

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS DEL RÍO NEVERÍ, BARCELONA, VENEZUELA

WATER QUALITY IN THE NEVERI RIVER, BARCELONA, VENEZUELA: A PRELIMINARY STUDY

ANA LOURDES BARRIOS¹ Y NOHELIA CAÑIZARES²

¹Departamento de Biología, UDO- Núcleo Sucre

²Centro de Estudios Ambientales, UDO- Núcleo Anzoátegui

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la calidad bacteriológica de las aguas del río Neverí a través de la identificación y cuantificación de los microorganismos indicadores coliformes totales, fecales y el grupo enterococos. Se tomaron muestras de agua en 10 estaciones a lo largo del río, entre marzo y noviembre de 1998. Se identificaron bacterias de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Shigella*, *Klebsiella*, y *Enterococcus*. Las especies bacterianas encontradas con mayor frecuencia en las diferentes estaciones de muestreo fueron *E. coli* y *E. faecalis*. Para el cálculo del NMP/100 mL se utilizó la técnica de fermentación en tubos múltiples. El análisis de varianza para los coliformes totales y fecales reveló diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre las estaciones pero no significativa entre los meses. Para los enterococos estas diferencias fueron altamente significativas tanto entre las estaciones como los meses de muestreo. Las aguas de las estaciones 1 y 2 clasificadas como de tipo 1, subtipo 1B fueron las únicas que cumplieron con los requerimientos del MARN de 10.000 coliformes totales/100 mL. En las aguas de las estaciones siguientes el NMP de coliformes totales y fecales fue superior a 1000 coliformes totales y 200 coliformes fecales por 100 mL, límites máximos permisibles para aguas del tipo 4, subtipo 4A. Las concentraciones del grupo enterococos excedieron las normas de la EPA (33 enterococos/100 mL), para aguas recreacionales. Los valores similares de coliformes totales y fecales tanto en la época de lluvia como en la de sequía permiten inferir la existencia de fuentes permanentes de contaminación fecal en el río Neverí.

PALABRAS CLAVE: Coliformes totales, coliformes fecales, Enterococos, agua, contaminación.

ABSTRACT

Our purpose was to determine the bacteriological quality of the water in the Neverí river, through the identification and quantification of indicator microorganisms such as total coliform, faecal coliforms and enterococcus group. Water samples were collected from ten sites along the river, between March and November of 1998. We identified bacteria from the genera *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Shigella*, *Klebsiella* and *Enterococcus*. The most frequently found bacteria species in all sites were *E. coli* and *E. faecalis*. To calculate MPN/100 mL, we used the fermentation technique in multiple tubes. The variance analysis for total and faecal coliforms revealed highly significant differences ($p < 0.001$) among the sites, but not among the months. For the enterococcus group, these differences were highly significant for both sites and months. Water samples taken from sites 1 and 2, classified as type 1, subtype 1B, were the only ones to match MARN requirements of 10.000 total coliforms/100 mL. In water samples from the following sites, the MPN of total and faecal coliforms was above 1000 total coliforms and 200 faecal coliforms per 100 mL, which are the maximum permissible limits for type 4, and subtype 4A waters. Enterococcus concentrations exceeded EPA regulations (33 enterococcus/100 mL) for recreational waters. The similar results of total and faecal coliforms for both dry and rainy seasons allow us to infer that faecal contamination sources are permanent in the Neverí river.

KEY WORDS: Total coliforms, faecal coliforms, Enterococcus, contamination, water.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo, subsuelo y aguas subterráneas por aguas residuales, constituyen un riesgo de alto nivel, específicamente cuando son descargadas sin

tratamiento en los océanos y filtradas por organismos marinos muchos de los cuales sirven como alimento al ser humano, constituyendo un riesgo para la salud del consumidor (Alvarado, 1997). Generalmente la presencia de patógenos en el agua constituye un indicativo de contaminación debido a los desechos de animales o excretas humanas (Conolly, 1994), y los análisis bacteriológicos

Recibido: Noviembre 2001. Aprobado: Febrero del 2001.

