

Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de Ciudad de la Habana

Yolaine DELGADO GÓMEZ, María Elena MIRAVET REGALADO y Raquel NÚÑEZ GRAELL

Instituto de Oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Calle 1ra # 18406 e/ 184 y 186. Rpto. Flores, Playa, Cuba. Correo-e: yolaine@oceano.inf.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas en la zona costera al oeste de Ciudad de la Habana, desde la desembocadura del río Almendares hasta el Bajo de Santa Ana. Se ubicaron cinco estaciones en sitios que se usan para el baño y la recreación en la época de verano y que reciben el aporte de diferentes fuentes contaminantes. Se determinaron las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales utilizando la metodología de Tubos Múltiples con cinco réplicas (APHA, 1992) y los resultados se evaluaron según la Norma cubana para aguas de baño con contacto directo (NC: 22-1999). La estación E3 (calle 1ra y 180), seguida de la estación E1 (La Puntilla), mostraron las concentraciones más elevadas, sobrepasando los límites de la Norma cubana, por lo que constituyen sitios no aptos para el baño. El aporte de las aguas contaminadas de los ríos Quibú y Almendares fueron las causas principales de la contaminación en los lugares estudiados, situación que se agrava en meses de precipitaciones.

Palabras claves: contaminación fecal, calidad microbiológica, zona costera.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población, la ocupación de regiones no habitadas anteriormente y el movimiento creciente de animales y de productos de origen animal unido al aumento del uso del agua para diferentes actividades, han incrementado los niveles de contaminación en zonas costeras de uso recreacional (CYTED, 2002; WHO, 2003). Esta contaminación es provocada por los vertidos de residuales de origen doméstico y/o industrial que llegan a los cuerpos de agua sin tratamiento o con tratamiento ineficiente.

En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos patógenos los cuales son causantes de enfermedades de origen hídrico como son: infecciones gastrointestinales, respiratorias e infecciones en los ojos, cavidad nasal y en la piel que generan altos porcentajes de morbi-mortalidad en la población. (Figueras *et al.*, 2000).

En este sector litoral al oeste de Ciudad de la Habana drenan sus aguas al mar los ríos Almendares, Quibú, Jaimanitas y Santa Ana, los cuales transportan una gran cantidad de carga contaminante de diferentes orígenes. A esta problemática se suma el hecho de que la mayor parte de esta zona de la ciudad carece de alcantarillado, las aguas residuales y los lixiviados de los desechos sólidos se descargan sobre el sistema cársico y son transportados hacia las cuencas fluviales o hacia el mar directamente.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad microbiológica de la zona costera al oeste de Ciudad de la Habana debido a la contaminación fecal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de trabajo se encuentra ubicada en el litoral oeste de Ciudad de la Habana y se extiende a lo largo de 15.5 Km de costa, generalmente rocosa.

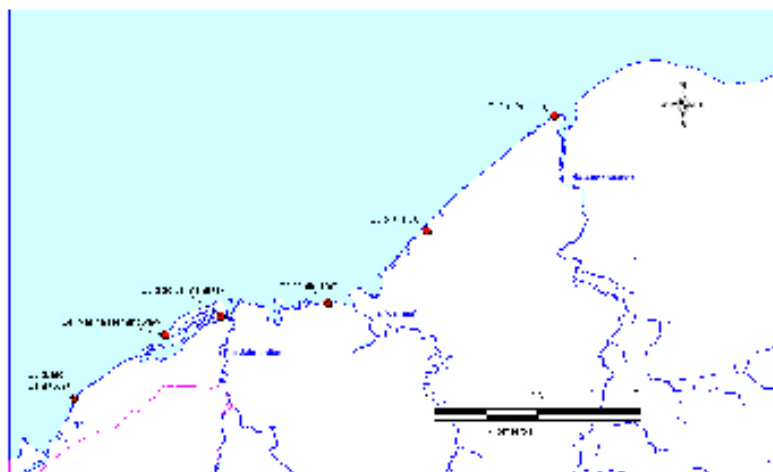


FIGURA 1. Ubicación de las estaciones de muestreo.

En ella vierten sus aguas al mar los ríos Almendares, Quibú, Jaimanitas y Santa Ana (Fig.1).

Se situaron 5 estaciones, aproximadamente a 10 m de distancia de la orilla, en lugares que utiliza la población como zonas de baño (Fig. 1). Los muestreos se realizaron con una frecuencia mensual entre noviembre de 2003 y octubre de 2004.

Método de muestreo

Se colectaron muestras de agua a 25 cm por debajo de la superficie, empleándose para ello frascos de vidrio estériles de 250 mL de capacidad. Las muestras fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio de microbiología del Instituto de Oceanología, para su procesamiento antes de transcurridas 4 horas de la colecta. Las muestras se tomaron en pleamar lo que significa que es el momento en que se encuentra una mayor dilución de los contaminantes en las aguas costeras.

