

Evaluation of water quality of Santa Rosa de Agua

L. Botero¹, M. Montiel¹, H. Ledo², M. Romero², W. Quintero¹
M.C. García¹

¹Laboratorio de Microbiología Ambiental, Departamento de Biología

²Laboratorio de Química Ambiental, Departamento de Química
Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Apartado 526
Maracaibo, Venezuela

Abstract

Santa Rosa de Agua is a community located at the shores of Lake Maracaibo. This work analyzed the quality of the water in this area, according to standard procedures. All of the total samples, 82.5% and 66.6% of total and faecal coliform values, respectively, were higher than those allowed for recreational waters in Venezuela. Predominant bacterial genus found were *Escherichia*, *Enterobacter* and *Klebsiella*. The study of viruses allowed the observation of cytopathic effect in 5 out of the 6 areas assayed. Chlorine showed high values. A positive correlation was observed between the total coliforms and the phosphates values ($r = 0.6619$ $P < 0.01$). In all samples DO was found to be below the permitted value (5 ppm). The BDO was found to be above the maximum proposed value for recreational waters. In 100% of the samples, both the mean and average for total and fecal coliforms and the physicochemical parameters, did not comply with the allowed limits established in Venezuela for recreational waters. This indicates that these waters should not be used for recreational purposes.

Key words: Pollution, microorganisms, chemical, water.

Evaluación de la calidad de las aguas de Santa Rosa de Agua, Estado Zulia

Resumen

Santa Rosa de agua es una comunidad localizada a orillas del Lago de Maracaibo, que descarga sus aguas residuales directamente al Lago. Este trabajo analiza microbiológicamente y fisicoquímicamente el agua de esta zona siguiendo técnicas estándares. El 82.5% y el 66.6% de las muestras presentaron valores de coliformes totales y fecales superiores a los permisibles para las aguas recreacionales en Venezuela. Los géneros bacterianos predominantes fueron *Escherichia*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. El estudio de virus detectó efecto citopático en 5 de las 6 zonas muestreadas. El cloruro presentó valores elevados. Se observó una correlación positiva entre los coliformes totales y los fosfatos ($r = 0.6619$ $P < 0.01$). El oxígeno disuelto se encontró en todas las muestras por debajo del límite mínimo permisible (5 ppm). La demanda bioquímica de oxígeno se encontró por encima del valor propuesto como máximo para aguas recreacionales. En el 100% de las muestras la mediana y el promedio obtenido para los coliformes totales y fecales y para los parámetros fisicoquímicos no cumplían con los límites permisibles establecidos en Venezuela para aguas de tipo recreacional, lo cual indica que las mismas no deben ser utilizadas con este propósito.

Palabras claves: Contaminación, microorganismos, química, agua.

Introducción

Uno de los mayores problemas a nivel mundial son las enfermedades transmitidas por el agua [1]. Se ha demostrado que los cuerpos de agua que reciben descargas cloacales, pueden transmitir microorganismos causantes de enfermedades a los individuos que utilizan estas aguas como fuente de alimentos o para su recreación [2] debido a que contienen una variedad de patógenos [3].

En la literatura han sido descritos con frecuencia [4,5] brotes de gastroenteritis asociados a enfermedades hídricas. A nivel mundial, se ha estimado que más de 5 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades transmitidas por el agua [6] y más de dos billones de personas han sido afectadas en un momento u otro por gastroenteritis como resultado del consumo de aguas contaminadas [7]. La diversidad y severidad de los problemas de salud asociados al uso de aguas contaminadas es mayor en países subtropicales y tropicales que en otros países [8]. Esto es debido a que en estas zonas están ubicados la mayoría de los países en vías de desarrollo y en estos, el mayor porcentaje de la población es de bajos recursos económicos, viven en condiciones de hacinamiento y no disponen de sistemas adecuados para la disposición de excretas. Todos estos factores incrementan la transmisión de microorganismos causantes de enfermedades diarreicas. En Venezuela, las enfermedades diarreicas y enteritis producen cerca de un millón de casos al año, durante el quinquenio 1982-86, se presentó un promedio de 2518 muertes cada año [9].

