

EVALUACIÓN DE LOS MEJILLONES *Mytilopsis sallei* (Reclúz) Y *Brachidontes exustus* (Linné) COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA EN LA BAHÍA DE CHETUMAL, MÉXICO

Claudia A. Llanes-Baeza (cllanes77@hotmail.com)

Norma E. González

Depto. Ecología Acuática, ECOSUR,

Apdo. Postal 424, Chetumal, Q. Roo, 77000

Artículo recibido: 13 de junio 2001

Artículo aceptado: 19 de abril 2002

RESUMEN

Para determinar el potencial bioindicador de dos especies locales de mejillones se realizaron dos muestreos, uno en sequía (mayo) y el otro en lluvias (octubre), con cinco estaciones en la Bahía de Chetumal, México. Se extrajeron tres rocas por estación a 1 m de profundidad, de las que se obtuvieron 3 445 mejillones de los cuales 2 466 correspondían a *Mytilopsis sallei* y 979 a *Brachidontes exustus*. *M. sallei* se presentó en todas las estaciones y su abundancia disminuyó respecto a la zona urbana mientras que *B. exustus* no se presentó en Nieves, la localidad más urbanizada, y su abundancia aumentó hacia las estaciones más alejadas de la ciudad. Por estas tendencias, se considera que *B. exustus* es sensible al aporte de materia orgánica de drenaje o infiltración y *M. sallei* es una especie tolerante. La longitud y la biomasa de los mejillones varió con relación a la materia orgánica (MO), con excepción de la localidad de Nieves en la que no hubo concordancia. Ambas especies presentaron tallas y biomasa mínimas en la localidad Alacranes, en la cual se encontraron valores bajos de MO. Las dos especies de bivalvos estudiados son abundantes, sésiles, de fácil determinación taxonómica que son atributos para ser considerados como bioindicadores para futuros estudios sobre contaminación en la bahía. Sin embargo, se requiere monitoreo anual de ambas especies, conocer aspectos reproductivos y dinámica poblacional, así como las concentraciones de otros contaminantes en los organismos y en el ambiente para darle mayor solidez al estudio.

Palabras Clave: Indicadores, mejillones, biomasa, materia orgánica y estuarios.

ABSTRACT

Assessment of the mussels *Mytilopsis sallei* (Reclúz) and *Branchidontes exustus* (Linné) as bioindicators of organic enrichment in Chetumal Bay, Mexico. In order to assess the bioindicator potential of local mussels, two seasonal samplings were carried out at five stations in Chetumal Bay, Mexico, one in the dry season (May) and another in the rainy season (October). Three rocks were collected at 1 m water depth at each sampling station. These provided 3445 mussels, with 2466 *Mytilopsis sallei* and 979 *Branchidontes exustus*. *M. sallei* was found at every station but its numbers decreased with the distance to the city of Chetumal, while *B. exustus* was missing in Nieves, the most urbanized station, and its abundance increased with the distance away from the city. Because of this, *B. exustus* is considered to be sensitive to the input of organic matter (OM) by sewers or infiltration and that *M. sallei* is a more tolerant species. Mussel length and biomass of the mussels changed following the amount of OM, with the exception of Nieves station where there was not correspondance. Both species had minimum lengths and biomasses in Alacranes station where OM was scarce. Both bivalve species have a good potential to be employed as bioindicators of pollution, although more detailed studies are required including monthly sampling, population dynamics, reproductive biology, and pollution levels in the organisms and environment.

Key words: Indicators, mussels, biomass, organic matter, estuaries.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Chetumal carece de un sistema eficiente de alcantarillado para canalizar sus aguas residuales. La práctica común son fosas sépticas con deficiencias en su construcción que permiten la infiltración al manto freático. Otra práctica común es la canalización a través de la red pluvial que se distribuye a todo lo largo de la zona urbana y que desembocan en la bahía. La presencia de agroquímicos que la corriente del río Hondo lleva hasta la bahía también constituye un problema, ya que en los márgenes se lleva a cabo una intensa actividad agrícola que en temporada de lluvias deposita todos estos contaminantes al río (Ortiz-Hernández y Sáenz-Morales, 1999). No fue sino hasta 1996 cuando ocurrió la muerte masiva de peces que se alertaron la sociedad y las autoridades de gobierno sobre la contaminación en dicho cuerpo de agua y los impactos negativos que ocasionaría a las comunidades acuáticas y a la población humana que hace uso del agua para recreación (Alvarez *et al.*, 2000).

En el medio acuático, los organismos viven en condiciones cambiantes, por lo que en general son afectados por los cambios físicos y químicos a los que se suman los efectos por contaminantes naturales y antropogénicos. Así, los bivalvos, por sus características de filtradores, fáciles de recolectar, cosmopolitas y longevos, son utilizados como especies indicadoras de perturbaciones, particularmente de metales pesados (Golberg, 1984, Golberg *et al.*, 1983, Phillips y Muttarasin, 1985). Las características deseables de un bioindicador son: a) solidez taxonómica y fácil reconocimiento, b) amplia distribución, c) abundante, d) poca variabilidad genética o ecológica, e) tallas grandes, f) movilidad limitada y longevidad y h) apropiado para usarse en bioensayos (Resh, 1979, Johnson *et al.*, 1993). Las dos especies de bivalvos elegidas para este estudio son fáciles de reconocer, son numéricamente dominantes, de limitada movilidad y se presentan en tallas medianas.

El objetivo de este trabajo fue determinar si los mejillones *Mytilopsis sallei*

(Récluz, 1849) y *Brachidontes exustus* (Linné, 1758), presentes en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, estaban correlacionados con un gradiente de materia orgánica y proponerlos como bioindicadores de la calidad ambiental de dicho sitio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos muestreos estacionales se realizaron, uno en época seca (mayo) y el otro en época lluviosa (octubre). Cinco estaciones de muestreo fueron seleccionadas y se ubicaron a lo largo del litoral occidental de la Bahía de Chetumal, (87° 54' W 18° 21' N y 88° 23' W 18° 52' N). La elección de ésta área fue debido a que ya existían antecedentes de un gradiente de contaminación, originado por los aportes del Río Hondo y la propia ciudad (Carrera-Parra, *et al.*, 1997). Las estaciones de muestreo fueron: 1) Nieves, 2) Alacranes, 3) Luis Echeverría, 4) La Barra y 5) Cayo Venado (Figura 1). En cada sitio se extrajeron tres rocas a 1 m de profundidad, a las cuales se les desprendieron los mejillones y se fijaron con formol comercial al 10% con agua del medio. En el laboratorio se les quitó el exceso de formol al lavarlos con

