

Calidad ambiental de las aguas del tramo costero Bacuranao – Rincón de Guanabo, Playas del Este, Ciudad de La Habana, Cuba

Arlenne Martín Páramo; Marlen Pérez; Jesús Beltrán; Hortensia Mancebo y Maikel Rosabal
Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas

Carretera del Cristo No. 3, Casablanca. Regla. Ciudad de La Habana, Cuba. Apartado 17029. Habana 11700. Cuba. Fax: (537) 33 9681; Teléfonos: (537) 862 4387; 862 3051 al 58 Ext. 254, 217 arlene@cimab.transnet.cu

ABSTRACT: This study presents some results of monitoring the beaches at East of Havana City, Cuba, during February and August corresponding to the rainy and less rainy seasons, respectively. For the bacteriological analysis were carried out 5 samplings in a period of 30 days, the rest of the samples was collected as punctual samples. The results are compared with those obtained in other samplings, specifically with 2004 period and with the requirements in the Cuban Standard NC: 22, (1999). Practically, the whole area showed pollution indicators deteriorated, such as: the permanganate oxidability value, bacteriological indicators and hydrocarbons, the last one corresponds to a lightly polluted area by hydrocarbons. The most affected areas were the outlet of the rivers Guanabo and Itabo and the lagoon with the same name, which is not benefited by the circulation régime and are occasionally affected by waste waters disposal.

The comparison with previous years indicate as general way a maintenance or increment in the organic matter, nutrients and dissolved and dispersed hydrocarbons, as well as a slight increase in the coliforms and fecal streptococcus concentrations

Rincón de Guanabo area, considered as a protected area by the environmental authorities in Cuba was reported as a lightly contaminated area.

Key words: Tourism, beaches, bacteriological pollution, eutrophication, hydrocarbons

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de campo correspondientes a la caracterización de la calidad del agua se realizaron en los meses de abril y agosto del 2005. La red de estaciones general se muestra en la figura 1. Para la determinación de algunos de los indicadores de calidad se escogieron los puntos de muestreo que se conocían como más afectados por contaminantes específicos.

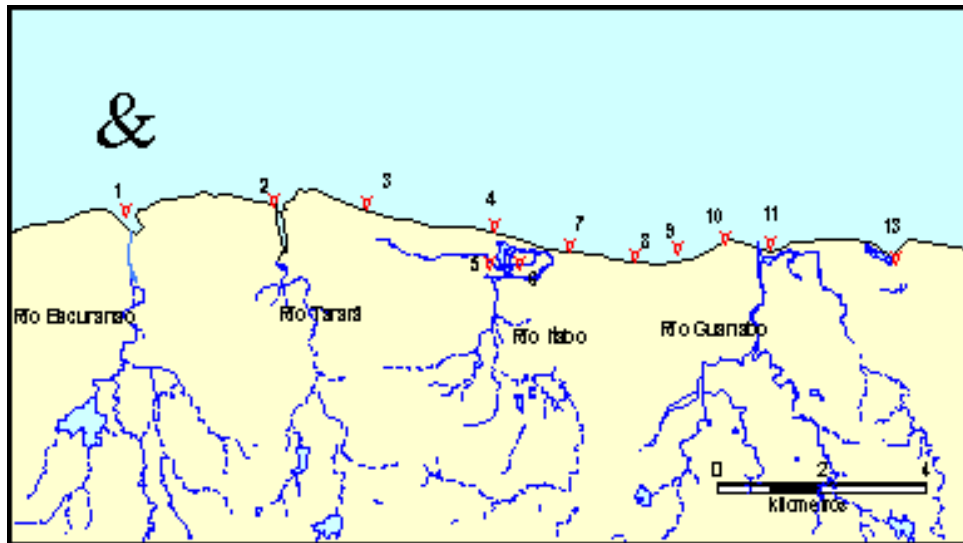


Figura 1 Red de estaciones para la caracterización del agua.