El análisis microbiológico del agua es importante ya que permite salvaguardar la salud de la comunidad al detectar la contaminación fecal. Los coliformes totales y fecales son los indicadores más frecuentemente utilizados en este tipo de análisis [10].

Las descargas de aguas residuales no solamente afectan la calidad microbiológica sino también producen cambios en la calidad físico-química de las aguas. Diversos análisis se requieren para determinar la calidad físico-química del agua [11].

El presente trabajo tuvo como finalidad estudiar parámetros microbiológicos y físico-químicos

propuestos por la Gaceta Oficial de Venezuela como indicadores de la calidad de las aguas, en una comunidad localizada a orillas del Lago de Maracaibo. Su estudio es importante ya que permitirá evaluar el riesgo que representa para la comunidad el hacer uso de estas aguas con fines recreacionales.

Parte Experimental

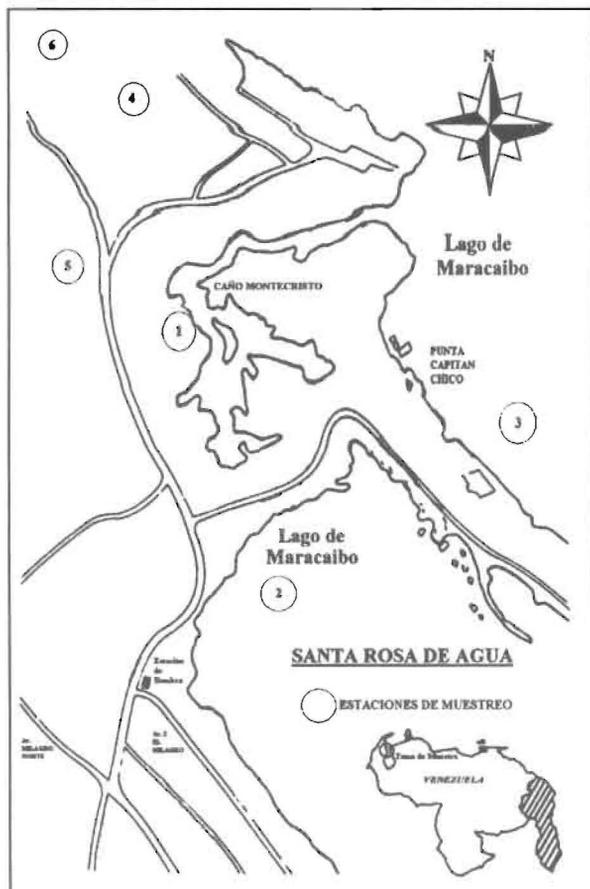
Area de estudio

El estudio se realizó en Santa Rosa de Agua, comunidad de pescadores y artesanos ubicada en el Nor-oeste de la ciudad de Maracaibo en el Estado Zulia. Esta zona es un valioso recurso turístico de la población zuliana que presenta una población aproximada de 5000 habitantes [12]. Fue escogida para este estudio porque los jóvenes y niños de la comunidad utilizan sus playas y caños como fuente de recreación y distracción y por presentar alto índice de enfermedades gastrointestinales probablemente relacionados con las condiciones sanitarias de la misma [12].

Se realizaron dos muestreos en años diferentes tomando en cada uno de ellos, muestras de agua del Lago de Maracaibo en seis estaciones (Figura 1). La estación 1 se localizó en el Caño Montecristo; caño formado por las aguas que ingresan del Lago de Maracaibo. La estación 2 es una zona de escasa circulación del agua a la cual descarga la estación de bombeo de aguas negras de Hidrolago. La estación 3 se ubicó en el área de Capitán Chico, playa utilizada para la recreación de los habitantes y de los turistas que visitan la zona. La estación 4 es una zona donde hay la mayor presencia de palafitos, en este tipo de vivienda las descargas domésticas son arrojadas directamente a las aguas. Las estaciones 5 y 6 están ubicadas a la entrada y salida del Caño Tirso, respectivamente, el cual es un lugar de esparcimiento de los pobladores de Santa Rosa.