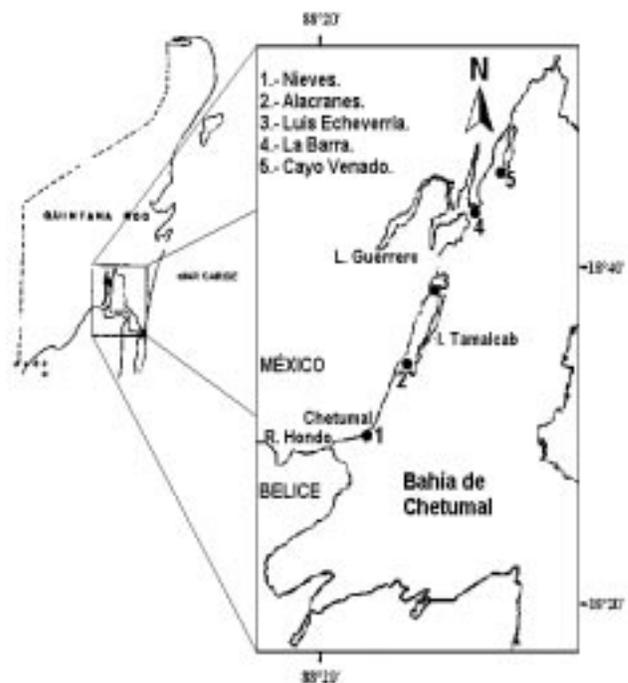


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal, México.

agua corriente y se preservaron en etanol al 70% para su posterior análisis. Los mejillones se midieron con un vernier Mitutoyo con carátula (0.02 mm) y el peso húmedo se obtuvo con una balanza analítica Sartorius (cap. 120 g x 0.1 mg). Todo los especímenes fueron depositados en la Colección de Referencia del Laboratorio de Bentos Costero (QNR.IN.021.0497).

Para el análisis granulométrico y de materia orgánica (MO) en sedimento se extrajeron tres muestras superficiales de cada localidad, posteriormente se secaron en el laboratorio en una estufa a $< 50^{\circ}\text{C}$ por 3 d y la MO se obtuvo por calcinación en una mufla por 1 hr a 550°C (Dean, 1974). Las muestras fueron tamizadas con diferente abertura de luz de malla (0.0754, 0.1066, 0.1534, 0.3042, 0.6084 y 1 mm) colocándolas en un mezclador por 30 min. La cantidad de sedimento contenida en cada uno de los tamices se pesó y cada registro fue analizado utilizando un programa computarizado de análisis granulométrico de sedimentos (Vargas, 1991). Los datos merísticos de cada organismo fueron longitud y ancho de cada mejillón y posteriormente se procesaron utilizando el paquete Statistica, en el que específicamente se aplicó estadística descriptiva y luego un análisis con estadística no paramétrica, porque nuestros datos no presentaron una distribución normal. Las pruebas fueron ANOVA de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. La primera determina las diferencias entre las medianas de las variables sometidas entre las estaciones de una misma temporada de muestreo para cada especie de mejillón. La segunda prueba determina las diferencias significativas entre grupos con datos extensos en ambas temporadas de muestreo. Para identificar los mejillones se utilizó la clave de Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus (1994).

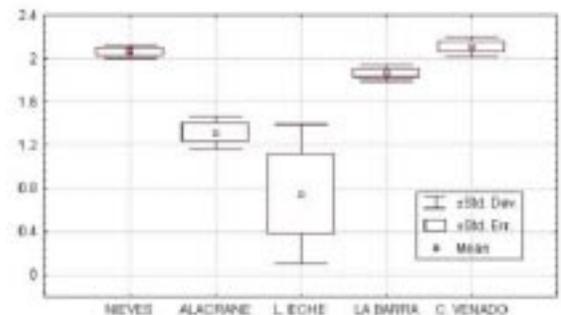
RESULTADOS

En ambas temporadas de muestreo se recolectaron 3 445 organismos de los cuales 2 466 especímenes se identificaron como *Mytilopsis sallei* y 979 como *Brachidontes exustus*, respectivamente.

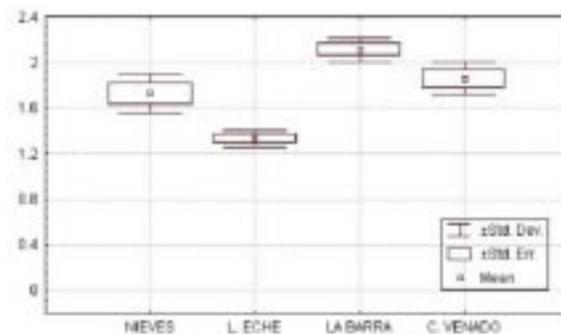
Materia orgánica (MO).

Mayo. La Barra presentó el valor máximo de MO (2.10 g) y el mínimo estuvo en la zona de Luis Echeverría (1.32 g). La estación Nieves presentó un valor intermedio (1.75 g) lo que indicó que ambas estaciones con valores altos presentan una fuente de enriquecimiento constante.

Octubre. Las más altas concentraciones de MO estuvieron en Cayo Venado (2.10 g) y en Nieves (2.06 g), y se observó que no hubo diferencia significativa entre ellas (prueba; $p > 0.05$). Las otras estaciones no presentaron variaciones significativas (intervalos de 1.31 a 1.86 g). En la estación Luis Echeverría fue en la que se registró el valor mínimo (1.12 g). En Nieves aumentó la cantidad de MO en comparación con la temporada anterior y en las estaciones más distantes se invirtieron los valores de MO en este periodo. Para ambas temporadas de muestreo se detectaron dos patrones de gradiente de MO: uno desde Nieves hasta Luis Echeverría y otro desde La Barra hasta Cayo Venado (Figura 2).



Mayo



Octubre

Figura 2. Variación espacial del contenido de materia orgánica (g) en los sitios de muestreo en mayo y octubre.

Granulometría.

Mayo. La estación Nieves tuvo arena mediana muy bien clasificada y simétrica hacia los tamaños gruesos. Alacranes presentó fondo rocoso. Luis Echeverría tuvo arena muy fina, muy bien clasificada y casi simétrica, La Barra presentó arena fina, muy bien clasificada y muy asimétrica hacia los tamaños finos y Cayo Venado tuvo arena mediana muy bien clasificada y casi simétrica.

Octubre. Para este mes Nieves presentó arena fina, muy bien clasificada y asimétrica hacia los tamaños finos; Alacranes presentó arena mediana, muy bien clasificada y casi asimétrica; Luis Echeverría tuvo arena fina, muy bien clasificada y casi simétrica. La Barra tuvo arena fina, muy bien clasificada y casi simétrica y Cayo Venado presentó arena fina muy bien clasificada y muy asimétrica hacia los tamaños finos.

Análisis ecológico.

Mytilopsis sallei. La abundancia total para este mejillón en el mes de mayo fue de 771 ejemplares registrados en las estaciones de muestreo. La máxima abundancia de mejillones (376) se presentó en la estación Alacranes y desde ahí decreció hacia la zona más alejada de la ciudad. En la estación Nieves también se presentó alta abundancia (357) pero fue menor que en la estación anterior. Las mínimas abundancias se registraron en Luis Echeverría (24), La Barra (11) y Cayo Venado (3), respectivamente. En octubre se registraron un total de 1695 mejillones en las estaciones de muestreo, pero la estación Nieves fue la que tuvo la mayor abundancia con 1185. En las otras estaciones el número de ejemplares disminuyó con respecto a la zona urbana de la ciudad y en Cayo Venado se presentó el valor mínimo con 2 organismos (Figura 3).

