

CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA: MUNICIPIOS HERES Y CARONÍ DEL ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA MARZO-ABRIL 2010

Rodríguez Carmen¹

(Recibido octubre 2011, Aceptado febrero 2012)

¹Universidad de Oriente - Núcleo Bolívar – Escuela de Ciencias de la Salud. Sección Bioquímica. Coordinadora del Laboratorio Bacteriológico de Aguas de la UDO-Bolívar
carmenrb@gmail.com

Resumen: El término calidad de agua comprende las características biológicas, físicas y químicas del agua que afectan su capacidad para sustentar la vida y su idoneidad. El estado Bolívar se caracteriza por sus riquezas hídricas; de sus ríos caudalosos derivan cuerpos de agua que deberían ser evaluados con regularidad. El objetivo de esta investigación fue determinar indicadores bacteriológicos y la caracterización fisicoquímica de cuerpos de agua en dos municipios del estado Bolívar. Se realizó una investigación cuantitativa, descriptiva, transversal y de campo. La muestra estuvo conformada por el agua cruda de 28 fuentes naturales de los ríos Orinoco y Caroní. Se cuantificaron bacterias heterótrofas totales, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Clostridium* y *Pseudomonas* según Normas Venezolanas COVENIN. Se realizó examen fisicoquímico parcial: pH, turbiedad, alcalinidad, cloruros, sulfato, dureza total, calcio, magnesio, manganeso, nitritos, hierro total, sílice; por Método Estándar. Los resultados mostraron recuentos bacterianos que exceden la normativa venezolana oficial en tres sectores del río Orinoco-tramo Ciudad Bolívar, así como en 50% y 20% de los balnearios muestreados en los municipios Heres y Caroní respectivamente. Los resultados del examen fisicoquímico parcial se hallaron dentro de los criterios de referencia establecidos para ello y fueron clasificadas como aguas de baja dureza.

Palabras clave: Indicadores Bacteriológicos/ Calidad de Agua/ Parámetros Fisicoquímicos/ Estado Bolívar/ Venezuela.

QUALITY OF WATER BODIES. HERES AND CARONI MUNICIPALITIES OF BOLIVAR STATE, VENEZUELA. MARCH-APRIL 2010

Abstract: The term water quality includes biological, physical and chemical properties of the water that affect its ability to sustain life and its suitability. Bolivar State is known for its rich water sources, from its rivers derive water bodies that should be evaluated regularly. The objective of this research was to determine bacteriological indicators and physicochemical characterization of water bodies in two locations of Bolivar State. We performed a quantitative, descriptive, transversal and field investigation. The sample consisted of raw water from 28 natural sources of the Orinoco and Caroni rivers. Total heterotrophic, total coliforms and fecal bacteria, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Clostridium* and *Pseudomonas* were quantified according to COVENIN Venezuelan Standards. Partial physicochemical examinations were done using Standard Method: pH, turbidity, alkalinity, chloride, sulfate, total hardness, calcium, magnesium, manganese, nitrite, total iron, silicon. The results showed bacterial counts that exceed the official Venezuelan law in three areas of the Orinoco River along the Ciudad Bolivar section as well as in 50% and 20% of spas surveyed in municipalities of Caroní and Heres respectively. Physicochemical test results were partially within the reference criteria set for it and were classified as low hardness waters.

Keywords: Bacterial Indicators/ Water Quality/ Physicochemical Parameters/ Bolívar State/ Venezuela.

I. INTRODUCCION

Un cuerpo de agua es todo sistema natural o artificial de agua en la naturaleza, bien sea estático o dinámico de carácter permanente, semipermanente o estacional. Es un agua natural si proviene de fuentes naturales, tales como ríos, lagos, manantiales; y es un agua cruda si es agua de fuente natural sin ningún tipo de tratamiento [1]. La calidad de un cuerpo de agua es la caracterización física,

química y biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre, a la mujer y demás seres vivos; y contaminación de las aguas es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. El concepto de degradación de las

aguas, incluye las alteraciones perjudiciales de su entorno [2].

