, frente a

la laguna del Carmen-Machona. En la Península de Yucatán, los valores máximos de meiofauna en densidad de $55,975 \pm 41,609$ (ind/m²) y biomasa de 459 ± 314 (mgC/m²) estuvieron en la estación 4 y mínimos de $43,396 \pm 34,327$ (ind/m²) y de 358 ± 306 (mgC/m²) en la estación 5. La macrofauna tuvo valores máximos de densidad de $3,360 \pm 1,468$ (ind/m²) y biomasa de 590 ± 232 (mgC/m²) en la estación 13, frente a la desembocadura del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta y valores mínimos de $2,304 \pm 805$ (ind/m²) y 378 ± 122 (mgC/m²) en la estación 18. En la segunda región, la estación 4 tuvo valores máximos de densidad de $1,739 \pm 230$ (ind/m²) y de biomasa de 280 ± 131 (mgC/m²) y mínimos de 667 ± 181 (ind/m²) y 137 ± 52 (mgC/m²) en la estación 5.

Bacterias

En la región suroeste del Golfo de México, los valores de densidad bacteriana fluctuaron de 4 ± 1 a 2×10^9 células/cm³ de sedimento. La biomasa varió de $1,332 \pm 415$ a 574 ± 56 mgC/m² en 7 cm. En la región de la Península de Yucatán, la densidad fluctuó de 3 ± 1 a $2.6 \pm 1 \times 10^8$ células/cm³ de sedimento, y la biomasa fue de 149 ± 25 a 98 ± 61 mgC/m² en 7 cm. La diferencia en la densidad es de un orden de magnitud entre ambas regiones (Tabla 4).

En relación con la profundidad, ambas regiones de estudio presentaron una disminución en la biomasa bacteriana (mgC/m² en 7 cm) con el incremento en la profundidad (Fig. 8a), ya que en la primera región ésta varió de $1,332 \pm 415$ a 52 m (estación 10) a 574 ± 56 a 103 m (estación 18); en la segunda región ésta varió de 149 ± 25 a 45 m (estación 3) a 132 ± 21 a 110 m (estación 5). Con respecto a la materia orgánica (Fig. 8b), la tendencia de la biomasa bacteriana difirió entre ambas regiones. Se reconoce una disminución relacionada con la materia orgánica en la primera región de 600 ± 142 mgC/m² en 7 cm con 0.61 % de m.o. (estación 21) a $1,332 \pm 415$ mgC/m² en 7 cm con 2.75 % de m.o. (estación 10). Se apreció un aumento en la biomasa con la disminución en la materia orgánica en la segunda región, con valores de 149 ± 25 mgC/m² en 7 cm con 0.15 % de m.o. (estación 3) y de 132 ± 21 mgC/m² en 7 cm con 0.76 % de m.o. (estación 5).

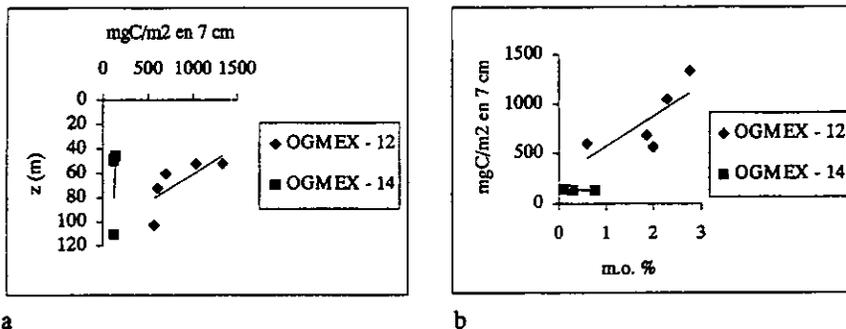


Fig. 8. Relación entre la biomasa bacteriana promedio (mgC/m^2 en 7 cm) y profundidad del fondo del mar [z (m)] (a) y materia orgánica (% m.o.) (b) por localidad en ambas regiones de estudio.

Meiofauna

La densidad (ind/m^2) de la meiofauna en la primera región fluctuó entre $161,321 \pm 73,730$ en la estación 10 a $9,307 \pm 8,176$ en la estación 18, y las biomásas (mgC/m^2) de $1,499 \pm 827$ a 96 ± 81 en los mismos puntos. En la segunda región, la densidad estuvo en el rango de $55,975 \pm 41,609$ (estación 4) a $43,496 \pm 34,327$ (estación 5) y las biomásas de 459 ± 314 a 358 ± 306 (Tabla 4).

Con base en la profundidad, las dos regiones mostraron un decremento en la biomasa con respecto al aumento en la profundidad (Fig. 9a). En la primera región el valor máximo de biomasa fue de $1,499 \pm 827 \text{ mgC/m}^2$ a la profundidad mínima (52 m) en la estación 10. El valor mínimo de biomasa ($96 \pm 81 \text{ mgC/m}^2$) fue en la estación 18, a 103 m. En la segunda región, el máximo valor de biomasa fue de $459 \pm 314 \text{ mgC/m}^2$ y se presentó en la estación 4, a 49 m y el valor mínimo fue de $358 \pm 306 \text{ mgC/m}^2$ en la estación 5 a 110 m.

Al comparar la biomasa con respecto al cambio en la materia orgánica (% m.o.) (Fig. 9b), las tendencias son diferentes para ambas regiones, ya que en la primera, la biomasa disminuye asociada a la materia orgánica de $1,499 \pm 827 \text{ mgC/m}^2$ con valor de 2.75 % m.o. (estación 10), a $96 \pm 81 \text{ mgC/m}^2$ con 1.99 % m.o. (estación 18). En la segunda región, el patrón es diferente, ya que la biomasa disminuye con el aumento en

materia orgánica, de $459 \pm 314 \text{ mgC/m}^2$ con 0.15 % m.o. en la estación 3, a $358 \pm 306 \text{ mgC/m}^2$ con 0.76 % m.o. en la estación 5.

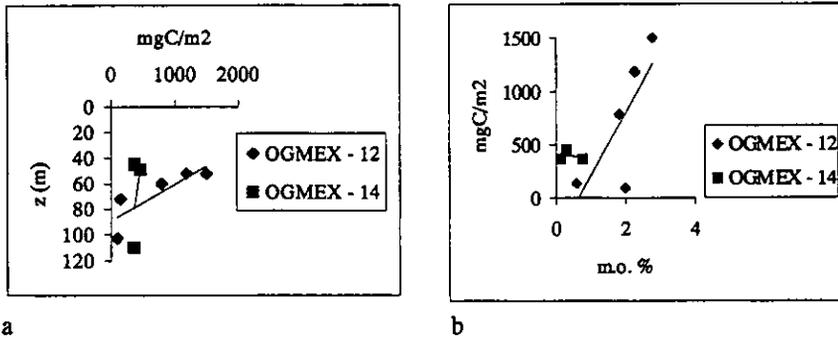


Fig. 9. Relación entre la biomasa promedio de meiofauna (mgC/m^2) y profundidad del fondo del mar [$z(\text{m})$] (a) y materia orgánica (% m.o.) (b), por localidad en ambas regiones de estudio.

Composición taxonómica de la meiofauna

En la región suroeste del Golfo de México, los nemátodos fueron el grupo taxonómico que presentó el máximo porcentaje de densidad ($53\% = 741, 510 \text{ ind/m}^2$) seguido por los foraminíferos ($37\% = 507, 547 \text{ ind/m}^2$). El resto de los taxa de la meiofauna [copépodos (49, 057), priapúlidos (28, 302), poliquetos (45, 283) y ostrácodos (7, 547)], representaron el restante 10%. En la región de la Península de Yucatán, los nemátodos también fueron la máxima porción de la densidad ($66\% = 286, 792 \text{ ind/m}^2$), posteriormente los foraminíferos ($26\% = 115, 094 \text{ ind/m}^2$), los poliquetos ($5\% = 20, 755 \text{ ind/m}^2$) y los copépodos ($3\% = 13, 208 \text{ ind/m}^2$) (Fig. 10a). En cuanto a la biomasa (mgC/m^2), en la primera región, los foraminíferos representaron el 37% (204), nemátodos el 30% (164), poliquetos el 18% (99) y el 15 % restante correspondió a priapúlidos (1% = 6), ostrácodos (11% = 62) y copépodos (3% = 15). En Yucatán, los porcentajes de biomasa (mgC/m^2) fueron de 44% para nemátodos (63), 33% foraminíferos (46), 21% poliquetos (29) y 2% copépodos (3) (Fig. 10b).

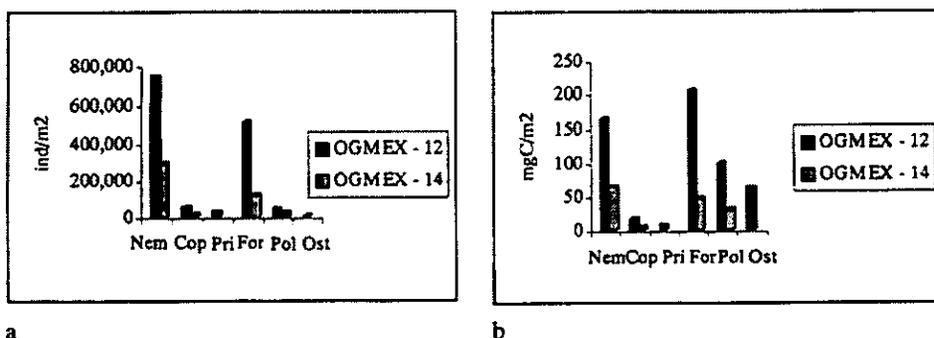


Fig. 10. Densidad (ind/m^2) (a) y biomasa (mgC/m^2) (b) para los taxa de la meiofauna en ambas regiones de estudio: OGMEX - 12 y 14. NEM = nemátodos, FOR = foraminíferos, POL = poliquetos, PRI = priapúlidos, OST = ostrácodos y COP = copépodos.

Macrofauna

Los organismos de la macrofauna en la primera región de estudio mostraron valores de densidad (ind/m^2) de $3,360 \pm 1,468$ a $1,696 \pm 645$, y de biomasa (mgC/m^2) de 590 ± 232 a 327 ± 140 . En la segunda región, los organismos tuvieron valores de densidad de $1,739 \pm 230$ a 667 ± 181 y de biomasa de 280 ± 131 a 137 ± 52 (Tabla 4).