En mayo para *M. sallei* los valores máximo (0.413 g) y mínimo (0.034 g) de biomasa se registraron en las estaciones La Barra y Alacranes, respectivamente. Las otras tres estaciones tuvieron los siguientes valores: Luis Echeverría (0.181 g) fue el doble que Nieves (0.087 g). Así, hubo un aumento de biomasa a partir de Alacranes, alcanzando un máximo en La Barra que luego descendió en Cayo Venado. Para el



Figura 3. Abundancia de *Mytilopsis sallei* (Reclúz) en cada sitio de muestreo en las dos épocas de muestreo.

mes de octubre, en Cayo Venado se presentó la mayor biomasa (0.271 g) y la menor en La Barra (0.052 g). Entre todas las estaciones de muestreo la biomasa de los mejillones de cada una de las temporadas presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) y entre cada una de las temporadas de muestreo (Mann Whitney, $p < 0.05$), con excepción de la estación Cayo Venado (Mann Whitney, $p = 1$). (Figura 4).

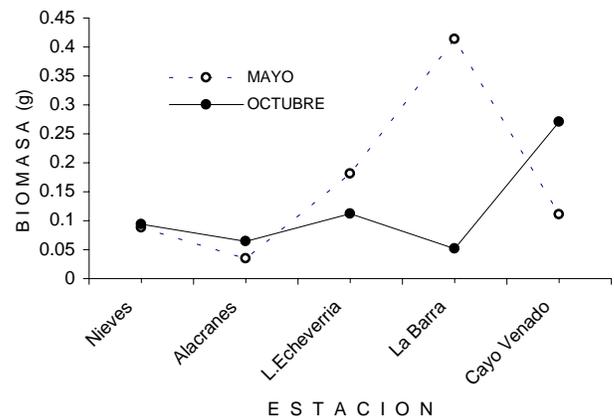


Figura 4. Promedios de biomasa de *Mytilopsis sallei* (Reclúz) en cada sitio en las dos épocas de muestreo

Los promedios de longitud de *M. sallei* para el mes de mayo mostraron dos gradientes ya que, en Nieves (7.11 mm) se observó un ascenso continuo hasta llegar a la estación La Barra donde alcanzó un máximo de 12.54 mm., de ahí descendió en Cayo Venado con 8.08 mm. y la menor

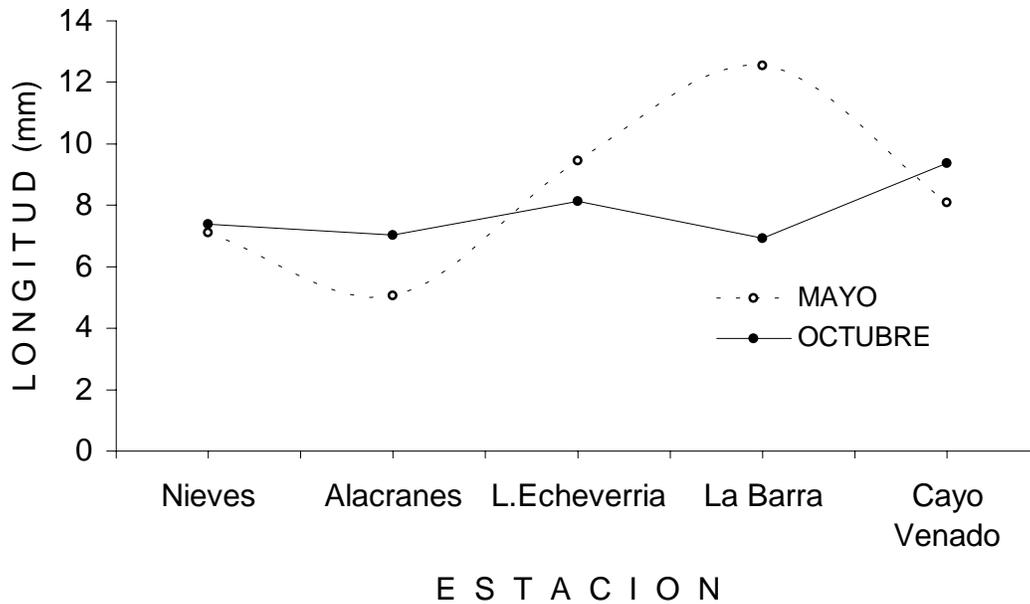


Figura 5. Promedios de talla de *Mytilopsis sallei* (Reclúz) en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

longitud se registró en Alacranes (5.07 mm). Para el mes de octubre la mayor talla se presentó en Cayo Venado (9.37 mm) y la menor fue en Alacranes (7.04 mm). La longitud de los organismos resultó significativamente diferente (Kruskal-Wallis; $p < .05$) entre estaciones de muestreo y también entre cada una de las temporadas (Mann Whitney; $p < .05$), con la excepción de Cayo Venado (Mann Whitney; $p = 1$) (Figura 5).

Brachidontes exustus. En mayo se procesaron 528 organismos la máxima abundancia (234) se registró en la estación La Barra y la menor (21) fue en Alacranes. No se encontraron mejillones de esta especie en la estación Nieves en ambas temporadas de muestreo. Para el mes de octubre se recolectó un total de 451 individuos. Alacranes presentó la mínima abundancia (36), mientras que la máxima estuvo en Cayo Venado (231) (Figura 6).

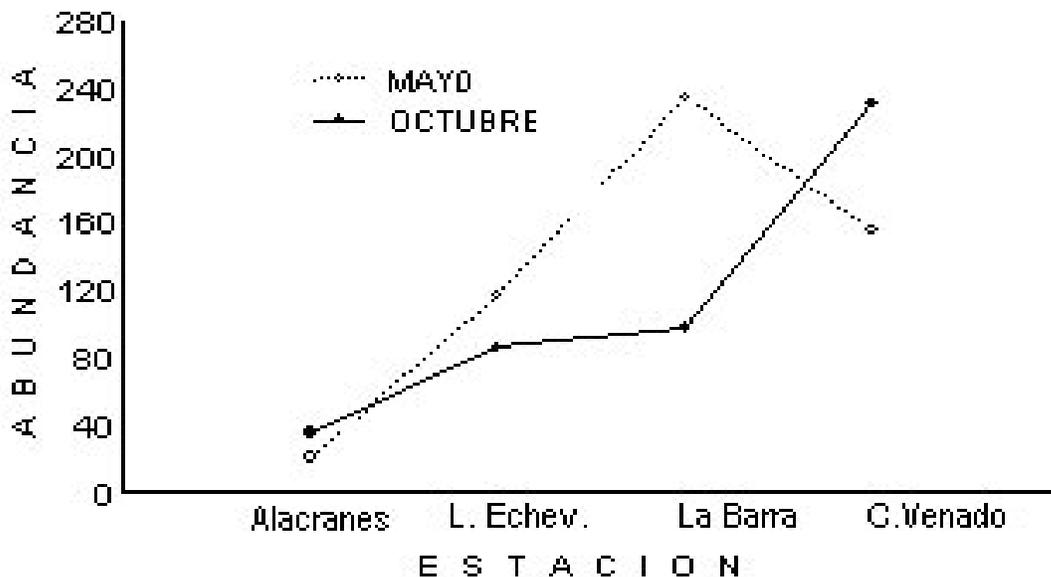


Figura 6. Abundancia de *Brachidontes exustus* (Linné) en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

El máximo valor de biomasa (0.166 g) en el mes de mayo se obtuvo en la estación La Barra. El mínimo valor (0.019 g) se registró en la estación Alacranes. Un gradiente de ascenso se observó hacia la estación La Barra donde estaba el valor máximo y luego descendiendo en Cayo Venado (0.067 g). Para el mes de octubre la estación La Barra tuvo la máxima biomasa (0.0974 g) y Alacranes siguió presentando el mínimo valor (0.0229 g). Al igual que en mayo, se apreció que los valores de la biomasa aumentaban en La Barra y luego descendieron marcadamente en la estación de Cayo Venado (0.096 g), que es el sitio más alejado de la ciudad. Se presentaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) entre estaciones de muestreo de ambas temporadas. Y también entre temporadas de muestreo (Mann Whitney; $p < 0.05$), con excepción de Luis Echeverría (Mann Whitney; $p = 1$) (Figura 7).

