

# Caracterización Temporal y Espacial de la Macroinfauna Béntica Tropical Alrededor de Jaulas Sumergidas para el Cultivo de Peces en Mar Abierto

ANDRÉS G. MORALES-NÚÑEZ<sup>1</sup>, y MÓNICA ALFARO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Marinas Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez  
Mayagüez, Puerto Rico 00681

<sup>2</sup>Departamento de Biología Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez  
Mayagüez, Puerto Rico 00681

## RESUMEN

Con el fin de determinar si existe algún efecto sobre la comunidad béntica tropical por la introducción de alimento, la producción de desechos metabólicos de los peces y los residuos de alimento, como resultado de la actividad acuícola en mar abierto, se hizo una caracterización espacial y temporal de la macroinfauna béntica en respuesta a la ubicación de dos jaulas para el cultivo de peces en mar abierto, a 28 m de profundidad y a 3.2 km al sur de la Isla Culebra, Puerto Rico. Se realizaron muestreos bimensuales (octubre 2002 a octubre 2003) obteniendo muestras de sedimento en los sitios norte, sur, este, oeste y centro debajo de cada jaula y en un punto control. Se determinó la concentración de nutrientes, contenido de materia orgánica y textura del sedimento. La baja concentración de nutrientes fue constante en tiempo y espacio, sólo se observó un aumento significativo en el contenido de materia orgánica en octubre de 2003. El índice de diversidad Shannon-Wiener no señaló un cambio significativo en la comunidad béntica con relación al impacto de este sistema durante el año de estudio. La velocidad de la corriente (20 - 30 cm/s) y la fauna asociada alrededor de las jaulas aparentan jugar un papel importante evitando la contaminación en el área seleccionada para este tipo de acuicultura.

PALABRAS CLAVES: Cultivo de peces marinos, macroinfauna béntica, tropical

## Temporal and Spatial Characterization of Tropical Benthic Macroinfauna Around Cages Submerged for the Culture of Fish in the Open Sea

With the purpose of determining if some effect exists on the tropical benthic community by the food introduction, the production of metabolic remainders of the fish and the food remainders like result of the aquaculture in open sea, a spatial and temporal characterization of the benthic macroinfauna was done in response to the installation of two cages for open ocean fish culture placed 28 m deep and located 3.2 km south of Island Culebra, Puerto Rico. Bimonthly samplings (October 2002 to October 2003) were made to obtain sediment samples north, south, east, west and at center sites under each cage and in a control site. Nutrient concentration, organic matter content, and sediment texture were determined. The low nutrient concentration was constant over time and space; a significant increase in organic matter content was observed only in October 2003. The Shannon-Wiener Index indicated no significant change in the benthic community in relation to the impact of this system through the study year. The current speed (20-30 cm/s) and the associated fauna around the cages seem to play an important role avoiding pollution in the area selected for this type of aquaculture.

KEYWORDS: Benthic macroinfauna, marine fish culture, tropical

## INTRODUCCIÓN

Durante la última década se ha incrementando el cultivo de peces dentro de jaulas en mar abierto, razón por la cual se han creado políticas de manejo y control que permiten evaluar el impacto de esta nueva tecnología sobre los ecosistemas marinos. Aunque las corrientes oceánicas pueden dispersar rápidamente los desechos orgánicos, con el tiempo, el exceso de alimento y los desechos de los peces pueden depositarse debajo de las jaulas o alrededor de ellas, afectando así a las comunidades bénticas. En el análisis de la calidad de aguas marinas, la materia orgánica se considera el contaminante universal porque produce un enriquecimiento que ocasiona cambios en la diversidad (Méndez 2002). En el bentos este tipo de contaminación puede eliminar a los macroinvertebrados de fondos blandos (Lu y Wu 1998).