Leyenda:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Playa Bacuranao | 7. Canchas de tenis Boca Ciega |
| 2. Playa Tarará | 8. Calle 462, Rotonda de Guanabo |
| 3. Frente al Hotel Trópicoco (Santa María del Mar) | 9. Calle e/476 y 478, Guanabo |
| 4. Desembocadura Río Itabo | 10. Calle e/ 494 y 496, Guanabo |
| 5. Interior de la Laguna Itabo (Mi Cayito) | 11. Desembocadura del Río Guanabo |
| 6. Interior de la Laguna Itabo (Puente Hotel Club Arenal) | 12. Brisas del Mar (Ranchón) |
| | 13. Rincón de Guanabo |

Las muestras fueron colectadas en el nivel de superficie a una distancia entre 0 y 5 m de la línea de costa, durante el período de bajamar. Las muestras para análisis microbiológico se colectaron directamente en frascos ámbar estériles, durante 5 muestreos realizados en un plazo de 30 días, de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Norma Cubana NC: 22, (1999). "Requisitos higiénico - sanitarios para lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores".

El oxígeno disuelto se determinó mediante el método Winkler de acuerdo a los requerimientos de APHA, (1998); el pH y la temperatura se determinaron "in situ" utilizando un pH-metro digital portátil, marca HANNA, según APHA, (1998). El nitrógeno amoniacal y el fósforo total, según Grasshoff y col. (2002).

La salinidad (S‰) se midió electro métricamente con un salinómetro digital inductivo marca Tsrumi Seiki.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) se determinó según APHA, (1998). La Demanda Química de Oxígeno como oxidabilidad al permanganato, se determinó según metodología descrita en FAO (1975).

Los indicadores bacteriológicos determinados fueron los coliformes fecales y los estreptococos fecales, mediante la técnica del Número Más Probable (NMP) en series de 5 y

3 tubos respectivamente, según la metodología descrita en APHA (1998). Los resultados se reportan como la media geométrica (G) de los cinco muestreos realizados.

Los tóxicos orgánicos que se evaluaron fueron los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), mediante la espectroscopía UV de fluorescencia, según la metodología descrita por el Programa CARIPOL (Proyecto de la Subcomisión Regional del Caribe y Regiones Adyacentes, IOCARIBE) para el monitoreo de las aguas, los sedimentos y los organismos, influidos por la contaminación por petróleo (CARIPOL, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los valores medios y los estadígrafos principales calculados para cada uno de los indicadores hidroquímicos evaluados, en ambas etapas de muestreo.

Los valores medios de oxígeno disuelto resultaron tanto el época lluviosa (5.60 mg L^{-1}) como menos lluviosa (5.43 mg L^{-1}) resultaron superiores a 5 mg L^{-1} , valor recomendado como límite de calidad adecuado para aguas marinas según Nemerow, (1977) y la Norma Cubana NC: 25, (1999) y además muy cercanos entre sí (figura 2).

Tabla 1 Valores medios y estadígrafos fundamentales de las variables hidroquímicas.

	Unidad	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	DS
Período menos lluvioso							
OD	mg L^{-1}	9	5.43	6.30	3.00	6.80	146
SAL	‰	9	29.32	35.75	12.69	36.21	10.13
pH	Uds.	9	8.19	8.15	8	8.41	0.35
T°C	° C	9	26.18	26.00	24.70	27.60	0.98
N-NH ₃	$\mu\text{mol L}^{-1}$	9	1.01	1.04	0.10	2.07	0.62
PT	$\mu\text{mol L}^{-1}$	9	0.48	0.26	0.05	1.25	0.48
DBO ₅	mg L^{-1}	9	2.46	2.90	< 0.3	5.70	2.35
DQO Oxidabilidad al permanganato	mg L^{-1}	9	8.87	7.11	1.58	19.75	6.05
Período lluvioso							
OD	mg L^{-1}	9	5.60	5.79	4.05	6.49	0.78
SAL	‰	9	26.11	32.24	5.06	35.94	11.17
pH	Uds.	9	7.98	8.20	7.10	8.60	0.62
T°C	° C	9	29.63	29.50	28.00	31.70	1.01
N-NH ₃	$\mu\text{mol L}^{-1}$	9	2.92	1.42	1.10	7.78	2.51
PT	$\mu\text{mol L}^{-1}$	9	4.23	3.23	0.13	11.43	4.24
DBO ₅	Mg L^{-1}	9	1.37	1.50	0.06	3.16	1.02
DQO Oxidabilidad al permanganato	mg L^{-1}	9	15.18	9.48	3.16	27.65	9.99