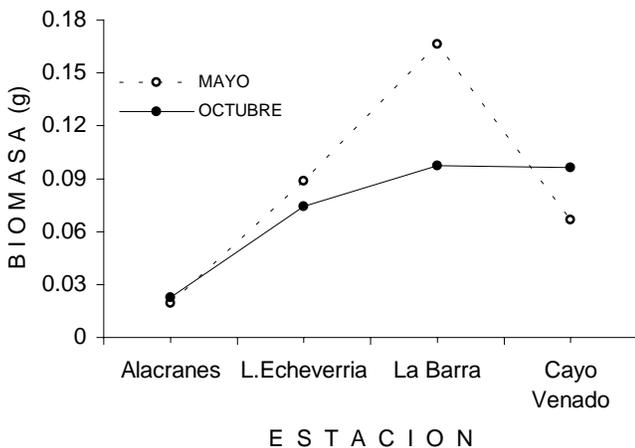


Figura 7. Promedios de biomasa de *Brachidontes exustus* en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

En cuanto a la longitud para el mes de mayo, en la estación La Barra fue registrada la máxima longitud (9.89 mm) y la mínima talla (4.19 mm) en la estación Alacranes. Un aumento de talla se detectó desde el sur en la estación Alacranes, que presentó la talla mínima hasta la talla máxima ubicada en el norte en La Barra, aunque mostró un descenso en Cayo Venado (7.03 mm) que es la última localidad al norte. Para el mes de octubre los promedios de talla aumentaron a partir de la estación Alacranes (5.05 mm) y así en las

siguientes estaciones hasta Cayo Venado donde se presentó la mayor talla (8.38 mm). Hubo diferencias significativas (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$) entre estaciones de muestreo y entre cada una de las temporadas de muestreo (Mann Whitney; $p < 0.05$), con excepción de la estación Luis Echeverría (Mann Whitney; $p = 1$) (Figura 8).

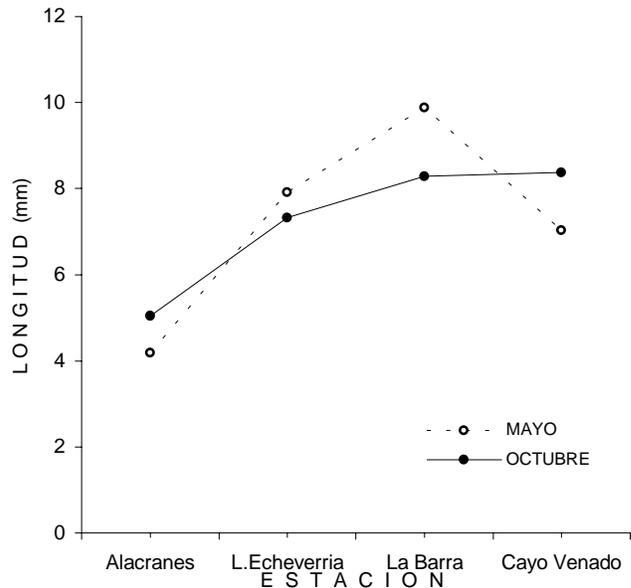


Figura 8. Promedios de tallas de *Brachidontes exustus* (Linné) en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

Relación entre especies.

Abundancia. De un total de 3,445 mejillones recolectados, 2,466 correspondieron a *M. sallei* y 979 a *B. exustus*. La abundancia de ambos mejillones fue relevante, sin embargo *M. sallei* se presentó en todas las estaciones, sólo que el número de organismos disminuyó desde la zona urbana (Nieves) hacia la estación más alejada (C. Venado). Mientras que, *B. exustus* no se recolectó en Nieves (zona urbana) y su abundancia aumentó en la zona norte donde esta la estación más distante.

Biomasa. Para mayo *M. sallei* mostró un aumento sobresaliente de biomasa con un pico en la estación La Barra que luego descendió en Cayo Venado, se observó que *M. sallei* tuvo más biomasa que *B. exustus* aunque siguieron la misma tendencia. En octubre *M. sallei* mostró una tendencia lineal continua hasta un claro aumento

considerable en Cayo Venado. Mientras que *B. exustus* mostró una tendencia de aumento bien marcada desde la estación Alacranes y alcanzando el máximo valor de biomasa en la última estación (Figura 9).

Para el mes de mayo la longitud de ambas especies mostró una tendencia similar, en Alacranes hubo tallas más grandes y de ahí hasta La Barra donde se registró un pico máximo y luego empezó a descender hasta Cayo Venado. Con claridad se observó que *M. sallei* fue de mayor talla que *B. exustus*. En octubre *Mytilopsis sallei* siguió una tendencia lineal en las primeras estaciones, aunque mostró una pequeña disminución en La Barra y luego ascendió en la última estación. En cambio, *B. exustus* mostró un incremento marcado de tallas desde la estación Alacranes hasta la más lejana (C. Venado) (Figura10).

Relación de *Mytilopsis sallei* con la MO

Los valores de biomasa de *M. sallei* para el mes de mayo no mostraron una tendencia constante, aunque se observó que en La Barra donde hay mayor cantidad de materia orgánica los valores (2.10 g) y biomasa (0.166 g). En Luis Echeverría y La Barra se observó un gradiente con respecto a la MO. En la estación Nieves se presentaron los mínimos valores de biomasa (0.087 g) y de materia orgánica (1.72 g). En