La mayoría de las investigaciones sobre las comunida-

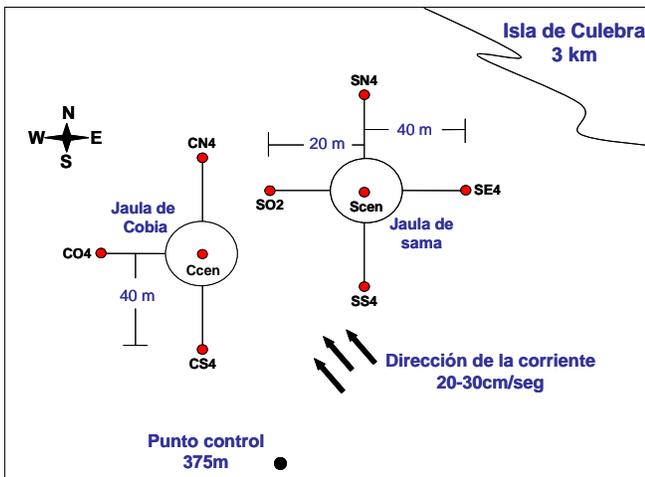
des bénticas de fondos blandos se han realizado en ambientes templados, y en un menor grado en latitudes boreales, tropicales y subtropicales. A esto, se suma el hecho que el cultivo dentro de las jaulas en mar abierto es nuevo para el área, y esta combinación de factores permitirá un aumento en los estudios para caracterizar y evaluar el impacto de esta tecnología sobre los ecosistemas tropicales.

Este estudio intenta determinar si existe algún impacto en la comunidad béntica por el aumento del contenido de materia orgánica ocasionado por la ubicación de dos jaulas de la compañía Snapperfarm, Inc, para el cultivo de cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) y de sama (*Lutjanus analis* Linnaeus, 1758). Las jaulas están localizadas a 3.2 km de la Isla de Culebra, Puerto Rico. Este estudio constituye la primera aportación sobre la composición taxonómica del bentos en esta región del Caribe.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo al suroeste de la Isla de Culebra, Puerto Rico, donde se ubicaron dos jaulas para el cultivo de peces. Las jaulas están localizadas a 3.2 km de la costa, en los 18° 16' N y 65° 19' W, a una profundidad de 28 m (90 ft), con una corriente predominante con dirección noroeste a velocidad de 20 - 30 cm/seg.

Se realizaron muestreos bimensuales durante 13 meses (octubre de 2002 a octubre de 2003). Para la toma de muestras se ubicaron cinco puntos debajo de la jaula de sama *L. analis* (centro (Scen), norte (SN4), sur (SS4), este (SE4) y oeste (SO2)) y 4 puntos debajo de la jaula de cobia *R. canadum* (centro (Ccen), norte (CN4), sur (CS4), y oeste (CO4)). El punto control se ubicó a 375 m al sur de las jaulas, en las coordenadas 18° 16.418' N, 65° 19.764' W (Figura 1). La jaula de cobia fue sembrada con 12.000 peces y la jaula de sama se sembró con 4.000 peces.



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones dentro de cada jaula y la localización del punto control en la zona de estudio.

Con la ayuda de equipo scuba autónomo, se tomaron tres muestras en cada punto, de las cuales dos fueron para datos biológicos y una para datos del sedimento. Las muestras de sedimentos se tomaron con un corazonador (diámetro 8.8 cm y área de cobertura 0.0062 m<sup>2</sup>). Una vez en tierra, las muestras fueron pasadas a través de un tamiz (con ojo de malla de 0.5mm) para la selección de la macrofauna (Holme y McIntyre 1984), se fijaron en alcohol etílico al 70% y fueron teñidas con Rosa de Bengala.

Todos los organismos fueron contados e identificados hasta el nivel taxonómico de familia, con la excepción de los moluscos y los poliquetos, que se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

El contenido de materia orgánica de los sedimentos se estimó mediante el método de pérdida de peso por ignición y de acuerdo a la metodología descrita por Holme y McIntyre (1984). Para el análisis granulométrico se realizó un tipo de tamizado en seco para fondos tipo arena (Holme y McIntyre 1984) a través de una columna graduada de

tamices (-1, -0.5, 0, 1, 1.25, 2.25, 2.75, 3.25 y 4 unidades phi ( $\phi$ ) durante de 15 minutos.

