



## Reseña histórica de las investigaciones realizadas sobre microbiología marina en el Golfo de Batabanó, Cuba

### *Historical review on marine microbial researches carried out in the Gulf of Batabanó, Cuba*

María Elena Miravet Regalado

Instituto de Oceanología. Ave 1ra No. 18406, entre 184 y 186. Rpto. Flores. Playa. Ciudad de La Habana, Cuba. [maelena@oceano.inf.cu](mailto:maelena@oceano.inf.cu)

#### Resumen

El Golfo de Batabanó o plataforma sur occidental de Cuba es una de las regiones más estudiadas de la plataforma submarina debido a su significativa contribución a la pesca y el turismo. Desde el punto de vista microbiológico, las investigaciones realizadas en esta zona han permitido conocer la calidad y condiciones tróficas de sus aguas, la intensidad con que ocurre la degradación de la materia orgánica, la magnitud de la biomasa bacteriana disponible como alimento a otros organismos de la trama alimentaria y la distribución, abundancia y diversidad de especies microbianas presentes en los hábitat que conforman el golfo. En el presente trabajo se presenta una reseña histórica que recorre los 25 trabajos de microbiología marina realizados en el Golfo de Batabanó desde 1982 hasta el 2009.

#### Abstract

The Gulf of Batabanó or Cuban south-western shelf is one of the most studied regions in the submarine shelf, due to its significant contribution to fisheries and tourism. From the microbiological point of view, researches carried out in this area allowed better knowledge of the water quality and trophic conditions, the organic matter degradation intensity, the magnitude of available bacterial biomass as food for other organisms in the trophic web; as well as the distribution, abundance and diversity of microbial species present in the different habitats comprised in the gulf. This work presents a historical review of 25 marine microbiology research papers developed in the Gulf of Batabanó from 1982 to 2009.

**Palabras claves:** Reseña histórica, microbiología marina, Golfo de Batabanó.

**Key words:** *Historical review, marine microbiology, Gulf of Batabano.*

El Golfo de Batabanó comprende un mar somero que se extiende sobre la más amplia porción de la plataforma insular cubana (ICH, 1989), formando parte de la ecorregión IV "Archipiélago de los Canareos" (Areces, Alcolado, García, Espinosa, Lugioyo, Miravet y colectivo de autores, 2009). Durante años ha sido el sitio más estudiado de la plataforma submarina debido a su significativa contribución a la pesca y el turismo, por lo que se considera una de las regiones de mayor importancia económica del país.

Antes de 1982 los trabajos de microbiología realizados en esta área son escasos y se limitaron a la caracterización microbiológica de las aguas y fangos de las playas Guanímar, Cajío y Rosario (Álvarez, Miravet, Lugioyo y Capó, 1981), situadas al sur de la provincia Habana, debido a las propiedades medicinales que presentan sus aguas y sedimentos.

A partir de 1982, comenzaron los trabajos de microbiología marina en el área extensa que ocupa el Golfo de Batabanó, como parte de las investigaciones del Programa Principal Estatal “Aprovechamiento integral de la langosta”, cuyo objetivo principal fue describir de manera multidisciplinaria, el marco ambiental donde habita la langosta *Panulirus argus* Latreille, principal recurso pesquero de esta zona de la plataforma.

Este trabajo marcó una nueva etapa dentro de las investigaciones de microbiología marina en Cuba ya que, además de la distribución cualitativa y cuantitativa de bacterias heterótrofas en las aguas, se determinaron por primera vez el número total de microorganismos, la biomasa y productividad bacteriana y la intensidad del proceso de descomposición aerobio de la materia orgánica, parámetros que aportaron información sobre el estado trófico y la capacidad de auto depuración del ecosistema.

Como resultados de este proyecto (1982-1983), además de obtenerse información novedosa de carácter científico (Tabla 1:1), se logró establecer una metodología para futuros muestreos microbiológicos, y se pusieron a punto las nuevas técnicas de Ecología microbiana marina introducidas durante la ejecución de esta investigación.

Los resultados obtenidos demostraron que en la columna de agua la distribución vertical de bacterias heterótrofas en el Golfo de Batabanó es homogénea, lo que corroboró la existencia de una mezcla vertical efectiva como se infiere de los trabajos de hidrología de Emilsson y Tápanes (1971) y de la distribución de los elementos biogénicos (Luis-Riera, 1972). Esto permitió establecer un único nivel de profundidad como estrategia metodológica para futuros muestreos en el golfo.

A escala espacial, las concentraciones de bacterias heterótrofas variaron entre  $1,65$  y  $5,50 \times 10^2$  UFC/mL en 1982 ( $X_m: 3,13 \times 10^2 \pm 0,05$  UFC/mL) y entre  $1,56$  y  $5,55 \times 10^2$  UFC/mL en 1983 ( $X_m: 2,84 \times 10^2 \pm 0,05$  UFC/mL), sin que se encontraran diferencias significativas ( $p = 0,05$ ) entre las estaciones en ninguno de los cruceros.

En estos dos años de investigación no fue posible reconocer un patrón espacial de distribución de bacterias heterótrofas en las aguas, posiblemente, debido al pequeño número de estaciones de muestreo (Figura1).

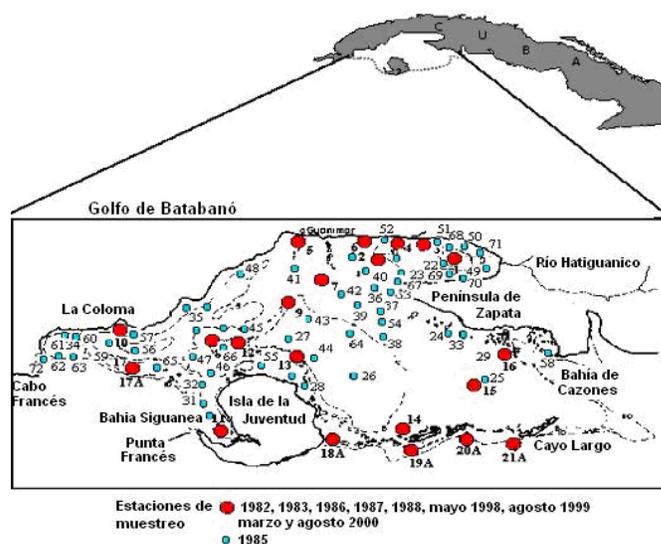


Figura 1. Ubicación esquemática de las estaciones de muestreos microbiológicos en el Golfo de Batabanó.  
 Figure 1. Schematic location of sampling stations for microbiology works in the Gulf of Batabanó.