La tendencia de variación de la biomasa de la macrofauna con respecto a la profundidad es similar en ambas regiones, disminuyendo con respecto al aumento en la profundidad (Fig. 11a). En el suroeste del Golfo de México, los valores disminuyeron de $590 \pm 232 \text{ mgC}/\text{m}^2$ a 60 m (estación 13), a $378 \pm 122 \text{ mgC}/\text{m}^2$ a 103 m en la estación 18. En la Península de Yucatán, estos valores disminuyeron de $280 \pm 131 \text{ mgC}/\text{m}^2$ a 45 m (estación 3), a $137 \pm 52 \text{ mgC}/\text{m}^2$ a 110 m en la estación 5.

Con respecto a la relación biomasa y materia orgánica (Fig. 11b), ambas regiones presentaron la misma tendencia, de aumento de la biomasa al disminuir la materia orgánica. En la primera región la biomasa disminuyó de $475 \pm 47 \text{ mgC}/\text{m}^2$ con 0.61 % de m.o. a 378 ± 122 con 1.99 % de m.o. En la segunda región los valores disminuyeron de 280 ± 131 con 0.15 % de m.o. a 137 ± 52 con 0.76 % m.o.

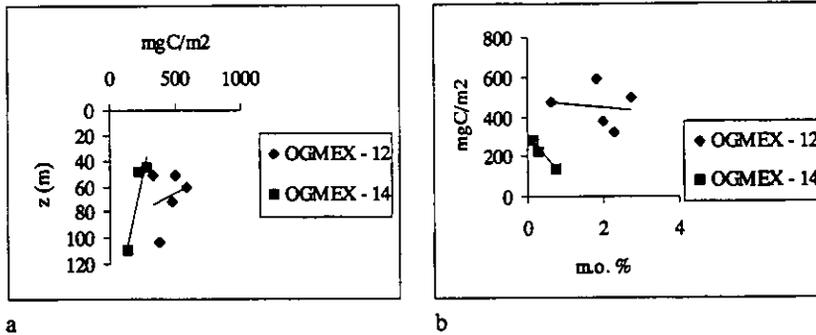


Fig. 11. Relación entre la biomasa promedio de la macrofauna (mgC/m^2) y profundidad del fondo del mar [z (m)] (a) y materia orgánica (b), por localidad en ambas regiones de estudio.

Composición taxonómica de la macrofauna

Los componentes de la macrofauna en la región suroeste del Golfo de México, tuvieron una densidad (ind/m^2) dominada por los poliquetos con 82% (42, 696), con 14% (6, 956) de crustáceos, 2% de moluscos (348) y equinodermos 2% (348). En la región de la Península de Yucatán, hubo porcentajes de densidad (ind/m^2) de 55% (28, 680) para poliquetos, 18% para tanto briozoarios (9, 440) como crustáceos (9, 680), 5% (2, 807) oligoquetos, 3% (1, 392) equinodermos y 1% sipuncúlidos (374); nemátodos (100) y moluscos (87) (no presentaron valor porcentual) (Fig. 12a). Los porcentajes de biomasa (mgC/m^2) mostraron en la primera región, a los poliquetos con 76% (6, 875), crustáceos con 23% (2, 129) y tanto moluscos (22) como equinodermos (7) carecieron de valor porcentual. La macrofauna en la segunda región, mostró valores porcentuales de 47% (890) para poliquetos, 31% (600) crustáceos, 17% (320) briozoarios, 3% (54) equinodermos y 2% (44) oligoquetos y sipuncúlidos (6) (Fig. 12b).

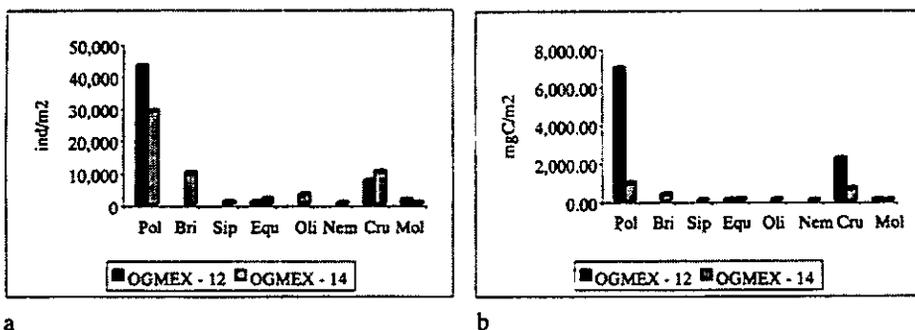


Fig. 12. Densidad (ind/m²) (a) y biomasa (mgC/m²) (b) para los taxa de la macrofauna en ambas regiones de estudio: OGMEX - 12 y 14. POL = poliquetos, EQU = equinodermos, CRU = crustáceos, MOL = moluscos, PEC = peces, NEM = nemátodos, OLI = oligoquetos, SIP = sipuncúlidos y BRI = briozoarios.

Densidades y biomasa medias por zona

Los valores medios de densidad por zona de la suma de los tres componentes de talla: bacterias (células/cm³), meiofauna y macrofauna (ind/m²) fueron de $2.6 \pm 0.8 \times 10^9$; $87,862 \pm 66,767$ y $2,567 \pm 579$, respectivamente en la primera región. En la segunda región estos valores fueron de $2.8 \pm 0.2 \times 10^9$; $48,428 \pm 5,435$ y $1,372 \pm 499$, siendo un orden de magnitud menores para bacterias y practicamente la mitad en lo concerniente para meiofauna y macrofauna.

En cuanto a los valores medios de las biomasa totales, en la región del suroeste del Golfo de México, bacterias (mgC/m² en 7 cm) fueron de 848 ± 294 , meiofauna 741 ± 556 y macrofauna 455 ± 93 (mgC/m²). En la región de la Península de Yucatán, bacterias tuvieron un valor medio de 98 ± 61 , la meiofauna 394 ± 46 y la macrofauna 214 ± 59 , notablemente más bajos (Tabla 4).

Al graficar la biomasa media de cada componente de la infauna, en el gradiente geográfico de oeste a este, para cada estación de muestreo (Fig. 13), se observó que los componentes bacterias y meiofauna presentan sus valores máximos en las estaciones 2 y 10, correspondientes a una zona de transición entre los sedimentos terrígenos (oeste) y carbonatados (este). La biomasa bacteriana, es de un orden de magnitud mayor en el

extremo oeste (zona terrígena) $2 - 4 \pm 1 \times 10^9$, que en el extremo este (zona carbonatada) ($2.6 \pm 1 - 2.8 \pm 0.2 \times 10^8$), con valores máximos (4 ± 1 y 3×10^8) en la zona de transición. La biomasa media de la meiofauna es la menor de los tres componentes en la zona terrígena (extremo oeste) (143 ± 470 y 96 ± 81 , estaciones 21 y 18), registrándose biomasa media máxima en la zona de transición ($1,499 \pm 827$ estación 10 y $1,184 \pm 1,144$ estación 2), disminuyendo en valor hacia la zona carbonatada (459 ± 314 a 358 ± 306 estaciones 4 y 5), en donde mantiene su nivel superior con respecto a los otros dos componentes. Se observó que la biomasa media de la macrofauna presenta cambios a lo largo del gradiente geográfico, con valor máximo en la estación 13 de 590 ± 232 y disminuyendo hacia el este (zona carbonatada) con 214 ± 59 como valor medio. Los valores de biomasa media de la meiofauna son más elevados en la zona terrígena; la biomasa media bacteriana es en cambio el valor máximo en la zona carbonatada.

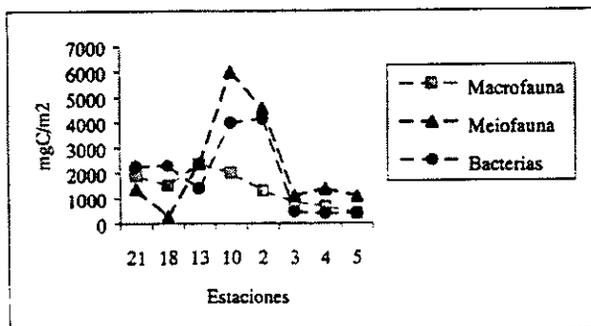


Fig. 13. Biomasa promedio por estación de muestreo para cada clase de talla del bentos, siguiendo un gradiente geográfico de oeste a este en al área de estudio. (Estaciones 21 - 2: OGMEX - 12; 3 - 5: OGMEX - 14).

El porcentaje de la biomasa total mostró tendencias diferentes entre ambas regiones. En ambas, meiofauna fue el valor máximo, sin embargo, mostró un 40 % en la primera región y un 53 % en la segunda. Los porcentajes de bacterias representaron un 37 % en la primera región y el 18 % en la segunda, siendo el componente que más varió entre las dos regiones, ya que macrofauna constituyó un 23 % en la primer región y 29 % en la segunda. Debido a que no existen diferencias significativas entre ambas regiones de estudio a partir de la biomasa total [d.f. = 22; t (95% = 2.074); t = 0.0003], se grafican

ambas regiones en conjunto, en donde meiofauna presenta 41% (542), bacterias el 33% (425) y macrofauna el 26% (334) (Fig. 14).

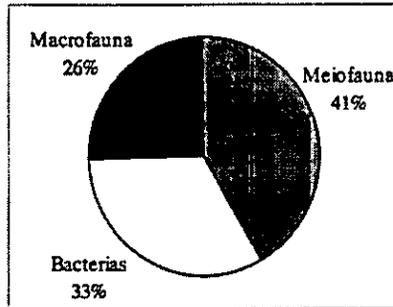


Fig. 14. Porcentajes sobre la biomasa total para ambas regiones en conjunto.

Consumos teóricos de oxígeno

Los valores de consumo de oxígeno teóricos expresados como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), derivados de la ecuación (1) para meiofauna y macrofauna en ambas regiones de estudio, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Consumo teórico de oxígeno expresado como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) a 20°C para macrofauna y meiofauna en ambas regiones de estudio.