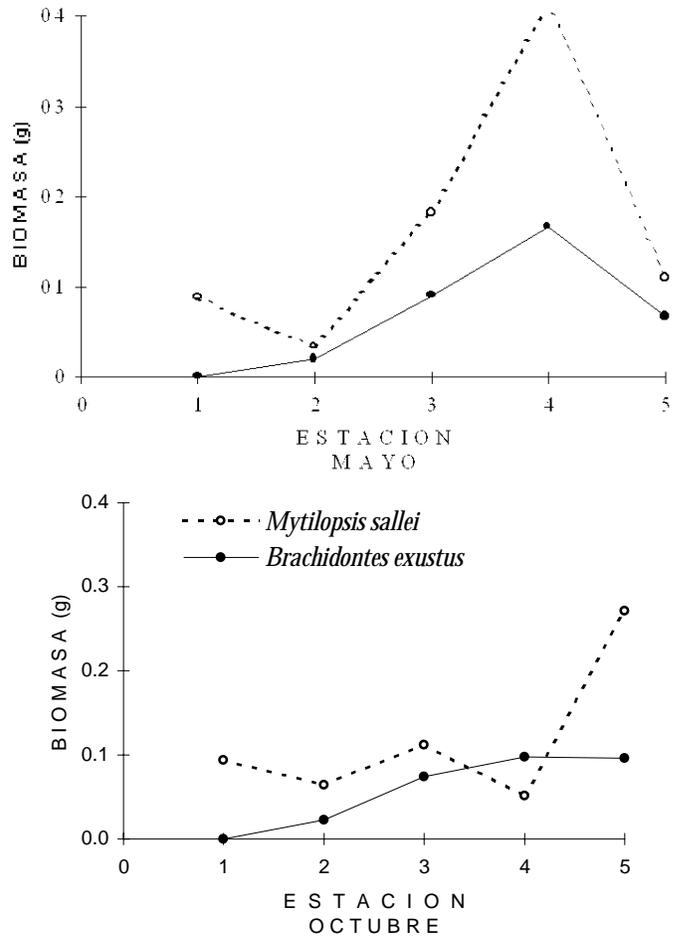


Figura 9. Relación entre la biomasa de *Mytilopsis sallei* y *Brachidontes exustus* en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

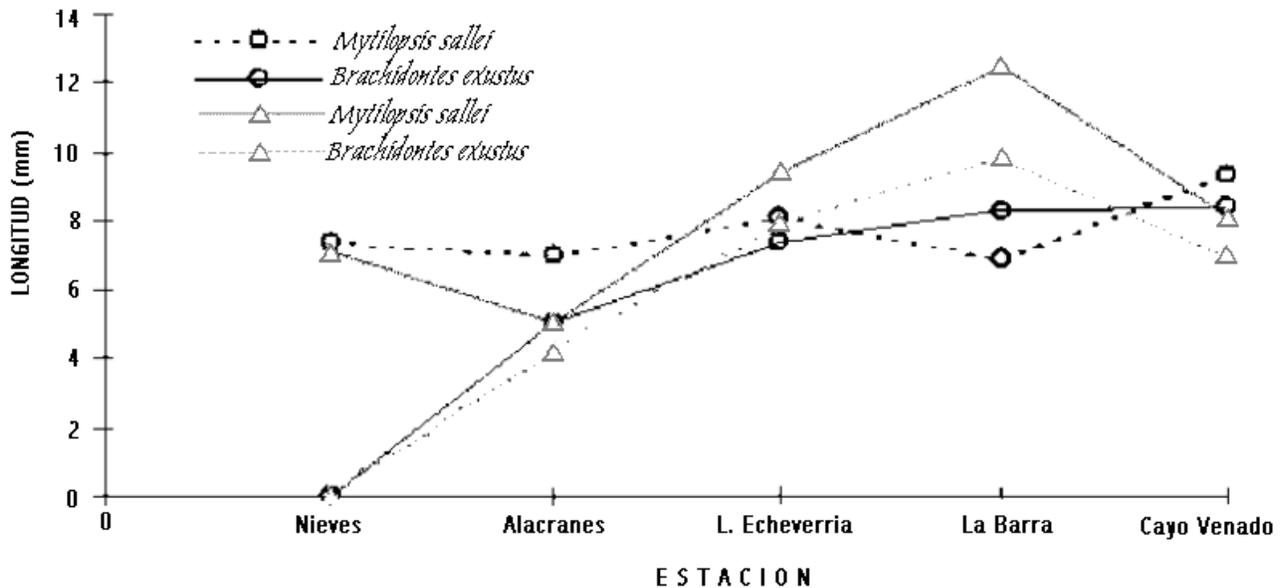


Figura10. Relación entre la talla de *Mytilopsis sallei* y *Brachidontes exustus* en cada sitio en las dos épocas de muestreo. Mayo (triángulos); Octubre (círculos).

la estación Alacranes no se recolectó sedimento para MO. Para octubre no hubo una tendencia definida, solamente se observó que Cayo Venado fué la estación con máximo valor de MO (2.10 g) y también la mayor biomasa (0.271 g). Sólo Luis Echeverría que presentó valores de biomasa de 0.112 y MO de 1.12 g tenía cierto gradiente con respecto a la cantidad de MO en el medio (Figura 11).

En mayo la relación de la longitud de *M. sallei* con la cantidad de materia orgánica siguió un patrón de acuerdo a dos gradientes, empezó desde la estación Nieves

(7.11 mm; MO = 1.17 g), y aumentando los valores (9.45 mm; MO = 1.32 g) en Luis Echeverría, para alcanzar enseguida el máximo tamaño (12.54 mm) y de MO (2.10 g) en La Barra, descendiendo luego en Cayo Venado ambos parámetros. Para el mes de octubre siguió una relación heterogénea, ya que en Cayo Venado fue donde detectaron mayores valores de talla (9.37 mm) y también de MO (2.10 g). Pero en Luis Echeverría donde se encontró el mínimo valor de MO (1.12 g) la talla de los organismos no fue mínima (8.13 mm). La menor talla registrada (7.04 mm) no coincidió

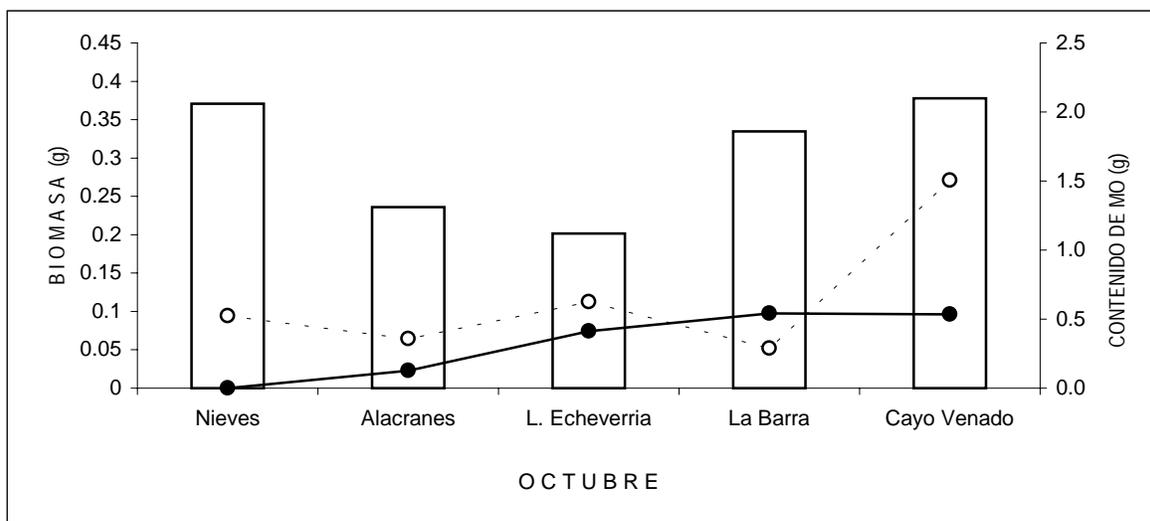
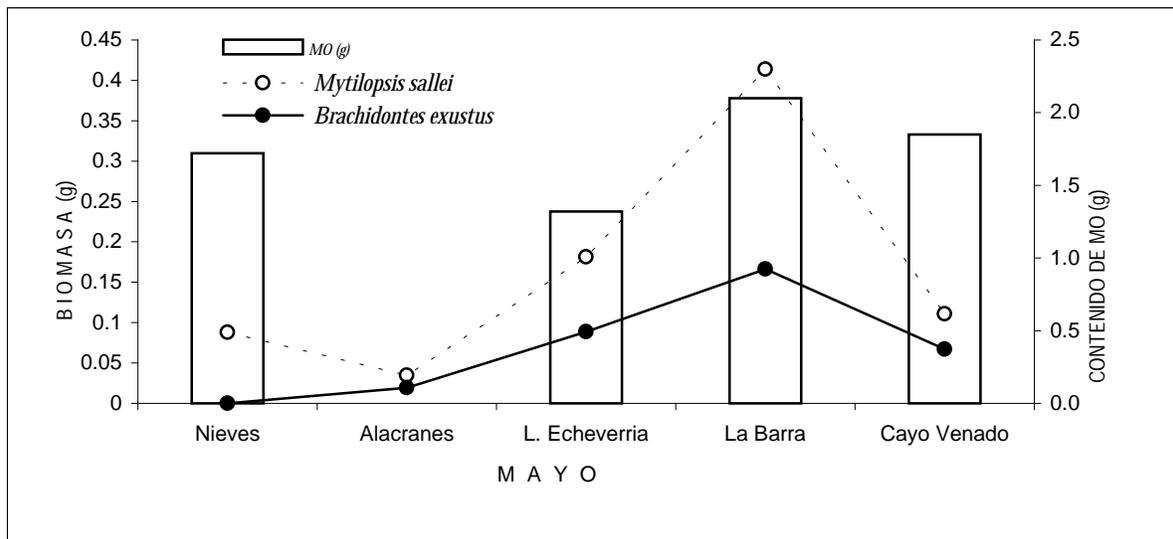