Parámetros microbiológicos

Para el estudio de microorganismos las muestras fueron colectadas en envases estériles y transportadas al laboratorio en una cava con hielo.



Maracaibo, Edo. Zulia. Santa Rosa de Agua.
Escala 1:5.000

Figura 1. Estaciones de muestreo.

Determinación de bacterias. Para la determinación del número más probable de coliformes totales y fecales (NMP/CT y CF) y para el aislamiento e identificación de enterobacterias se siguió la metodología propuesta en el Standard Methods [10].

Detección de virus. La determinación de virus se realizó según la técnica descrita previamente [13].

Parámetros fisicoquímicos

El estudio fisicoquímico se realizó siguiendo las técnicas descritas en el Standard Methods [10]. Las mediciones de temperatura y pH se realizaron en el momento de la toma de las muestras con un termómetro de mercurio y un pH metro ATC Piccolo marca HANNA, respecti-

vamente. Las determinaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) se realizaron en un titulador automático (Metrohm 678 EP/KF Titroprocessor) equipado con un Dosimat 665. Para las determinaciones de cloruro y amonio se emplearon electrodos selectivos de Cloruro (Orion modelo 94-17), Amonio (Orion modelo 95-12) y un electrodo de referencia de unión doble (Orion modelo 90-02), acoplados a un potenciómetro Corning 125. Los niveles de fosfatos en agua se determinaron a través del método del ácido ascórbico [10] y fueron cuantificados usando un espectrofotómetro marca Spectronic 21 D (Milton Roy). El oxígeno disuelto (OD) se determinó siguiendo el método de WINKLER [10] y para la titulación se utilizó un titulador automático (Metrohm 678 EP/KF Titroprocessor).

El sulfato se determinó usando la técnica desarrollada por Ledo y Gonzalez [14].

Resultados y Discusión

Los valores de los parámetros microbiológicos encontrados en las zonas muestreadas, se presentan en la Tabla 1. En el 82.5% y el 66.6% de las muestras (10/12 y 8/12) se obtuvieron valores de coliformes totales y fecales respectivamente, superiores a los permisibles para las aguas recreacionales en Venezuela [11]. Valores elevados en estos parámetros están relacionados con la contaminación fecal [10,15] y han sido reportados por otros investigadores en diferentes partes del mundo [16-19]. Es importante señalar que la estación 2 (que recibe descargas de aguas de desechos de Hidrolago) presenta altos valores en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos lo cual indica un alto índice de contaminación en la zona. Las estaciones 4 (zona de palafitos) y 5 (zona de esparcimiento de los pobladores), presentan valores microbiológicos y fisicoquímicos que sobrepasan los límites establecidos en Venezuela para agua de uso recreacional, esto debe llamar a la reflexión ya que en estas zonas se desarrolla, principalmente, la actividad recreativa de la población, en especial la de los niños, pudiendo incidir esto en el aumento de las enfermedades de transmisión hídrica.

Tabla 1
Parámetros microbiológicos de las aguas de Santa Rosa

| No. de muestra | Estación de muestreo | NMP CT/100ml. | NMP CF/100ml. | Géneros bacterianos | Presencia de virus (ECP) |
|----------------|----------------------|---------------|---------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 | 2200 | 2200 | <i>Esch., Ent., Sal.</i> | + |
| 2 | 2 | 2200 | 2200 | <i>Cit., Ent.</i> | + |
| 3 | 3 | 3500 | 2800 | <i>Esch., Kleb., Ent.</i> | + |
| 4 | 4 | 16000 | 3500 | <i>Esch., Kleb., Ent., Sal.</i> | + |
| 5 | 5 | 16000 | 5000 | <i>Esch., Kleb., Ent., Cit</i> | + |
| 6 | 6 | 3500 | 2800 | <i>Esch., Kleb., Cit</i> | - |
| 7 | 1 | 60 | 20 | <i>Kleb., Ent., Serr., Prot.</i> | - |
| 8 | 2 | 16000 | 20 | <i>Prot., Ent., Shig., Cit.</i> | - |
| 9 | 3 | <20 | <20 | <i>Prot., Kleb., Ent., Sal.</i> | + |
| 10 | 4 | 2800 | 2800 | <i>Esch., Kleb.</i> | + |
| 11 | 5 | 16000 | 16000 | <i>Kleb., Prot., Cit.</i> | + |
| 12 | 6 | 1700 | <20 | <i>Esch., Cit., Ent., Sal.</i> | - |

Esch.: *Escherichia*, *Ent.*: *Enterobacter*, *Sal.*: *Salmonella*, *Cit.*: *Citrobacter*, *Kleb.*: *Klebsiella*, *Serr.*: *Serratia*, *Prot.*: *Proteus*, *Shig.*: *Shigella*.

