

Caracterización de la Calidad del Agua en Áreas Potenciales para Acuicultura en la Costa Sur del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela

KARLA RIVAS¹, AMELIA LA BARBERA¹, MIGUEL CARPIO¹,
ELVIS VILLARROEL², ENRIQUE VÁSQUEZ¹, y CÉSAR GRAZIANI¹

¹ *Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (FIDAES), Cumaná, Venezuela*

² *Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*

RESUMEN

La caracterización de la calidad del agua en una zona potencial para acuicultura marina, permite conocer su grado de contaminación. Con este propósito, se establecieron en La Fragata, estado Sucre, Venezuela (E 396460; N 1155453) 10 estaciones. Los muestreos se realizaron desde junio-2007 a septiembre-2008. Se tomaron muestras de agua para determinar el índice de coliformes totales (CT) y fecales (CF) y presencia de *Escherichia coli*. Se midieron en el agua de mar: temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto y se muestreó con una red de plancton (25 µm) para identificar microalgas toxigénicas. Los resultados obtenidos expresan variación en las concentraciones promedio de coliformes, que fluctuaron entre 0-19,92 y 0-10,98 NMP CT y CF /100 ml, respectivamente. Estos valores están ajustados a lo permitido por la legislación ambiental venezolana. La prueba de Kruskal Wallis evidenció diferencias significativas en la densidad de CT y CF con respecto a los meses ($p = 3,93 \times 10^{-9}$ y $2,14 \times 10^{-9}$, respectivamente). Las mayores densidades bacterianas se detectaron en junio-2007, causadas probablemente por las precipitaciones y el movimiento de las masas de agua. *E. coli* estuvo presente sólo en ciertas épocas del año y asociadas con lluvias. La temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH oscilaron entre 21,3 - 28,9 °C; 35,0 - 36,7 ‰, 5,03 - 9,03 mg/l y 7,15 - 7,94, respectivamente. El fitoplancton estuvo constituido por diatomeas y dinoflagelados, sin que se observaran especies tóxicas durante el período analizado. Los resultados indican que la calidad del agua del área es satisfactoria, cumple con lo exigido por la norma y es apta para desarrollar acuicultura.

PALABRAS CLAVES: Calidad del agua, acuicultura, coliformes

Characterization of Water Quality in Potential Areas for Aquaculture on the Southern Coast of the Gulf of Cariaco, Sucre State, Venezuela

The characterization of water quality in a potential area for marine aquaculture allows knowing the degree of contamination. With this purpose were established 10 sampling locations in La Fragata, Sucre state, Venezuela (E 396460, N 1155453). The sampling was conducted from June 2007 to September 2008. Water samples were taken to determine the indices of total coliforms (TC) and fecal coliforms (FC) and the presence of *Escherichia coli*. The following parameters were measured in seawater: temperature, salinity, pH and dissolved oxygen and samples were taken with a plankton net (25 µm) to identify toxigenic microalgae. Results show the variation in the average concentrations of coliforms, which ranged between 0-19,92 and 0-10,98 TC y FC MPN/100 ml, respectively. These values comply with the Venezuelan environmental legislation. The Kruskal Wallis test showed significant differences between density of TC and FC in relation to time ($p = 3,93 \times 10^{-9}$ y $2,14 \times 10^{-9}$, respectively). The largest bacterial densities were detected in June 2007, probably caused by precipitation and the movement of water masses. *E. coli* was present only at certain times of year and associated with the rain. Water temperature, salinity, dissolved oxygen and pH ranged between 21.3 - 28.9°C; 35.0 - 36.7 ‰, 5.03 - 9.03 mg/l and 7.15 - 7.94, respectively. The phytoplankton consisted of diatoms and dinoflagellates, and toxic species were not observed during the period analyzed. Results indicate that water quality in the area is satisfactory, complies with the requirements of the norm and is suitable for aquaculture.