En cuanto a las variaciones estacionales de la concentración de bacterias heterótrofas, se demostró que las fluctuaciones encontradas estaban asociadas a las condiciones meteorológicas imperantes en la localidad. En el 70 % de las estaciones las mayores concentraciones de bacterias heterótrofas se registraron en los meses lluviosos y también, durante la ocurrencia de marejadas provocadas por los vientos del sur, o por el efecto del paso de frentes fríos. Dada la poca profundidad de esta zona (promedio 6 m), las fuertes marejadas causan la resuspensión de las primeras capas del sedimento, lo cual enriquece de manera eventual la columna de agua con bacterias y materia orgánica.

En este período, el cálculo del tiempo de duplicación de las comunidades bacterianas *in situ* arrojó valores entre 2.2 y 120 h y no se encontró correlación significativa entre este parámetro y la temperatura, como ocurre en experimentos controlados de laboratorio, posiblemente, porque las condiciones dinámicas del medio marino y la variedad de factores que influyen en el desarrollo de estos microorganismos interactúan de manera sinérgica determinando su tiempo de duplicación.

La productividad bacteriana en general, resultó baja: entre 0.04 y 1.24 mg C/m<sup>3</sup> diario en 1982 y entre 0.30 y 1.04 mg C/m<sup>3</sup> por día en 1983, semejante en magnitud al valor mínimo reportado para aguas superficiales de la región tropical oligotrófica del Océano Pacífico y las aguas pelágicas del Mar Negro (Sorokin, 1971) e inferior a lo que encontraron Lee y Bong (2008) en las aguas costeras de la Península de Malasia.

La productividad bacteriana es el proceso “clave” que origina el flujo de materia orgánica disuelta a través del lazo microbiano (microbial loop), particularmente importante en esta región cuya trama trófica se asienta en el detrito (Areces *et al.* 2009).

Thingstad (2000) afirmó que cuando el tiempo de duplicación de las comunidades bacterianas *in situ* es corto y coincide con bajos valores de productividad bacteriana puede estar ocurriendo una pérdida de biomasa bacteriana que puede estar asociada a un alto consumo por parte de depredadores eucariontes o a la lisis celular. En la macrolaguna del golfo, Alcolado (1990) informó que los organismos detritófagos y filtradores abundan, por lo que el efecto de la depredación no debe despreciarse.

En algunos trabajos, la productividad bacteriana y la abundancia de bacterias se han correlacionado significativamente con la producción primaria y con la biomasa fitoplanctónica. Sin embargo, Ducklow (2000) demostró que esto no se cumple en aguas donde la producción bacteriana está sustentada por materia orgánica de origen terrestre que llega constantemente al sistema, dando lugar a que en muchas ocasiones, la producción bacteriana exceda a la producción primaria, como ocurre en zonas estuarinas. No obstante, Lee y Bong (2008) encontraron que en sistemas tropicales de diferentes estados tróficos, el acople entre bacterias y fitoplancton puede observarse claramente aún durante condiciones heterotróficas netas.

El Golfo de Batabanó, es una zona relativamente poco profunda y las principales fuentes de materia orgánica son los pastos marinos o praderas de *Thalassia testudinum* que predominan en sus fondos, los manglares que bordean la mayor parte de las costas y los cayos adyacentes, y en lugares específicos, el aporte de los ríos y el escurrimiento terrestre que se incrementan durante la temporada lluviosa, por tanto, la contribución de la producción primaria en el golfo no parece ser relevante (Kabanova, 1977).

En cuanto a la disponibilidad de biomasa bacteriana en la macrolaguna, los valores obtenidos en estos años 1982-1983 variaron entre 1.38 y 6.02 mg C/m<sup>3</sup> ( $X_m$ :  $3.17 \pm 0.25$  mg C/m<sup>3</sup>). Estos valores coincidieron con los informados por Sorokin (1971) para aguas tropicales de divergencias y se encuentran por encima del intervalo de valores para aguas oligotróficas tropicales (0.01-0.03 mg /m<sup>3</sup>).



La tasa de mineralización aerobia en las aguas, considerando los cruceros realizados en 1983, varió entre 28.8 y 131.0 mg carbono/m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup> ( $X_m$ : 59.3 mg carbono/m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>) correspondiendo los valores mayores a la estación situada en la Ensenada de La Broa y los menores a la estación situada en Diego Pérez. Los mayores valores de mineralización de la materia orgánica no necesariamente deben coincidir con elevados valores de concentración de bacterias heterótrofas, ya que puede haber poblaciones bacterianas poco numerosas y muy activas o viceversa.

Durante el período 1982 - 1983, el estado trófico de las aguas en el golfo se clasificó como “mesotrófico con tendencias oligotróficas”, según el resultado obtenido aplicando el índice microbiológico que recomienda Romanenko (1979).

En cuanto a la composición cualitativa de las comunidades bacterianas en las aguas del golfo, la diversidad resultó amplia. De un total de 139 cepas, se identificaron hasta género 109, nueve no crecieron y 21 aislados resultaron dudosos. Debe destacarse que en julio de 1983 se reportó por primera vez para la plataforma cubana, el aislamiento de bacterias luminiscentes de la especie *Photobacterium leiognathi* Boisvert *et al.* (1967), en una muestra de agua del fondo en una estación situada en el extremo **E** de la macrolaguna, lo que indica la entrada de aguas oceánicas a la plataforma por esta zona. Los géneros *Flavobacterium* y *Micrococcus* fueron aislados en todas las estaciones, mientras que en la estación ubicada al **NE** de Gerona estuvieron presentes todos los géneros referidos anteriormente, excepto *Photobacterium*.

En 1986 comenzó un nuevo Proyecto de Investigación (Tabla 1:4) cuyo objetivo principal fue ampliar el conocimiento sobre la actividad microbiana en el golfo, a partir de la introducción de técnicas analíticas para la determinación de diferentes formas de la materia orgánica (proteínas, carbohidratos y lípidos) y la magnitud de la actividad específica de descomposición microbiana de estas macromoléculas. También, se determinó, por primera vez en el golfo, la concentración de bacterias heterótrofas aerobias en la capa superficial de los sedimentos en los diferentes biotopos (Tabla 1:8).

Los resultados obtenidos demostraron que las proteínas y carbohidratos suspendidos en las aguas del golfo estaban en mayor concentración (54.0 y 49.5 µg/mL, respectivamente) que los lípidos (17µg/mL), mientras que en los sedimentos los lípidos resultaron la forma predominante de materia orgánica. En los sedimentos los lípidos alcanzaron una concentración promedio de 4455 µg/g, mientras que las proteínas y los carbohidratos se encontraron en menores concentraciones (1109.0 y 257.0 µg/g, respectivamente). Comparando con los valores de carbohidratos totales que informaron Burney, Davis, Johnson y Sieburth (1982) para las aguas del **NW** del Mar Caribe (entre 0.25 y 0.3 µg/mL), en las aguas de la macrolaguna los valores de carbohidratos fueron mayores, lo que puede deberse al aporte de la vegetación bentónica que abunda en los sedimentos del golfo.