En vista de la importancia de la calidad del agua para la salud y del uso recreativo de los cuerpos de agua de origen fluvial del estado Bolívar, el objetivo de esta investigación fue determinar indicadores de calidad bacteriológica y fisicoquímica de aguas naturales ubicadas en los municipios Heres y Caroní de este estado, todo bajo lineamientos de Normas COVENIN, lo cual constituye una referencia para los entes responsables del resguardo de la salud pública a nivel regional.

En el desarrollo del artículo se presenta la importancia de determinar la calidad del agua, la clasificación de estos cuerpos de agua según la Normativa Oficial Venezolana, la ubicación geográfica del área estudiada, los materiales y métodos utilizados, valores de referencia de cada parámetro, resultados, discusión de resultados, conclusiones y referencias.

II. DESARROLLO

1. Fundamento teórico de la investigación.

La contaminación de los recursos hídricos superficiales es un problema cada vez más grave, debido a que éstos se usan como destino final de residuos domésticos e industriales, sobre todo en las áreas urbanas e incluso en numerosas ciudades del continente. Estas descargas son las principales responsables de la alteración de la calidad de las aguas naturales, que en algunos casos llegan a estar tan contaminadas que su potabilización resulta muy difícil y costosa [3].

El agua a través de su paso por el suelo, se carga de minerales que le darán sus características peculiares, pero también puede recoger materia orgánica, gases o microorganismos [4]. Desde el punto de vista microbiológico, el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objeto determinar la presencia de ciertos grupos

de bacterias, que revelen una contaminación reciente por materia fecal o materia orgánica, siendo el criterio más utilizado la determinación de la clase y número de microorganismos que ésta contiene. Tradicionalmente, se han usado más ensayos para microorganismos indicadores que para la determinación de microorganismos patógenos. El grupo de bacterias coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra, se usa como criterio de contaminación y, por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma [5].

2. Normativa Venezolana

Para clasificar y controlar la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, se dispone en Venezuela de la Norma Oficial que clasifica al agua en siete tipos y la analizada en esta investigación se incluye como Agua Tipo 4, Subtipo 4A y que corresponde a “Agua destinada a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia”, “Agua para el contacto humano total”. A su vez contempla los parámetros de interés bacteriológico y fisicoquímico que determinan si el agua es apta o no para el contacto humano total o parcial para cada tipo y subtipo de agua [6].

3. Materiales y Métodos

Se realizó una investigación cuantitativa, aplicada, descriptiva, transversal y de campo. Se evaluaron desde el punto de vista bacteriológico y fisicoquímico un total de 28 muestras de agua de fuentes naturales provenientes de los ríos Orinoco y Caroní, específicamente de los distritos Heres y Caroní, distribuidas de la siguiente forma:

- Río Orinoco: diez (10) muestras de cinco sectores del tramo Ciudad Bolívar, cuatro (4) muestras de dos lagunas, cuatro (4) muestras de balnearios (Figura 1).
- Río Caroní: diez (10) muestras de agua procedentes de balnearios que forman parte del Bajo Caroní (Figura 2).



Figura 1. Puntos de muestreo Río Orinoco. A) Desembocadura Río San Rafael, B) Sector Buena Vista, C) Balsa de succión CVG, D) Sector Cruz del Perdón, E) La Alameda, y F,G) Lagunas del Río Orinoco.



Figura 2. Puntos de muestreo balnearios Río Caroní. A) Playa Bonita, B) Tierra Nueva, C) Kukenan, D) San Juan, E) Mi Bohio, F) Valle Lindo, G) El Rey, H) San Isidro, I) Copacabana.

3.1 Recolección y transporte de muestras [7]

Para los ensayos bacteriológicos se usaron botellas de vidrio con capacidad de 250 ml, que se esterizaron a 121°C de temperatura y 15 libras de presión durante 15 minutos. Para las determinaciones fisicoquímicas se utilizaron envases de vidrio, con tapa, con capacidad de 500 ml, previamente enjuagados con mezcla sulfocrómica, luego se enjuagaron con abundante agua corriente y finalmente con agua destilada. Al tomar la muestra se enjuagó el envase en el agua, se sumergió totalmente utilizando un dispositivo de muestreo, y se dejó que el agua entrara en el envase durante 30 segundos, siempre tomando la muestra de debajo de la superficie, y en el caso de presencia de corriente de agua la muestra se captó en sentido contrario a la misma. Las muestras fueron tomadas desde una lancha a 10 metros aproximadamente de la orilla.