KEY WORDS: Water quality, aquaculture, coliforms

Caractérisation de la Qualité de l'eau dans les Régions Potentielles pour l'aquaculture sur la Côte du Sud du Golfe de Cariaco, État de Sucre, Venezuela

La caractérisation de la qualité de l'eau dans une zone potentielle d'aquaculture marine permet de connaître le degré de contamination. Dans ce but, 10 sites d'échantillonnage à La Fragata, État de Sucre, Venezuela (E 396460 N 1155453) ont été mis en place. L'échantillonnage a été effectué à partir de juin 2007 à septembre 2008. Des échantillons d'eau ont été pris pour déterminer les indices de coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux (CF) et la présence d'*Escherichia coli*. Les paramètres suivants ont été mesurés dans l'eau de mer : température, salinité, pH et oxygène dissous et des échantillons ont été pris avec un filet à plancton (25 µm) afin d'identifier les microalgues génotoxiques. Les résultats montrent une variation de la moyenne des concentrations de coliformes, qui se situaient entre 0-45 et 0-29 TC y CF NPP/100 ml, respectivement. Ces valeurs se conforment à la législation environnementale du Venezuela. Le test de Kruskal Wallis a montré des différences significatives entre la densité du TC et du FC par rapport au temps ($p = 5,76 \times 10^{-7}$ y $8,19 \times 10^{-8}$, respectivement). Les plus grandes densités de bactéries ont été détectées en juin 2007, probablement causé par les précipitations et la circulation des masses d'eau. *E. coli* est présent uniquement à certains moments de l'année et est associé à la pluie. Température de l'eau, salinité, oxygène dissous et pH compris entre 21,3 à 28,9 °C; 35,0 à 36,7 ‰, de 5,03 à 9,03 mg / l et de 7,15 à 7,94, respectivement. Le phytoplancton se composait de diatomées et les dinoflagellés et les espèces toxiques n'ont pas été observés au cours de la période analysée. Les résultats indiquent que la qualité de l'eau dans la zone est satisfaisante, conforme aux exigences de la norme et est adapté pour l'aquaculture.

MOTS CLÉS: Qualité de l'eau, agents pathogènes, mariculture, aquaculture, coliformes

INTRODUCCION

El desarrollo de la acuicultura costera pasa por un buen entendimiento con el medio ambiente, respetándolo y realizando acciones que tiendan a disminuir los posibles impactos que se deriven de dicha actividad (González 2007). Los sistemas acuícolas abiertos se encuentran más expuestos a los patógenos del medio ambiente natural y se debe tener un buen manejo. Sin embargo, medidas proactivas como la ubicación adecuada de la instalación acuícola, elección de las especies a cultivar, sistemas de cultivo adecuados, planes de contingencia y sistemas de monitorización pueden reducir este riesgo (UICN 2007).

En el estado Sucre, se impulsan acciones para establecer un desarrollo sostenible de la acuicultura, orientándose las iniciativas principalmente hacia el cultivo de peces y moluscos bivalvos. Dentro de estas acciones, es conveniente realizar estudios ambientales que permitan diagnosticar y monitorear las condiciones de las zonas pre-seleccionadas. Si bien en las costas del estado Sucre, se han realizado evaluaciones ambientales y de calidad en varias áreas de crecimiento natural de organismos de importancia comercial, no se ha hecho en los espacios acuáticos marinos una certificación de áreas. Realizar actividades de cultivo, en áreas que no presentan garantía en su calidad ambiental, constituye una limitante al tratar de impulsar la comercialización de sus productos, tanto en mercados externos como internos, así como el aumento del riesgo para la salud pública. De allí que la certificación de áreas, es un proceso necesario para emprender actividades dirigidas a establecer cultivos de organismos y debe considerar el estudio de variables ambientales, microbiológicas y toxicológicas que tiendan a modificar la calidad de las aguas, en donde los organismos crecerán y que podrían incidir en la inocuidad del producto final. Este trabajo tiene por finalidad, caracterizar la calidad del agua en una zona potencial para desarrollar cultivos de organismos marinos.