Versión final: Junio 2001

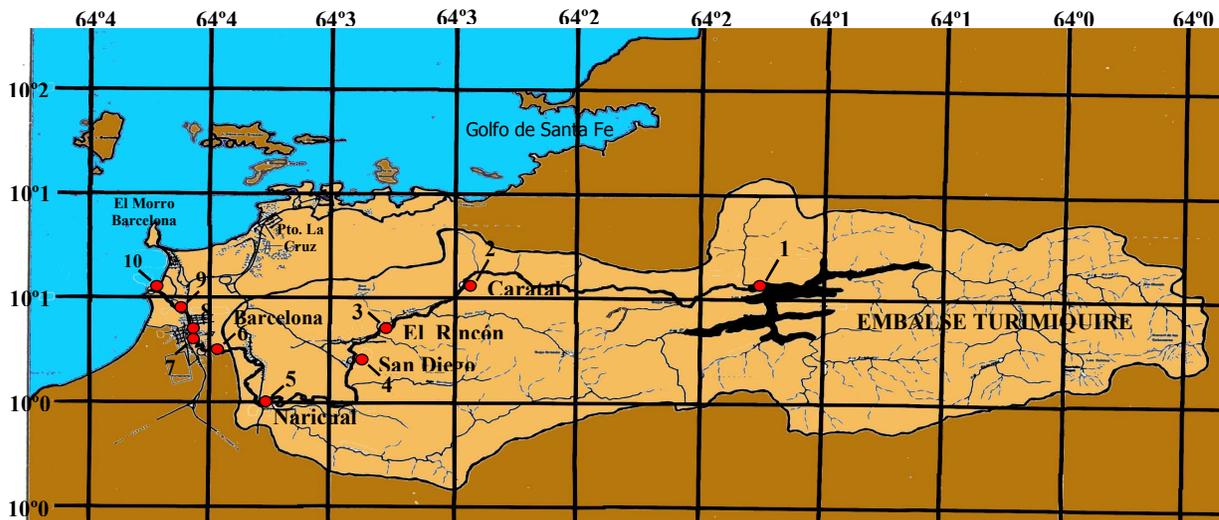


Figura 1. Area de estudio

conducen a la enumeración, aislamiento e identificación de los organismos indicadores de contaminación fecal lo cual permite alertar sobre los riesgos de contraer enfermedades de origen hídrico (Iabichella, 1993).

Las aguas superficiales juegan un papel importante en la transmisión de agentes patógenos que son descargados a través de las heces. Las bacterias fecales entran a las aguas naturales desde una variedad de fuentes; plantas de tratamientos, actividades agropecuarias tales como deposición de desechos animales, escurridos de lodos de tratamiento y escurridos urbanos (Ellis and Yu, 1995; Godfree, 1997). Y pueden devolverse a los humanos por varias rutas como el uso de estas aguas para la recreación o deporte, para la irrigación de frutas o verduras y como agua para el consumo humano (Pianetti *et al.*, 1998).

El río Neverí constituye la reserva hídrica natural de la región Nor-Oriental y tiene usos diversos a lo largo de su extensión como son: fuente de agua potable e industrial, irrigación de cultivos, así como recreación y esparcimiento de los habitantes de la ciudad de Barcelona ya que forma parte de su hábitat urbano.

La importancia que representa el río para el desarrollo de la región obliga a mantener y conservar sus aguas en el mejor estado sanitario posible.

En esta investigación se hizo un estudio preliminar de la calidad bacteriológica de las aguas del río a fin de que estos datos sirvan como aporte para conocer su salud microbiológica y prevenir en las personas que utilizan sus aguas con fines diversos; los riesgos de contraer enfermedades a través del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se fijaron 10 estaciones a lo largo del río Neverí, Estado Anzoátegui (Fig. 1):

Cuenca alta :

01: Embalse del Turimiquire.

Cuenca media:

02: Toma de Caratal

03: Balneario Los Mangos, El Rincón.

04: Puente San Diego.

05: Naricual

Cuenca baja:

06: Entrada al canal

07: Puente Bolívar

08: Puente Monagas

09: Puente Padilla.

10: Desembocadura.

Se realizaron 5 muestreos durante los meses de marzo, mayo, junio, agosto y noviembre de 1998, las muestras se tomaron directamente en frascos de vidrio estériles de 250 ml de capacidad, a una profundidad de 20 a 30 cm por debajo de la superficie del agua. Se colocaron en cavas refrigeradas y se transportaron al Centro de Estudios Ambientales, UDO, Núcleo de Anzoátegui donde se procesaron inmediatamente. En cada estación se midió la temperatura con un termómetro de 0,1 °C de apreciación.