Las concentraciones de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y estreptococos fecales (EF) se determinaron siguiendo la metodología de Tubos Múltiples con cinco réplicas propuesta por APHA (1992). Los resultados se calcularon según la tabla del Número Más Probable (NMP) (ISO, 1990) y se evaluaron teniendo en cuenta los límites establecidos por la Norma cubana para aguas de baño con contacto directo (NC: 22-1999).

Análisis estadístico

La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y se comprobó la homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizó un Análisis de Varianza Bifactorial (ANOVA) utilizando los factores "Estaciones" y "Meses". Por último, se empleó la prueba Student-Newman-Keuls (SNK) paramétrica para la determinación de diferencias entre los pares de muestras. Todos estos análisis se realizaron en el programa STATISTICA 6.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período comprendido entre noviembre 2003 y octubre del 2004 las concentraciones de coliformes totales fueron superiores a las concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales en todos los muestreos realizados. Las estaciones E3 situada al oeste de la desembocadura del río Quibú (calle 180) y E1 (La Puntilla), ubicada al oeste de la desembocadura del río Almendares (Fig. 2), presentaron las concentraciones más altas de coliformes totales, sobrepasando los límites establecidos por la Norma cubana NC:22-1999 para aguas de baño con

contacto directo ($CT \leq 1 \times 10^3$ NMP/100mL).

La estación E5 (Bajo de Sta. Ana) presentó los valores más bajos de concentración de coliformes totales (Fig. 2), encontrándose dentro de los límites establecidos por la Norma cubana NC: 22-1999.

Las altas concentraciones de coliformes totales observadas en la estación E1 (La Puntilla) están asociadas al aporte casi directo y constante que recibe este lugar de las aguas contaminadas del río Almendares. Estudios realizados por GEOCUBA (2004) y Chiroles *et al.*, (2007), valoran que el río Almendares a pesar de ser uno de los cuerpos de agua más importantes de Ciudad de la Habana, presenta grandes problemas de contaminación, ya que recibe la descarga de residuos industriales y domésticas de zonas residenciales del municipio Boyeros. Además, al cause principal del río ingresan cuatro arroyos: Paila, Marinero, Mordazo y Santoyo; aportando una carga contaminante adicional (INRH, 2002; 2003).

Según los resultados del análisis hidroquímico reportado por Rodas *et al.*, (2004), esta estación muestra un deterioro significativo en la calidad de sus aguas. Los valores de oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y nutrientes (fosfatos y nitratos más nitritos) son característicos de aguas marinas de mala calidad según la Norma cubana NC: 25-1999.

Las altas concentraciones de coliformes totales en la estación E3 (Calle 180) están asociadas a la influencia que recibe este punto de las aguas contaminadas del río Quibú. Además, cercano a este punto existe una estación de bombeo que transporta los residuales albañales del Reparto Flores hacia un tanque séptico situado en el margen oeste del río Quibú. Cuando el bombeo no funciona por diferentes razones, los residuales se depositan directamente en la zona costera, lo que causa un aumento en la concentración de coliformes totales en este lugar.

En agosto del 2004 se observó un incremento significativamente mayor ($p < 0,05$) en las concentraciones de coliformes totales en todas las estaciones,

comparando con el resto de los meses evaluados, excepto, con noviembre de 2003 y julio de 2004, donde también resultaron altas (Fig. 3).

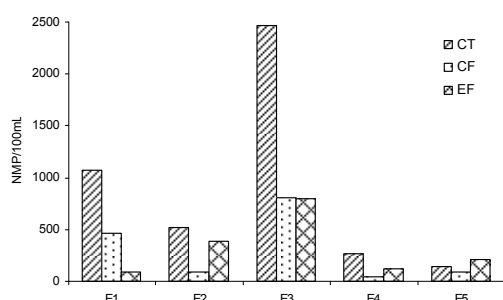


FIGURA 2. Concentración promedio de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y estreptococos fecales (EF) en cada una de las estaciones evaluadas.

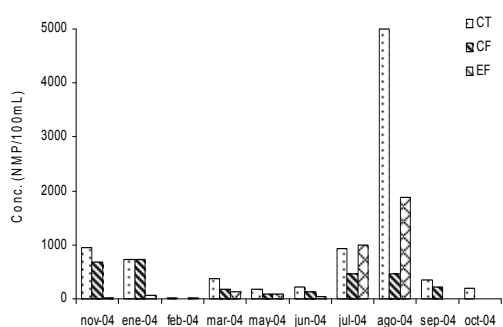


FIGURA 3. Concentración promedio de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales (NMP/100mL) en los meses evaluados.