En cuanto a las actividades enzimáticas de hidrólisis de estas formas de materia orgánica, la descomposición de carbohidratos (amilolisis) alcanzó los valores más altos, variando entre 0.04 y 0.85 nkat/mL en las aguas y entre 8.0 y 117.0 nkat/mL en los sedimentos.

En la Ensenada de la Broa se encontraron las comunidades bacterianas más activas que en las otras estaciones, a pesar de que en esta estación las concentraciones de bacterias heterótrofas aerobias fueron bajas, tanto en las aguas (entre 1.0 y 20.0 x 10<sup>2</sup> UFC/mL), como en los sedimentos (entre 6.5 y 50.0 x 10<sup>4</sup> UFC/g).

LLuis-Riera (1983) informó que en la Ensenada de la Broa los niveles de nutrientes en los cruceros realizados entre 1982 y 1983 fueron más altos que en el resto del golfo, llegando a superar en unas 2 - 4 veces los valores registrados en las restantes áreas del golfo. Sin embargo, a pesar de recibir un gran aporte terrígeno a consecuencia de los arrastres de los



ríos, en los sedimentos de la Ensenada de la Broa, Popowski, Campos y Borrero (1992) encontraron un bajo contenido de materia orgánica particulada ( $3\ 500\ \text{mg/m}^3$ ), así como un bajo contenido de carbono orgánico (2.1%), lo que indica que la materia orgánica que llega a esta zona presenta un avanzado grado de degradación, por tanto, debe predominar el proceso de quimiosíntesis sobre el heterotrofismo.

Durante esta investigación (1986-88) se registraron promedios anuales de concentración de bacterias heterótrofas en las aguas del golfo de un orden superior a los promedios de los años 1982 y 1983 (Tabla 2), excepto en una estación situada en el extremo **E** del golfo, en un biotopo de arena oolítica.

Tabla 2. Concentración de bacterias heterótrofas (BH) en las aguas de la macrolaguna en los años 1982, 1983, 1986, 1987 y 1988.

Table 2. Heterotrophic bacteria concentration (BH) in macrolagune waters on 1982, 1983, 1986, 1987 and 1988.

Años	BH x 10 <sup>2</sup> UFC/mL		
	Promedio±DS*	Mínimo	Máximo
1982	3.13±0.05	1.65	5.50
1983	2.84±0.05	1.56	5.55
1986	17.48±13.4	1.57	33.50
1987	13.17±17.7	1.93	30.00
1988	21.54±21.8	3.50	72.53

\*desviación estándar

A escala espacial, las mayores concentraciones de bacterias heterótrofas en las aguas se encontraron en las estaciones situadas hacia el oeste del golfo, lo que puede relacionarse con la dinámica de las aguas, las cuales entran a la macrolaguna por la región **E** procedentes del Golfo de Czones (Emilsson y Tápanes, 1971; Blázquez y Romeo, 1988; Arriaza, Milian, Simanca, Rodas y Romero, 2006).

El constante arribo de materia orgánica a la zona **W** por el sentido de las corrientes favorece la disponibilidad de materia orgánica en esta parte del golfo y el desarrollo de bacterias heterótrofas, muchas de las cuales crecen en forma de "agregados" formando conglomerados con las partículas de detritus, que en esta zona sobrepasa los 4 mg/L, según afirman Popowski *et al.* (1992). En la macrolaguna del golfo Alcolado (1990) informó que los organismos detritófagos y filtradores abundan, por lo que el efecto de la depredación no debe despreciarse.

A diferencia del bacterioplancton heterótrofo, las mayores concentraciones de bacterias heterótrofas en los sedimentos se encontraron en las estaciones que presentan sedimentos fango-arenosos con vegetación de biomasa variable, independiente de su ubicación geográfica. En estos años 1986 - 88, la tasa de descomposición aerobia de materia orgánica en las aguas fue mayor que en 1983, lo que indicó un aumento en la disponibilidad de materia orgánica biológicamente degradable en las aguas de la macrolaguna en estos años, con relación a los anteriores.

Tabla 3. Tasa de descomposición aerobia de materia orgánica en las aguas ( $DMO_a$ ) del Golfo de Batabanó en diferentes años.

Table 3. Rate of aerobic decomposition of organic matter in Golfo de Batabanó waters in different years.

Años	$DMO_a$ (mg/m <sup>3</sup> . d <sup>-1</sup> )		
	Promedio $\pm$ DS*	Mínimo	Máximo
1983	59,3 $\pm$ 0,25	28,8	131,0
1986	177,0 $\pm$ 0,33	50,0	470,0
1987	85,2 $\pm$ 0,30	30,5	240,0
1988	122,4 $\pm$ 0,32	22,2	201,6

\*desviación estándar

Durante este Proyecto (1986-1988), se aislaron e identificaron 70 nuevas cepas de bacterias heterótrofas: 22 a partir de las muestras de agua y 48 de los sedimentos. Los miembros del género *Flavobacterium* predominaron entre los aislamientos del agua y *Vibrio* entre los procedentes de los sedimentos. Entre los aislados se identificaron miembros del género *Acinetobacter* que no habían sido identificados antes en esta zona (Tabla 1:13).

Aunque la abundancia relativa de los géneros hallados en el golfo difiere de reportes anteriores (período 1982-1983), en general, la existencia de los mismos ha sido reconocida en aguas y sedimentos de otros sitios de nuestra plataforma, así como, en aguas de la Zona Económica Exclusiva de Cuba (Miravet y Lugioyo, 2006) y en diferentes regiones costeras del Océano Mundial (Castellvi, 1977; Murchelano y Brown, 1970; Rheinheimer, 1974; Kolesko, Potaenko y Sarangovich, 1982; Bordalo, 1989).

Paralelamente a estos resultados, Bobes, Díaz y Díaz (1988) informaron la identificación de *Aerococcus viridans* var. *homari* (antes *Gaffkya homari*) aislada de la hemolinfa de algunos ejemplares de langosta *Panulirus argus*, con síntomas de septicemia capturadas en Bocas de Alonso, cayo próximo a la parte media de la costa NE de la Isla de la Juventud, en el Golfo de Batabanó (Tabla 1:9). Aunque en este trabajo no se brinda información sobre las condiciones físico químicas del lugar, constituye el primer reporte de la presencia de esta bacteria, causante de Gaffkemia, en ejemplares de langostas enfermas capturadas en el golfo, lo que sin dudas, tiene una importante significación para las pesquerías de langosta en Cuba.

Esta bacteremia ha sido reportada en larvas, postlarvas, juveniles y langostas adultas, así como en otros decápodos en el Océano Atlántico Norte y en estanques de cultivo en California, Estados Unidos (Bower, 2007).