Para determinar el número más probable (NMP) de coliformes totales, fecales y enterococos, se utilizó la técnica de fermentación de tubos múltiples (APHA, 1995). La

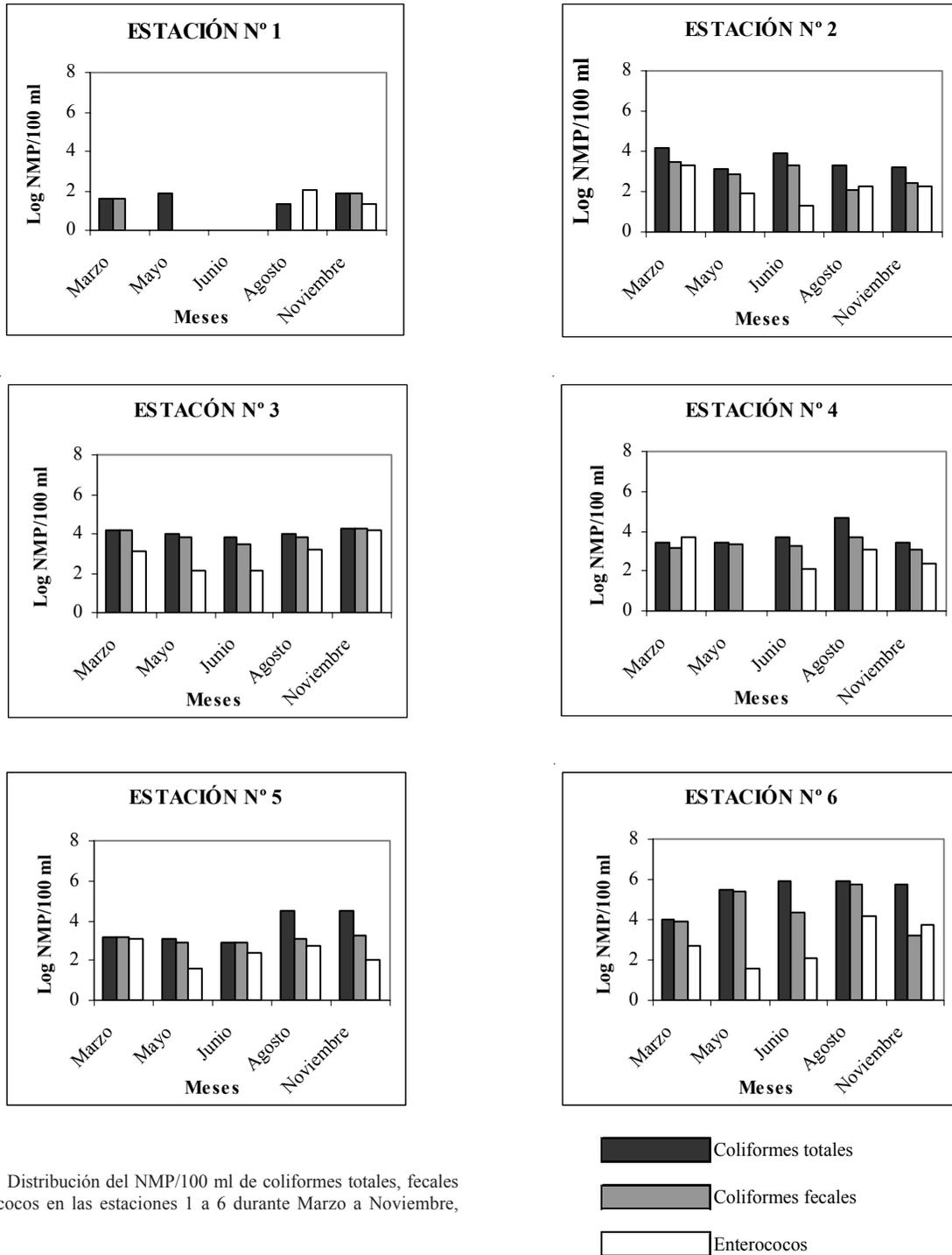


Figura 2: Distribución del NMP/100 ml de coliformes totales, fecales y enterococos en las estaciones 1 a 6 durante Marzo a Noviembre, 1998.