Región	Est. (#)	Macrofauna $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$	Meiofauna $\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$
Suroeste del Golfo de México	2	27	240
	10	42	315
	13	49	124
	18	32	15
	21	40	30
<i>Promedio</i>		38 ± 8.6	144.8 ± 131
Península de Yucatán	3	23	77
	4	19	96
	5	11	75
<i>Promedio</i>		17.7 ± 6	82.7 ± 11.6

La respiración teórica, expresada como tasa metabólica, de la macrofauna presenta un valor promedio de $38.8 \pm 8.6 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ en la primera región y $17.7 \pm 6 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ en la segunda región. La meiofauna presenta valores promedio de $144.8 \pm 131 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ en la primera región y de $82.7 \pm 11.6 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ en la segunda región (Tabla 5).

Los valores obtenidos para consumo teórico de oxígeno, expresados como tasa metabólica, a partir de la ecuación (2) se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Consumo teórico de oxígeno expresado como tasa metabólica ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) ajustado a la temperatura de cada estación de trabajo, para los tres componentes de la comunidad béntica.

Región	Est. (#)	T (°C)	Macrofauna $\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$	Meiofauna $\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$	Bacterias $\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$
Suroeste del Golfo de México	2	18.5	7.5	66.9	56.6
	10	19	11.3	84.9	10
	13	18.6	13.6	34.3	18.2
	18	20	32	15	20.3
	21	20	40	30	29.7
<i>Promedio</i>		19.2 ± 0.7	20.9 ± 14.2	46.2 ± 28.7	27 ± 21
Península de Yucatán	3	22.3	14.9	16.5	23.2
	4	22.4	14	20.5	24.1
	5	20	12.8	18.9	30.7
<i>Promedio</i>		21.6 ± 1.3	13.9 ± 1	18.6 ± 2	26 ± 4
<i>Promedio de ambas regiones</i>		20.1 ± 0.1	14.5 ± 4.9	35.9 ± 19	26.6 ± 0.7

El consumo de oxígeno, expresado como tasa metabólica, ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) calculado para cada uno de los componentes de la comunidad béntica, a partir del ajuste de la temperatura (ecuación 2), mostró que en la región del suroeste del Golfo de México, la meiofauna tuvo el valor promedio máximo ($46.2 \pm 28.7 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$), las bacterias presentaron el valor medio ($27 \pm 21 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) y macrofauna tuvo el valor promedio mínimo ($20.9 \pm 14.2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$). En la región de la Península de Yucatán, bacterias

fueron el componente comunitario que presentó el valor medio máximo ($26 \pm 4 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$), meiofauna tuvo un valor medio de $18.6 \pm 2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$ y macrofauna, en esta región, presentó el valor medio mínimo ($13.9 \pm 1 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) para consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica (Tabla 7).

No hay diferencias significativas entre ambas regiones de estudio para consumo de oxígeno expresado como tasa metabólica [d.f. = 7; $t_{95\%} = 2.36$; $t = 0.25$], y por lo tanto, se analizaron los porcentajes promedio de consumo de oxígeno expresados como tasa metabólica ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$). La meiofauna es el componente comunitario que aporta más al consumo de oxígeno como tasa metabólica (46 %), con 35.9 ± 19 como valor promedio, posteriormente bacterias aporta (35 %) con 26.6 ± 0.1 como valor promedio, y macrofauna es el componente comunitario que aporta en menor medida al consumo de oxígeno comunitario, como tasa metabólica (19 %) con 14.5 ± 4.9 como valor medio (Fig. 15).

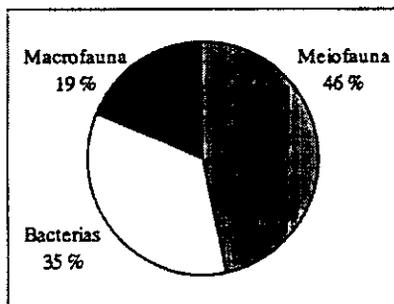


Fig. 15. Porcentajes sobre la respiración teórica media, expresada como tasa metabólica ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) para cada fracción comunitaria para ambas regiones de estudio.

Tasas de Recambio

En ambas regiones, la macrofauna presentó el valor promedio máximo de recambio, 31 ± 17.4 días en la primera región y 54 ± 4.4 días en la segunda región. Meiofauna tuvo el valor promedio de recambio mínimo en la región del suroeste del Golfo de México 12 ± 6.8 días, mientras que en la región de la Península de Yucatán tuvo

un valor promedio de recambio de 21 ± 1.7 días. Las bacterias presentaron valores promedios de recambio de 20 ± 5.1 días en la primera región y 5 ± 1 días en la segunda (Tabla 7).

Tabla 7. Tasas de recambio en días para los tres componentes comunitarios de ambas regiones de estudio.

Región	Est. (#)	Macrofauna	Meiofauna	Bacterias
Suroeste del Golfo de México	2	43	17	18
	10	45	18	14
	13	43	17	19
	18	12	5	28
	21	12	5	20
<i>Promedio</i>		31 ± 17.4	12 ± 6.8	20 ± 5.1
Península de Yucatán	3	57	22	6
	4	56	22	5
	5	49	18	4
<i>Promedio</i>		54 ± 4.4	21 ± 1.7	5 ± 1

Los valores máximos de recambio se presentaron en la estación 10 con 45 días y los valores mínimos de 12 días ocurrieron en las estaciones 18 y 21 para el suroeste del Golfo de México, para la macrofauna. En la segunda región, la macrofauna tuvo valores máximos de recambio en la estación 3 (57 días) y mínimos en la estación 5 de 49 días. La meiofauna tuvo valores promedio de recambio máximos en el suroeste del Golfo de México de 18 días en la estación 10 y valores promedios de recambio mínimos de 5 días en las estaciones 18 y 21. En la segunda región, meiofauna tuvo valores promedio de recambio máximos en las estaciones 3 y 4 (22 días) y mínimos en la estación 5 (19 días). Las bacterias tuvieron valores promedio de recambio máximos (28 días) en la estación 18 y mínimos (14 días) en la estación 10 para la primera región. En la segunda región los valores promedio de recambio máximos para bacterias se encontraron en la estación 3 (6 días) y los valores promedio de recambio mínimos (4 días) se presentaron en la estación 5.

No hay diferencias significativas entre las tasas de recambio para cada uno de los componentes de la comunidad, entre ambas regiones, [d.f = 7; t 95 % = 2.36; t (bacterias) = 0.0022; t (meiofauna) = 0.0517 y t (macrofauna) = 0.0391].

Discusión

Factores abióticos

Las condiciones de temperatura y salinidad en función de la profundidad observadas en columna de agua para la región de plataforma continental del suroeste del Golfo de México, está apoyando la propuesta de Soto y Escobar (1995) de la presencia de una surgencia. La presencia de agua profunda con mayor temperatura en la zona de descarga del río Coatzacoalcos indica que hay mezcla en la columna de agua, mientras que el agua fría en las estaciones menos profundas indica la presencia de una surgencia de agua profunda que asciende por el Cañón de Campeche. Lo anterior se debe a que las características observadas para la columna de agua en esta zona no presentan las características del Agua Común del Golfo (36.4 ups y 22.5 °C) (Monreal y Salas, 1997). Este fenómeno de surgencia tendría como resultado el aumentar la producción primaria por el plancton (Monreal y Salas, 1997) lo cual permitiría el incremento de la biomasa de las comunidades bentónicas por exportación (Rowe, 1971) en esta región (estaciones 13, 10 y 2), lo cual se refleja en los valores elevados para consumo de oxígeno y biomasa. La propuesta de surgencia para la plataforma continental de la Península de Yucatán (Merino, 1997) es menos evidente y las características de la columna de agua para temperatura y salinidad con respecto a la profundidad siguen patrones marinos normales de disminución de la temperatura con el aumento en profundidad (Thurman, 1994). La salinidad (36.7 ups) y temperatura (20 - 22.4 °C) en la segunda región tienen las características del Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe que entra al Golfo de

México para formar la Corriente del Lazo y una de cuyas ramas va hacia el este a través del Banco y Bahía de Campeche (Monreal y Salas, 1997).

Los resultados de este trabajo muestran el aporte de materia orgánica a partir de la influencia fluvial, donde esta disminuye con respecto a la profundidad en la primera región y a su localización frente a la zona de descarga de los ríos, donde se ha reconocido una zona de transición entre sedimentos predominantemente terrígenos encontrados en la plataforma continental de la Bahía de Campeche y la región del Banco de Campeche con sedimentos carbonatados (Yáñez-Arancibia y Day, 1988) y (Carranza-Edwards *et al.*, 1993). En un contraste se reconocen los resultados de la plataforma continental de la Península de Yucatán, que carece de la influencia de la descarga fluvial. Lo anterior se refleja en este estudio al aumentar los porcentajes de carbono y carbonatos que aumentan de oeste a este y la materia orgánica disminuye en la plataforma carbonatada de Yucatán. Los valores de materia orgánica son máximos frente a las lagunas del Carmen-Machona y Términos, que se asocia a la afluencia de materia orgánica a partir de las descargas fluviales, que se ha visto provocan el aumento en la producción primaria en columna de agua (Fucik y El-Sayed, 1979). Esta elevada producción primaria se reflejó con biomazas máximas en los tres componentes de la infauna en la primera región de estudio; puntos con mayor % de N y materia orgánica, lo que cumple con la propuesta de Tenore (1987) de aumento de la biomasa con respecto al aumento de % de N, y de Bader (1954), que plantea que las densidades de los organismos aumentarán al incrementarse la materia orgánica.

Consumo de oxígeno

En este trabajo no se encontró que el consumo de oxígeno aumentara con el incremento en la temperatura (Van der Have y de Jong, 1996) lo cual indica que el cambio en la temperatura (18.5 – 20 °C en la primera región y 20 – 22.4 °C segunda región) no es suficiente como para modificar la toma de este elemento por los organismos del bentos. Esta premisa se sustenta al no haber diferencias significativas entre ambas regiones para consumo de oxígeno, expresado como tasa metabólica. Al existir una

producción primaria alta por algas y pastos (Britton y Morton, 1989) en la plataforma continental del Banco de Campeche, inducida por el aporte de materia orgánica a partir del aporte fluvial en la Bahía de Campeche (Monreal y Salas, 1997) habrá oxígeno disuelto disponible para los organismos.