ECP: Efecto citopático.

Se encontró una correlación significativa entre los coliformes totales y fecales ($r = 0.6176$ $P < 0.01$). Trabajos realizados por O'Keefe and Green [19], han establecido también relación entre estos dos parámetros y han sugerido eliminar la prueba de coliformes totales como indicativo de contaminación fecal. Esto sería beneficioso ya que implicaría un ahorro de tiempo y disminución de los costos de los análisis.

La presencia de *Salmonella* en aguas recreacionales constituye un problema de salud pública por lo que su detección e identificación es importante para la prevención de epidemias [20]. En el presente trabajo el género *Salmonella* se encontró presente en varias de las zonas muestreadas (Tabla 1), sin embargo no fue detectada en la zona 5, que fue la que presentó los valores más altos de coliformes totales y fecales. Este género se aisló en un alto porcentaje (75%) en aguas que cumplían los límites permisibles en Venezuela para coliformes totales y/o fecales, lo cual confirma que no existe correlación entre las densidades de los coliformes totales y fecales y la presencia de esta bacteria [21].

La presencia de *Shigella* estuvo asociada a valores permisibles de coliformes fecales, pero

no de coliformes totales. Se ha demostrado que la Shigelosis, enfermedad producida por esta bacteria es transmitida a través del agua [22].

El género *Escherichia* estuvo presente en cinco de las seis zonas muestreadas, este género es utilizado como indicador de contaminación fecal y actualmente se considera que su presencia puede estar relacionada con cuadros clínicos [23]. El género *Enterobacter* se encontró en el 100% de las zonas muestreadas y *Klebsiella* en el 83.3% de ellas. Los resultados obtenidos en el aislamiento de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter* y *Klebsiella* coinciden con los reportados por otros autores [24] quienes encontraron estos géneros como coliformes predominantes en aguas de ríos polutos y en aguas negras.

La presencia de *K. pneumoniae* en aguas recreacionales indica degradación de su calidad; esta bacteria es también un patógeno importante para los humanos y está reportada como agente etiológico de neumonías e infecciones del tracto urinario [25]. En este trabajo su presencia coincidió en el 60% y el 75% con valores de coliformes totales y fecales por encima del valor permisible.

Tabla 2
Parámetros fisicoquímicos (mg/L) de las aguas de Santa Rosa

| No. muestra | Estación de muestreo | DQO | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | OD | DBO |
|-------------|----------------------|------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------|-------|
| 1 | 1 | 545 | 0.30 | 5.28 | 144 | 6159 | 0.40 | 4.66 | 21.60 |
| 2 | 2 | 2900 | 0.53 | 5.28 | 499 | 22263 | 0.00 | 2.10 | 40.80 |
| 3 | 3 | 832 | 0.23 | 1.58 | 499 | 6038 | 0.13 | 4.62 | 28.20 |
| 4 | 4 | 880 | 0.73 | 7.00 | 364 | 5565 | 0.50 | 2.81 | 53.40 |
| 5 | 5 | 570 | 0.41 | 16.78 | 288 | 5726 | 1.03 | 4.90 | 15.00 |
| 6 | 6 | 556 | 0.84 | 29.80 | 249 | 3674 | 0.05 | 3.44 | 48.60 |
| 7 | 1 | 630 | 0.54 | 0.36 | 367 | 2712 | 0.06 | 3.21 | 24.50 |
| 8 | 2 | 3149 | 0.72 | 3.63 | 2207 | 14101 | 0.05 | 0.00 | 62.20 |
| 9 | 3 | 738 | 0.14 | 0.07 | 463 | 2928 | 0.04 | 4.67 | 30.00 |
| 10 | 4 | 723 | 0.78 | 0.65 | 396 | 2660 | 0.09 | 2.54 | 55.40 |
| 11 | 5 | 877 | 0.06 | 0.44 | 452 | 1494 | 0.39 | 4.42 | 21.00 |
| 12 | 6 | 974 | 9.59 | 0.62 | 303 | 1292 | 0.11 | 0.28 | 44.70 |
| DER (%) | | 6.5 | 3.8 | 5.20 | 4.9 | 4.53 | 5.10 | 6.0 | 7.2 |