En 1989, con la colaboración de especialistas rusos, se realizó un crucero al Golfo de Batabanó donde, por primera vez, se determinó la intensidad del proceso de degradación heterotrófica de glucosa en las aguas empleando <sup>14</sup>C y también las tasas de sulfatoreducción, celulosolisis y metanogénesis en los sedimentos mediante el empleo de radioisótopos (<sup>32</sup>S y <sup>14</sup>C) (Tabla 1:10 y 11). Como resultado de este trabajo, se obtuvo que la velocidad de consumo de glucosa-<sup>14</sup>C en las aguas varió entre 0.022 y 0.408  $\mu$ g C/L por hora, encontrándose en las aguas de la Ensenada de la Broa los mayores valores de actividad heterotrófica, a pesar de que en las aguas de esta estación no se encuentran las concentraciones más altas de bacterias heterótrofas. Esto confirma que la actividad de las comunidades bacterianas *in situ* no está relacionada directamente con la concentración en que se encuentren los microorganismos.

Los valores de intensidad del proceso de sulfatoreducción en los sedimentos en el estrato de 1 - 3 cm de profundidad, variaron entre 3.648 mg S/kg. d<sup>-1</sup> en una estación situada en el centro de la macrolaguna (Eh: +50) y 138.528 mg S/kg. d<sup>-1</sup> en La Coloma (Eh: -60). A diferencia de las aguas interiores, donde predomina el proceso de metanogénesis debido a la escasez de



sulfatos, en los sedimentos marinos la sulfatoreducción es el proceso mas importante de descomposición anaerobia de la materia orgánica y lo llevan a cabo las bacterias sulfatoredutoras (Madigan, Martinko y Parker, 1999).

La tasa de producción de metano en los sedimentos del golfo resultó baja, variando entre 101.7 y  $4\ 939.2 \times 10^{-6}$  mL de metano/kg.  $d^{-1}$ , mientras que la velocidad de descomposición anaerobia de celulosa varió entre 0.194 y 2.618 mg C/kg.  $d^{-1}$ .

En cuanto al proceso global de descomposición aerobia de materia orgánica en los sedimentos, los valores variaron entre 189.41 y 255.16 mgC/kg.  $d^{-1}$ , y la intensidad del proceso anaerobio osciló entre 3.68 y 104.75 mgC/kg.  $d^{-1}$ .

Después de estos trabajos, las dificultades económicas existentes en la década de los años 90, provocaron un *in pass* en las investigaciones marinas que dependían de embarcaciones y por tanto, de combustible. En este lapso de tiempo (1992 - 1995) las investigaciones de ecología microbiana se reorientaron al estudio de las potencialidades biotecnológicas de los aislados bacterianos colectados en los trabajos realizados en los años anteriores.

Los principales resultados de este período mostraron, de manera resumida, que de 335 cepas de bacterias aisladas de aguas y sedimentos del golfo, 154 resultaron productoras de antibióticos, 113 produjeron sustancias de bajo peso molecular intercalantes del ADN (potencialmente antitumorales), 7 produjeron glicoproteínas extracelulares con actividad inmunoestimulante, 46 produjeron sustancias tensioactivas, 67 produjeron emulgentes y 7 cepas fueron capaces de reducir la viscosidad del petróleo pesado (Pérez de la Fuente, Enríquez, Graña y Bellota, 1994).

Estos resultados abrieron las perspectivas de desarrollo en Cuba de una nueva línea de Microbiología marina aplicada, con vistas a la utilización de bacterias marinas como fuentes para la obtención de nuevas moléculas y compuestos de interés para las industrias médico-farmacéutica, petrolera y la agricultura (Joseph Montero, Capó de Paz, y Bellota, 1991; Joseph Montero, Capó de Paz, Bellota, Rodríguez, y Fiol, 1993; Pérez, Dávila, Cruz, Miravet, Calderón, Montalvo y Bello, 2000).

En 1998, se reiniciaron las investigaciones de corte ambiental. Se aunaron esfuerzos de diferentes instituciones y especialidades para acometer el estudio del impacto ambiental causado por la construcción del Dique Sur, el cual abarca el sector costero comprendido entre Majana y Hatibonico, al noroeste del Golfo de Batabanó.

Como parte de este trabajo, el Instituto de Oceanología se responsabilizó con el estudio de las alteraciones ocurridas en la zona costera y marina adyacente a dicho sector costero, incluyendo los análisis microbiológicos para evaluar de la calidad higiénico-sanitaria de las aguas costeras. También, en la zona marina adyacente se determinó la concentración de bacterias heterótrofas, la tasa de descomposición aerobia de la materia orgánica y la concentración de bacterias sulfatoredutoras en aguas y sedimentos, con el fin de evaluar la calidad ambiental y la velocidad de auto depuración del ecosistema (Tabla 1:15 y 16).

Los resultados microbiológicos obtenidos mostraron que la calidad higiénico sanitaria de las aguas en ese sector de la zona costera presentaba problemas en algunas localidades. No se cumplió la Norma cubana (NC: 22-99) establecida para la concentración de coliformes fecales en: Guanímar (1600 NMP/100 mL), Majana (1600 NMP/100 mL), Surgidero de Batabanó (300 NMP/100 mL) y Mayabeque (280 NMP/100 mL).

En Cajío y playa Rosario los valores de estos indicadores bacteriológicos se encontraron dentro de los límites permisibles por la norma, sin embargo, en playa Cajío los valores resultaron cercanos al límite (170 NMP/ 100 mL), por lo que se alertó a las autoridades correspondientes ya que en temporada de verano, cuando es mayor la afluencia de personas,



las concentraciones de estos microorganismos pueden aumentar y constituir un riesgo para la salud de los bañistas.

Las concentraciones más altas de bacterias heterótrofas se encontraron en las estaciones situadas en Guanímar ( $3.10 \times 10^4$  UFC/mL) y en playa Rosario ( $5.66 \times 10^4$  UFC/mL), donde se detectaron también valores relativamente altos de mineralización aeróbica de la materia orgánica. En Guanímar la mineralización aeróbica se manifestó con mayor intensidad tanto en los sedimentos ( $411.0 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ ), como en la columna de agua ( $834.0 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ), evidenciando un alto grado de enriquecimiento orgánico, condiciones que pueden provocar una disminución del oxígeno disuelto o hipoxia. También se detectó un elevado número de bacterias sulfatoreductoras en los sedimentos (entre 71.8 y 8791 NMP/g) las cuales son las principales responsables de la producción de sulfuro de hidrógeno.

En este mismo año 1998 se retomaron las investigaciones de microbiología en el golfo, esta vez, dirigidas a la evaluación de la calidad ambiental de los arrecifes coralinos que bordean la plataforma sur occidental, dada la importancia económica de este ecosistema. Los arrecifes coralinos sustentan una importante producción de especies de interés comercial, protegen la costa frente a fuertes marejadas provocadas por eventos meteorológicos y presentan una alta diversidad biológica, lo que los convierte en un atractivo recurso turístico.