Los valores de salinidad reflejan la presencia de agua dulce, principalmente en la

desembocadura de los ríos. El resto de las estaciones presentó valores cercanos a 36 ‰, que es el requerimiento de la Norma Cubana NC: 22, (1999).

En las estaciones 4 y 5 se obtuvieron concentraciones de nitrógeno amoniacal muy por encima de $3.57 \mu\text{mol L}^{-1}$, valor límite recomendado en la Norma Cubana NC: 25, (1999). La estación 9 ubicada en entre las calles 494 y 496 en Guanabo reportó un valor de concentración muy cercano a dicho límite ($3.44 \mu\text{mol.L}^{-1}$) (figura 2).

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal obtenidas durante la época lluviosa resultaron estadísticamente superiores a las obtenidas en la época menos lluviosa. Resultando las diferencias entre muestreos más evidentes en las estaciones 4, 5 y 9.

Las concentraciones de fósforo total obtenidas en el período lluvioso en las estaciones 1, 4, 5, 6 y 11 sobrepasaron el valor $2.1 \mu\text{mol L}^{-1}$, que es el límite máximo que establece Weatland y col., (1971) para aguas eutróficas. Los valores obtenidos en el período lluvioso resultaron significativamente superiores a las reportadas para el período menos lluvioso. El valor medio obtenido en la zona de estudio en igual período pero del año 2003 para el fósforo total fue de $1.73 \mu\text{mol L}^{-1}$ que resultó inferior al obtenido este año ($4.19 \mu\text{mol L}^{-1}$).

Es significativo señalar que las concentraciones tanto de nitrógeno amoniacal como de fósforo total resultaron muy superiores en el período lluvioso. Este resultado es de esperar teniendo en cuenta que en esta época del año aumenta el número de bañistas y la población flotante en la zona y por ende los aportes contaminantes hacia la costa, siendo esta la causa más posible del aumento de las concentraciones de nutrientes y la aparición temporal de indicios de eutrofización.

Los mayores valores de oxidabilidad al permanganato se obtuvieron el período lluvioso (figura 2). Los valores medios difirieron (período menos lluvioso: 8.87 mg L^{-1} ; período lluvioso: 15.18 mg L^{-1}), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. En prácticamente todas las estaciones en ambas etapas de muestreo se sobrepasa el criterio establecido en la NC: 22:(1999), para este indicador (2 mg L^{-1}), destacándose de forma especial las estaciones ubicadas en la desembocadura del Río Itabo (4), en el interior de la Laguna Itabo (5 y 6) y en el Rincón de Guanabo (13).