Son pocos los trabajos en los cuales se ha fraccionado la respiración comunitaria y que se han realizado en ecosistemas tropicales. Esto se debe a que las medidas de consumo de oxígeno en cámaras de incubación registran el consumo total de la comunidad bentónica. Grant y Schwinghamer (1987) proponen una ecuación para calcular la respiración como tasa metabólica de bacterias y meiofauna ($R = 0.0029B^{0.80}$) a 10 °C, ecuación usada por Cruz-Kaegi (1997), pero el problema que señalan, es que esta ecuación supone que bacterias y meiofauna tienen la misma constante respiratoria "r". Piepenburg *et al.* (1995), indican que parte de las dificultades encontradas en obtener una fracción de la respiración comunitaria, expresada como tasa metabólica, a partir de cada componente se deben, a que hay que analizar separadamente organismos que presentan una gran variedad de tamaños (megafauna a bacterias) y formas de vida, para lo cual hay que trabajar con diferentes técnicas de muestreo y métodos analíticos. Indican que pocos trabajos han intentado separar las fracciones comunitarias y que la mayoría de estos se han llevado a cabo en regiones templadas a polares. Estos autores proponen que en regiones en donde haya la presencia de una megafauna abundante, el consumo de oxígeno medido en cámaras de incubación que no incluyen a este componente comunitario, resultará mucho menor al real. Pocos trabajos incluyen a la fracción bacteriana en los cálculos de biomasa. Los valores reportados aquí para respiración bacteriana expresada como tasa metabólica, resultan de la diferencia entre la suma de meiofauna y macrofauna con el total comunitario. Hargrave (1969) y Smith (1971) reportan que las bacterias bentónicas respiran (tasa metabólica) entre un 30-50% del total comunitario. En este estudio, las bacterias aportan un 35% del total de la respiración comunitaria (como tasa metabólica).

Comparando los datos de consumo de oxígeno (tasa metabólica) para cada fracción comunitaria obtenidos en este trabajo con otras regiones de estudio con características de profundidad y temperatura similares, (Tabla 8) es interesante notar la similitud de los datos de respiración obtenidos en este estudio con los de la plataforma

continental de Mosquitia en Honduras (Cruz-Kaegi, 1997). De la misma forma, estos resultados son similares a los propuestos por Rowe *et al.* (en preparación) para el suroeste del Golfo de México, aunque las fracciones de la macrofauna y bacterias son menores en este estudio. Lo anterior se puede deber a que estos autores consideraron la región en la cual se presenta el pico de biomasa (estaciones 2 y 10 de OGMEX - 12) para sus cálculos y el presente trabajo analiza todo el gradiente entre la Bahía de Campeche a la plataforma continental de la Península de Yucatán, mostrando gran variabilidad geográfica. Los valores de consumo de oxígeno reportados por Cruz-Kaegi (1997) muestran que la fracción bacteriana tiene valores mayores en un orden de magnitud en la región norte del Golfo de México para la plataforma continental de Texas y Louisiana en comparación con los valores aquí reportados. Este autor propone que lo anterior se puede deber a la magnitud de la influencia del aporte de material terrígeno por el río Mississippi sobre la plataforma continental, el cual favorece al componente bacteriano pero impide y limita la presencia de meiofauna y macrofauna. En el suroeste del Golfo de México, aunque se presentan las descargas de numerosos sistemas fluviales y lagunas costeras a la plataforma continental, el aporte de estos no llega a ser tan grande como el del río Mississippi.

Tabla 8. Respiración expresada como tasa metabólica ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$) de los componentes de la infauna para otras áreas de estudio.

Localidad	z (m)	T (C)	Macrofauna	Meiofauna	Bacterias
Plat. Cont. de Louisiana 1992*	20	26	8.8	35	124.6
Plat. Cont de Louisiana 1994*	22	20	7.7	31.7	232.7
Plat. Cont. de Texas*	25	28.8	19.2	52.3	210.5
Flower Gardens*	28	26.1	3	172	15
Arrecife Alacrán *	6	25.5	5.7	194.5	8.4
Plat. Cont. de Mosquitia*	30	26.5	15.6	35.2	20.3
Sappelo Island (Smith, 1973): Julio Enero	7	28.5	55	344.2	601.6
	7	6.8	72.36	335.9	173.9
Golfo de México SW (Rowe <i>et al.</i> en preparación)	50	20	25.6	31.7	51.1
Suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán	68	20.1	14.5	35.9	26.6

*(Cruz-Kaegi 1997)

Biomasa

Al comparar la biomasa obtenida durante este trabajo con otras regiones de estudio en el Golfo de México (Cruz-Kaegi, 1997) es interesante reconocer las diferencias observadas. Para las plataformas continentales de Texas y Louisiana, en donde se presenta la descarga del río Mississippi, los porcentajes de biomasa aportados por la fracción bacteriana son muy altos (93-75 %), lo cual no se observa en este trabajo, con valores de 37 % en la primera región y de 18 % en la segunda región. El que haya un aporte de material terrígeno de menor escala al presente en el norte del Golfo de México por el río Mississippi, impide la saturación de la estructura sedimentaria con material de grano fino y esto permite el desarrollo de meiofauna y macrofauna, además de bacterias. Esta característica del suroeste del Golfo de México, puede ser causa de la presencia de las comunidades de megafauna, como el camarón, a grandes escalas. La comparación de las proporciones de biomasa por fracción comunitaria resultaron interesantes al observar datos para otras áreas de estudio. Las proporciones de biomasa promedio para las fracciones comunitarias en OGMEX - 14 (macrofauna 29 %, meiofauna 53 % y bacterias 18 %) son muy similares a las descritas por Cruz-Kaegi (1997) para Mosquitia, Honduras (macrofauna 26 %, meiofauna 57 % y bacterias 17 %). En estas dos regiones, la meiofauna ocupa el mayor porcentaje de la biomasa, seguido por la macrofauna y por último las bacterias. Los dos sitios se caracterizan por presentar sedimentos tanto terrígenos como carbonatados y arrecifes coralinos. Alongi (1990) encuentra esta misma relación, con meiofauna dominando la estructura comunitaria en arrecifes coralinos. El que la meiofauna sea el componente comunitario que domina en esta región propone que Schwinghamer (1981) está en lo correcto al expresar que la estructura comunitaria del bentos estará definida por el tamaño de poro y grano del sedimento. Este autor indica que la meiofauna y macrofauna tenderán a tener mayores biomásas que las bacterias en aquellos sustratos en donde el tamaño de poro sea mayor (arenas carbonatadas), lo cual se observa en este trabajo. Por el contrario, en aquellos sustratos en donde el tamaño de grano sea mas fino, como se observa en aquellos sedimentos que presentan un alto aporte terrígeno debido a la descarga fluvial, como en OGMEX – 12, la macrofauna tenderá a disminuir, ya que no hay espacio intersticial que favorezca a estos organismos. Las

bacterias y la meiofauna se ven beneficiadas por la presencia de sedimento de grano fino, tendiendo a definir la estructura comunitaria en estas regiones. En este trabajo se observó lo expuesto anteriormente al presentarse 40 % de la biomasa representada por la meiofauna, 37 % por bacterias y 23 % por macrofauna en la primera región.

Los puntos de biomasa máxima corresponden a las estaciones 2 y 10 de OGMEX - 12 y se encuentran ubicados en la zona en la cual se presenta la mayor pesquería de camarón del Golfo de México, lo cual propone que estos organismos se podrían estar alimentando de las fracciones de meiofauna y bacterias de la infauna del bentos, lo cual ha sido propuesto anteriormente por Dempsey *et al.* (1989), Lizárraga *et al.* (1986), Dempsey y Kitting (1987), Soto y Escobar (1995).

Tasas de Recambio

Comparando las tasas de recambio (días) con otros sitios de estudio (Cruz-Kaegi, 1997), se observa que en la región del agua de la Polynia del noreste (NEW) estas son mayores (media = 72.6 días) que en el suroeste del Golfo de México (media = 21 días). Esto se puede deber a que NEW es una región localizada en altas latitudes, en donde la temperatura es sumamente baja (~ 0.3°C) y por lo tanto, las tasas metabólicas de los organismos habitando este ambiente serán menores a las de aquellos que habitan en los trópicos. En OGMEX - 12, las tasas de recambio bacteriano (20 días) son similares a los valores para latitudes similares como la plataforma continental de Louisiana (24.39 - 21.66), Texas (20.46) y Mosquitia, Honduras (25.17) (días). En OGMEX - 14, la tasa de recambio bacteriano (5 días) es muy similar a la reportada por Cruz-Kaegi (1997) para el arrecife profundo West Flower Gardens (5.3 días). En cuanto a las tasas de recambio de meiofauna, las calculadas en este trabajo (12 y 21 días) respectivamente para OGMEX - 12 y 14, son mayores a las calculadas por Cruz-Kaegi (1997) para localidades del Golfo de México (2 - 5 días), lo cual puede deberse a variación en la pequeña escala espacial y a la influencia de la descarga del río Mississippi, factor que puede afectar la estabilidad

en los ciclos de vida de la meiofauna, ocasionando que se recicle constantemente (Aller y Aller, 1986). Las tasas de recambio (días) de la macrofauna para OGMEX - 12 (31 días) son similares a las encontradas en West Flower Gardens (34.8 días) y en OGMEX - 14, la tasa de recambio para esta fracción comunitaria (54 días), es muy cercana al valor medio para el Golfo de Mexico (53.1 días) reportado por Cruz-Kaegi (1997).

Otras investigaciones similares realizadas en diferentes regiones de estudio han mostrado que la biomasa y las relaciones tróficas entre los componentes del bentos están controladas por el aporte de nutrientes (Pearson y Rosenberg, 1987). La relación entre el pico de biomasa y los valores máximos para el porcentaje de nitrógeno en sedimento superficial indican que este elemento es un determinante de la biomasa en el ecosistema marino (Rowe, 1997) y (Ryther y Dunstan, 1971). Estos resultados están indicando que las variables ambientales (Pearson y Rosenberg, 1987) como temperatura (Van der Have y de Jong, 1996) y (Rowe, 1997) y profundidad (Smith y Hinga, 1983) y (Rowe, 1971) van a influenciar en el consumo de oxígeno. Sin embargo, se ha reconocido que la biomasa (Carey, 1967), es un factor que afecta el valor de consumo de oxígeno, como tasa metabólica para OGMEX - 12 y OGMEX - 14. En la segunda región de estudio se presentó el caso en el cual este patrón se encuentra invertido al presentarse el máximo consumo de oxígeno como tasa metabólica en la estación con biomasa mínima. Sin embargo, las pruebas estadísticas indican que esta estación (5) no presenta diferencias significativas con el resto de las estaciones (3 y 4) por lo que no se considera como una diferencia sino como una tendencia encontrada en ese punto en particular. Debido a que no hay diferencias significativas para ninguno de los factores analizados (abióticos y bióticos) es posible considerar a estas comunidades como un continuo a lo largo del gradiente ambiental aquí estudiado (Gray, 1981).