Los meses de noviembre de 2003, y julio y agosto de 2004 fueron los de mayor acumulado mensual de precipitaciones de estos años (Tabla 1), lo que indica que las precipitaciones provocan un aumento en las concentraciones de los coliformes totales en la zona costera estudiada.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Figueras *et al.*, (2000) quienes plantean que las precipitaciones ejercen una gran influencia en la densidad de estos microorganismos en las aguas marinas, ya que causan un aumento en el caudal de los ríos e incrementan los escurrimientos terrígenos provocando un aumento en la densidad de bacterias y contaminantes que llegan a la zona litoral.

Con relación a las concentraciones de CF, estas oscilaron entre 2.0 – 1600.0 NMP/100 mL (Fig. 2). La presencia de estas bacterias en el agua indica una contaminación fecal reciente ya que presentan un corto período de sobrevivencia en el medio marino. Además, estas bacterias se encuentran en las heces de animales de sangre caliente, por lo que se consideran

que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal que los coliformes totales (CYTED, 2000, WHO, 2003).

Los niveles más altos de coliformes fecales correspondieron a la estación E3 (Calle 180), siendo significativamente más elevada ($p < 0.05$) que en el resto de los puntos evaluados. Este resultado indica que la estación E3 está sometida a un continuo aporte de contaminantes, transportados principalmente por el río Quibú. Si la contaminación fuera eventual, el relativamente corto tiempo de sobrevivencia de estas bacterias en el agua de mar y el propio régimen dinámico de las aguas, traerían como consecuencia el restablecimiento de las condiciones ambientales normales del lugar.

WHO (1999) plantea que los ríos contribuyen con una significativa porción a la carga bacteriana de las zonas costeras, pues traen una carga bacteriana originada por la contaminación fecal proveniente tanto de fuentes puntuales como no puntuales. A esto se suma la influencia de la corriente litoral resultante, que al igual que en el resto del litoral habanero, presenta una dirección paralela a la costa y debido al régimen de vientos imperantes (Alisios de región Este) un sentido predominante hacia el oeste (Rodas *et al.*, 1998), transportando los residuales que se vierten a la costa.

En la estación E4 (Marina Hemingway) se encontró la menor concentración de CF (<2 NMP/100 mL), lo que indica que los residuales albañales de sus instalaciones hoteleras no afectan la calidad de las aguas costeras en este sector.

Es importante destacar que en Feb-04 no se detectaron CF en ninguna de las estaciones estu-
dia-

Meses	Precipitaciones (mm)
Noviembre – 2003	210.9
Enero – 2004	91.3
Febrero – 2004	50.7
Marzo – 2004	54.3
Mayo – 2004	30.9
Junio – 2004	36.6
Julio – 2004	157.2
Agosto – 2004	155.1
Septiembre – 2004	78.0
Octubre - 2004	117.0

TABLA 1. Acumulado mensual de precipitaciones (INSMET, 2004).

das, probablemente relacionado con la presencia de la etapa invernal, en la que el litoral habanero se encontró bajo la influencia de fuertes marejadas lo que propicia la rápida dispersión y dilución de los contaminantes.

En la zona de estudio la plataforma submarina es muy estrecha y desprovista de cayos y accidentes

geográficos, facilitando una mayor influencia de las aguas oceánicas sobretudo, en época de frentes fríos. Por otra parte, las aguas oceánicas presentan mayores valores de salinidad que las aguas costeras y generalmente, tienen una menor temperatura superficial (Lluis Riera, 1983), lo que contribuye a la disminución del tiempo de supervivencia de las bacterias coliformes en el mar.

En cuanto a las concentraciones de estreptococos fecales, éstas variaron entre 2.0 y 5400.0 NMP/100mL (Fig. 2 y 3) encontrándose los niveles más altos (5400 NMP/100mL) en la estación E3 (calle 180).

En dicho grupo de microorganismos se integran especies que suelen estar presentes tanto en heces humanas como de animales de sangre caliente. Estos organismos además, muestran una estrecha relación con riesgos de salud, principalmente síntomas gastrointestinales, asociados con baños en ambientes marinos y de agua dulce (Cabelli *et al.* 1982; Dufor, 1984; WHO, 1998; Namihira-Santillan, 2002).

En más del 50% de los muestreos, los valores de estreptococos fecales estuvieron dentro del límite establecido por la Norma cubana (≤ 150 NMP/100mL), sin embargo, en agosto de 2004 también hubo un incremento en las concentraciones de este indicador, obteniéndose concentraciones significativamente superiores ($p < 0,05$) al resto de los meses evaluados y superiores a los límites permisibles por la Norma cubana.

Los incrementos en las concentraciones en agosto de 2004 están asociados con las precipitaciones y con la densidad de bañistas, si tenemos en cuenta que estas estaciones constituyen sitios de baño en época de verano en Cuba, la cual alcanza sus máximos de densidad de bañistas en el mes de agosto, etapa vacacional.