prueba presuntiva de los coliformes totales y fecales se realizó con caldo lactosado (Merck, Darmstadt, Germany) y la confirmativa con caldo brila (Merck). Para los enterococos se utilizó caldo azide (Merck) y caldo infusión cerebro corazón (Merck) respectivamente, con dilu-

ciones seriadas de cada muestra (10^{-1} hasta 10^{-5}) inoculando 1ml de cada dilución en 5 tubos conteniendo cada uno los caldos mencionados. La incubación se realizó a $35 \pm 0,5$ °C durante 24 a 48 horas para los coliformes totales y enterococos. Los coliformes fecales se incubaron a 45 °C

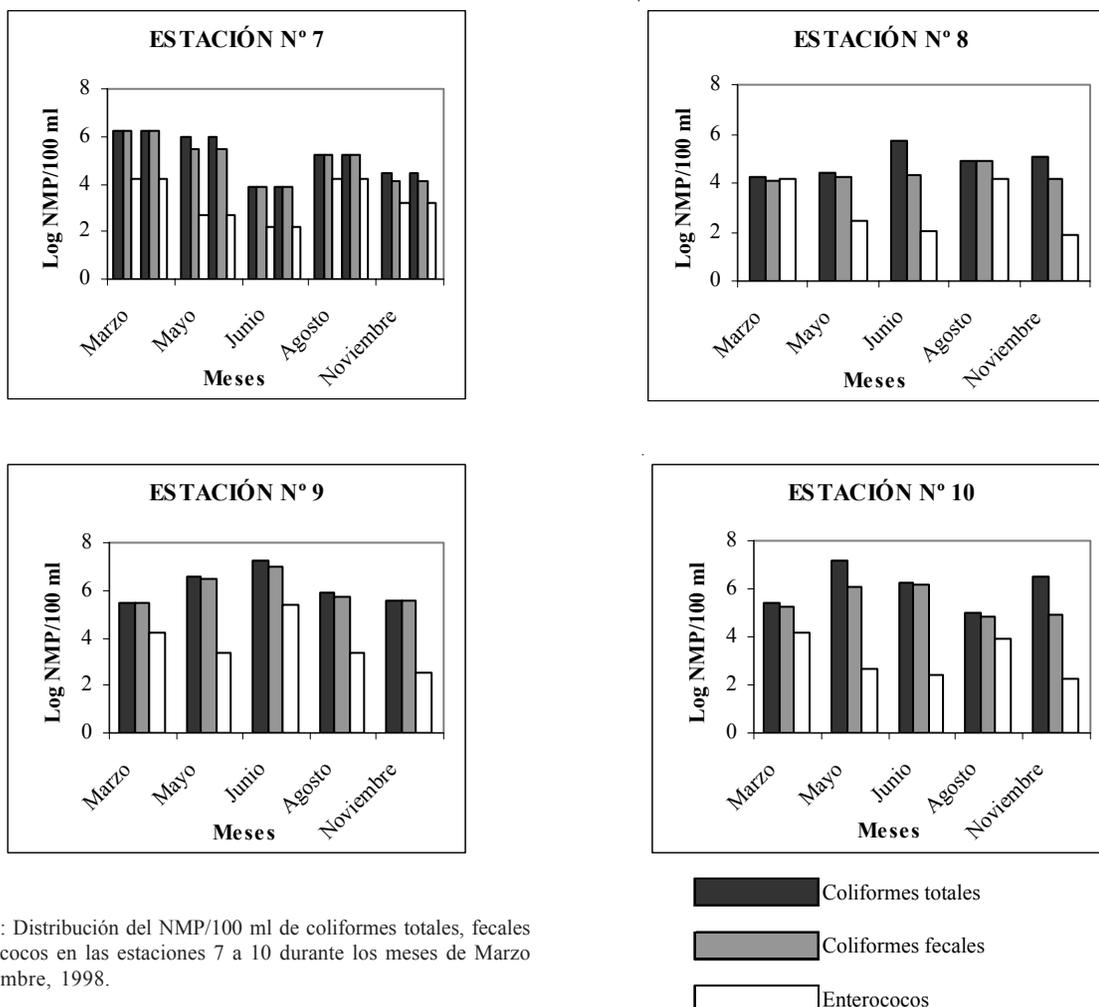


Figura 3: Distribución del NMP/100 ml de coliformes totales, fecales y enterococos en las estaciones 7 a 10 durante los meses de Marzo a Noviembre, 1998.

durante 24 a 48 horas. La formación de gas confirmó la presencia de coliformes totales y fecales; y la turbidez la presencia de enterococos.