Figura 11. Relación entre las biomásas de *Mytilopsis sallei* y *Brachidontes exustus* con respecto al contenido de MO en cada sitio en las dos épocas de muestreo.

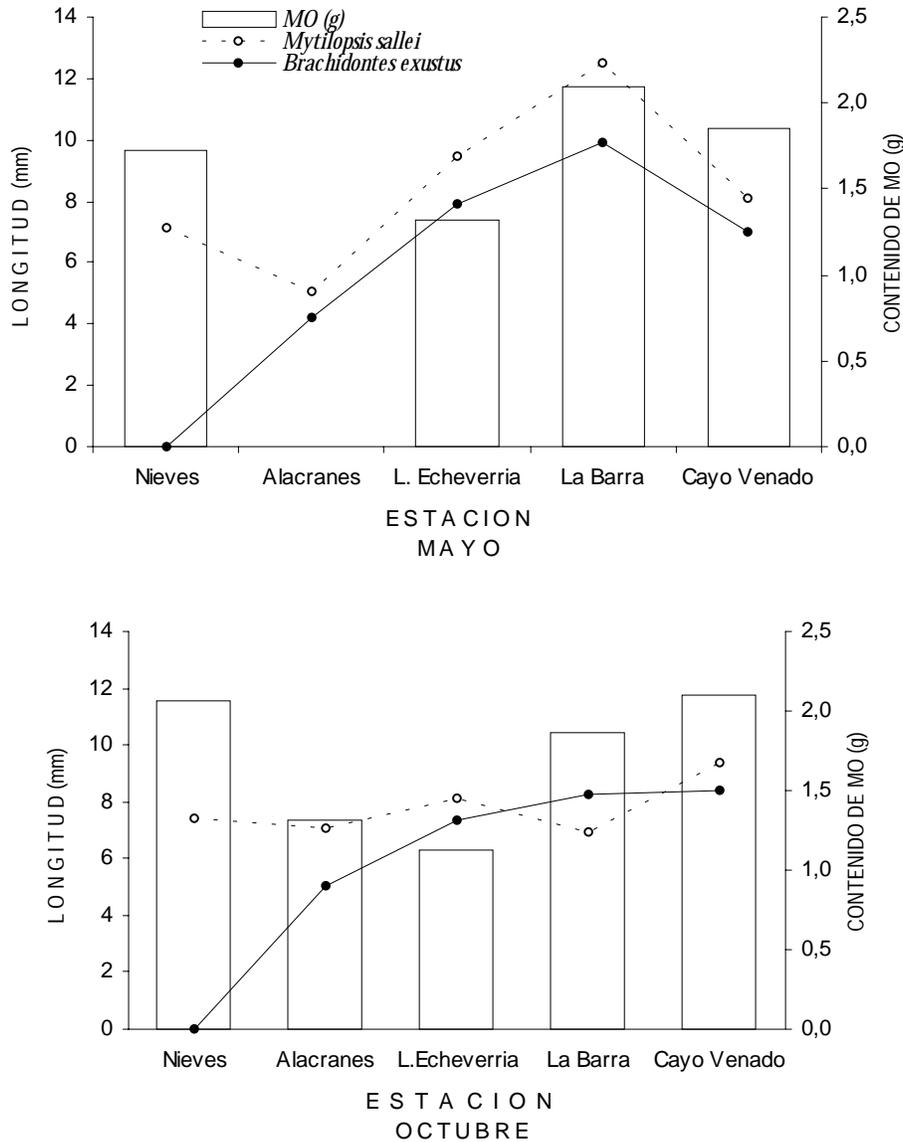


Figura 12. Relación entre las tallas de *Mytilopsis sallei* y *Brachidontes exustus* en cada sitio de muestreo en las dos épocas.

en la estación donde se registraron los menores valores de MO (Figura 12).

Relación de *Brachidontes exustus* con la MO. En el mes de mayo ocurrió lo mismo que en los demás análisis. Siguió una tendencia a partir de Luis Echeverría los organismos mostraron un aumento de biomasa (0.088 g) conforme aumentaba la MO (1.32 g) que en la siguiente estación aumentaban ambas variables con valores máximos de 0.166 g y 2.10 g que luego descienden considerablemente en Cayo Venado. Para octubre hay una cierta tendencia en la estación la Barra donde se

registró la mayor biomasa (0.0974g) pero no presentó la mayor cantidad de MO (1.86 g). Desde Luis Echeverría los valores de biomasa de 0.742 y MO de 1.12 g que aumentaron en la estación La Barra y que en Cayo Venado sigue ascendiendo la cantidad de MO en el medio, pero la biomasa desciende (Figura 11).

Para el mes de mayo la relación fue similar que en *M. sallei* ya que sólo en la estación La Barra fue donde se encontraron los máximos valores de MO (2.19 g) y de talla (8.89 mm). Esta especie sigue un patrón de acuerdo a la MO, desde Luis Echeverría

mostró un aumento de talla (7.91 mm) conforme aumentó la MO en el medio (1.32 g). Alcanzando en la estación La Barra los máximos niveles y luego desciende en Cayo Venado. Para octubre se siguió una cierta tendencia con la MO hasta Cayo Venado, sin tomar en cuenta Nieves (*B. exustus* no estaba presente), se observó claramente que desde Luis Echeverría la talla aumenta conforme aumenta la cantidad de MO, hasta llegar a los valores máximos de talla (3.83 mm) y de MO (2.10 g) en Cayo Venado (Figura 12).