DER: Desviación estandar relativa

El estudio de virus permitió detectar ECP en 8 de las 12 muestras. Trabajos previos realizados en nuestro laboratorio han demostrado la presencia de virus entéricos en algunas zonas del Lago de Maracaibo [13]. No se observó relación entre la presencia de virus y los valores de NMP de coliformes totales y fecales. Estos resultados coinciden con los propuestos por algunos otros autores [26-29] quienes han opinado que los coliformes fecales no satisfacen los requerimientos para ser indicadores de la presencia de virus entéricos en aguas, entre otros porque la capacidad de las bacterias para sobrevivir en ambientes acuáticos es baja.

Las Tablas 2 y 3 presentan los valores encontrados para los diferentes parámetros fisicoquímicos. Las desviaciones estandares relativas obtenidas de los análisis químicos son menores de 5%, a excepción de los parámetros OD, DQO y DBO, cuyos valores están por encima del 5%. Sin embargo para este tipo de análisis, donde se evalúa en cierta manera el comportamiento microbiano, los valores obtenidos se consideran como óptimos.

El cloruro, presentó valores elevados y no se correlacionó con los coliformes fecales ($r = 0.1099$ $P > 0.01$). La presencia de este ión en

altas concentraciones puede deberse al aporte de agua que el mar le hace en esa zona, al Lago de Maracaibo el cual es un estuario. Drischel en 1940 [30] demostró que la cantidad de cloruro en un cuerpo de agua depende de la distancia al mar de la zona muestreada.

Las concentraciones de sulfatos en las zonas estudiadas, exceptuando la zona 8, no excedieron significativamente los valores permisibles establecidos en el país para agua de uso recreacional (< 400 ppm.) [31] (Tabla 3). Se observó una correlación positiva entre los coliformes totales y los fosfatos ($r = 0.6619$ $P < 0.01$), resultados similares han sido reportados por otros autores [25]. El incremento en los fosfatos indica que los nutrientes estarían disponibles para ser utilizados por los microorganismos [32] pudiendo estas condiciones permitir el recrecimiento de los coliformes fecales [25].

El oxígeno disuelto se encontró en todas las muestras por debajo del límite mínimo permisible (5 ppm). La DBO se encontró en el 100% de las muestras por encima de 7 ppm. (valor propuesto como máximo en las normas establecidas en el país para aguas recreacionales) [11]. Valores de DBO altos indican la abundancia de substratos orgánicos que pueden ser utilizados

Tabla 3
Parámetros estadísticos de los valores microbiológicos y fisicoquímicos encontrados en las aguas de Santa Rosa

| | CT | CF | DGO | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | OD | DBO |
|---|----------------------|---------------------|------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Mínimo | <20 | <20 | 545 | 0.06 | 0.07 | 144 | 1292 | 0.00 | 0.00 | 15.00 |
| Máximo | 16000 | 1600 | 3149 | 9.59 | 29.80 | 2207 | 14101 | 1.03 | 4.90 | 62.20 |
| Mediana | 3150 | 2500 | 593 | 0.69 | 15.08 | 308 | 3193 | 0.06 | 3.33 | 36.55 |
| Promedio | 6665 | 3115 | 1115 | 1.23 | 5.95 | 519 | 6218 | 0.24 | 3.14 | 37.11 |
| Lím. estab. para agua de uso recreacional | <1000 ⁽¹⁾ | <200 ⁽¹⁾ | - | <0.01 ⁽¹⁾ | <0.2 ⁽¹⁾ | <400 ⁽¹⁾ | <400 ⁽²⁾ | <0.1 ⁽²⁾ | >5 ⁽¹⁾ | <7 ⁽¹⁾ |