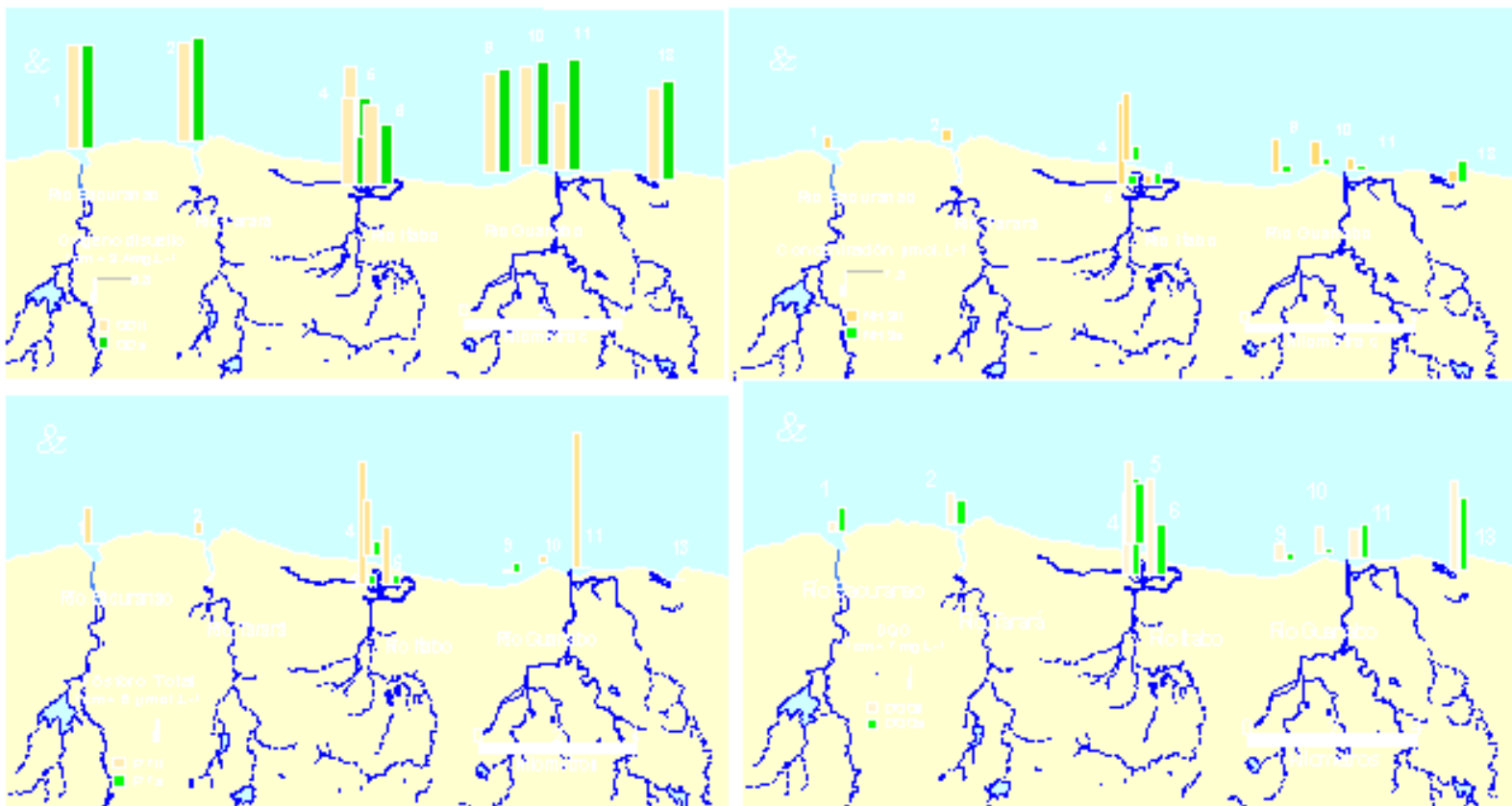


Figura 2. Valores de los principales indicadores de calidad en ambas etapas de muestreo

En la figura 3 se muestran los valores medios de las concentraciones de coliformes y estreptococos fecales en las aguas obtenidas durante los muestreos realizados este año 2005.

Los resultados obtenidos durante el período lluvioso, muestran concentraciones de coliformes fecales por encima del límite permisible para contacto directo ($\leq 2.0 \times 10^2$ NMP/100 mL) establecidos en la Norma Cubana NC: 22,1999) en 8 de las 13 estaciones estudiadas, destacándose las estaciones 5, 7, 8, 9 y 11 con valores inclusive mayores de 1×10^3 NMP/100 mL, que es el límite máximo permisible para contacto indirecto (NC 22:1999). Una situación similar se presentó en estas mismas estaciones en el muestreo correspondiente al período lluvioso del año 2003 donde se obtuvieron concentraciones por encima del límite para contacto directo e indirecto (Martín y col., 2004).