Posteriormente fueron trasladadas en cavas portátiles que contenían hielo al Laboratorio Bacteriológico de Aguas y Laboratorio de Bioquímica, ambos ubicados en la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar; y duplicados de las mismas al Laboratorio de Aguas Las Mercedes de la empresa Hidrocaribe C.A, ubicado en El Tigre, estado Anzoátegui, para ser procesadas antes de 6 horas de haber sido colectadas.

3.2 Métodos

Para análisis bacteriológicos se procesaron por duplicado las muestras de agua y sus diluciones con agua peptonada al 0,9% preparadas según la Norma Venezolana [8]. Se cuantificaron bacterias heterótrofas totales por vertido en placa [9], clostridios sulfito-reductores [10], coliformes totales por el método de tubos múltiples [11], coliformes fecales y *Escherichia coli* [12] y *Enterococcus* [10].

El análisis fisicoquímico parcial incluyó determinación de pH que se realizó con pHmetro Jemway, turbidez [13],

alcalinidad [14], cloruros [15], sulfatos [16], dureza total-calcio-magnesio [17], nitritos [18], hierro [19], manganeso [20] y sílice [21].

Para la comparación de resultados y determinar si el agua analizada era apta o no para el contacto humano, se tomaron en cuenta las Normas Oficiales para la calidad del agua en Venezuela [6] que señalan como valores de referencia: Coliformes Totales < 5000 NMP/100 ml y Coliformes Fecales < 1000 NMP/100 ml. La ausencia de Coliformes Totales y Fecales debe expresarse como <2,2 NMP/100ml (Norma COVENIN 3047-93).

Para las determinaciones fisicoquímicas la referencia indica como límite máximo permisible: pH 8,5; turbiedad <250 NTU; alcalinidad <500 mg/l; cloruros 600 mg/l; sulfatos 400 mg/l; dureza total 500 mg/l; nitritos 10 mg/l; calcio 200 mg/l; hierro total 1 mg/l.

Se utilizó estadística descriptiva y los resultados se presentaron en tablas de frecuencia, se utilizó la media aritmética como medida de tendencia central y la *t* de Student para establecer la existencia o no de diferencia significativa en cuanto a los parámetros fisicoquímicos.

4. Resultados

La Tabla I muestra los recuentos de indicadores bacterianos en muestras del río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar, y se evidencia que los niveles más elevados se encuentran en los sectores Desembocadura del Río San Rafael, La Cruz del Perdón y La Alameda, con valores de hasta 10^6 UFC/100 ml para bacterias heterótrofas totales; además, presencia de *Escherichia coli* y valores de enterococos de hasta dos diluciones decimales.

En la Tabla II se presentan recuentos de indicadores bacterianos de dos lagunas del río Orinoco, con elevación de bacterias heterótrofas, y ausencia de coliformes fecales, *E. coli* y enterococos en todas las muestras.

Tabla I. Indicadores bacterianos en agua del río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar. Marzo-abril 2010

Lugar del muestreo (Río Orinoco)	Bacterias heterótrofas totales UFC/100 ml	Clostridios sulfito reductores UFC/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i>	Entero-cocos UFC/100 ml
Sector Buena Vista	7×10^2	$1,1 \times 10$	70	<2,2	0	0
	$1,5 \times 10^3$	$3,0 \times 10$	70	<2,2	0	0
Frente a la balsa de succión CVG	$2,4 \times 10^3$	$9,1 \times 10$	24	<2,2	0	0
	$1,3 \times 10$	$1,0 \times 10$	12	<2,2	0	0
Desembocadura Río San Rafael	$2,3 \times 10^4$	Incontables a las 24h	2.100	1.300	Positivo	$1,2 \times 10^2$
	$1,9 \times 10^4$	$1,3 \times 10^2$	2.400	<2,2	0	0
Sector La Cruz del Perdón	5×10^5	Incontables a las 24h	10.000	6.000	Positivo	$2,0 \times 10^2$
	$3,2 \times 10^6$	Incontables a las 24h	70.000	24.000	Positivo	$1,7 \times 10^2$
Sector La Alameda	$3,8 \times 10^6$	Incontables a las 24h	> 100.000	70.000	Positivo	$1,7 \times 10^2$
	$3,6 \times 10^6$	Incontables a las 24h	> 100.000	70.000	Positivo	$2,1 \times 10^2$