Intentando mostrar gráficamente los resultados obtenidos en esta investigación, se desarrolló un modelo conceptual general (Fig. 16) para las 8 estaciones, ya que no hubo diferencias significativas entre éstas. Los cuadros representan la biomasa (mgC/m^3) o cantidad de energía disponible a través de cada fracción comunitaria y las flechas representan la respiración, expresada como tasa metabólica ($\text{mgC}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), como salida de energía del sistema a partir de cada fracción comunitaria. El carbono orgánico particulado

(COP) equivale al flujo de nutrientes provenientes de la columna de agua al bentos. El valor de COP se calculó en $> 77 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{día}$, a partir de la sumatoria de la respiración expresada como tasa metabólica de los componentes comunitarios y asumiendo que la energía que sale del sistema es menor a la que deberá entrar al sistema (valor no conocido). Las flechas indican flujo de biomasa (mgC/m^2) en el sistema a partir de las relaciones tróficas entre los tres componentes comunitarios, asumiendo que hay flujo de energía entre todos estos (Rowe, 1997).

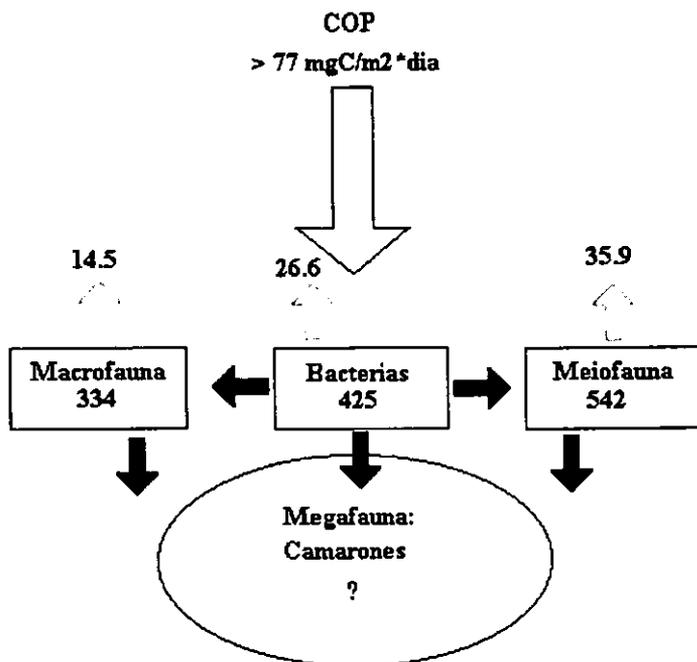


Fig. 16. Modelo conceptual del flujo de carbono orgánico para el bentos del suroeste del Golfo de México y plataforma continental de Yucatán.

Las flechas muestran flujos: $\hat{\uparrow}$ = respiración (tasa metabólica) ($\text{mgC/m}^2 \cdot \text{día}$), \uparrow = flujos de biomasa debido a depredación (mgC/m^2); $\hat{\uparrow}$ = flujo de carbono orgánico particulado (COP). Las cajas muestran la biomasa media de cada componente de la infauna.

El valor de COP deberá ser mayor en invierno, cuando se ha observado una homogenización de la columna de agua que llevaría nutrientes al fondo en el suroeste del Golfo de México (Soto y Escobar, 1995) y fenómenos de surgencias en Yucatán (Merino, 1997). Este esquema (Fig. 16), simplifica las relaciones que se presentan entre los componentes de la comunidad bentónica. Considera que bacterias, meiofauna y macrofauna pueden acceder a los nutrientes aportados al ecosistema. La energía fluye de bacterias hacia la meiofauna y macrofauna; y de los tres componentes hacia la megafauna.

Los datos obtenidos en este trabajo representan un primer escenario de la comunidad bentónica. Sería ideal llevar a cabo experimentos de metabolismo *in situ*, usando landers bentónicos para comparar los resultados con los reportados en este trabajo.

Propuestas

El cálculo de la respiración expresado como tasa metabólica para cada fracción comunitaria debe de ser validado instrumentando nuevas estrategias y tecnología de punta para definir los valores individuales de cada fracción de talla en la comunidad bentónica. Para esta región de estudio, sería interesante llevar a cabo experimentos en donde se separara a los componentes de la comunidad, para individualmente analizar su función a nivel del recambio de la energía en el ecosistema.

Estudios posteriores deberían incluir transectos perpendiculares a la costa para obtener datos continuos de biomasa y consumo de oxígeno a lo largo del incremento en profundidad.

Estos resultados podrían ser incorporados a un modelo ecológico que incluya la estacionalidad y permita predecir cómo cambiarían los componentes comunitarios a partir de su biomasa y tasa metabólica.

Sería interesante efectuar experimentos de consumo de oxígeno y biomasa en otras regiones marinas de México.

Habría que desarrollar estudios comparativos entre biomásas bacterianas de vida libre en bentos y columna de agua en ambientes arrecifales con sedimento de tipo carbonatado y bacterias simbiotes.

Conclusiones

La hipótesis de trabajo se cumple al observarse que aunque no hay diferencias significativas entre ambas regiones para los factores abióticos y bióticos, las tendencias indican biomásas y consumo de oxígeno (tasa metabólica) máximos en la región con influencia fluvial y sedimento de tipo de transición entre terrígeno y carbonatado.

A partir de los datos analizados, no existen diferencias significativas para biomasa, consumo de oxígeno ni factores ambientales entre ambas regiones de estudio, lo que sugiere que el área analizada pueda considerarse como una unidad biológica-ambiental, es decir, que las comunidades del bentos en las regiones estudiadas forman un continuo.

La región de transición entre sedimentos terrígenos a carbonatados presentó los valores máximos de biomasa y consumo de oxígeno. Se concluye que esta estructura sedimentaria es la que mejor permite el desarrollo de comunidades bentónicas.

La presencia de valores máximos de biomasa para meiofauna y bacterias en la región en que se encuentra la mayor pesquería de camarón del Golfo de México indica que es posible que sean estas fracciones comunitarias las que sustentan a la megafauna.

Son necesarios mas estudios de consumo de oxígeno por las comunidades bénticas incluyendo diferentes épocas del año para entender como se comporta cada componente de la comunidad.

Es necesario buscar un método que permita separar a las fracciones comunitarias de la infauna (macrofauna, meiofauna y bacterias) y así realizar mediciones de consumo de oxígeno para cada grupo de talla, lo cual mejoraría nuestro entendimiento de las comunidades del bentos y su influencia en el intercambio de energía en el ecosistema marino.

Literatura consultada

- Aller, J.Y. y R.C. Aller. (1986). General characteristics of benthic faunas on the Amazon inner continental shelf with comparison to the shelf off the Changjiang River, east China sea. *J. Mar. Res.* (6): 291-310.
- Alongi, D.M. (1990). The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. *Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol.* (28): 381-496.
- Antoine, J.W. (1972). Structure of the Gulf of Mexico. *En. Rezac, R., V.J. Henry. (eds) Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Vol. 3. Texas A&M University, Oceanographic Studies. Gulf, Texas. pp. 1-34.*
- Archer, D. y A. Devol. (1992). Benthic oxygen fluxes on the Washington shelf and slope: A comparison of in situ microelectrode and chamber flux measurements. *Limnol. Oceanog.* 37 (3): 614-629.
- Bader, R.G. (1954). The role of organic matter in determining the distribution of pelecypods in marine sediments. *J. Mar. Res.* 13: 32-47.
- Berner, R. A. (1976). The benthic boundary layer from the view of a geochemist, pp. 33-55. *En I. N. McCave (eds.), The Benthic Boundary Layer. Plenum Press, New York.*
- Bratbak, G. y I. Dundas. (1984). Bacterial dry matter content and biomass estimations. *Appl. Env. Microb.* 48 (4): 755-757.
- Britton, J.C. y B. Morton (1989). *Shore Ecology of the Gulf of Mexico. Univ. of Texas Press. 387 pp.*
- Brody, S. (1945). *Bioenergetics and Growth, with Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals. Reinhold Pub. Corp. New York. pp. 1023.*
- Brusca, R.C. y G.J. Brusca (1990). *Invertebrates. Sinauer Ass. Inc. Pub. Sunderland, MA. 922 pp.*
- Carey, A.G. (1967). Energetics of the benthos of Long Island Sound: I. Oxygen utilization of sediment. *Bull. Bingham Oceanographic Collection XII: 137-144.*
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz y A. Monreal-Gómez. (1993). Suspended sediment in the southeastern Gulf of Mexico. *Mar. Geol.*, 112: 257-269.
- Castañeda, O. (1996). Contribución al conocimiento de la infauna del márgen continental del Golfo de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Biología. UNAM. 85 pp.