MATERIALES Y METODOS

Para iniciar este trabajo se ubicó un sector en La Fragata, Golfo de Cariaco (Coordenadas UTM: E 396460; N 1155453) en el Estado Sucre, se seleccionaron diez (10) estaciones de muestreo y se identificaron los puntos que pudieran representar riesgos de contaminación (Figura 1). Los muestreos se realizaron de junio-2007 a septiembre-2008. Se tomaron muestras de agua para determinar parámetros microbiológicos tales como, índice de coliformes totales y fecales por el método de fermentación en tubos múltiples (APHA 1995, FDA, 1990) y presencia de *Escherichia coli* (Covenin 1104: 1996). Se determinó temperatura y salinidad en el agua con un salinómetro inductivo YSI 30, el pH con un pHmetro portátil HI 9025 y el oxígeno disuelto con un oxigenómetro inductivo YSI 55; adicionalmente, se tomaron muestras de agua con una red de plancton de 25 μm para identificar microalgas toxigénicas. Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskall Wallis para determinar si existían diferencias entre la densidad de coliformes totales y fecales con respecto a las estaciones y meses muestreados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la comparación de los resultados obtenidos en la densidad de coliformes detectados en el agua se tomó en cuenta las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5 021 (18 de diciembre de 1995) del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), las aguas tipo 3, es decir, aguas destinadas a la cría, explotación y mantenimiento de la vida acuática, no deben superar los 70 NMP/100 ml coliformes totales y 14 NMP/100 ml coliformes fecales. Asimismo, se consideraron los índices reportados para varios países por la World Health Organization (WHO, 1999) para zonas de cultivo de moluscos con rangos que deben estar por debajo de 90 –

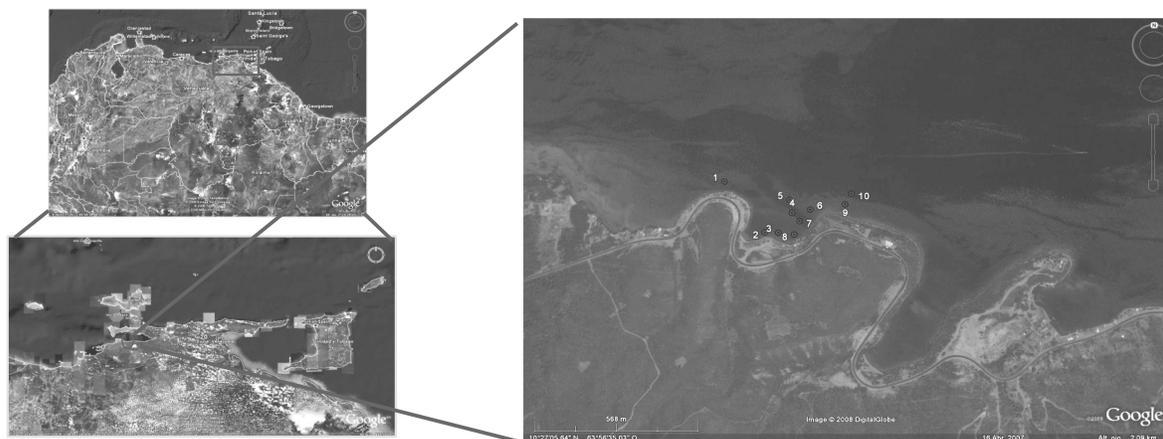


Figura 1. Situación geográfica de la localidad La Fragata, ubicada en el Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela mostrando estaciones de muestreo.

1000 coliformes totales/100 ml y por debajo de 10 – 1000 coliformes fecales/100 ml.

En la Figura 2 se muestra la distribución en la densidad de coliformes totales y fecales durante los meses en estudio, cuyos valores promedios fluctuaron entre 0 coli. tot y coli. fec./100 ml durante los meses de marzo, julio, agosto y septiembre-2008 y los mayores promedios bacterianos para junio-2007 que correspondieron a 19,92 y 10,98 coli. tot y coli. fec./100 ml, respectivamente, causado probablemente por las precipitaciones y el movimiento de las masas de agua producto del fenómeno de surgencia, lo cual pudo contribuir al aumento a la entrada y resuspensión de estos indicadores en el agua y sin embargo, se evidencia que aún expuesta a factores ambientales adversos que podrían afectar su calidad sanitaria, esta zona presenta niveles bacterianos óptimos y que se ajustan a lo permitido por la legislación venezolana y a lo señalado por WHO (1999).

Los datos reportados no cumplieron con los supuestos de normalidad por lo cual se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, la cual evidenció diferencias en la densidad de coliformes totales y fecales con respecto a los meses muestreados (K-W = 61,99; $p = 3,93 \times 10^{-9}$ y K-W = 63,40; $p = 2,14 \times 10^{-9}$, respectivamente) y mediante la prueba de Mann-Whitney se constató un comportamiento similar para ciertos meses (junio, septiembre, octubre,

noviembre y diciembre de 2007, así como abril, mayo y junio-2008) en los cuales hubo detección de coliformes totales y fecales en el agua e involucraron la afectación por factores ambientales (escorrentías producto de lluvias, surgencia, etc) y actividades antropogénicas en el área.