Tabla II. Indicadores bacterianos en agua de la Laguna Los Francos y Laguna del Medio, municipio Heres-estado Bolívar. Marzo-abril 2010

Lugar del muestreo (lagunas río Orinoco)	Bacterias heterótrofas totales UFC/100 ml	Clostridios sulfito reductores UFC/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i>	Entero-cocos UFC/100ml
Laguna del Medio (mitad de la laguna)	$4,8 \times 10^4$	1×10^2	130	< 2,2	0	0
Laguna del Medio (zona orilla sur)	$3,2 \times 10^4$	$6,0 \times 10^2$	< 2,2	< 2,2	0	0
Laguna de Los Francos (mitad de la laguna)	$6,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	< 2,2	< 2,2	0	0
Laguna de Los Francos (zona orilla norte)	$1,2 \times 10^4$	$8,0 \times 10^2$	< 2,2	< 2,2	0	0

La Tabla III muestra las determinaciones bacteriológicas realizadas a balnearios del municipio Heres y revela que solo el Balneario Marcella del municipio Heres (25%) mostró recuento de coliformes totales que exceden la

norma oficial. Además, el Balneario La Candelaria (25%) mostró presencia de *E. coli* y enterococos, con valores de coliformes fecales dentro de los límites esperados.

Tabla III. Indicadores bacterianos en cuerpos de agua recreacionales del municipio Heres-estado Bolívar. Marzo-abril 2010

Balnearios municipio Heres	Bacterias heterótrofas totales UFC/100 ml	Clostridios sulfito reductores UFC/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i>	Enterococos UFC/100ml
Balneario Militar GN Carlos José Navarro (C/2 ^{do} F)	1,1 x 10 ⁵	1,0 x 10	620	< 2,2	0	0
Balneario La Candelaria (Quebrada de la Virgen)	6,5 x 10 ³	8,3 x 10 ²	2400	620	Positivo	2,3 x 10 ²
Balneario El Bosque	3,1 x 10 ³	1,0 x 10	120	< 2,2	0	0
Balneario Marcella	1,0 x 10 ⁵	3,0 x 10	7000	< 2,2	0	0

En cuanto a los análisis bacteriológicos correspondientes a balnearios del río Caroní, la Tabla IV muestra recuentos de hasta 10⁷ UFC/100 ml de bacterias heterótrofas para estos espacios recreacionales, con ausencia de coliformes totales y fecales en el 50% de los balnearios muestreados

(Playa Bonita, Tierra Nueva, Mi Bohio, El Rey y San Isidro). Por otra parte, el 20% de los balnearios (San Juan y Copacabana) presentaron recuentos de coliformes que exceden la norma oficial para este tipo de aguas. En el 50% de los análisis se evidenció *Escherichia coli*.

Tabla IV. Indicadores bacterianos en cuerpos de agua recreacionales del municipio Caroní-estado Bolívar. Marzo-abril 2010

Balnearios municipio Caroní	Bacterias heterótrofas totales UFC/100 ml	Clostridios sulfito reductores UFC/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i>	Enterococos UFC/100ml
Playa Bonita	3,4 x 10 ³	1,8 x 10	< 2,2	< 2,2	0	0
Tierra Nueva	8,6 x 10 ³	1,0 x 10	< 2,2	< 2,2	0	0
Kukenan	1,3 x 10 ⁷	2,1 x 10	60	45	Positivo	0
San Juan	2,8 x 10 ⁴	2,3 x 10 ²	+ 10000	6200	Positivo	3,2 x 10
Mi Bohio	8,8 x 10 ³	1,7 x 10	< 2,2	< 2,2	0	0
Valle Lindo	6,0 x 10 ⁴	1,1 x 10 ²	620	230	Positivo	1,1 x 10
El Rey	1,2 x 10 ⁵	1,7 x 10	< 2,2	< 2,2	0	0
San Isidro	2,2 x 10 ³	1,2 x 10	< 2,2	< 2,2	0	0
Copacabana	6,4 x 10 ⁴	1,9 x 10 ²	+ 10000	6200	Positivo	1,0 x 10
Ula Ula	2,0 x 10 ⁷	3,0 x 10 ²	620	230	Positivo	2,2 x 10 ²

Con relación al análisis fisicoquímico parcial de las aguas de balnearios de municipio Heres y Caroní, las Tablas V y VI muestran valores dentro de la norma oficial para

todos los parámetros analizados, inclusive algunos de ellos, muy cercanos a cero.