- Childress, J.J. (1971). Respiratory adaptations to the oxygen minimum layer in the bathypelagic mysid *Gnathophausia ingens*. Biol. Bull. 141 (1): 109-121.
- Cochrane, J.D. (1966). The Yucatan Current upwelling off Northeastern Yucatan, and currents and waters of Western Equatorial Atlantic. Oceanography of the Gulf of Mexico. Prog. Rep. TAMU. Ref. No. 66-23T: 14-32.
- Contreras, F. (1985). Las lagunas costeras mexicanas. CeCoDes-Sría. de Pesca, México D.F: 119-158.
- Cruz-Kaegi, M.E. (1992). Microbial abundance and biomass in the sediments of the Texas-Louisiana shelf. M.S. Thesis. Texas A&M University. 59 pp.
- Cruz-Kaegi, M.E. (1997). En preparación. Latitudinal variations in biomass structure of benthic infaunal communities. PhD Dissertation. Texas A&M University. 111 pp.
- Dempsey, A.C. y C.L. Kitting. (1987). Characteristics of bacteria isolated from penaeid shrimp. Crustaceana 52: 90-94.
- Dempsey, A.C., C.L. Kitting y R.A. Rosson. (1989). Bacterial variability among individual penaeid shrimp digestive tracts. Crustaceana 56 (3): 267-278.
- Enciclopedia de México (1977). Vol. 5. pp. 429 – 433.
- Fucik, K. y S. El-Sayed. (1979). Effect of oil production and drilling operations on the ecology of phytoplankton in the OEI study area. *En Rice University Studies*. 65: 325-353.
- Gage, J.G. y Tyler, P.A. (1991). Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 504 pp.
- Gettleton, D.A. (1976). An ecological study of the benthic meiofauna and macroinfauna of a soft bottom area on the Texas outer continental shelf. PhD Thesis. Texas A&M University. 257 pp.
- Gore, R.H. (1992). The Gulf of Mexico: A treasury of resources in the American Mediterranean. Pineapple, Florida. 384 pp.
- Graf, G. (1989). Benthic-pelagic coupling in a deep sea benthic community. *Nature* 341 (6241): 437-439.
- Grant, J. y P. Schwinghamer. (1987). Size partitioning of microbial and meiobenthic biomass and respiration on Brown's Bank, south-west Nova Scotia. *Est. Coast. and Shelf Science*. 25: 647-661.
- Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 12: 223-261.

- Gray, J.S. (1981). The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge Univ. Press, N.Y. 185 pp.
- Hargrave, B.T. (1969). Epibenthic algal production and community respiration in the sediments of Marion Lake. J. Fish. Res. Bd Can. 26: 2003-2026.
- Hargrave, B.T. (1971). An Energy Budget for a Deposit-Feeding Amphipod. Limnol. Oceanog. 16 (1): 99-103.
- Hayes, F.R. (1964). The mud-water interface. Oceanog. Mar. Biol., 2: 121-145.
- Hulings, N.C. y J.S. Gray. (1976). Physical factors controlling abundance of meiofauna on tidal and atidal beaches. Mar. Biol. 34: 7-83.
- Jahnke, R.A., C.E. Reimers y D.B. Craven. (1990). Intensification of recycling of organic matter at the sea floor near ocean margins. Nature 348:50-53.
- Jannasch, H.W. y C.O. Wirsen. (1983). Microbiology of the Deep-Sea. *En* Rowe, G.T. (ed.). Deep-Sea Biology, The Sea. Vol.8. Wiley, N.Y. 560 pp..
- King, C.A.M. (1975). Introduction to Marine Geology and Geomorphology. Edward Arnold Crane Russak (ed.). London. 309 pp.
- Koike, I. y H. Mukai. (1983). Oxygen and inorganic nitrogen contents and fluxes in the burrows of the shrimps *Callinassa japonica* and *Upogebia major*. Mar. Eco. Prog. Ser. 12: 185-190.
- Legendre, L. y F. Rassoulzadegan. (1996). Food-web mediated export of biogenic carbon in oceans: hydrodynamic control. Mar. Ecol. Prog. Ser. 145: 179-193.
- Lincoln, R.J. y G.A.Boxshall (1987). The Cambridge Illustrated Dictionary of Natural History. Cambridge Univ. Press. G.B. 234 pp.
- Lizárraga, M.L., J.Porras., F.B. Izquierdo y M.C. Rosano. (1986). Bacteriology of the southern Gulf of Mexico and the Yucatan Channel area. Cienc. Mar. (Méx.) 12 (2): 21-34.
- López, M. (1996). Meiofauna de dos ambientes: terrígeno (Tamaulipas) y carbonatado (Yucatán) del margen continental en el Golfo de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Biología. UNAM. 32 pp.
- Lugo - Hubp, J.I. (1989). Diccionario Geomorfológico. Instituto de Geografía, UNAM. 337 pp.

Mendoza, M.E. (1994). Estudio Geomorfológico de la Porción Sureste del Golfo de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía. UNAM. 69 pp.

Merino, M. (1997). Upwelling on the Yucatan shelf: Hydrographic evidence. *J. Mar. Sys.* 13: 101 – 121.

Miller-Way, T., G.S. Boland, G.T. Rowe., R.R. Twilley. (1994). Sediment oxygen consumption and benthic nutrient fluxes on the Louisiana Continental Shelf: A methodological comparison. *Estuaries.* 17 (4):89-815.

Mills, E. (1975). Benthic organisms and the structure of marine ecosystems. *Jour. Fish. Res. Board. Can.* 32: 1657-1663.

Monreal-Gómez, A. y D.A. Salas de León. (1997). Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. En M.F. Lavín (ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 183-199.

Nimura, Y. y M. Inoue. (1969). Oxygen Uptake Rate of the Japanese Spiny Lobster as Related to the Environmental Oxygen Concentration. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 35 (9): 852-861.

Pamatmat, M.M. (1978). Oxygen uptake and heat production in a metabolic conformer (*Littorina irrorata*) and a metabolic regulator (*Uca pugnax*). *Mar. Biol.* 48: 317-325.

Pearson, T.H. y R. Rosenberg. (1987). Feast and Famine: structuring factors in marine benthic communities. En J.H.R. Gee y P.S. Giller (eds.). *Organizations of communities in past and present.* Blackwell. 233 pp.

Piepenburg, D., T.H. Blackburn., C.F. von Dorrien., J. Gutt., P.O.J. Hall., S. Hull., M.A. Kendall., K.W. Opalinski., E. Rachor y M.K. Schmid. (1995). Partitioning of benthic community respiration in the Arctic (Northwestern Barents Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118: 199-213.

Pocklington, R. (1976). Terrigenous organic matter in surface sediments from the Gulf of St. Lawrence. *Jour. Fish. Board. Can.* 33: 93-97.

Pomeroy, L. R. (1959). Algal productivity in salt marshes of Georgia. *Limnol. Oceanog.* 4:386-397.

Porter, K. y Y.S. Feig. (1980). The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanog.* 25 (5): 943-948.

Portilla, G.E. y H.A. Zavala. (1990). *Oikos. Un diccionario de Ecología.* UNAM, México, D.F. 102 pp.

- Ray, A.N. (1990). Cyanobacteria in symbiosis. *En* Ray, A.N. (ed.) CRC Handbook of Symbiotic Cyanobacteria. CRC Press Inc., Boca Ratón, Fl. USA. 1-7 pp.
- Riley, G.A. (1947). A theoretical analysis of the zooplankton population of Georges Bank. *J. Mar. Res.* 6: 104-113.
- Rosas, C. (1989). Aspectos de la ecofisiología de las jaibas *Callinectes sapidus*, *C. rathbunae* y *C. similis* de la zona sur de la Laguna de Tamiahua, Veracruz (Crustacea; Decapoda; Portunidae). Doctoral Thesis, F. Ciencias, UNAM.
- Rosas, C., Vanegas, C., Alcaraz, G. y Díaz, F. (1991). Effects of eyestalk ablation on oxygen consumption of *Callinectes similis* exposed to salinity changes. *Comp. Biochem. Physiol.* 100A: 75-80.
- Rosas, C., A. Sánchez., L. Soto., E. Escobar y A. Bolongaro-Crevenna. (1992). Oxygen consumption and metabolic amplitude of decapod crustaceans from the northwest continental shelf of the Gulf of Mexico. *Comp. Biochem. Physiol.* 101a (3): 491-46.
- Rowe, G.T. (1971). Benthic biomass and surface productivity. *En* J.D. Costlow (eds.) *The Sea: Deep-Sea Biology*, Vol. 8. Gordon.
- Rowe, G.T. y D. Menzel. (1971). Quantitative benthic samples from the deep Gulf of Mexico with some comments on the measurement of deep-sea biomass. *Bull. Mar. Sci.* 21: 556-566.
- Rowe, G.T., C. H. Clifford, K. L. Smith, Jr., y P.L. Hamilton. (1975). Benthic nutrient regeneration and its coupling to primary productivity in coastal waters. *Nature* 255:215-217.
- Rowe, G.T. (1983). Biomass and production of the deep-sea macrobenthos. *En* Rowe, G.T. (ed.) *Deep-Sea Biology, The Sea*. Vol.8. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Rowe, G.T., S. Smith., P. Falkowsky., T. Whitedge., R. Theroux., W. Phoel and H. Ducklow. (1986). Do continental shelves export organic matter?. *Nature* 324: 559-561.
- Rowe, G.T., Theroux, R., Phoel, W., Quinby, H., Wilke, R., Koschorek, D., Whitedge, T., Falkowsky, P., Fray, C. (1988). Benthic carbon budgets for the continental shelf south of New England. *Cont. Shelf Res.* 8: 511-527.
- Rowe, G.T., M. Sibuet., J. Deming., A. Khripounoff., J. Tietjen., S. Macko y R. Theroux. (1991). "Total" sediment biomass and preliminary estimates of organic carbon residence time in deep-sea benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 79: 99-114.
- Rowe, G.T. (1996). The cycling of organic matter in food-limited environments. *En* Uiblein, F., Ott, J. Stachowitsch, M. (eds.) *Deep-sea and extreme shallow water habitats: affinities and adaptations*. *Biosyst. Ecol. Ser.* 11: 233-260.