Desde 1998 hasta el año 2000 se ejecutó el proyecto de investigación "Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos de la plataforma sur occidental de Cuba a partir de indicadores microbiológicos" (Tabla 1:17), que incluyó la determinación cualitativa y cuantitativa de los grupos tróficos de menor talla (bacterias, hongos, levaduras y fitoplancton) y las concentraciones de los principales nutrientes. También se determinaron la productividad primaria, productividad bacteriana y la intensidad del proceso de mineralización aeróbica de la materia orgánica, con el fin de caracterizar integralmente las condiciones ambientales en cada arrecife.

Los resultados de este trabajo marcaron otro salto cualitativo en el conocimiento microbiológico de esta zona, ya que, a partir del comportamiento de las comunidades bacterianas y fitoplanctónicas, además de evaluarse la calidad ambiental y el estado trófico de las aguas arrecifales, se detectaron cambios ambientales provocados por causas naturales y antrópicas, antes que el efecto se evidenciara en los organismos superiores. Esto permitió proponer diferentes recomendaciones de carácter preventivo a las autoridades competentes (Tabla 1:18).

El aislamiento de un número relativamente alto de cepas identificadas como miembros de la familia Enterobacteriaceae, características de aguas costeras, así como la presencia del hongo *Aspergillus sp.* en la meseta arrecifal y en los 10 m de profundidad, respectivamente, en el arrecife de Los Ballenatos, demostró el alcance que tiene el vertimiento de residuales y el movimiento de tierras en la zona costera de Cayo Largo del Sur, lo que constituyó una alerta sobre la necesidad del manejo adecuado de la zona costera aledaña a los ecosistemas arrecifales.

Durante esta investigación se aislaron un total de 75 cepas de bacterias marinas, 74 cepas de hongos filamentosos y 19 de levaduras. En los arrecifes la diversidad de los hongos fue mayor en las estaciones de fondos blandos, debido a que en la zona arrecifal existe mayor abundancia y diversidad de sustratos, factor indispensable para el desarrollo de este grupo, sin embargo, en ambos casos predominó por su frecuencia de aparición el género *Aspergillus sp.* Los géneros *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.* y *Penicillium sp.* representaron el 70 % del total de aislamientos, lo que corrobora la influencia terrígena que reciben los arrecifes en esta zona, ya que estas especies son de origen terrestre (Tabla 1:20).

Las levaduras se encontraron en concentraciones relativamente bajas (entre 10.0 y 200.0 UFC/mL), predominando entre los aislados representantes del género *Aureobasidium*, seguido de *Debaryomyces*.

La estructura de la comunidad fitoplanctónica estuvo representada por cinco categorías taxonómicas: diatomeas, dinoflagelados, flagelados, cianobacterias y clorofíceas, predominando en general, los flagelados, sobre los restantes grupos. Particularmente, en el crucero de agosto/99 se observó un marcado incremento de las concentraciones de cianobacterias en todos los arrecifes estudiados, lo que pudiera relacionarse con el incremento de nutrientes detectado también en las aguas en este crucero.

En todos los arrecifes, la producción primaria estuvo regida, en general, por las fracciones fitoplanctónicas <20 y <10  $\mu\text{m}$ , las cuales no mostraron una relación tan estrecha con los compuestos nitrogenados pero sí con la concentración de fosfatos en el medio (Tabla 1:19).

El aumento paulatino que tuvo lugar en la concentración de bacterias heterótrofas, así como de nutrientes, en los años 1998 - 2000 con relación a 1982-1983, indicó condiciones tróficas de mayor enriquecimiento que fue corroborado a partir de los valores de la relación bacterias heterótrofas/número total de microorganismos en los últimos cruceros de 1998 y 1999. En particular, en mayo de 1998 y agosto de 1999 se demostró la existencia de condiciones mesotróficas en la macrolaguna y también en los arrecifes que conforman el archipiélago de Los Canarreos.

Comparando las magnitudes que alcanzó el proceso de descomposición aerobia de la materia orgánica en las aguas del golfo en los diferentes años de trabajo (1983, 1986, 1987, 1988) y los cruceros realizados en mayo/98 y agosto/99, se encontraron diferencias significativas entre los valores ( $H = 26.1$ ,  $p = 0.0001$ ), poniéndose de manifiesto un aumento significativo en la intensidad de este proceso en el último crucero de agosto de 1999 con relación al anterior de mayo de 1998, y a los cruceros realizados en los años 1988, 1987, 1986 y 1983 (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedios de mineralización aerobia de la materia orgánica en las aguas de la macrolaguna.

*Table 3. Mean values of aerobic mineralization in macrolagune waters.*

Fecha	Medias
Agosto 1999	1489.31 <sup>a</sup>
Mayo 1998	348.26 <sup>b</sup>
1986	189.53 <sup>b</sup>
1988	122.41 <sup>b</sup>
1987	85.16 <sup>b</sup>
1983	59.36 <sup>b</sup>

Letras desiguales denotan diferencias estadísticamente significativas (Student-Newman-Keuls,  $p < 0.05$ ).  
*Different letters means significant statistic difference (Student-Newman-Keuls,  $p < 0.05$ ).*

En el arrecife de Juan García se mantuvieron altos los nutrientes en todos los cruceros realizados en 1998, 1999 y en el 2000, posiblemente, por el aporte constante de las aguas enriquecidas que atraviesan el golfo de este a oeste y la influencia que parecen tener las aguas eutróficas provenientes de La Coloma.



En el arrecife de Los Ballenatos fue posible detectar tendencias eutróficas de manera eventual (mayo de 1998), que parecen ser consecuencia de factores antrópicos y naturales como son: el efecto del escurrimiento terrestre procedente de Cayo Largo del Sur y el aumento de temperatura superficial del mar registrado *in situ* en esta fecha (30.1 °C).

En marzo y agosto del año 2000 se apreció una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en la concentración de las bacterias heterótrofas, así como en la concentración de cianobacterias en las aguas de los arrecifes y no se encontraron bacterias sulfatoreductoras en las aguas de dicho ecosistema, lo cual evidenció una recuperación de las condiciones ambientales, clasificándose de manera general el estado trófico de las aguas como “oligotrófico con tendencias mesotróficas”.

Durante esta etapa, y gracias a la colaboración de especialistas de la Universidad de Alicante (España), fue posible identificar las cepas de mayor frecuencia de aparición en las aguas de los arrecifes, empleando técnicas moleculares de amplificación de la unidad 16 S ARN. Esto permitió identificar la presencia de *Vibrio rumoiensis* Yumoto *et al.* (1999), especie que no se había identificado antes en nuestras aguas. Este hallazgo corroboró la validez de emplear una taxonomía polifásica para identificar las cepas, donde se combinan características fenotípicas y filogenéticas (Tabla 1:22).

Desde el punto de vista estructural, durante esta investigación (1998-2000), se identificaron 20 nuevas especies de bacterias para esta zona, de las cuales, 18 fueron nuevos registros para la plataforma cubana (Tabla 1:22).