En general los valores medios (G) de las concentraciones de coliformes fecales (4.34×10^2 NMP/100 mL) en el período lluvioso resultaron superiores a los del período menos lluvioso (2.35×10^2 NMP/100 mL). Ambos valores medios resultaron por encima del límite permisible para contacto directo (NC 22:1999).

Los resultados obtenidos para los estreptococos fecales en el período lluvioso muestran valores por encima del valor límite permisible para contacto directo ($\leq 1.0 \times 10^2$ NMP/100 mL) según la Norma Cubana NC: 22, (1999) en prácticamente todas las estaciones, excepto en las estaciones 1, 3 y 6.

Se destacan las estaciones 5, 11 y 13, respectivamente, como las estaciones que presentaron mayores valores de concentración de este indicador.

La diferencia entre etapas de muestreo fue evidente con este indicador bacteriológico: valor medio (G) en período lluvioso (6.31×10^2 NMP/100 mL) superior al del período menos lluvioso (1.29×10^2 NMP/100 mL).

Estos resultados eran de esperar teniendo en cuenta que en el período lluvioso, correspondiente al verano, un mayor número de bañistas hacen uso de esta zona costera, además de aumentar la población flotante en esta época del año, por ende la contaminación de origen fecal generada que llega a la playa es mayor, ya sea, por los ríos ubicados a lo largo de la zona costera estudiada, por el desbordamiento de las fosas sépticas o por las conexiones ilegales a los drenes pluviales fundamentalmente del poblado de Guanabo.

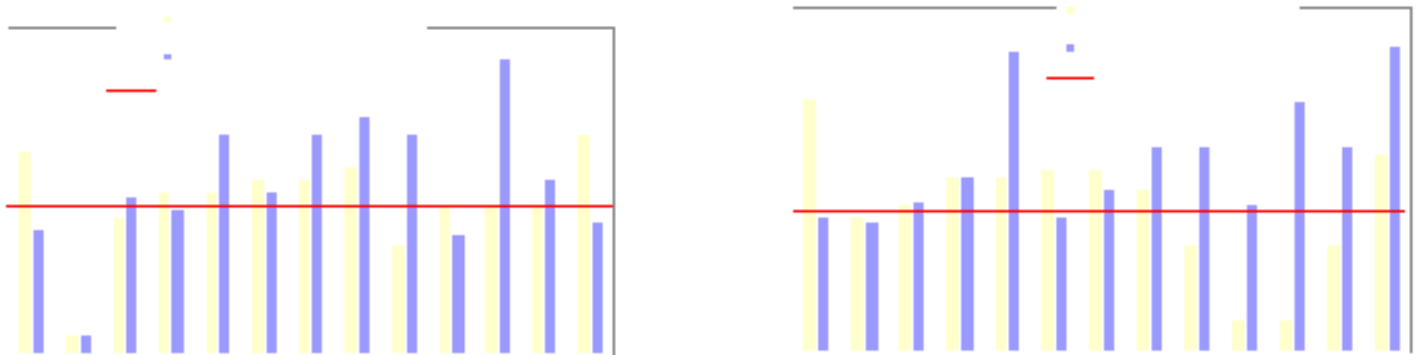


Figura 3. Concentraciones de coliformes y estreptococos fecales durante el año 2005.

En la figura 4 se presentan las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) en las aguas superficiales de la zona de estudio, en las dos etapas de muestreo. Todas las concentraciones son expresadas como equivalentes de criseno puro.