- Rowe, G.T. (1997) (en prensa). *Biological Oceanography—A study of the Ocean's Ecosystem*. Prentice Hall, N.Y.
- Rowe, G.T., G.S. Boland., E.G. Escobar-Briones., M.E. Cruz-Kaegi., A. Newton., D. Piepenburg., I. Walsh., J. Deming. (1997). Sediment community biomass and respiration in the Northeast Water Polynia, Greenland: a numerical simulation of benthic lander and spade core data. *J. Mar. Sys.* 10: 497-515.
- Ryther, J. y W. Dunstan. (1971). Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171: 1008-1013.
- Sánchez, A., Rosas, C., Escobar, E. y Soto, L.A. (1991). Skeleton weight-free oxygen consumption related to adaptations to environment and habitats of six crustacean species. *Comp. Biochem. Physiol.* 100A: 69-73.
- Saulwood, L. y J.W. Morse. (1991). Sulfate reduction and iron sulfide mineral formation in Gulf of Mexico anoxic sediments. *Amer. Jour. Sci.* 291, January: 55-89.
- Scholander, P.F., L. Van Dam, C.L. Claff y J.W. Kanwisher. (1955). Microgasometric determination of dissolved oxygen and nitrogen. *Biol. Bull.*, 109: 328-334.
- Schwinghamer, P. (1981). Characteristic size distributions of integral benthic communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1255-1263.
- Schmidt-Nielsen, K. (1993). *Animal Physiology. Adaptations and Environment*. 4th ed. Cambridge Univ. Press, N.Y. 602 pp.
- Sheldon, R.W., A. Prakash y W.H. Sutcliffe Jr. (1972). The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanog.* 17: 327-340.
- Shepard, F.P. (1973). *Submarine Geology*. Harper and Row (eds.) N.Y. 517 pp.
- Smith, K.L., Jr. (1971). Structural and functional aspects of a sublittoral community. Ph.D. Thesis. Univ. Georgia 170 pp.
- Smith, K.L.Jr. (1973). Respiration of a sublittoral community. *Ecology.* 54 (5): 1065-1075.
- Smith, K.L.Jr., G.T. Rowe y Ch.H. Clifford. (1974). Sediment oxygen demand in an outwelling and upwelling area. *Tethys* 6 (1-2): 223-230
- Smith, F.E. (1976). Ecosystems and evolution. *Bull. Ecol. Soc. Am.* Spring 2-6.
- Smith, K. L. Jr., C.H. Clifford, A.H. Eliason., B. Walden., G. T. Rowe y J.M. Teal. (1976). A free vehicle for measuring benthic community metabolism. *Limnol. Oceanog.* 2 (1):164-170.

- Smith, K.L.Jr. y K.R. Hinga. (1983). Sediment community respiration in the Deep-Sea. *En* Rowe, G.T. (ed.) Deep-Sea Biology, The Sea. Vol. 8, Wiley, N.Y. 560 pp.
- Sokal, R. y F.J. Rohlf. (1973). *Introd. to Biostatistics*. W.H. Freeman & Co. USA 368 pp.
- Soto, L.A. y E. Escobar-Briones. (1995). Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf of Mexico. EMBS Greece. Olsen & Olsen Intl. Symp. Ser. 233-242.
- Stephenson, W. (1980). Relationships of the macrobenthos of Moreton Bay to prawns and to abiotic factors. *Aust. Jour. Ecology* 5: 143-149.
- Stetson, J.L. y Trask, P.D. (1953). The sediments of the Western Gulf of Mexico. Part II. Chemical studies of the western Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Pet. Geol. Tulsa, Ok.* 566 pp.
- Teal J.M. y J. Kanwisher. (1961). Gas exchange in a Georgia salt marsh. *Limnol. Oceanog.* 6 (4): 388-399.
- Tenor, K. (1987). Nitrogen in benthic food chains. *En* Nitrogen cycling in Coastal Marine Environments. T. Blackburn y J. Sorensen (eds.). Wiley, New York.
- Thiel, H. (1975). The size structure of the deep-sea benthos. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 60: 575-606.
- Thiel, H. (1983). Meiobenthos and nanobenthos of the deep-sea. *En* G.T. Rowe (ed.). *Deep-sea Biology. The Sea. Vol. 8. Wiley, NY.* Pp. 560.
- Thurman, H.V. (1994). *Introductory Oceanography. Seventh edition.* Macmillan Pub. Co. N.Y. 550 pp.
- Van der Have, T. y G. de Jong. (1996). Adult size in ectotherms: Temperature effects on growth and differentiation. *Jour. Theoret. Biol.* 183:329-340.
- Walsh, J.J. (1988). *On the nature of continental shelves.* Acad. Press, N. Y. 520 pp.
- Wieser, W. y J. Kanwisher. (1961). Ecological and physiological studies on marine nematodes from a small salt marsh near Woods Hole, Massachusetts. *Limnol. Oceanog.* 6: 262-270.
- Yáñez, A. (1968). *Littoral Processes and Sediments of the Inner Continental Shelf of the Southern Bay of Campeche.* M.S. Thesis. Texas A&M University.
- Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day, Jr. (eds.). (1988). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos.* UNAM, OEA. 518 p.
- Zeuthen, E. (1953). Oxygen uptake as related to body size in organisms. *Quart. Rev. Biol.* 28 (1):1-12.

Apéndices

Apéndice 1: Abundancia de meiofauna y macrofauna (OGMEX 12 y 14).

Apéndice 2: Densidades de bacterias (células/cm³), meiofauna y macrofauna (ind/m³) (OGMEX 12 y 14).

Apéndice 3: Peso húmedo de meiofauna y macrofauna (mg/m³)(OGMEX 12 y 14).

Apéndice 4: Biomasa de bacterias (mgC/m² en 7 cm), meiofauna y macrofauna (mgC/m³) (OGMEX 12 y 14).

Apéndice 1

OGMEX-12							
Meiofauna							
Abundancia en 5.3 cm ²							
Est - Rep	NEM	FOR	PRI	COP	POL	OST	TOTAL
2:1	56			8			64
2:2	6	3					9
2:3	63	20	10	7	10		110
2:4	45	7		1	1		54
10:1	42	42		2	1		87
10:2	67	49	1		7	1	125
10:3	17	15					32
10:4	46	52					98
13:1	20	12		5			37
13:2	19	42	2	2	5		70
13:3							
13:4		13					13
18:1	2	8					10
18:2		1	1				2
18:3							
18:4	1						1
21:1		1					1
21:2	2	2					4
21:3	1	1	1	1		2	6
21:4	6	1			1		8

En donde: NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, PRI = Priapúlidos, COP = Copépodos, POL = Poliquetos, OST = Ostrácodos.

OGMEX-14					
Meiofauna					
Abundancia en 5.3 cm ²					
Est - Rep	POL	NEM	FOR	COP	TOTAL
3:1	2	15	4		21
3:2		30		5	35
3:3		13	4		17
4:1	3	31	20		54
4:2	1	6	4		11
4:3		15	6	3	24
5:1	1	26	15	2	44
5:2		6	6	1	13
5:3		10	2		12

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, COP = Copépodos.

OGMEX-12						
Macrofauna						
Abundancia en 115 cm ²						
Est - Rep	CRU	POL	MOL	EQU	PEC	TOTAL
2:1	9	13	4			26
2:2	11	10	2			23
2:3	4	13	3			20
2:4	1	8				9
10:1	1	73	1			75
10:2	2	39				41
10:3	1	10			1	12
10:4		11				11
13:1	3	17				20
13:2	7	31				38
13:3	4	55		1	1	61
13:4	3	33				36
18:1	1	17		1		19
18:2		23				23

18:3		39	1			40
18:4	3	21				24
21:1	8	14			0	22
21:2	12	11			1	24
21:3	4	29	1			34
21:4	6	24	1	2		33

En donde: CRU = Crustáceos, POL = Poliquetos, MOL = Moluscos, EQU = Equinodermos, PEC = Peces.

OGMEX-14						
Macrofauna						
Abundancia en 115 cm ²						
Est - Rep	POL	EQU	SIP	NEM	OLI	BRI
3:1	20	1	6	2	2	
3:2	12				1	3
3:3	7	2				
4:1	6				3	
4:2	16	1			2	
4:3	20					
5:1	5					1
5:2	2					1
5:3	4				1	2
3:1	CRU	MOL		TOTAL		
3:2				31		
3:3		1		16		
	2			11		
4:1						
4:2	8			17		
4:3	2			21		
	2			22		
5:1						
5:2	4			10		
5:3	3			6		
				7		

En donde: POL = Poliquetos, EQU = Equinodermos, SIP = Sipuncúlidos, NEM = Nemátodos, OLI = Oligoquetos, BRI = Briozoarios, CRU = Crustáceos, MOL = Moluscos.

Apéndice 2

		Bacterias (Densidades)		
OGMEX-12			OGMEX - 14	
células/cm² x10⁹			células/cm² x10⁸	
Est - Rep				
2:1	3.8		3:1	2.5
2:2	3		3:2	3.5
2:3	3.7		3:3	3.1
2:4	3.1			
			4:1	0.6
10:1	5		4:2	2.9
10:2	3		4:3	4.6
10:3	*			
10:4	2.8		5:1	2.2
			5:2	3.2
13:1	2.1		5:3	2.5
13:2	2.3			
13:3	*			
13:4	*			
18:1	2.1			
18:2	1.7			
18:3	1.8			
18:4	1.8			
21:1	1.7			
21:2	1.4			
21:3	2.4			
21:4	2.2			

En donde: * = ausencia de datos

OGMEX - 12							
Meiofauna: Densidad ind/m2							
Est.-Rep	NEM	FOR	PRI	COP	POL	OST	TOTAL
2:1	105660.4			15094.3			120754.7
2:2	11320.7	5660.4					16981.1
2:3	118867.9	37735.8	18867.9	13207.5	18867.9		207547
2:4	84905.7	13207.5		1886.8	1886.8		101886.8
10:1	79245.3	79245.3		3773.6	1886.8		164151
10:2	126415.1	92452.8	1886.8		13207.5	1886.8	235849
10:3	32075.5	28301.9					60377.4
10:4	86792.4	98113.2					184905.6
13:1	37735.8	22641.5		9434			69811.3
13:2	35849.1	79245.3	3773.6	3773.6	9434		132075.6
13:3							
13:4		24528.3					24528.3
18:1	3773.6	15094.3					18867.9
18:2		1886.8	1886.8				3773.6
18:3							
18:4	1886.9						1886.9
21:1		1886.8					1886.8
21:2	3773.6	3773.6					7547.2
21:3	1886.8	1886.8	1886.8	1886.8		3773.6	11320.8
21:4	11320.7	1886.8				1886.8	15094.3

En donde: NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, PRI = Priapúlidos, COP = Copépodos, POL = Poliquetos, OST = Ostrácodos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

OGMEX - 14					
Meiofauna: Densidad ind/m2					
Est.-Rep	POL	NEM	FOR	COP	TOTAL
3:1	3773.6	28301.9	7547.2		39622.7
3:2		56603.8		9434	66037.8
3:3		24528.3	7547.2		32075.5
4:1	5660.4	58490.6	37735.8		101886.8
4:2	1886.8	11320.7	7547.2		20754.7
4:3		28301.9	11320.7	5660.4	45283
5:1	1886.8	49056.6	28301.9	3773.6	83018.9
5:2		11320.7	11320.7	1886.8	24528.2
5:3		18867.9	3773.6		22641.5

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, COP = Copépodos.