La transformación (LN (X+1)) fue aplicada a los datos de abundancia para homogenizar las varianzas y normalizar la distribución. Posteriormente, para estimar la existencia de variaciones espaciales y temporales dentro de cada jaula, con relación a la abundancia total de organismos y de cada grupo taxonómico, se realizó un análisis de varianza de dos vías y contrastes ortogonales. Asimismo, se analizaron las variaciones espacio-temporales dentro de cada jaula, el contenido de materia orgánica, nitrógeno (NH<sup>4+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), y de fósforo (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), utilizando un análisis de varianza de dos vías y contrastes ortogonales, mediante el programa estadístico Infostat 3.0 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). También se hizo una prueba de contraste entre estaciones para detectar diferencias significativas entre éstas. Por último, se hizo un análisis de clasificación y ordenación para analizar el patrón de distribución de las familias de acuerdo a las estaciones y así poder agruparlas en el espacio (Field *et al.*, 1982) utilizando el programa estadístico PRIMER-5 para Windows desarrollado en el Plymouth Marine Laboratory, Reino Unido.

La temperatura (28.2 °C), la salinidad (34.9 PSU) y el oxígeno disuelto (5.38 mg/L) promedio de la columna de agua a media profundidad se mantuvieron constantes durante el estudio.

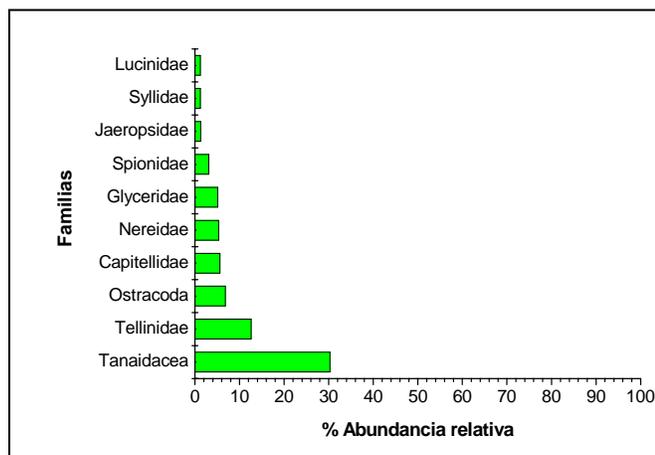
El contenido de materia orgánica en los sedimentos fluctuó entre 3.54% para abril de 2003 y 6.78% para octubre de 2003 en el punto control. Temporalmente, sólo se encontraron diferencias significativas (contrastos,  $p < 0.0001$ ) durante el mes de octubre del 2003 (último mes de muestreo), cuando se obtuvo el contenido de materia orgánica más alto.

Solo temporalmente se encontraron diferencias significativas (ANOVA de dos vías,  $p < 0.0250$ ) en la concentración de fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>-P) del sedimento, diferencias que se debieron únicamente al mes de junio de 2003.

El análisis granulométrico de los sedimentos debajo de las jaulas, alrededor de ellas y en el punto control se caracterizó por presentar arenas de tipo fino en la zona sur, este, oeste, centro de la jaula de cobia y en el sitio control. La zona norte y el centro de la jaula de sama presentaron arenas tipo medias, siendo las únicas estaciones consistentemente diferentes a los otros sitios de muestreo (Tabla 1).

Durante el tiempo del estudio se colectaron en promedio 215 ind/0.0062 m<sup>2</sup>. La mayor abundancia de individuos se encontró bajo la jaula de cobia (77.4 ind/0.0062 m<sup>2</sup>), seguida por el punto control (76.5 ind/0.0062 m<sup>2</sup>), y finalmente bajo la jaula de sama (61 ind/0.0062 m<sup>2</sup>). El grupo predominante de organismos fue el de los crustáceos, representado en su mayoría por el Orden Tanaidacea (29.0%). El segundo lugar la familia Tellinidae (11.0%) perteneciente a los moluscos, seguido por los crustáceos de la Clase Ostracoda (6.2%), los

poliquetos de las familias Nereididae (4.7%), Glyceridae (4.4%), Capitellidae (3.1%), Magelonidae (3.5%) y Spionidae (2.9%), y por último la familia Lucinidae (2.0%) de moluscos (Figura 2). El 26.0% restante de los organismos perteneció a otros grupos sin identificar y cuyo número individual fue inferior al 2%.



**Figura 2.** Abundancia relativa de las familias más representativas para ambas jaulas y el punto control

**Tabla 1.** Análisis granulométrico para los sitios de muestreo de cada una de las jaulas y el punto control.

Jaula de sama		Jaula de cobia	
Estación	Tipo de sedimento	Estación	Tipo de sedimento
SN4-03	Arena media	CN4-03	Arena fina
SS4-03	Arena fina	CS4-03	*
SE4-03	Arena fina	CE2-03	Arena fina
SO2-03	Arena fina	CO4-03	Arena fina
Scen-03	Arena media	Ccen-03	Arena fina
Control-03	Arena fina	Control-03	Arena fina

\* no se tomó la muestra

Se identificaron 73 familias de invertebrados. El primer lugar el grupo de los poliquetos, representado por 29 familias, seguido de los crustáceos con 21 familias, los moluscos con 21 familias, y los equinodermos con 2 familias.