En cuanto al grado de homología entre las bacterias aisladas se encontró una mayor heterogeneidad fenotípica entre las cepas que provenían de los fondos blandos, que entre aquellas procedentes de los arrecifes, lo que puede relacionarse con una mayor diversidad de fuentes de materia orgánica disponibles en la macrolaguna que en las aguas arrecifales, las cuales, en general, se encuentran más influenciadas por las aguas oceánicas oligotróficas adyacentes (Tabla 1:22).

En el caso de los aislados de los arrecifes, de acuerdo a los niveles de homología, se reconocieron tres grupos: las cepas procedentes del arrecife de Juan García, las de Punta del Este y aquellas aisladas de los arrecifes Cantiles - Rosario - Los Ballenatos, lo cual pudiera indicar la existencia de condiciones ambientales diferentes entre estos tres grupos de arrecifes (Tabla 1:24).

Por otra parte, las bacterias aisladas de los sedimentos presentaron mayores potencialidades para descomponer compuestos orgánicos *in vitro* que aquellas procedentes de las aguas, quizás debido a que en los sedimentos existe una mayor variedad de compuestos orgánicos disponibles, lo que contribuye al desarrollo potencial de una amplia actividad catalítica. Esta capacidad catalítica garantiza la descomposición de compuestos orgánicos complejos que precipitan sin haberse degradado totalmente en la columna de agua (Tabla 1:24).

El comportamiento de la distribución y abundancia de las bacterias marinas heterótrofas en la plataforma **SW** de Cuba, desde 1982 hasta agosto del 2000, y su relación con los factores químicos, biológicos, hidrodinámicos y meteorológicos analizados, sirvieron de base para elaborar un índice que permite evaluar de manera relativamente rápida y efectiva, el estado trófico en los diferentes biotopos del golfo (Tabla 1:25).

Este índice microbiológico incluye cuatro intervalos de valores de concentración de bacterias heterótrofas que responden a las categorías de “oligotrófico con tendencias mesotróficas”, “mesotróficas”, “mesotróficas con tendencias eutróficas” y “eutróficas”.

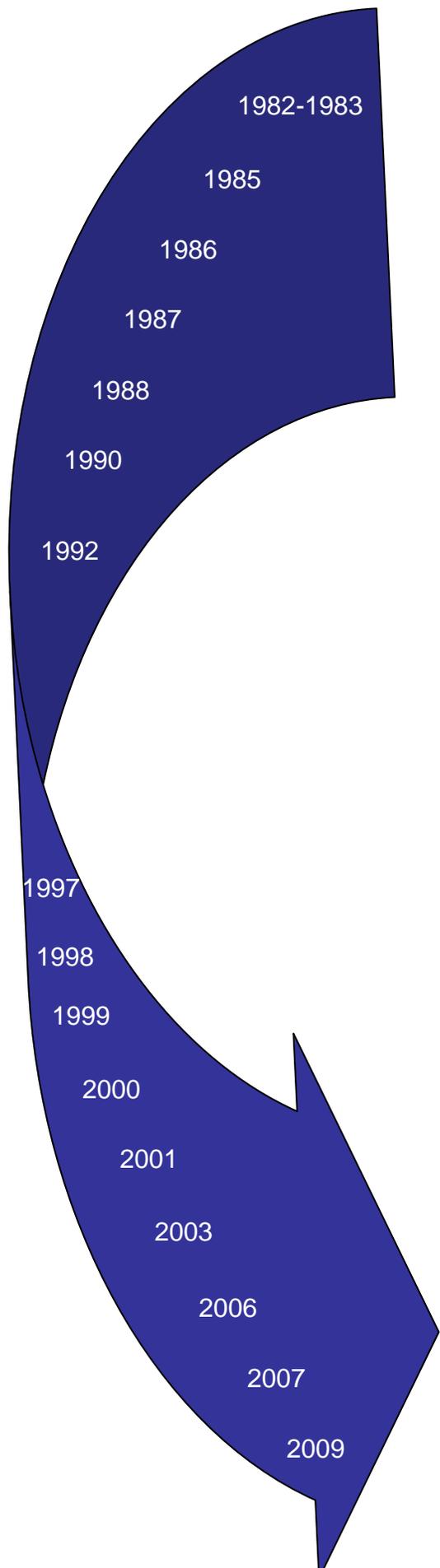


En el caso del ecosistema arrecifal se recomienda la determinación complementaria de la concentración de bacterias sulfatoreductoras en las aguas, lo que permite detectar cambios ambientales producidos por causas naturales o antrópicas, antes que esta situación ambiental pueda afectar más drásticamente a los organismos de niveles tróficos superiores.

La data numérica de microbiología obtenida en el Golfo de Batabanó, desde 1982 hasta el 2000, forma parte de la base de datos BAMCU (Bibliografía sobre el Ambiente Marino Cubano) y del compendio cartográfico Reg. No. 2357-2005 (Tabla 1:23). Esta información permite documentar las condiciones de la línea base ambiental del golfo, identificar los vacíos de conocimiento sobre este tema en cada subzona y evidenciar algunos de los problemas ambientales, como es el caso de la contaminación orgánica, que deben abordarse para la ordenación ambiental de esta parte de la plataforma submarina cubana.

Tabla 1. Trabajos de microbiología realizados en el Golfo de Batabanó, Cuba, desde 1982 hasta el año 2009.

*Table 1. Papers on marine microbiology carried out in the Gulf of Batabanó, Cuba, from 1982 to 2009.*