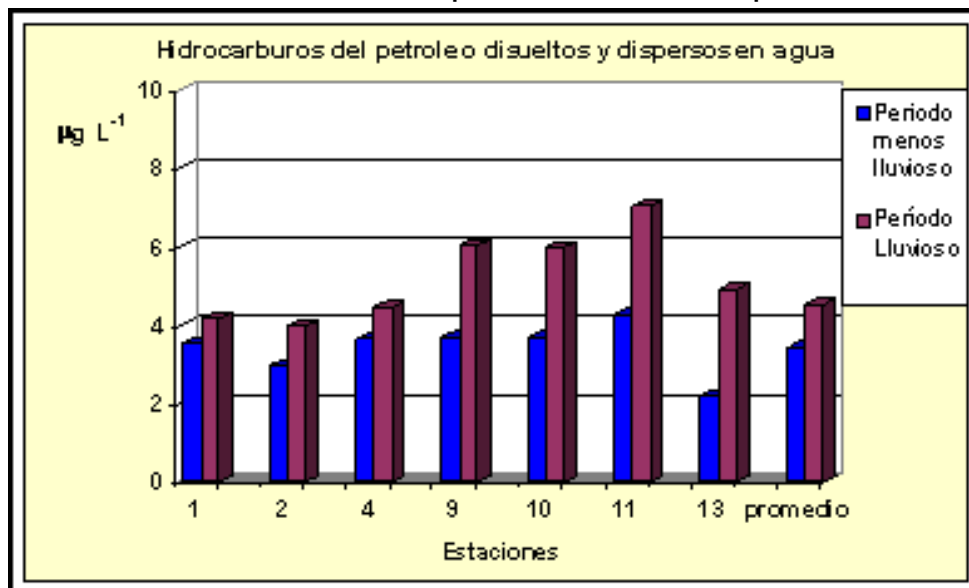


Figura 4. Concentraciones de hidrocarburos del petróleo ($\mu\text{g L}^{-1}$).

En ambas etapas los valores se presentaron por debajo de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, valor máximo recomendado por el Programa CARIPOL para considerar la zona contaminada por

hidrocarburos del petróleo de manera ligera (CARIPOL, 1987), criterio internacional que se mantiene vigente por parte de la comunidad científica de la región, al ser considerado éste el único proyecto de investigación con carácter global que se ha realizado en la Región del Caribe.

En el período lluvioso las estaciones más contaminadas fueron las ubicadas en el propio poblado de Guanabo (estaciones 9 y 10) y la correspondiente a la zona estuarina del río Guanabo (11). En particular se destaca esta última estación que en ambos muestreos presentó los valores más altos: $4\ 24\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ en el período menos lluvioso y $7\ 04\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ en el período lluvioso.

Los resultados alcanzados en este monitoreo siguen demostrando que es a través de los ríos y de la descarga de residuales líquidos fundamentalmente municipales, por donde se está ejerciendo la mayor influencia antrópica hacia la zona marina, en lo que concierne a la contaminación por hidrocarburos fósiles y por ende por donde están ingresando las mayores cargas petrogénicas.

El análisis comparativo entre ambas etapas de muestreos demuestra una mayor incidencia de este contaminante en el período lluvioso, pues en todas las estaciones las concentraciones fueron mayores en esta etapa.

En el caso particular de las playas este incremento en los valores está motivado por el aumento de personas que arriban a dicha zona en esa etapa del año (temporada alta de vacacionistas nacionales) y que de hecho ejercen una amplificación en la influencia antrópica, y por tanto de la carga contaminante que está arribando al medio marino, fundamentalmente a través del drenaje pluvial del poblado de Guanabo. Esta situación demuestra el gran impacto en las playas que provoca la actividad recreacional sobre la zona marina y costera. Reflexión aparte debe tenerse con la estación ubicada en el Rincón de Guanabo (estación 13), donde hasta ahora sus aguas mostraban los menores valores de este contaminante. Sin embargo, en esta ocasión mostró un marcado incremento en la concentración de los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, con un valor medio anual de $5.64\ \mu\text{g}\ \text{L}^{-1}$, comparable con los obtenidos para el resto de las estaciones, resultado que muestra un incremento en la descarga de residuos petrolíferos.

Los resultados obtenidos en el período lluvioso de este año 2005, reafirman una vez más el criterio de que la actividad que tiene lugar durante el verano en la zona de estudio provoca que se degrade la calidad del agua en esa época del año. Resultaron superiores en ese período, con respecto al período menos lluvioso, las concentraciones de los nutrientes estudiados (nitrógeno amoniacal y fósforo total); la oxidabilidad al permanganato; los coliformes fecales y estreptococos fecales; así como los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos.