Las variaciones espacio – temporales de las comunidades bacterianas estudiadas indican que la contaminación fecal en este sector costero no es homogénea en toda su extensión y que las fluctuaciones encontradas están asociadas, principalmente, a condiciones locales y temporales tales como la ubicación de las fuentes contaminantes (ríos, desagües, etc.), la ocurrencia de precipitaciones y el régimen hidrodinámico imperante.

CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de coliformes totales y fecales y estreptococos fecales en la estación E3 (calle 180) sobrepasaron los valores límites establecidos en la Norma cubana, por tanto, es un sitio no apto para el uso recreativo.
2. En agosto de 2004 se obtuvieron las concentraciones de coliformes totales y fecales significativamente superiores al resto de los meses evaluados.

3. En el segmento costero estudiado de Ciudad de la Habana, las precipitaciones provocan un incremento eventual en la densidad de bacterias coliformes y estreptococos fecales en las aguas.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* 19th Edition, American Public Health association, Washington, D.C.
- Cabelli, V.J.; A.P. Dufour; L.J. Mc Cabe; M.A. Levin. (1982). Swimming-associated gastroenteritis and water quality. *American Journal of Epidemiology*, 115: 606-616.
- CYTED (Red Iberoamericana de Potabilización del Agua) (2002). *Indicadores de Contaminación fecal*. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos de aguas residuales domésticas. 224-229p.
- Chiroles Rubalcaba, S.; González González, M,I; Torres Rojas, T.; Váldez Avila, M. y Domínguez Martínez, I. (2007). *Bacterias Indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares* (Cuba). *Rev. Hig. Sanid. Ambient.* 7:222-227p.
- Dufor, A.P. (1984). Bacterial indicators of Recreational Water Quality. *Can. J. Microbiol.* Vol. 75: 49-56.
- Figueras, M.J.; J.J. Borrego; E.B. Pike; W. Robertson y N. Ashbolt. (2000). *Sanitary Inspection and Microbiological water Quality. Monitoring Bathings Waters: A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes*. Eds. WHO. 114-167pp.
- Geocuba, (2004). *Estudio de Impacto ambiental. Dragado Desembocadura Río Almendares*. Informe Final, Geocuba, Estudios Marinos (Inédito). 30pp.
- INRH (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos). (2002). *Situación Geográfica física*. Cubaagua, Cuba. (<http://www.hidro.cu/cuba.htm>).
- INRH (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos). (2003). *Gestión Integrada del agua*. Cubaagua. Cuba. (<http://www.hidro.cu/cuba.htm>).
- INSMET, (2006). Departamento del Clima, Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
- ISO (1990). *Water Quality- Detection and enumeration of Coliform Organisms, Thermotolerant Coliform Organisms and Presumptive Escherichia coli- Part 2: Most Probable Number Method*. ISO 9308-2, International Organization for Standardization, Geneva.
- Lluis-Riera, M. (1983). Régimen hidrológico de la plataforma insular de Cuba. *Cien. de la Tierra y el Espacio*, 7: 81-110.
- Namihira-Santillán, P.E., G. Barrera-Escorcia y A.Z. Marqués-García. (2002). Contaminación por bacterias fecales en el lago Huayamilpas, México, D.F. *Hidrobiológica* 12 (12):129-136.

- Norma cubana (NC:25-1999). (1995). *Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero*. 12 pp.
- Norma cubana (NC:22-1999). (1999). Lugares de Baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos Higiénicos-Sanitarios.
- Rodas, L.; García, G.; García, R.; y A. Niévaros (1998) *Las corrientes marinas y la dispersión de residuales: dos parámetros esenciales para la construcción del emisario submarino del reparto Flores*. Contribución a la educación y protección ambiental . 130-134.
- Rodas, L.; S. Cerdeira; Areces, A; Montalvo, JF.; Loza, S.; del Valle, R.; Delgado, Y.; Sosa, M.; Rivas, L. (2004). *Calidad Ambiental de la Zona Costera al Oeste de Ciudad de la Habana (CACHA*. Informe Final del Proyecto Archivo Científico IdO. 69pp.
- World Health Organization, (WHO). (2003). *Guidelines for safe recreational water environments*. Volume 1: Coastal and Fresh Waters.
- World Health Organization, (WHO). (1998). *Guidelines for Safe Recreationial-water Environments: Coastal and Freshwaters*. Consultation Draft. World Health Oraganisation, Geneva.
- World Health Organization, (WHO). (1999). *Health based Monitoring of Recreational Waters: The Feasibility of a New Approach (The "Annapolis Protocol")*. Protection Of the Human Enviroment Water, Sanitation and Healrh Series. World Health Organization, Geneva.