Año	Título del Trabajo
1982-1983	Distribución de bacterias heterótrofas en la zona B <sup>(1)</sup>
1985	Número total, biomasa y producción del bacterioplancton en aguas del Golfo de Batabanó <sup>(2)</sup>
1985	Distribución cuantitativa y cualitativa de bacterias heterótrofas en el Golfo de Batabanó <sup>(3)</sup>
1986	Comportamiento del bacterioplancton en aguas del Golfo de Batabanó <sup>(4)</sup>
1986	Caracterización de las comunidades bacterianas heterótrofas en la plataforma <b>SW</b> de Cuba <sup>(5)</sup>
1986-1988	Descripción de la actividad microbiana en la plataforma <b>SW</b> de Cuba <sup>(6)</sup>
1987	Características microbiológicas de las aguas y fangos medicinales de tres playas de la costa <b>S</b> de La Habana <sup>(7)</sup>
1988	Caracterización microbiológica de la materia orgánica en los sedimentos del Golfo de Batabanó <sup>(8)</sup>
1988	Aislamiento e identificación de <i>Aerococcus viridans</i> var. <i>homari</i> en la langosta <i>Panulirus argus</i> con síntomas de septicemia <sup>(9)</sup>
1990	The destruction activity of heterotrophic microorganisms in the water of the shallow water Batabanó bay, Cuba <sup>(10)</sup>
1990	The destruction of organic matter by microorganisms in bottom sediments of the Batabanó bay in Cuba <sup>(11)</sup>
1992	Actividad microbiana en el Golfo de Batabanó <sup>(12)</sup>
1992	Bacterias marinas aisladas del Golfo de Batabanó <sup>(13)</sup>
1997	Comportamiento de las comunidades bacterianas heterótrofas marinas en la plataforma <b>SW</b> de Cuba <sup>(14)</sup>
1998-1999	Microbiología. En: "Diagnóstico de las alteraciones ambientales de la costa y los ecosistemas marinos aledaños" <sup>(15)</sup>
1999	Respuesta de la comunidad planctónica ante el impacto ambiental del Dique Sur <sup>(16)</sup>
1998-2000	Evaluación del estado de salud de los arrecifes coralinos que bordean el Golfo de Batabanó a partir de indicadores microbiológicos <sup>(17)</sup>
2000	Evaluación de la calidad ambiental de un ecosistema arrecifal aledaño a Cayo Largo del Sur <sup>(18)</sup>
2001	Evaluación de la calidad ambiental de los arrecifes al <b>SW</b> de Cuba a partir de las comunidades microbianas y fitoplanctónicas presentes en el ecosistema <sup>(19)</sup>
2003	Primeros reportes de hongos y bacterias heterótrofas aislados de los arrecifes de la plataforma <b>SW</b> de Cuba <sup>(20)</sup>
2003	Respuesta del fitoplancton ante el estrés ambiental en los ecosistemas arrecifales <sup>(21)</sup>
2003	Abundancia, actividad y diversidad de bacterias heterótrofas en el Golfo de Batabanó y su uso como indicadores ambientales <sup>(22)</sup>
2006-2009	Bases de datos Bibliografía sobre el Ambiente Marino Cubano (BACUM, Reg. 2357-2005) <sup>(23)</sup>
2007	Similitud fenotípica entre bacterias heterótrofas aisladas de diferentes zonas de la plataforma SW de Cuba <sup>(24)</sup>
2009	Índice microbiológico para evaluar el estado trófico de las aguas de la plataforma SW cubana <sup>(25)</sup>

	<b>Referencia</b>	<b>Autores</b>
(1)	Informe final. Arch. Cient. Inst. de Oceanol., 38 pp.	Miravet, M. E., Lugioyo, M. y Rodríguez, F.
(2)	Proceed. Simp. de Cienc. del Mar, (2):264 - 268	Miravet, M. E., Lugioyo, M. y Rodríguez, F.
(3)	Proceed. Simp. de Cienc. del Mar, (2):258 - 263	Lugioyo, M., Miravet, M. E. y Rodríguez, F.
(4)	Rep. de Invest. del Inst. de Oceanol., (63): 1 - 12.	Miravet, M. E., Lugioyo, M. y Rodríguez, F.
(5)	Rep. de Invest. del Inst. de Oceanol., (52): 1 -11.	Lugioyo, M., Miravet, M. E. y Rodríguez, F.
(6)	Informe final. Arch. Cient. Inst. de Oceanol., 15 pp.	Bellota, M., Miravet, M. E., Lugioyo, M., Rodríguez, F. y Graña, L.
(7)	Informe al MINBAS-MINSAP-MINFAR, Arch. Cient. Inst. de Oceanol., 12 pp.	Alvarez, M., Miravet, M. E., Lugioyo, M. y Capó, M. C.
(8)	Tesis Diploma, Inst. de Oceanol., 51pp.	Acosta Giraldo, J.
(9)	Rev. de Inves. Mar. Vol.IX (3) :97-101	Bobes, R., Díaz, J. y Díaz, E.
(10)	Mikrobiologiya, 63 (4): 666 - 673	Mitzkevich, I.N., Bellota, M., Lugioyo, M., Miravet, M.E. y Namsaraev, B.
(11)	Mikrobiologiya, 59 (5): 903 - 911	Namsaraev, B., Lugioyo, M., Bellota, M., Miravet, M. E. y Mitzkevich. I. N.
(12)	Rep. de Invest. del Inst. de Oceanol., (9) :1 -16.	Lugioyo, M., Bellota, M. y Miravet, M.E.
(13)	Rep. de Invest. del Inst. Oceanol., (11):1 -12.	Miravet, M.E., Lugioyo, M. y Bellota, M.
(14)	Tesis de Maestría, 52 pp.	Miravet, M.E.
(15)	Informe final. Arch. Cient. Inst. de Oceanol., 32 pp.	Espinosa, J. y colectivo de autores.
(16)	V Contrib. a la Educa. y a la Protec. Amb. Cátedra de Medio Amb. Vol.0.	Loza, S., Lugioyo, M., Miravet, M.E., Perigó, E., Sánchez, M. y García, I.
(17)	Informe final. Arch. Cient. Inst. de Oceanol., 39 pp.	Miravet, M. E., Lugioyo, M., Loza, S., Enríquez, D., Perigó, E., Montalvo, J., Núñez, R., Sánchez, M. y Joseph, I. N.
(18)	VI Contrib. a la Educa. y a la Protec. Amb. Cátedra de Medio Amb. Vol.I.	Miravet, M. E., Loza, Lugioyo, M., Enríquez, D. y Montalvo, J.
(19)	VII Contrib. A la Educ. y a la Protec. Amb. Cátedra de Medio Amb., Vol. II.	Loza, S., Miravet, M.E., Lugioyo, M., Enríquez, D., R. Núñez y Delgado, Y.
(20)	Serie Oceanológica del Inst. de Oceanol., (1): 68 -75.	Miravet, M.E., Enríquez, D., Lugioyo, M., Delgado, Y., Nuñez, R., Cabrera,H. y Martí, J.
(21)	IX Contrib. a la Educ. y la Protec. Amb. Vol. IV, Cátedra de Medio Amb.	Loza, S., Barrios, K., Miravet, M.E., Lugioyo, M., Perigó, E. y Sánchez, M.
(22)	Tesis Doctorado, Univ. Habana. 97 pp.	Miravet, M.E.
(23)	Informe final. Hacia el uso Sostenible del Golfo de Batabanó, modelación de escenarios. CD-ROM Agencia Medio Amb. ISBN: 978-959-300.06-2.	Areces, A., Alcolado,P., García, A., Espinosa, J., Lugioyo, M., Miravet, M.E. y colectivo de autores.
(24)	Rev. Invest. Mar., 28(3):185 - 192.	Miravet, M. E., Delgado, Y. y Núñez, R.
(25)	Rev. Cubana de Invest. Pesqueras, 26 (1): 31 - 36.	Miravet, M. E., Lugioyo, G. M. y Rodríguez, F.



## BIBLIOGRAFIA

Álvarez, M., Miravet, M. E., Lugioyo, M. y Capó, M. C. 1981. Características de los fangos medicinales de las playas del sur de La Habana. Informe Técnico. MINBAS-MINSAP-MINFAR, 10 pp.