Los poliquetos con 23 familias, en primer lugar Nereididae (17.0%), seguida de Glyceridae (13.3%), Capitellidae (9.7%), Spionidae (9.2%), Magelonidae (7.5%), Syllidae (6.2%) y Lumbrineridae (6.0%).

Los moluscos representados por 21 familias, en primer lugar Tellinidae (60.5%), luego Lucinidae (11.2%), Siphonodentaliidae (5.1%), Solemydae (5.1%) y, por último Veneridae (4.0%).

Los crustáceos pertenecieron a un total de 21 familias. A diferencia de los grupos anteriores, este grupo estuvo fuertemente representado en primer lugar por el Orden Tanaidacea (65.9%) y en segundo lugar por la clase Ostracoda (14.2%).

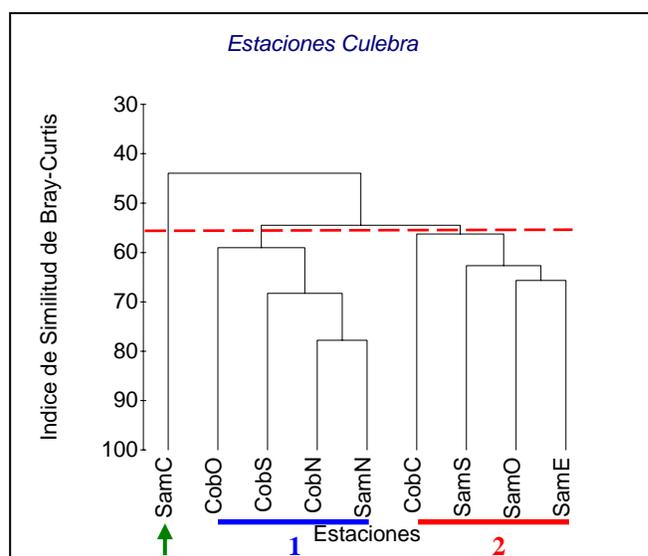
El filo de los equinodermos estuvo representado únicamente por las familias Amphiuiridae y Ophiuridae durante todo el estudio.

La abundancia total promedio (ATP) de los organismos varió significativamente (ANOVA de dos vías,  $p < 0.0125$ ) a nivel temporal. El mes de octubre de 2003 (último mes de muestreo) presentó diferencias significativas (contrastes,  $p < 0.05$ ), ya que el número total promedio de individuos para ese mes disminuyó notablemente con relación al número total promedio de los demás meses de muestreo.

A nivel espacial se establecieron diferencias significativas (ANOVA de dos vías,  $p < 0.0001$ ) con base en el número de organismos promedio y varios sitios de muestreo. Las diferencias (contrastes,  $p < 0.0017$ ) se debieron, a la ATP de los organismos de las estaciones del centro (Scen) de la jaula de sama y el centro (Ccen) de la jaula de cobia versus la ATP del punto control.

En la mayoría de las estaciones y en el punto control se observó un dominio del grupo de los crustáceos, a diferencia de la estación del centro (Scen) de la jaula de sama y de las estaciones oeste (CO4) y centro (Ccen) de la jaula de cobia, en las cuales dominaron los poliquetos.

Se eliminaron de la matriz original las familias que presentaron un porcentaje menor al 2%, quedando un total de 34 familias representadas por 1,043 individuos. El agrupamiento entre las 10 estaciones se observa en el dendrograma formado a partir del índice de similitud de Bray-Curtis (Figura 3), el cual indica la formación de dos grupos y una estación separada a un nivel de semejanza de 0.57 (línea continua) (Figura 3).



**Figura 3.** Dendrograma que muestra las asociaciones entre las estaciones durante el tiempo de estudio, formada a partir de la matriz de abundancia por familias, eliminando las familias menores al 2% y con la transformación (LN (X+1)).