El aislamiento e identificación se hizo a partir de los tubos que resultaron positivos en la prueba confirmativa de coliformes y enterococos. Se sembraron placas con agar Mc Conkey (Merck, Darmstadt, Germany) y agar M-enterococcus (Himedia, Mumbai India) respectivamente, por agotamiento en superficie, y se incubaron a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 18h a 24h. Finalizado el período de incubación, se observaron las características diferentes de cada una de las colonias, elevación, borde, color, tamaño, etc., y se le practicó la tinción de Gram por el método modificado por Buck (1982). Las cepas se aislaron en agar soya tripticasa (Merck, Darmstadt, Germany), inclinado y posteriormente, se identificaron mediante galerías ID 32 E y ID 32 STREP, con capacidad para 32 pruebas bioquímicas. Se inocularon las galerías y se incubaron a 35°C por cuatro horas, luego se procedió a su lectura mediante el equipo ATB

EXPRESSION, que procesa la información e indica el resultado de las 32 pruebas, el nombre de la especie bacteriana y el porcentaje de aceptación de la identificación que se realiza.

RESULTADOS

Temperatura:

La variación de la temperatura fue altamente significativa entre las estaciones y los meses de muestreos. El promedio más bajo ($25,9^\circ\text{C}$), se observó en la estación 2. En las estaciones restantes el promedio fluctuó entre $27,2 - 28^\circ\text{C}$. En relación a los meses de muestreo, los promedios menores ($26,3 - 26,6^\circ\text{C}$) se registraron en los meses de Agosto y Noviembre, respectivamente. El promedio más elevado ($28,4^\circ\text{C}$) se obtuvo en el mes de Marzo.

Las figuras 2 y 3 muestran la variación de la temperatura durante los cinco muestreos en cada estación. En general la temperatura fue más elevada en el período Marzo -

junio (sequía) y bajó en los meses de agosto a noviembre (estación lluviosa).

NMP/100 ml de Coliformes Totales, Fecales y Grupo Enterococos:

El análisis de varianza para la comparación del NMP/100 ml de bacterias coliformes totales y fecales según el mes y la estación, mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre las estaciones y no significativas entre los meses. Para el grupo enterococos las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0.001$) entre los meses y las estaciones.

Los promedios logarítmicos del NMP/100 ml de coliformes totales, fecales y enterococos revelaron que la estación 1 presentó los índices más bajos de contaminación por estas bacterias y las estaciones 6,7,9 y 10 de la cuenca baja, los más elevados.

En las Fig. 2 y 3, se observa la distribución de los coliformes totales, fecales y enterococos en cada una de las estaciones. Puede notarse que a excepción de la estación 1, las bacterias indicadoras se detectaron en todas las estaciones durante los meses muestreados. En la estación 1, los tres grupos de bacterias se encontraron presentes simultáneamente, sólo en el mes de noviembre y ausentes en el mes de Junio.

Identificación de bacterias coliformes fecales

Las especies de enterobacterias de origen fecal identificadas en las diferentes estaciones fueron: *Escherichia coli*, *E. vulneris*, *E. hermannii*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Shigella* ssp, *Klebsiella pneumoniae*, *K. planticola*, *K. terrigena*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. hirae* y *E. gallinarum*. La especie bacteriana encontrada con mayor frecuencia en las diferentes estaciones de muestreo fue *E. coli*. Entre los enterococos identificados, *Enterococcus faecalis* se aisló en una mayor proporción. Todas las especies identificadas están asociadas con diversas infecciones gastrointestinales, respiratorias, urinarias tanto en humanos como en animales.

DISCUSIÓN

De acuerdo al decreto 883, mediante el cual se dictan 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 Bolivariana de Venezuela N° 5021 y de fecha 18 de Diciembre de 1995, las

aguas de la estación 1, cuenca alta (Represa del Turimiquire) y las de la estación 2 de la cuenca media (Toma de Caratal) del río Neverí, se agrupan según a su uso principal como aguas de tipo 1, es decir, aguas destinadas al uso doméstico e industrial que requieren de agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él, y subtipo 1B, aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración. Las aguas de la estación 3 (Los Mangos), 4 (San Diego) y 5 (Naricual) de la cuenca media son ampliamente utilizadas para el uso recreacional y las de la cuenca baja son utilizadas en diversas actividades, tales como: navegación, pesca artesanal y riego. Debido a estos usos se clasifican como aguas de tipo 4, es decir, aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia y subtipo 4A aguas destinadas al contacto humano total. Exceptuando los enterococos, que no están incluidos en esta norma la evaluación de la calidad bacteriológica en las estaciones estudiadas se realizó según los lineamientos establecidos en este decreto. Para estos indicadores, se utilizó el límite de 33 enterococos por 100 ml señalado por la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para aguas dulces con uso recreativos (APHA, 1995).