Aunque estadísticamente no existen diferencias significativas entre la densidad de coliformes totales y fecales con respecto a las estaciones de muestreo (KW= 3,96; $p = 0,91$ y KW = 3,46; $p = 0,94$, respectivamente), las estaciones 2 y 3 ubicadas en la zona cercana a la orilla reportaron los mayores valores puntuales de coliformes totales (45 y 39 NMP/100ml) y fecales (29 y 23 NMP/100ml). con respecto a la zona muestreada más alejada de la costa, lo cual pudo relacionarse con su ubicación próximas a la costa, que las lleva a verse afectadas directamente por escorrentías, gran afluencia de aves marinas y por actividades propias del caserío, que pudiesen afectar puntualmente la calidad del agua. Lo cual hace necesario plantear la ubicación de los sistemas de cultivo hacia el área más alejada de la costa que se ve menos afectada por los factores señalados anteriormente.

La entrada de bacterias coliformes por escorrentías viene favorecida por la protección que provee la arena y partículas presentes en la orilla, que pueden actuar como una barrera física que evita la inactivación de las células bacterianas por la irradiación solar (Noble *et al.* 2004). De hecho, Beversdorf *et al.* (2006) señalaron que la radiación UV puede inactivar a los coliformes como *E. coli* en la columna de agua, especialmente en aguas claras como la presente en La Fragata, fenómeno que puede estarse dando frecuentemente; sin embargo el aumento de la turbidez del agua por una alta entrada de material particulado tal como ocurre durante la época de lluvias pueden frenar estos procesos.

Escherichia coli estuvo presente en muy bajo número solo en ciertas épocas del año y asociadas con lluvias, particularmente en los meses de septiembre-2007 en las estaciones 3, 5 y 10 y en octubre-2007 en las estaciones 2, 3 y 4 (Tabla 1). Aunque detectada en pocas oportunidades y su entrada se deba a causas puntuales, es necesario estar alerta a su presencia cuando se realice acuicultura en la zona, porque se ha demostrado que en climas tropicales *E. coli* puede formar parte del 44,5% de los coliformes totales aislados y constituir entre el 10 y 73% de los coliformes termotolerantes (Solo-Gabriele *et al.* 2000) y su presencia en un cuerpo de agua abre la posibilidad de que existan otras bacterias entéricas patógenas para el hombre, tales como *Salmonella* sp., *Shigella* sp. y *Vibrio* sp. (Serrano *et al.* 1998).

La temperatura y salinidad en los meses estudiados mostraron el patrón típico de comportamiento del Golfo de Cariaco (21,3 – 28,9°C; 35,0- 36,7‰). Acosta *et al.*, 2006 concordaban en que la temperatura superficial del agua en el Golfo de Cariaco mostraba una fuerte variación anual, registrándose los valores más altos (29°C) hacia octubre, para descender progresivamente hasta finales de año. El

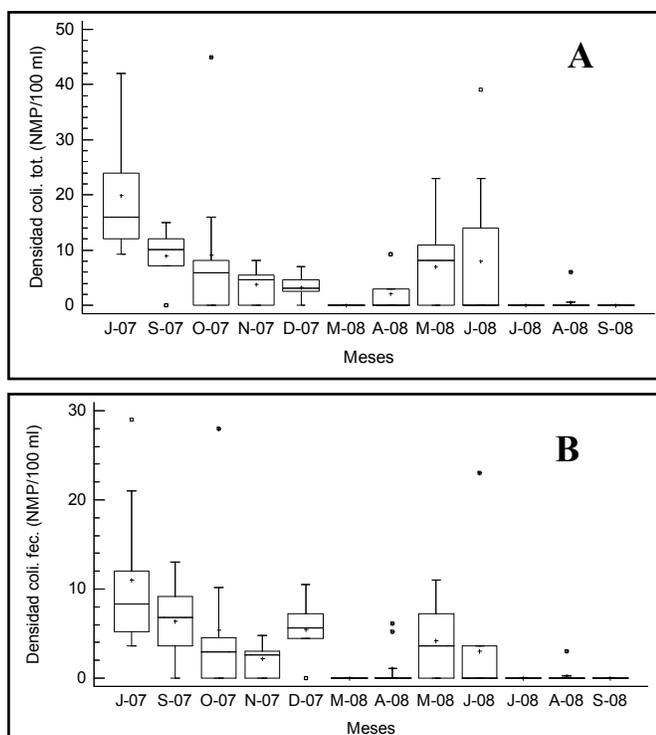


Figura 2. Concentración de coliformes totales (a) y coliformes fecales (b) (NMP/100 ml) de junio de 2007 a septiembre de 2008 en La Fragata, Municipio Bolívar, estado Sucre.