El índice Bray-Curtis muestra en el dendograma dos subgrupos principales a una distancia de similitud de 57 aproximadamente. Dentro de cada subgrupo las estaciones se agrupan principalmente por jaula, con excepción de la estación SamN, que queda incluida en las estaciones de la jaula de cobia. Se observa también que dos estaciones del centro para cada jaula se separan con una distancia mayor a las otras estaciones.

La ordenación de las estaciones basada en la abundancia de las familias nos muestra la formación de grupos, corroborando las asociaciones formadas por la clasificación por medio de la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La acuicultura intensiva y la descarga de aguas residuales depositan mucha materia orgánica en el ecosistema marino, afectando las aguas superficiales y las comunidades bénticas (Hansen *et al.* 2001, Molina Domínguez *et al.* 2001, Méndez 2002). Se ha estimado que el contenido de materia orgánica en las zonas no contaminadas fluctúa entre 0.5 y 5%, mientras que los sedimentos que contienen más de 15% de materia orgánica pueden considerarse típicos de áreas contaminadas (De La Lanza 1986, Méndez 2002).

Los porcentajes de materia orgánica obtenidos durante este estudio concuerdan con lo encontrado por Molina Domínguez *et al.* (2001) en un cultivo de dorada "gilthead seabream" en las Islas Canarias, España. Los autores reportan que el contenido de materia orgánica osciló de 5 a 6% desde el comienzo de las operaciones hasta completar un año, con un rango de profundidad de 18 - 22 m y una corriente de 6 cm/s de velocidad promedio.

Nuestros datos no revelan acumulación marcada de materia orgánica en la zona de estudio. Esto sugiere que la dirección y la alta velocidad de la corriente (20 - 30cm/s), así como la profundidad del área (28 m), ayudan a la dispersión de los desechos sólidos, evitando la acumulación excesiva de materia orgánica en el sedimento debajo de las jaulas. La velocidad de la corriente es el mejor mecanismo para la dispersión de los desechos sólidos (Molina Domínguez *et al.* 2001, Hansen *et al.* 2001; Aguado-Giménez y García-García, 2004). Además, una velocidad alta incrementa el suministro de oxígeno facilitando la descomposición aeróbica de la materia orgánica (Yokoyama 2003).

Otro factor importante que evita la acumulación de materia orgánica es la presencia de peces alrededor de la jaula. En el Mar Mediterráneo (Black, 2001) y Australia (Felsing *et al.* 2005) se ha encontrado que los peces asociados a este tipo de cultivos remueven desechos y reducen el impacto de las jaulas. Adicionalmente, las jaulas juegan un papel muy similar al de los Fish Attraction Devices (FADs) ofreciendo a la fauna asociada una serie de recursos de fácil acceso para mantener sus poblaciones.

El no haber encontrado un cambio significativo, ni

espacial ni temporal, en la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ -N), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ -N) y el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) sugiere que las jaulas están ubicadas en un área donde la corriente favorece la dispersión de estos compuestos. Cabe señalarse que la velocidad de la corriente fue mucho menor en la mayoría de los estudios publicados (Molina Domínguez *et al.* 2001, Crawford 2003, Aguado-Giménez y García-García 2004, Felsing *et al.* 2005), pero fue suficiente para dispersar los desechos producidos por las jaulas. En nuestra zona de estudio la velocidad de la corriente presenta un valor mucho más alto (20 - 30 cm/s) que en los estudios mencionados anteriormente, lo cual permite una mejor y más eficiente dispersión de los desechos. Por otro lado, el exceso de nutrientes en un ambiente oligotrófico puede ser removido a una velocidad tal que las medidas siempre serán negativas. La capacidad de remoción de nutrientes por el fitoplancton en aguas oligotróficas sucede en cuestión de horas (Alfaro 2002).

Las diferencias significativas en las concentraciones de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) a nivel temporal que fueron debidas a una concentración más alta de este ión durante el mes de junio del 2003, se pueden deber a una inyección de nutrientes de aguas profundas debido a los vientos en esta región del caribe, evento que produce un aumento en la concentración de nutrientes limitantes, fenómeno que ha sido ampliamente reportado (Corredor y Morell 2001).

El aumento en la abundancia de organismos y familias durante abril coincide con la influencia de la pluma del Río Amazonas cerca de Puerto Rico (Sosa 2001, Corredor y Morell 2001). En este mes también hay una mayor penetración de la luz solar en el océano, debido a una reducción en la nubosidad, evento que aumenta la productividad primaria (Alfonso 2001, Alfaro 2002).