OGMEX-12						
Macrofauna						
		Densidad	ind/m2			
Est - Rep	CRU	POL	MOL	EQU	PEC	TOTAL
2:1	782.6	1130.4	347.8			2260.8
2:2	956.5	869.6	173.9			2000
2:3	347.8	1130.4	260.9			1739.1
2:4	86.9	695.6				782.5
10:1	86.9	6347.8	86.9			6521.6
10:2	173.9	3391.3				3565.2
10:3	86.9	869.6			86.9	1043.4
10:4		956.5				956.5
13:1	260.9	1478.3				1739.2
13:2	608.7	2695.6				3304.3
13:3	347.8	4782.6		86.9	86.9	5304.2
13:4	260.9	2869.6				3130.5
18:1	86.9	1478.3		86.9		1652.1
18:2		2000				2000

18:3		3391.3	86.9			3478.2
18:4	260.9	1826.1				2087
21:1	695.6	1217.4				1913
21:2	1043.5	956.5			86.9	2086.9
21:3	347.8	2521.7	86.9			2956.4
21:4	521.7	2087	86.9	173.9		2869.5

En donde: CRU = Crustáceos, POL = Poliquetos, MOL = Moluscos, EQU = Equinodermos, PEC = Peces.

OGMEX-14									
Macrofauna									
Densidad ind/m ²									
Est - Rep	POL	EQU	SIP	NEM	OLI	BRI	CRU	MOL	TOTAL
3:1	6235	348	374	100	624				7681
3:2	3741				312	4046		87	8098
3:3	2182	696					922		2878
4:1	1870				936		3689		2806
4:2	4988	348			624		922		5960
4:3	6235						922		6235
5:1	1559					1349	1844		2907
5:2	623					1349	1383		1972
5:3	1247				312	2697			4256

En donde: POL = Poliquetos, EQU = Equinodermos, SIP = Sipuncúlidos, NEM = Nemátodos, OLI = Oligoquetos, BRI = Briozoarios, CRU = Crustáceos, MOL = Moluscos.

Apéndice 3

OGMEX - 12							
		Meiofauna					
				Peso Húmedo: mg/m ³			
Est.-Rep	NEM	FOR	PRI	COP	POL	OST	TOTAL
2:1	729.1			52.8			781.9
2:2	78.1	55.5					133.6
2:3	820.2	369.8	811.3	46.2	811.3		2858.8
2:4	585.8	129.4		6.6	81.1		802.9
10:1	546.8	776.6		13.2	81.1		1417.7
10:2	872.3	906	81.1		567.9	90.9	2518.2
10:3	221.3	277.4					498.7
10:4	598.9	961.5					1560.4
13:1	260.4	221.9		33			515.3
13:2	247.4	776.6	162.3	13.2	405.6		1605.1
13:3							0
13:4		240.4					240.4
18:1	26	147.9					173.9
18:2		18.5	81.1				99.6
18:3							0
18:4	13						13
21:1		18.5					18.5
21:2	26	37					63
21:3	13	18.5	81.1	6.6		181.9	301.1
21:4	78.1	18.5				90.9	187.5

En donde: NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, PRI = Priapúlidos, COP = Copépodos, POL = Poliquetos, OST = Ostrácodos.

OGMEX - 14					
Meiofauna					
Peso Húmedo: mg/m ³					
Est.-Rep	POL	NEM	FOR	COP	TOTAL
3:1	162.3	195.3	74		431.6
3:2		390.6		33	423.6
3:3		169.2	74		243.2
4:1	243.4	403.6	169.9		816.9
4:2	81.1	78.1	74		233.2
4:3		195.3	111	19.9	326.2
5:1	81.1	338.5	277.4	13.2	710.2
5:2		78.1	111	6.6	195.7
5:3		130.2	37		167.2

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, COP = Copépodos.

OGMEX-12						
Macrofauna						
Peso Húmedo: mg/m ³						
Est - Rep	CRU	POL	MOL	EQU	PEC	TOTAL
2:1	63.9	48.6	1.7			114.2
2:2	78	37.4	0.9			116.3
2:3	28.4	48.6	1.3			78.3
2:4	7.1	29.9				37
10:1	7.1	272.9	0.4			280.4
10:2	14.2	145.8				160
10:3	7.1	37.4			1000	1044.5
10:4		41.1				41.1
13:1	21.3	63.6				84.9
13:2	49.7	115.9				165.6
13:3	28.4	205.6		0.4	45	279.4
13:4	21.3	123.4				144.7
18:1	7.1	63.6		54.3		125
18:2		86				86

18:3		145.8	0.4			146.2
18:4	21.3	78.5				99.8
21:1	56.8	52.3				109.1
21:2	85.1	41.1			100	226.2
21:3	28.4	108.4	0.4			137.2
21:4	42.6	89.7	0.4	8.5		141.2

En donde: CRU = Crustáceos, POL = Poliquetos, MOL = Moluscos, EQU = Equinodermos, PEC = Peces.

OGMEX-14						
Macrofauna						
Peso Húmedo: mg/m ²						
Est - Rep	POL	EQU	SIP	NEM	OLI	BRI
3:1	74.8	4.2	4.5	1.2	7.5	
3:2	44.9				16	32.3
3:3	26.2	33.4				
4:1	22.4				11.2	
4:2	59.8	345			7.5	
4:3	74.8					
5:1	18.7					16
5:2	7.5					16
5:3	15				3.7	5.2
	CRU	MOL	TOTAL			
3:1			92.2			
3:2		132.5	225.7			
3:3	11		70.6			
4:1	50.4		84			
4:2	9.7		422			
4:3	18		92.8			
5:1	19.1		54			
5:2	205.6		229			
5:3			23.9			

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, SIP = Sipuncúlidos, EQU = Equinodermos, OLI = Oligoquetos, BRI = Briozoarios, CRU = Crustáceos, MOL = Moluscos.

Apéndice 4

Bacterias				
Biomasa: mgC/m ² en 7 cm				
OGMEX - 12			OGMEX - 14	
Est-Rep				
2:1	1100		3:1	123
2:2	1165		3:2	172
2:3	926		3:3	153
2:4	967			
			4:1	30
10:1	1574		4:2	142
10:2	939		4:3	223
10:3	*			
10:4	1484		5:1	118
			5:2	156
13:1	654		5:3	120
13:2	728			
13:3	*			
13:4	*			
18:1	650			
18:2	514			
18:3	564			
18:4	567			
21:1	539			
21:2	434			
21:3	756			
21:4	672			

En donde: * = ausencia de datos

OGMEX - 12							
Meiofauna: Biomasa en mgC/m ²							
Est.-Rep	NEM	FOR	PRI	COP	POL	OST	TOTAL
2:1	23.3			1.9			25.2
2:2	2.5	2.3					4.8
2:3	26.2	15.2	41.4	1.7	41.4		125.9
2:4	18.8	5.3		0.2	4.1		28.4
10:1	17.5	31.8		0.5	4.1		53.9
10:2	28	37.1	4.1		29	3.7	101.9
10:3	7.1	11.4					18.5
10:4	19.2	39.4					58.6

13:1	8.3	9.1		1.2			18.6
13:2	8	31.8	8.3	0.5	20.7		69.3
13:3							
13:4		9.8					9.8
18:1	0.8	6.1					6.9
18:2		0.8	4.1				4.9
18:3							
18:4	0.4						0.4
21:1		0.8					0.8
21:2	0.8	1.5					2.3
21:3	0.4	0.8	4.1	0.2		7.4	12.9
21:4	2.5	0.8				3.7	7

En donde: NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, PRI = Priapúlidos, COP = Copépodos, POL = Poliquetos, OST = Ostrácodos.

OGMEX - 14					
Meiofauna: Biomasa en mgC/m ²					
Est.-Rep	POL	NEM	FOR	COP	TOTAL
3:1	8.3	6.2	3		17.5
3:2		12.5		1.2	13.7
3:3		5.4	3		8.4
4:1	12.4	12.9	15.2		40.5
4:2	4.1	2.5	3		9.6
4:3		6.2	4.5	0.7	11.4
5:1	4.1	10.8	11.4	0.5	26.8
5:2		2.5	4.5	0.2	7.2
5:3		4.1	1.5		5.6

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, FOR = Foraminíferos, COP = Copépodos.

OGMEX - 12						
	Macrofauna		Biomasa: mgC/m ²			
Est - Rep	CRU	POL	MOL	EQU	PEC	TOTAL
2:1	239	182	6			428
2:2	293	140	3			436
2:3	106	182	5			293
2:4	27	112				139
10:1	27	1023	2			1051
10:2	53	546				600
10:3	27	140			45	212
10:4	0	154				154
13:1	80	238				318
13:2	186	434				621
13:3	106	770		2	2	880
13:4	80	462				542
18:1	27	238		2		266
18:2		322				322
18:3		546	2			548
18:4	80	294				374
21:1	213	196				409
21:2	319	154			5	478
21:3	106	406	2			514
21:4	160	336	2	3		500

En donde: CRU = Crustáceos, POL = Poliquetos, MOL = Moluscos, EQU = Equinodermos, PEC = Peces.

OGMEX - 14						
Biomasa: mgC/m ²						
Est - Rep	POL	EQU	SIP	NEM	OLI	BRI
3:1	281	16	17	5	28	
3:2	168				14	182
3:3	98	31				
4:1	84				42	
4:2	224	16			28	
4:3	281					
5:1	70					61
5:2	28					61
5:3	56				14	121
	CRU	MOL	TOTAL			
3:1			346			
3:2		4	364			
3:3	41		130			
4:1	166		126			
4:2	41		268			
4:3	41		281			
5:1	83		131			
5:2	62		89			
5:3			192			

En donde: POL = Poliquetos, NEM = Nemátodos, SIP = Sipuncúlidos, EQU = Equinodermos, OLI = Oligoquetos, BRI = Briozoarios, CRU = Crustáceos, MOL = Moluscos.