DISCUSIÓN

No se han realizado estudios parecidos sobre estas especies en la región. Por ello, la discusión se limitara a explicar los resultados principales y a analizar las tendencias halladas. El enriquecimiento por materia orgánica tiene efectos negativos sobre los organismos. Sin embargo, cuando los niveles de MO son moderados puede tener efectos positivos sobre las especies (Salazar-Vallejo, 1991). La longitud y biomasa de los organismos pueden reflejar los procesos que suceden en el medio, y podrían ser indicadores de la resistencia del organismo al ambiente, ya que si el organismo crece las condiciones del medio son favorables pero si se encuentra sujeto a variables estresantes del medio, el crecimiento puede disminuir o detenerse (Espina y Vanegas, 1996).

Especies. Las dos especies de mejillones se presentaron en casi todas las estaciones de estudio, pero hubo algunas diferencias: *Mytilopsis sallei* estuvo en todas las estaciones mientras que *Brachidontes exustus* solamente faltó en Nieves. Esto puede deberse a que la primera resiste las condiciones ambientales de esa estación mientras que la otra no, por ello se consideró que *B. exustus* es más sensible. Otro aspecto que respaldaría esta afirmación está en la abundancia; en efecto, *M. sallei* fue muy abundante en Nieves (1,542 organismos) y tiende a disminuir su abundancia en las siguientes estaciones y dicha tendencia se mantuvo en ambas temporadas de muestreo. En cambio, *B. exustus* tuvo su menor abundancia en

Alacranes pero aumentaba en las estaciones más alejadas de la zona urbana. En los casos de enriquecimiento orgánico se ha encontrado que algunas especies exhiben abundancias creciente mientras que otras presentan abundancias decrecientes (Pearson y Rosenberg, 1978). Por lo tanto, parece que *M. sallei* es una especie más resistente al aporte de materia orgánica. Sin embargo, la distribución de ambos mejillones es amplia en todas las estaciones; a excepción de la estación Nieves en la que *B. exustus* no está; Alacranes es la zona de interacción de ambas y ahí es donde comienza a presentarse *B. exustus* y probablemente exista cierta competencia por espacio y obtención de alimento con *M. sallei*.

Materia Orgánica. El enriquecimiento orgánico en algunos cuerpos de agua puede ser mayor en las zonas urbanas y en particular en sitios sujetos al aporte por drenaje (doméstico y pluvial) o en aquellos donde las corrientes son tan limitadas que promueven la acumulación y depósito del material suspendido. En las dos temporadas se perciben dos gradientes en lugar de uno, es decir, se esperaba que la materia orgánica se redujera desde la zona urbana de Chetumal (drenaje + Río Hondo) hasta la cabeza de la bahía. Sin embargo, la Laguna Guerrero también exporta materia orgánica en forma considerable, ya sea disuelta o en partículas aportada por los mangles y la sabana (Salazar-Silva, 1998), y esto se percibió en los resultados. Esta puede ser la explicación de que no se haya encontrado un gradiente único sino que algunos resultados apuntan otra cosa, que los ríos tienen influencia directa sobre la materia orgánica encontrada en la bahía (Salazar-Silva, 1998). Durante la temporada de lluvias, el nivel de materia orgánica fue mayor con lo que se confirma el efecto de las tormentas, por arrastre o por suspensión de los sedimentos en la misma bahía.

Los gradientes presentaron un máximo en Nieves y el otro en la bocana de la Laguna Guerrero, en la estación que se nombró como La Barra. El pico máximo en Cayo Venado se explica por la depositación en esa zona por lo somero del lugar durante la temporada de lluvias que es cuando

ocurre un arrastre de partículas finas al medio, y por el efecto protector de la Isla Tamalcab. De acuerdo con las características de cada una de las estaciones, se puede decir que reflejan la acumulación de materia orgánica aportada por la urbanización, por las corrientes del agua y por la sedimentación.

Los cambios espaciales de la biomasa de *M. sallei* reflejaron los de la cantidad de materia orgánica en el sedimento. Fue máxima en la estación la Barra, aunque la urbanización es muy poca alrededor de la Laguna Guerrero, al parecer son debido a la hidrodinámica y procesos naturales del sitio. En Nieves la materia orgánica es también alta, pero en este caso, la especie no tiene alta biomasa a pesar de contar con organismos grandes; pero en las demás estaciones sí hay relación entre la biomasa y la MO. Con excepción de la estación Nieves, donde los valores fueron bajos y en la cual se puede atribuir esto a la presencia de contaminantes en ese lugar (Alvarez *et al* 2000), ya que según Grue *et al.* (1982) la presencia de contaminantes en el medio acuático (ej. plaguicidas) puede ocasionar pérdida de peso, y por ello se pensó que dichos valores fueron menores en dicha estación. No se puede afirmar que los efectos de los contaminantes son positivos como en el caso de la abundancia, ya que fueron negativos en Nieves al reducirse los valores.

En ambas especies se notó que la biomasa fue menor en la época seca. Si no hubiera diferencias en tamaño, podría pensarse que el aparente descenso en peso se debió al desove de los mejillones; sin embargo, el tamaño reducido y la poca diferenciación interna, evitaron una evaluación precisa del asunto. Este aspecto se debe estudiar con métodos histológicos.

En *Brachidontes exustus* se observó que en la estación Alacranes tuvo los menores promedios de biomasa en ambas temporadas, pudiendo atribuírsele a los valores bajos de MO y a la posible competencia por el espacio y alimento con *M. sallei*. En cambio, los mayores promedios de biomasa se encontraron en La Barra en ambos muestreos, esa estación

presentó alta cantidad de MO, donde es probable que se encuentran las condiciones ambientales óptimas para los organismos. Queda por determinar el posible efecto de la densidad de los mejillones sobre la biomasa; se ha encontrado que al mantener constante el aporte de alimento, la densidad repercute en la biomasa en estudios experimentales (Alumno-Bruscia *et al.* 2000), pero para este trabajo definirla resultó un problema porque los mejillones ocupaban oquedades irregulares en las rocas. Sin embargo, como las comparaciones se basaron en promedios, se pondera el número de organismos y quizá el efecto de la densidad esté implícito, pero debe definirse con mejor detalle.

La longitud en las valvas de las dos especies reflejaron las variaciones en la cantidad de MO en la bahía, aunque tuvieron diferente tamaño, *M. sallei* fue mayor que *B. exustus* en todas las estaciones. Esta relación cambió ligeramente ya que en el segundo muestreo, los mejillones eran menores que los del muestreo previo. Uno esperaría que se mantuviera un tamaño similar pero el descenso implicaría reclutamiento o que se hayan recolectado diferentes estratos de las poblaciones. Esto podría aclararse con muestreos mensuales para determinar la dinámica poblacional.

Odum (1985) mencionó que en áreas perturbadas decrece el tamaño de los organismos, lo cual no se cumple para el caso de *M. sallei*. Parece ser que *M. sallei* es una especie tolerante a las condiciones ambientales causados por actividades antropogénicas, que no se ven reflejados en su longitud pero sí en su biomasa. En ambas especies, los mejillones de menor talla estuvieron en Alacranes, es posible que esa reducción se deba a la limitada disponibilidad de materia orgánica o que resulte de algún mecanismo de competencia entre las dos especies ya que es en esta estación en la que se presentaron ambas.