Asimismo, durante este último muestreo en la gran mayoría de los indicadores las concentraciones fueron también superiores con respecto a igual etapa del año 2003. Los valores promedios de los indicadores estudiados durante el 2005 continúan demostrando el impacto de las fuentes contaminantes, fundamentalmente los ríos Guanabo e Itabo, los drenajes pluviales del poblado de Guanabo y de las instalaciones turísticas ubicadas en la Laguna Itabo. Estos resultados hacen pensar que esas fuentes contaminantes siguen siendo las principales responsables de las concentraciones detectadas de nutrientes,

bacterias coliformes y de la presencia de hidrocarburos del petróleo y que están afectando la calidad del agua de esta zona costera de tal manera que la comprometen para su principal uso de contacto directo.

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos al aplicar un Análisis Cluster con los datos promedios del año 2005 normalizados con respecto a la mayor concentración de cada uno de ellos.

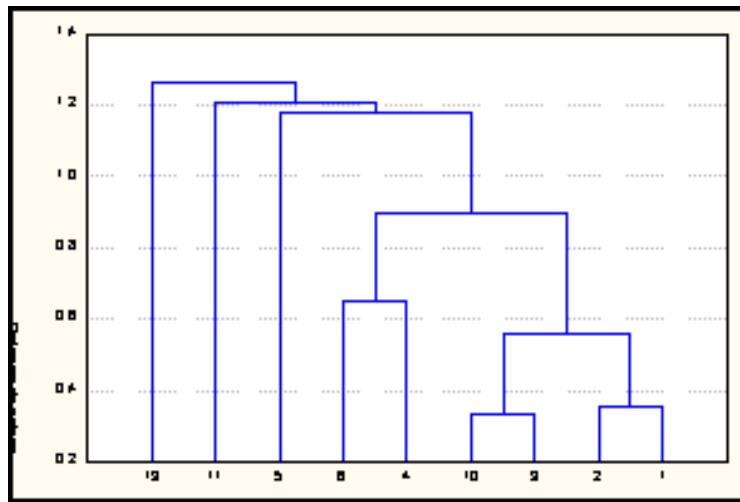


Figura 5. Análisis Cluster con los valores promedios del año 2005.

El resultado más notable al analizar el gráfico es la agrupación entre las estaciones 13 (Rincón de Guanabo), 11 (Desembocadura Río Guanabo) y 5 (Mi Cayito, Laguna Itabo). Desde que comenzaron los estudios en esta zona costera, es esta, la primera vez que se obtiene una asociación por algún tipo de análisis estadístico, de la estación 13 -considerada como de referencia o menos influida por las fuentes contaminantes-, con alguna de las estaciones directamente relacionadas con las fuentes contaminantes o consideradas como “más contaminadas”.

CONCLUSIONES

- Ø Las concentraciones de los nutrientes estudiados (nitrógeno amoniacal y fósforo total) resultaron muy superiores en el período lluvioso con respecto al período menos lluvioso.
- Ø Existe una contaminación ligera por petróleo en las aguas superficiales de la Zona de Playas del Este. Se mantiene en el tiempo la tendencia al incremento de la concentración de los hidrocarburos disueltos y dispersos en toda la zona.
- Ø Se mantienen elevadas las concentraciones de coliformes fecales y de estreptococos fecales en las aguas de la zona de Playas del Este, las que superaron o alcanzaron el valor límite establecido en la Norma Cubana NC: 22, (1999) para aguas de baño, en la mayoría de las estaciones estudiadas.
- Ø La afectación de la calidad del agua en la zona costera Bacuranao – Rincón de Guanabo en el período lluvioso, es más marcada debido a una mayor influencia antrópica en esta etapa del año.
- Ø La estación ubicada en el Rincón de Guanabo (13) reflejó una degradación en la calidad del agua que viene dada fundamentalmente por un aumento en las concentraciones de los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos y en los

indicadores microbiológicos.