⁽¹⁾Valores establecidos por el MARNR en Venezuela

⁽²⁾Valores establecidos por la EPA [13]

por los microorganismos aeróbicamente. Sin embargo, cuando la DBO es alta los microorganismos utilizan mucho del oxígeno disponible para la degradación de la materia orgánica, creando condiciones de disminución de este elemento y dando como resultado la muerte de organismos superiores, tales como los peces, que requieren del oxígeno para su supervivencia [33].

Conclusiones

Se evidenciaron valores altos de coliformes totales y fecales en más del 60% de las muestras analizadas, así como la presencia de bacterias patógenas en cuatro de las seis zonas estudiadas.

En el 83% de las zonas muestreadas se detectaron virus, lo cual significa un peligro para la población que utiliza estas aguas.

No se encontró relación entre los indicadores de calidad microbiológica utilizados en el país (NMP de coliformes totales y fecales) y la presencia de microorganismos patógenos (bacterias y virus).

Los parámetros fisicoquímicos, a excepción del sulfato se encontraron sobrepasando los niveles permisibles para aguas de tipo recreacional. Se detectaron valores altos de la DBO, de los fosfatos y de los nitratos, así como valores bajos de oxígeno disuelto.

Al correlacionar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos solo se encontró correlación entre coliformes totales y fosfatos, lo cual pudiera indicar que la presencia de este tipo de nutriente favorece la presencia o supervivencia de este grupo de microorganismos.

Agradecimientos

Se agradece a la profesora Luz Marina Soto su aporte en el análisis estadístico de los resultados. Este trabajo fue financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia.

Referencias Bibliográficas

1. Fuenzalida-Puelma, H.L.: "El agua como recurso y la salud". Bol. of Sanit. Panam. Vol. 111,(1991). 371-375.
2. Borrego, J.J., Cornax, R. Moronigo, M.A. Martínez-Manzanares, E and Romero P.: "Coliphages as an indicator of faecal pollution in water, their survival and productive infectivity in natural aquatic environments". Wat. Res. Vol. 24,(1990).111-116.
3. Geldreich, E.: "Microbiological quality of source waters for water supply". In: Drinking Water Microbiology. Mc.Feters, G. Editor. Springer Verlag, New York. 1990.