La tendencia a una disminución de organismos en las estaciones centrales de cada jaula puede deberse a un efecto del muerto (5 Ton), que puede crear una barrera física que impide la acumulación y desplazamiento de los individuos bentónicos.

Varias especies de poliquetos (Capitellidae, Cirratulidae, Spionidae y Dorvilleidae) sirven como indicadoras de contaminación en ambientes enriquecidos por el aumento en el contenido de materia orgánica del sedimento, ya sea por la entrada de alimento, desechos netos de los peces o por la entrada de aguas residuales (Méndez 2002, Belan 2003, Bybee y Bailey-Brock 2003, Grizzle *et al.* 2003). Durante nuestro estudio no se registró cambio alguno en la abundancia y la diversidad de las familias de poliquetos que han servido como indicadoras de contaminación ambiental en otros lugares, lo que sugiere que el impacto negativo en el suelo marino producido por la ubicación de las jaulas no es evidente hasta el momento.

Delille *et al.* (1985) reportaron que los tanaidáceos pueden encontrarse en altas densidades (10.000-140.000 ind/m<sup>2</sup>) en aguas marinas someras. Además, la plataforma continental y el talud continental presentan un gran número de tanaidáceos (Sieg y Heard 1989). La abundancia de

estos organismos es prueba sólida de la importancia ecológica que tienen en el bentos marino. A pesar de esto, este grupo ha sido ignorado en la mayoría de revisiones ecológicas (Baldinger y Gable 1996).

Los dos grupos formados mediante el índice de similitud de Bray-Curtis presentaron, en la mayoría de sus estaciones, un dominio del Orden Tanaidacea. La estación del centro de la jaula de cobia (CobC) en el grupo dos es la única que presentó un dominio de los organismos de las familias Nereididae, Tellinidae y el Orden Tanaidacea y, a su vez, es la estación con el menor índice de diversidad durante todo el estudio. Esto puede deberse a que está ubicada directamente debajo de la jaula de cobia, la cual tuvo una entrada de alimento mucho mayor, ocasionando que esta estación se encuentre más alejada de las estaciones que conforman este grupo. Por otro lado, la estación del centro de la jaula de sama (SamC) se aleja de los grupos (1 y 2) por no presentar un dominio de una familia particular y por presentar los valores más altos de diversidad durante el estudio, debido a la poca entrada de alimento en la jaula de sama.

El grupo 1 presentó una asociación entre las estaciones del norte de las jaulas debido a su parecido; esta semejanza se debe a que las estaciones están ubicadas a favor de la corriente, lo cual hace que tengan una entrada de materia orgánica adicional por la actividad del cultivo, haciendo que sus características sean muy similares para ambos lados.

### CONCLUSIONES

- Las características fisicoquímicas a través del año de estudio no reflejaron un cambio significativo en cuanto al impacto esperado por este tipo de acuicultura.
- Las características oligotróficas del área, la velocidad de la corriente prevaleciente y la fauna asociada a las jaulas pueden identificarse como elementos indispensables para la ubicación de estos sistemas de acuicultura en mar abierto.
- El aumento en la abundancia de los organismos y en el número de las familias durante el mes de abril sugiere que las comunidades bénticas, así como las planctónicas y pelágicas, responden a eventos que se registran durante este mes, ocasionados por una mayor penetración de la luz, la cual promueve la productividad primaria, y coincidiendo con la entrada de aguas superficiales ricas en nutrientes provenientes del Río Amazonas.
- Ninguna de las especies de poliquetos que han sido utilizadas como indicadores ambientales, mostraron un aumento significativo en espacio y tiempo durante el estudio.
- La caracterización taxonómica en espacio y tiempo no señaló un cambio evidente de la

comunidad béntica que limite el establecimiento de este tipo de acuicultura en regiones que cumplan con las condiciones necesarias para evitar la acumulación de material orgánico.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante este estudio, y con base en el actual manejo de producción de las jaulas el cual consiste en mantener la misma cantidad de peces sembrados para la jaula de cobia (12.000) y la jaula de sama (4.000) a una profundidad de 28m y con una velocidad promedio de la corriente de 20 a 30 cm/s, se puede determinar que estas no representan ningún tipo de contaminación por materia orgánica hasta el momento en el área de estudio.