oxígeno disuelto varió entre 5,03 a 9,03 mg/l y el pH osciló entre 7,15 a 7,94 (Figura 3). En líneas generales, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de mar son óptimas por encontrarse por encima de los 5 mg/l, que corresponde a un 60% del valor de saturación (Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5021 del 18 de diciembre de 1995). Esta zona puede considerarse apta para el cultivo de especies marinas, dado que los niveles de oxígeno disuelto son óptimos para asegurar la vida de las especies por la buena circulación de corrientes y los desequilibrios que podrían darse en la concentración de este parámetro podrían deberse a situaciones puntuales como, escorrentías o una alta densidad de peces en las jaulas de engorde durante un momento dado.

En líneas generales, se observó una estrecha relación entre ocurrencia de lluvias y la presencia de coliformes fecales. Los resultados permiten inferir que la calidad del agua del área es satisfactoria, cumple con lo exigido por la norma y es una zona apta para desarrollar cultivos de organismos marinos, objetivo final de esta investigación.

El fitoplancton estuvo constituido por diatomeas y dinoflagelados, en este último grupo no estuvieron presentes especies toxigénicas que podrían afectar los cultivos establecidos en la zona, ello no descarta su presencia en los meses sucesivos.

CONCLUSION

La calidad del agua del área es satisfactoria, por lo tanto cumple es una zona apta para desarrollar cultivos de organismos marinos.