4. Craun, G.F.: "Waterborne diseases in the United States". CRC Press, Boca Raton, Fla. 1986.
5. Herwaldt, B.L.; Craun, G.F.; Stokes, S.L. and Juranek, D.D.: "Outbreaks of waterborne disease in the United States 1989-90". J. AWWA. (1992). 129-135.
6. Evans, J.R.: "International health. A rationale". ASM News. Vol. 52, (1986). 460-464.
7. Toranzos, G.A.: "Current and possible alternate indicators of faecal contamination in tropical waters: A short review". Environ. Toxic. Wat. Qual. Intern. J. Vol. 6, (1991). 121-130.
8. Hernandez, D.E.; Sierra, M. and Toranzos, G.A.: "Coliphage as alternate indicators of fecal contamination in tropical waters". Environ. Toxic. Wat. Qual. Intern. J. Vol. 6, (1991). 131-143.
9. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. "Manual de procedimientos para el control de las enfermedades diarreicas en niños menores de 5 años". Venezuela. 1991
10. American Public Health Association: "Standard Methods for the examination of water and wastewater", 17th ed. APHA, Washington, D.C. 1989.
11. Gaceta Oficial de la República de Venezuela: No. 2323 Extraordinario. Reglamento Parcial No. 4 de la Ley Orgánica del Ambiente sobre clasificación de las aguas. 1-4. 1978.
12. CEP.: "Santa Rosa de Agua: una propuesta al futuro" Edo. Zulia. 1988.
13. Botero, L.; Montiel, M. and Porto, L.: "Recovery of enteroviruses from water and sediments of lake Maracaibo, Venezuela". J. Environ. Sci. Health, A27, (1992). 2213-2226.
14. Ledo de Medina, H. y González, G.: "Optimización y comparación de métodos potenciométricos con electrodos selectivos para detectar iones sulfato". Rev. Téc. Ing. Universidad del Zulia. Vol 12, (1989). 24-27.
15. EPA: "National Interim primary Drinking Water Regulations". U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (1976).
16. Wright, R.C.: "A comparison of the levels of faecal indicator bacteria in water and human faeces in a rural area of a tropical developing country (Sierra Leone)". J. hyg. Vol. 89, (1982). 68-78.
17. Oluwande, P.A.; Sridhar, K.C.; Bammeke, A.O. and Okubadejo, A.O.: "Pollution level in some Nigerian rivers". Wat. Res., Vol. 17, (1983). 957-963.
18. Fujitoka, R.S. and Ahizumura, L.K.: "*Clostridium perfringens*, a reliable indicator of stream water quality". J. Wat. Pol. Cont. Fed. Vol. 57, (1985). 986-992.
19. O'Keefe, B. and Green, J.: "Coliphages as indicators of faecal pollution at three recreational beaches on the Firth of Forth". Wat. Res., Vol. 23, (1989). 2696-2701.
20. Alonso, J.; Botella, M.; Amoros, I. and Rambach, A.: "*Salmonella* detection in marine waters using a short standard method". Wat. Res., Vol. 26, (1992). 973-978.
21. Hazen, T., Toranzos, G.: Tropical Source Water. In: Drinking water microbiology. Mc.Feters, G. Editor. Springer Verlag, New York. 1990.
22. Tunnicliff, B. and Brickler, S.: "Recreational water quality analyses of the Colorado River corridor in Grand Canyon". Appl. Environ. Microbiol., Vol. 48(5), (1984). 909-917.
23. Geldreich, E.E.; Fox, K.R.; Goodrich, J.A.; Rice, E.W.; Clark, R.M. and Swerdlow, D.L.: "Searching for a water supply connection in the cabool, Missouri disease outbreak of *Escherichia coli* O157:H7". Wat. Res., Vol. 26, (1992). 1127-1137.
24. Clark, J.A.; Burger, C.A. and Sabatino, L.E.: "Characterization of indicator bacteria in municipal raw water, drinking water and new main water samples. Can. J. Microbiol., Vol 28, (1982). 1002-1013.
25. López-Torres, A.; Hazen, T. and Toranzos, G.: "Distribution and In situ survival and activity of *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* in a tropical rain forest watershed". Curr. Microbiol. Vol. 15, (1987). 213-218
26. Borrego, J.J., Arrabal, F.A., De Vicente, A., Gómez, L.F., and Romero P.: "Study of microbial inactivation in the environment marine". J. Wat. Pollut. Control Fed. Vol. 55, (1983). 297-302.

27. Goyal, S.M.: "Indicators of viruses". p 211-230 In G.Berg (ed). *Viral pollution of the environment*. CRC Press Inc. boca Raton Fla. 1983.
28. Payment, P.; Ayache, R. and Trudel, M.: "A survey of enteric viruses in domestic sewage". *Can. J. Microbiol.*, Vol. 29,(1983).111-119.
29. Rivera, S.; Hazen, T. and Toranzos, G.: "Isolation of fecal coliforms from pristine sites in a tropical rain forest". *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 54,(1988).513-517.
30. Margalef, R.: "Limnología". Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1983.
31. Hernández, D.: "Parámetros físicos, químicos, microbiológicos y toxicológicos de caracterización de aguas y líquidos residuales. Concepto, principio de la determinación y aplicaciones". Universidad del Zulia. Maracaibo. 1978.
32. Rose, J.; Sun, G. and Gerba, CH.: "Microbial quality and persistence of enteric pathogen in graywater from various household sources". *Wat. Res.*, Vol. 25,(1991).37-42.
33. Atlas, R.M. and Bartha, R.: "Microbial ecology. Fundamentals and applications". 3rd ed. The Benjamin/Cummings publishing company. 563 pp. 1993.

Recibido el 25 de Octubre de 1994

En forma revisada el 10 de Mayo de 1995