Ø Las concentraciones de la mayoría de los indicadores estudiados durante el 2005 presentaron concentraciones superiores con respecto al estudio similar realizado en la etapa 2003-2004.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA-WPCF-AWWA (1998). "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater". American Public Health Association. 20th Edition. 210p.
- CARIPOL (1987). "Proceeding of a Symposium on the results of the CARIPOL Petroleum Monitoring Project". Caribbean Journal of Science Vol. 23 No 1 pp.1-14.
- CARIPOL. (1980). "Manual of Petroleum Pollution Monitoring". LAB (4301). Rickenbaker, Causing Miami, Fla. 33149. 14p.
- EN-1899-2. Calidad de agua. "Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno después de n días (DBO_n)". Parte 2: Método de muestras no diluidas.
- FAO: 1975. "Manual of Methods in Aquatic Environment Research Fish". Tech. Paper No. 137.
- Grasshoff, K.; M. Ehrhardt.; K. Kremling. (2002). Methods of Seawater Analysis. Third, completely revised and extended Edition, 600p.
- IOC/UNEP (1991). "Report of the Caribbean Environmental Program for the Assessment and Control of Marine Pollution". Caribbean Environmental Program. Technical Report 8, 41p.
- ISO 10523 (1994). "Water quality". Determination of pH.
- ISO 5813 (1983). "Water quality. Determination of dissolved oxygen". Iodometric method.
- Lapointe, B. E; P. J. Barile and W. R. Matzie: (2004). "Anthropogenic nutrient enrichment of seagrass and coral reef communities in the Lower Florida Keys: discrimination of local versus regional nitrogen sources". Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 308: 23– 58.
- Martín, A; M. Pérez; H. Mancebo; R. Regadera; J. Beltrán; F. Ruiz (2004). "Evaluación de la calidad ambiental de las aguas del tramo costero Bacuranao - Rincón de Guanabo, Playas del Este, Ciudad de La Habana, Cuba". Informe final, Cimab, 37p.
- NC: 22 (1999). Norma Cubana: "Lugares de Baño en Costas y Masas de Aguas Interiores. Requisitos Higiénicos Sanitarios". Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de La Habana. Cuba, 9p.
- NC: 25 (1999). Norma Cubana: "Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero". Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana. Cuba, 9p.
- Nemerow. N. (1977). "Aguas residuales industriales". Teoría. Aplicaciones y tratamiento. Editora Blume. España. 230p.
- Palacio F. J. Beltrán, F. Ruiz. (1998). "Contaminación por residuos sólidos y petrolíferos en Playas del Este". Propuestas de manejo. Informe fina del tema. Cimab. 61p.

Ragueneau O., C. Lancelot, V. Egorov, J. Vervlimmeren, A. Cociasu, G. De'liat , A. Krastev, N. Daoud, V. Rousseau, V. Popovitchev, N. Brion, L. Popa and G. Cauwet. (2002). "Biogeochemical Transformations of Inorganic Nutrients in the Mixing Zone between the Danube River and the North-western Black Sea Estuarine". *Coastal and Shelf Science* 54, 321–336.

Riley, J.A. y R. Chester (1978). "Chemical Oceanography". Academy Press, 2nd Edition Vol. 7, London, 647p.

Tur. A; J. Beltran; F. Palacios y R. Garcia (1998). "Rehabilitación ambiental del tramo costero Boca Ciega – Playa Veneciana". Informe final del PCT "Desarrollo del Turismo en Cuba". Cimab, 103p.

Villasol. A. y H. Mancebo (1993). "Estudios de contaminación en las Playas del Este". Informe Final. Cimab. 40p.

Wheatland. A. B.; A. M. Inste A. R. Awe y A. M. Bruce (1971). "Some observations on the dispersion of sewage form sea out fall". UK. Wat. Pownt. Res. Lab. Ref. 231-245.