Todos los valores del NMP/100 ml de coliformes totales de la estación 1 y 2, fueron inferiores a 10.000/100 ml límite máximo permitido por el Ministerio del Ambiente para las aguas del tipo 1B. Con respecto a los coliformes fecales esta norma no establece criterios.

Las aguas de las estaciones 3 hasta la 10 clasificadas como aguas del tipo 4A, sobrepasaron frecuentemente los límites establecidos de 1000 NMP de coliformes totales en 100 ml y de 200 NMP/100 ml de coliformes fecales.

De acuerdo a los resultados del NMP/100 ml de coliformes totales, fecales y enterococos obtenidos en las estaciones 1 y 2, se puede decir que las aguas de éstas fueron las únicas que cumplieron con las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente, es decir, éstas pueden ser utilizadas para el uso doméstico e industrial que requieran de agua potable y que se pueden acondicionar por medio de tratamientos convencionales. Los bajos valores del NMP de coliformes totales, fecales y enterococos encontrados en estas dos estaciones pueden ser consecuencia del gran volumen y profundidad de las aguas de la represa y de la turbulencia, en el caso de la Toma de Caratal factores éstos que favorecen la dilución, otro hecho importante es que en las cercanías de estas estaciones no hay comunidades establecidas.

El NMP/100 ml de bacterias fecales fue más elevado en la cuenca baja que en la alta y media porque el problema del río se hace más crítico al atravesar la ciudad de Barcelona, donde existen muchas razones que provocan alto nivel de contaminación de origen fecal, como son: en sus márgenes están ubicadas urbanizaciones e invasiones marginales que ocasionan la degradación del paisaje e insalubridad debido a la carencia de servicios sanitarios básicos. Por otra parte, en la cuenca baja se encuentran numerosas descargas industriales, pluviales y municipales, siendo el problema mayor la estación de bombeo de Barrio Sucre que constantemente descarga gran cantidad de aguas residuales, estas aguas, contienen alrededor de 10^6 microorganismos por mililitro, además de compuestos orgánicos e inorgánicos dependiendo de la naturaleza del residuo; si es de origen doméstico o industrial (Tebutl, 1993). La falta de tratamiento en las aguas residuales, es un problema de salud pública ya que la contaminación de las aguas naturales con material no tratado puede dar como resultado un incremento en el riesgo de transmisión de enfermedades para las personas que utilicen sus aguas (Bruce, 1996). Por otra parte el Neverí es el receptor principal de las aguas pluviales de la ciudad y en sus canales se encuentran una serie de empotramientos ilegales de aguas negras. Según, Fujioka *et al.* (1997), los drenajes de lluvia son una de los principales fuentes externas de bacterias de origen fecal y nutrientes que entran a los ríos.

La poca variación del NMP/100 ml de los coliformes totales y fecales tanto en la época de sequía como en la de lluvia, observadas en las estaciones de la cuenca media y baja, confirma que las fuentes de contaminación en el río por estas bacterias son permanentes.

Sin embargo, el NMP/100 ml de los enterococos mostró variaciones altamente significativas entre las estaciones evidenciadas por las elevados promedios obtenidos en los meses de Marzo y Agosto y el bajo promedio en el mes de Mayo época de lluvias esporádicas que probablemente ocasionaron una disminución del índice de bacterias.

Por otra parte, las lluvias intensas del mes de Agosto pudieron incrementar el NMP de enterococos ya que en esta época ocurre un mayor arrastre de materia fecal la cual entra en los sistemas acuáticos (Roll y Fujioka, 1997).

La elevación en el promedio de los enterococos ocurrida también en el mes de Marzo (período de intensa sequía) puede tener su explicación en las investigaciones realizadas por diversos autores quienes demostraron que la supervivencia de los enterococos fecales en los sistemas

acuáticos es superior a los de *E. coli* (Geldreich, 1972; Mc Feters *et al.* 1993). Tomando en cuenta lo anterior, se puede asumir que las condiciones propias de la época de sequía tales como: temperaturas más elevadas, reducción del caudal y de la velocidad de la corriente y acumulación de la materia orgánica (Nemerow, 1974; Roll y Fujioka, 1997; Saad y Hemeda, 1992) fueron favorables para el crecimiento de estas bacterias.