Alcolado, P. 1990. Aspectos ecológicos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó, con especial referencia al bentos. En: *El Bentos de la Macrolaguna del Golfo de Batabanó*. Ed. Academia, La Habana, 129 -157.

Areces, A., Alcolado, P., García, A., Espinosa, J., Lugioyo, M., Miravet, M.E. y colectivo de autores. 2009. Hacia el uso Sostenible del Golfo de Batabanó, modelación de escenarios. Informe final. CD-ROM Agencia Medio Amb. ISBN: 978-959-300.06-2.

Arriaza, L., Milian, D. E., Simanca, Y., Rodas, L. y Romero, P. L. 2006. *SIMCO: Herramienta computacional operacional para la simulación de corrientes marinas en zonas de la plataforma marina cubana*. Conf. Cient. de la Univ. Cienc. Informáticas, ISBN 959-16-0463-7, 8 pp.

Blázquez, L., Rodríguez, P., Rosabal, I. y Calderón, R. 1988. Mediciones de corriente en el Golfo de Batabanó. *Rep. de Investigación*, No.14. Instituto de Oceanología. Acad. Cienc. de Cuba.

Bordalo, A. 1989. *Spatial and Seasonal evolution of bacteria in a tidal estuary (Douro), Portugal*. Proceedings 5th Intern. Symposium on Microbial Ecology, 6 pp.

Bower, S. M. 2007. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: Gaffkemia of Lobsters. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0444s/i0444s28.pdf>

Burney C.M., Davis, P. G., Johnson, K. M. y Sieburth, J. McN. 1982. Diel relationships of microbial trophy groups and *in situ* dissolved carbohydrate dynamics in the Caribbean Sea. *Mar. Biol.*, 167: 311 - 322.

Castellvi, J. 1977. Actividad bacteriana en las zonas de afloramiento del NW de Africa. Campaña "Atlor II". *Res. Exp. Cien. B. "Cornide"*, 177 - 203.

Ducklow, H. 2000. Bacterial Production and biomass in the Ocean. En: *Microbial Ecology of the Oceans*. D. Kirchman (ed.), New York, 85 -120.

Emilsson I. y Tápanes J. 1971. Contribución a la hidrología de la plataforma Sur de Cuba. *Serie Oceanológica*, No 9. Inst. de Oceanol., Acad. Cienc. Cuba.

ICH (Instituto Cubano de Hidrografía). 1989. *Derrotero de las costas de Cuba. Región marítima del Sur*. T. II. pág. 1103, 260 pp.

Joseph Montero, I. N., Capó de Paz, M. C. y Bellota, M. 1991. Aislamiento y selección de microorganismos degradadores de hidrocarburos en la plataforma cubana. *Arch. Cient. Inst. de Oceanol.*, La Habana, 18 pp.

Joseph Montero, I. N., Capó de Paz, M. C., Bellota, M., Rodríguez Acosta, F. y Fiol, A. 1993. Producción de biosurfactantes por bacterias marinas. *Arch. Cient. Inst. de Oceanol.*, La Habana, 23 pp.

Kabanova, Y. 1977. Resultados obtenidos en el estudio de las variaciones estacionales de la productividad primaria en las aguas cubanas y su relación con la disponibilidad de elementos biogénicos. *Arch. Cient. Inst. de Oceanol.*, La Habana, 15 pp.

Kolesko, O. I., Potaenko, Y. S. y Sarangovich, Y. 1982. Number and Species composition of heterotrophic bacteria in Lake Harooch. *Microbiol.*, 51(1):143 -148.

Lee C. W. y Bong C. W. 2008. Bacterial abundance and production, and their relation to primary production in tropical coastal waters of Peninsular Malaysia. *Marine Freshwater Res.*, 59 (1) 10 - 21.



- Lugioyo, M., Cabrera, D., Miravet, M. E., Nuñez, R., Delgado, Y., Cabrera, H. y Martí, J. 2003. Identificación y detección de la actividad antimicrobiana de cepas aisladas de la ZEE al Sur de Cuba. *Serie Oceanológica*, (1): 59 - 67.
- Lluis-Riera, M. 1972. Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. *Serie Oceanológica*, (14):1 - 49.
- Lluis-Riera, M. 1983. Régimen hidrológico de la plataforma insular de Cuba. *Cien. de la Tierra y el Espacio*, (7): 81 - 110.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. y Parker, J. 1999. *Brock. Biología de los microorganismos*. 8<sup>va</sup> Ed. Print. Hall Iberia, Madrid, 1064 pp.
- Miravet, M. E. y Lugioyo, G.M. 2006. Cap. Bacterias. En: *La Biodiversidad Marina de Cuba*. R. Claro (ed.), (CD-ROM). Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-298-001-3.
- Murchelano, R. A. y Brown, F. 1970. Heterotrophic bacteria in Long Island Sound. *Mar. Biol.*, 7 (11): 1 - 6.
- Norma cubana (NC: 22:99). 1999. *Lugares de Baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos Higiénicos-Sanitarios*.
- Pérez de la Fuente, G., Enríquez, D., Graña, L. y Bellota, M. 1994. Detección de actividades biológicas en cepas bacterianas marinas. Instituto de Oceanol., Archivo Científico. La Habana, Cuba. 11 pp.
- Pérez, R., Dávila, A., Cruz, M., Miravet, M. E., Calderón, C., Montalvo, M. y Bello J. L. 2000. Actividad antitumoral en tumores experimentales. Purificación y caracterización del biopolímero producido por una bacteria marina. *Rev. Invest. Nac. Cancerología, México*, 46 (3): 160 -166.
- Popowski, G., Campos, A. y Borrero, N. 1992. Contenido de materia orgánica en suspensión en las aguas del Golfo de Batabanó, Cuba. *Serie Oceanológica*, (9):1 - 31.
- Reinheimer, G. 1974. *Aquatic microbiology*. (Ed.) J. Wiley, London, 200 pp.
- Romanenko, V.I. 1979. The River Volga and its life. D. Moordukhai-Boltovskoi (eds.), *Monogr. Bull.*, 33 pp.
- Sorokin, Y. I. 1971. On the role of bacteria in the productivity of tropical oceanic waters. *Inst. Revue Ges. Hydrobiol.* (156):1 - 48.
- Thingstad, T. F. 2000. Control of bacterial growth in idealized food webs. En: *Microbial Ecology of the Oceans*. D. Kirchman (ed.), New York, 229 - 260.
- Yumoto, I., Iwata, H., Sawabe, T., Ueno, K., Ichise, N., Matsuyama, H., *et al.* 1999. Characterization of a facultative psychrophilic bacterium *Vibrio rumoiensis* sp. nov., that exhibit high catalase activity. *Appl. Environ. Microbiol.*, (65):67 - 72.

Recibido: 30 de noviembre 2009

Aceptado: 4 de enero 2010