### LITERATURA CITADA

- Aguado-Giménez, F. and B. García-García. 2004. Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to offshore cage fish farming influence: a pilot study. *Aquaculture* **242**:283-296.
- Alfaro, M. 2002. *Oceanographic Features and Zooplankton Community Structure at Mayagüez Bay, Puerto Rico*. Ph.D. Thesis. University of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 151 pp.
- Baldinger, A.J. and M.F. Gable, 1996. The occurrence of amphipods and other peracarid crustaceans in the rocky littoral zone of Bermuda. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*. **42** (4):431-439.
- Belan, T.A. 2003. Benthos abundance pattern and species composition in conditions of pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan). *Marine Pollution Bulletin* **46**:1111-1119.
- Black, K.D. 2001. Sustainability of aquaculture. Pages 199-212 in: K.D. Black (ed.) *Environmental Impacts of Aquaculture*. Sheffield Academic Press, Sheffield, England. 199-212.
- Bybee, D.R. and J.H. Bailey-Brock. 2003. Effect of Hawaiian open ocean fish culture system on the benthic community. Pages 119-128 in: C.J. Bridger and B.A. Costa-Pierce (eds.) *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Corredor, J.E. and J.M. Morell. 2001. Seasonal variation of physical and biogeochemical features in eastern Caribbean surface water. *Journal of Geophysical Research* **106**:4517-4525.
- Crawford, C. 2003. Environmental management of marine aquaculture in Tasmania, Australia. *Aquaculture* **226**: 129-138.
- Delille, D., L. D. Guidi and J. Soyer, 1985. Nutrition of *Allotanaïs hirsutus* (Crustacea, Tanaidacea) at Kerguelen Islands. Pages 378-380 in: W.R. Siegfried, P.R. Condy and R.M. Laws (eds.) *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

- De La Lanza, G. 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción. *An. Inst. Cienc. del Mar y Linol. Univ. Nal. Autón. Mexico*. **13**(1): 251-286.
- Felsing, M., B. Glencross and T. Telfer. 2005. Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment. *Aquaculture* **243**:159-174.
- Field, J., K. Clarke, and R. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution pattern. *Marine Ecology Progress Series* **8**:37-52.
- Grizzle, R.E., L.G. Ward, R. Langan, G.M. Schnaittacher, J.A. Dijkstra, and J.R. Adams. 2003. Environmental monitoring at an open ocean aquaculture site in the gulf of Maine: results for 1997-2000. Pages 105-117 in: C.J. Bridger and B.A. Costa-Pierce (eds.) *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Hansen, P.K., A. Ervik, M. Schaanning, P. Johannessen, J. Aure, T. Jahnsen, and A. Stigebrandt. 2001. Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring). *Aquaculture* **194**:75-92.
- Holme, N.A. and A.D. McIntyre (eds.). 1984. *Methods for the Study of Marine Benthos*. I.B.P., Handbook No. 16, London, England. 387 pp.
- Lu, L. and R.S.S. Wu. 1998. Recolonization and succession of marine macrobenthos in organic-enriched sediment deposited from fish farms. *Environmental Pollution* **101**:241-251.
- Méndez, N. 2002. Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Urías estuary (Sinaloa, Mexico). *Oceanológica Acta* **25**:139-147.
- Molina Domínguez, L., G. López Calero, J.M. Vergara Martín, and L. Robaina Robaina. 2001. A comparative study of sediments under a marine cage farm at Gran Canaria Island (Spain). Preliminary results. *Aquaculture* **192**:225-231.
- Sieg, J. and R.W. Heard. 1989. Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) of the Gulf of Mexico. VI. On the genus *Mesotanais* Dollfus, 1897 with descriptions of two new species, *M. longisetosus* and *M. vadicola*. *Gulf Research Reports* **8**:73-95.
- Sosa, E.A. 2001. *Variabilidad Temporal de la Producción Primaria Fitoplanctónica en la Estación CATs (Caribbean Time Series Station): con Énfasis en el Impacto de la Marea Interna Semidiurna sobre la Producción*. Tesis de Ph.D. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 402 pp.
- Yokoyama, H. 2003. Environmental quality criteria for fish farms in Japan. *Aquaculture* **226**:45-56.