Bioindicadores

Si Nieves está más contaminado que el resto de las estaciones, entonces la ausencia de *B. exustus* podría indicar un cierto impacto, aunque por el momento no se

puede precisar. De hecho, la longitud de *M. sallei* en Nieves no se reflejó en la biomasa; es decir, presentó menos peso que en otras condiciones, esto concuerda con hallazgos en otros estudios en los que señalan que a ciertos niveles de plaguicidas en el entorno corresponde una reducción en la biomasa (Grue *et al.*, 1982).

De las características deseables que debe tener un bioindicador ideal (Resh 1979, Johnson *et al.*, 1993), los mejillones analizados en este estudio cumplen con varias. Tienen solidez taxonómica ya que Marelli y Gray (1983), redescubrieron la concha de *M. sallei* y luego realizaron comentarios resaltando que es junto con *M. leucophaeta* las únicas especies representante en América de la familia Dreissenidae (Marelli y Gray 1985). La especie *B. exustus* también está bien reconocida. Ambas especies tienen amplia distribución; *M. sallei* se ha registrado desde Florida hasta Venezuela, y *B. exustus* se extiende de Carolina del Norte a Uruguay (Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus 1994). Las dos especies son abundantes, aunque los ejemplares de estos bivalvos son pequeños, son los más grandes en la zona, por lo que también cumplirían con el requisito de tamaño. Por ser sésiles, cumplen también

el requisito de movilidad limitada y su longevidad podría rebasar los dos años, que es quizá lo más longevo para la comunidad somera estuarina de la región. Por ser filtradores podrían ser útiles en bioensayos.

Por todo lo anterior, estas especies pueden ser consideradas como bioindicadoras de contaminación por materia orgánica, pero para que esta afirmación sea más sólida se requiere de estudios más detallados como muestreos mensuales, conocer los aspectos reproductivos de las especies y las concentraciones de plaguicidas y metales pesados en éstas y en el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la SEMARNAP y ECOSUR el financiamiento para la realización de este proyecto. También a los compañeros del laboratorio de Bentos Costero (S. Jiménez, L. González, D. Medina, T. Alvarez, J. Espinoza y S.I. Salazar) que aportaron ideas para la realización de esta investigación y ayudaron en el campo para la obtención de las muestras. Y a los revisores anónimos por sus comentarios que sirvieron para mejorar el escrito.

LITERATURA CITADA

- ALUMNO-BRUSCIA, M., P.S. PETRAITIS, E. BOURGET AND M. FRECHETTE, 2000. Body size-density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Oikos* 90: 28-42
- ÁLVAREZ, T., M.D. MEDINA, Y M.A. ZAVALA, 2000. Plaguicidas organoclorados y metales pesados en sedimentos y organismos bénticos de la Bahía de Chetumal, QR pp 82-109. En Salazar-Vallejo, S.I. (coord..) Bioindicadores bénticos de la Bahía de Chetumal. Inf. Téc. SEMARNAP-ECOSUR. 109 p.
- CARRERA-PARRA, L.F.; N.E.GONZÁLEZ Y S.I. SALAZAR-VALLEJO, 1997. Bentos litoral de la bahía de Chetumal, Q.R. 46-69pp En: Ortiz, MC (coord..) Estudio emergente sobre la mortandad de bagres en la bahía de Chetumal, Q.R. Inf. Téc. ECOSUR-SIMAP 86 p.
- DEAN, W.E. JR., 1974. Determination of Carbonate and Organic Matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *J. Sedim. Petrol.*, 44:242-248.
- DÍAZ-MERLANO, J.M. Y M. PUYANA-HEGEDUS, 1994. Moluscos del Caribe Colombiano: Un Catálogo Ilustrado. Colciencias, Natura, Invemar, Bogotá, 291 pp + 78 Lám.
- ESPINA, S. Y C. VANEGAS, 1996. Ecofisiología y Contaminación, p. 45-68. In Botello, A.V. J.L. Rojas Galaviz, J.A. Benítez y D. Zárate Lomelí (Eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX Ser. Científ. 5. Univ. Autón. Campeche, México, 666 p.
- GOLBERG, E.D. 1984. The mussel watch concept, p. 5. In Sirena Noticias del programa del PNUMA para los mares regionales. Núm 23
- _____, M. KOIDE, V. HODGE, A. R. FLEGAL AND T. MARTIN, 1983. U.S. Mussel Watch: 1977-1978. Results on trace metals and radionuclides. *Est. Shelf Sci.* 16: 69-93
- GRUE, C., G. POWELL, AND M. MCHESNEY, 1982. Care of nestling by wild female starling exposed to an organophosphate pesticide. *J. Appl. Ecol.* 19: 327-335

- JOHNSON, R.K., T. WIEDERHOLM, AND D.M. ROSENBERG, 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates, p. 40-157. In Rosenberg, D.M. y Resh, V.H. (Eds.). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, NY, 488 pp.
- MARELLI, D.C. AND S. GRAY, 1983. Chronological redescrptions of *Mytilopsis sallei* and *Mytilopsis leucophaeta* of the brackish western Atlantic (Bivalvia: Dreissenidae). *Veliger* 25:185-193.
- _____, 1985. Comments on the status of recent members of the genus *Mytilopsis* (Bivalvia: Dreissenidae). *Malacol. Rev.* 18:117-122
- ODUM, E.P., 1985. Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience* 35: 419-422.
- ORTIZ-HERNÁNDEZ, M.C. AND R. SAENZ-MORALES 1999. Effects of organic material and distribution of fecal coliforms in Chetumal Bay, Quintana Roo, México. *Environ. Monit. Asses.* 55:423-434.
- PEARSON, T.H. AND ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic sucession in relation to organic enrichment and pollution of the marine enviroment . *Oceangr. Mar. Biol.* 16:229-311.
- PHILLIPS, J.H. AND K. MUTTARASIN, 1985. Trace metals in bivalve molluscs from Thailand. *Marine Environm. Res.* 15: 215-234
- RESH, V.H., 1979. Biomonitoring, species diversity indices and taxonomy, p. 241-253 In Grassle, J.F., G.P. Patil, W. Smith y C. Taille (Eds.). *Ecological Divesity in Theory and Practice*. Inter. Co-Operat. Publ. House, Fairland.
- SALAZAR-VALLEJO, S.I., 1991. Contaminación Marina: Métodos de Evaluación Biológica. CIQRO. Fondo Publ. Ed. Gob. Q. Roo, Chetumal, 193 p.
- SALAZAR-SILVA, P., 1998. Cambios en la estructura de la comunidad del macrobentos y su relación con contaminantes orgánicos en sedimentos de la bahía de Chetumal, Q. Roo. Tesis de Grado. CINVESTAV-IPN. Mérida, Yucatán, México. 105 p.
- VARGAS, J.M., 1991. Análisis granulométrico de sedimentos. Programa computarizado. Versión 1.0. Museo de Zoología. Fac. Biol. Univ. de Jalapa, Veracruz, México.