El gran número de *Escherichia coli* aisladas en la mayoría de las estaciones, confirman la existencia de contaminación de origen fecal humano o animal permanente. Entre las enterobacterias aisladas, es muy importante señalar la presencia de *Shigella sp.*, desde el punto de vista patológico por su baja dosis infecciosa de 10-100 organismos (Iabichella, 1993). Todo lo expuesto anteriormente crea en toda la cuenca media y baja un ambiente muy insalubre de alto riesgo para los usos diversos que tiene el río Neverí.

CONCLUSIONES

Las estaciones 1 y 2 fueron las únicas que no excedieron los criterios establecidos por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) para aguas utilizadas como fuente de abastecimiento doméstico e industrial.

Las estaciones 3 a 10 ubicadas en la cuenca media y baja del río Neverí no son aptas para el uso recreacional.

A excepción de la estación 1 las bacterias indicadoras se detectaron en todas las estaciones durante los meses de muestreos.

Durante la época de sequía y lluvia no se observaron diferencias en la densidad de coliformes totales y fecales, lo que permitió inferir que las fuentes de contaminación fecal son permanentes.

Las aguas del río Neverí representan un riesgo para la salud de las personas que las utilizan con fines recreacionales, debido al elevado índice de bacterias indicadoras encontrado en este.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Técnico Químico Carlos Montero y a la Prof. Pastora Sosa por su colaboración durante la ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, L. 1997. Uso del Agua Depurada. *Escritorio*, p.2.
- APHA - AWWA - WEF. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th Edition. APHA – AWWA - WPCF, Washington, USA.
- BRUCE, W. 1996. Discriminant analysis of antibiotic resistance patterns in fecal Sheptococci, a method to differentiate human and animal sources of fecal pollution in natural waters. *Applied and Environmental Microbiology*. 62 (11): 3997 – 4002.
- CONOLLY, D. 1994. The Role of the Presymptomatic Foods Handler in a Common Source Out Break of Food Borne SRVS Gastroenteritis in a Grup of Hospitals. *Epidemiologi Infec.*, 113(3): 513-21.
- ELLIS, J. AND YU, W. 1995. Bacteriology of urban run-off the combined sewer as a bacterial reactor and generator. *Water Science and Technology*, 31(7): 303-310.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela. 18 de Diciembre de 1995. N° 5.021, Extraordinario.
- GELDREICH, E. 1972. Buffalo lake recreational water quality: a study in bacteriological data interpretation. *Water Research*. 6: 913-924.
- GOODFREE, A.; KAY, D. & WYER, M. 1997. Faecal streptococci as indicators of faecal contamination in water. *Journal Applied Microbiology symposium Supplement*. 83 :110S-119S.
- IABICHELLA, M. 1993. Evaluación bacteriológica del sector marino - costero San Luis- Guapo, Cumaná- Venezuela, según los criterios para aguas de contacto humano total y parcial. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencias Marinas. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Post-grado en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná. 300 pp.
- MC FETERS, G.; BARRY, J. AND HOWINGTON, J. 1993. Distribution of enteric bacteria in Antarctic seawater surrounding a sewage outfall. *Water Research*, 27: 645-650.
- NEMEROW, N. L., 1974. *Scientific Stream Pollution Analysis*. Mc. Graw – Hill, New York. 325 pp.
- PIANETTI, A; BAFFONE, W; BRUSCOLINI, F.; BARBIERI, E.; BIFFI, M.; SALVAGGIO, L. AND ALBANO, A. 1998. Presence of several pathogenic bacteria in the Metauro and Foglia Rivers (Pesaro-Urbino, Italy). *Water Research*, 32(5): 1515-1521.
- ROLL, B. & FUJIOKA, R. 1997. Sources of faecal indicator bacteria in a brackish, tropical stream and their impact on recreational water quality. *Water Science and Technology*. 35 (11-12): 179-186.
- SAAD, M. A. H. AND HEMEDA, E. I. 1992. Effect of Pollution on the Western Harbour of Alexandria. I. Enviromental Characteristics. Science of the Total. *Enviroment. Supplement*. 737 – 752.
- TEBBUTT, T. 1993. *Fundamentos de Control de la Calidad del Agua*. Editorial Limusa, México. 3^{ra} edición. 250 pp.