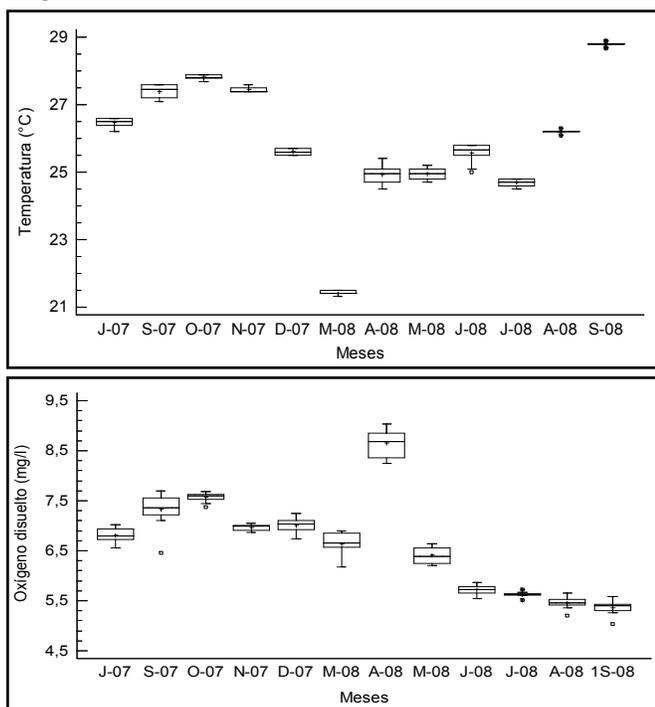


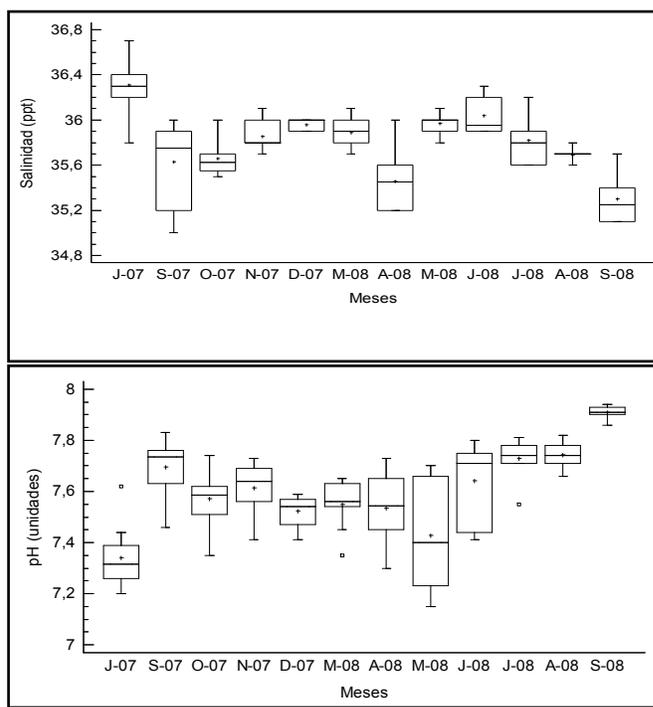
Figura 3. Distribución mensual de los parámetros fisicoquímicos en el agua de mar: temperatura (°C), salinidad (‰), oxígeno disuelto (mg/l) y pH (unidades) desde junio-2007 a Septiembre-2008 en La Fragata, Municipio Bolívar, Estado Sucre.

Tabla 1. Presencia de *Escherichia coli* de junio-2007 a septiembre-2008 en La Fragata, Municipio Bolívar, estado Sucre.

		ESTACIONES									
FECHA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jun-07		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sept-07		-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
Oct-07		-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Nov-07		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dic-07		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marz-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abril-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
May-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jul-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ag-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sept-08		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RECOMENDACIONES

Es necesario mantener un monitoreo periódico de las condiciones sanitarias del agua y de los ejemplares cultivados para asegurar que la materia prima pueda ser consumida y/o comercializada de forma segura.



LITERATURA CITADA

- Acosta, V., A. Prieto, y C. Lodeiros. 2006. Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia:Mytilidae) bajo un sistema suspendido de cultivo en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Tropical* **24**(2):177-192.
- American Public Health Association. APHA. 1992. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 3rd Edition*. Vanderzaut and D.F. Sphittstoesser Edit, Washington, D.C. USA. 1134 pp.
- Beversdorf, L., S. Bornstein-Forst, and S. McLellan. 2006. The potential for beach sand to serve as a reservoir for *Escherichia coli* and the physical influences on cell die-off. *Journal Applied Microbiology* **102**(5):1364-5072.
- Covenin 1104: 1996. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli*. *Segunda Revisión*. 15 pp.
- FDA. 1990a. Sanitation of shellfish growing areas. National shellfish sanitation program. Manual of Operations. Part. I. U.S. Dep. of Health and Human Services. Public Health Service. Food and Drug Administration, Washington, D.C., USA.
- FDA. 1990b. Sanitation of harvesting, processing and distribution of shellfish. National shellfish sanitation program. Manual of Operations. Part. II. U.S. Dep. of Health and Human Services. Public Health Service. Food and Drug Administration, Washington, D.C., U.S.A.
- Gaceta Oficial No. 5021. Extraordinario, del 18-12-1995. Decreto 883 del 11-10-95. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos., p.4. Caracas; D.F. Venezuela.
- González, M. 2007. La sostenibilidad de la acuicultura en Canarias. *Foro Acta Recursos Marinos Rías Gallegas* **9**:99-108.
- Noble, R., I. Lee, and K. Schiff. 2004. Inactivation of indicator microorganisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater. *Journal Applied Microbiology* **96**:464-472.
- Serrano, E., B. Marcano, M. Solaun, J. Aurrekoetxea, and J. Ibarluzea. 1998. The influence of environmental factors on microbiological indicators of coastal water pollution. *Water Science and Technology* **38**(12):195-198.
- Solo-Gabriele, M. M. Wolfert, T. Desmarais, and C. Palmer. 2000. Sources of *Escherichia coli* in a coastal subtropical environment. *Applied Environment Microbiology* **66**(1):230-237.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). 2007. Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. Interacciones entre la Acuicultura y el Medio Ambiente. UICN, Gland, Suiza y Málaga, España. VI. 114 páginas.
- World Health Organization (WHO). 1999. Health-based monitoring of recreational waters: The feasibility of a new approach (The 'Annapolis protocol'). Geneva, Switzerland.

ABSTRACTS
FROM
POSTER SESSION

62ND GULF AND CARIBBEAN
FISHERIES INSTITUTE