Tabla V. Análisis fisicoquímico parcial a cuerpos de agua recreacionales de municipio Heres del estado Bolívar. Marzo-abril 2010

Balnearios municipio Heres	pH	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l CaCO ₃)	Nitritos (mg/l)
Balneario Militar GN Carlos José Navarro (C/2 ^{do} F)	7,40	2,40	0,19	0,0576	0,1	284	0,0184
Balneario La Candelaria	7,70	3,10	0,19	0,0601	0	300	0,0625
Balneario El Bosque	7,50	1,50	0,19	0,0523	0,1	280	0,0223
Balneario Marcella	7,60	4,12	0,05	0,7451	0,1	250	0,0772

(gl=3) 90% de confianza – p>0,05 para todos los parámetros

Tabla VI. Análisis fisicoquímico parcial a cuerpos de agua recreacionales de municipio Caroní del estado Bolívar. Marzo-abril 2010

Balnearios municipio Caroní	pH	Turbiedad (NTU)	Alcalinidad (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Dureza total (mg/l CaCO ₃)	Nitritos (mg/l)
Playa Bonita	7,60	2,30	0,05	0,0649	0,1	284	0,0957
Tierra Nueva	7,60	2,43	0,05	0,0409	0	250	0,0736
Kukenan	7,50	9,94	0,05	0,0312	0	250	0,0920
San Juan	7,40	1,99	0,05	0,0264	0	250	0,0736
Mi Bohio	7,40	1,57	0,05	0,0673	0	250	0,0736
Valle Lindo	7,30	1,59	0,05	0,0649	0	250	0,0920
El Rey	7,40	1,33	0,05	0,0937	0	250	0,0846
San Isidro	7,40	1,80	0,05	0,0871	0	250	0,0699
Copacabana	7,20	1,57	0,05	0,0673	0,1	284	0,0077
Ula Ula	7,10	>9,99	0,05	0,0649	0	250	0,0736

(gl=9) 90% de confianza - p<0,05 para todos los parámetros

El análisis fisicoquímico realizado a aguas de los ríos Orinoco y Caroní con muestreo en pleno cauce, mostró también valores contemplados dentro de la normativa

oficial para los parámetros estudiados. Estos resultados se muestran en la Tabla VII.

Tabla VII. Análisis fisicoquímico parcial de agua de los ríos Orinoco y Caroní del estado Bolívar. Marzo-abril 2010

PARÁMETROS DE CAPTACIÓN	RÍO ORINOCO	RÍO CARONÍ
pH	3,50	3,40
Turbiedad (NTU)	2,72	3,21
Alcalinidad (mg/l)	0,05	0,05
Cloruros (mg/l)	0,0673	0,0899
Sulfatos (mg/l)	0,1	0
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	250	250
Nitritos (mg/l)	0,0244	0,01355
Calcio (mg/l)	0	0
Hierro total (mg/l)	0,38	0,74
Manganeso total (mg/l)	0	0
Magnesio (mg/l)	0	0
Sílice (mg/l)	6,94	2,17

p<0,05 para todos los parámetros

5. Discusión de Resultados

El control de calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos incluye la caracterización física, química y biológica de las aguas naturales para determinar su composición y utilidad al ser humano y demás seres vivos. Esta investigación incluyó parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos de muestras de agua provenientes de los ríos Orinoco y Caroní del estado Bolívar.

El río Orinoco, dada su amplia longitud y caudal, y que además extiende casi las dos terceras partes de su cuenca en Venezuela, debe ser analizado por tramos, sectores o cuerpos de agua que genere, por sus zonas de navegación, o por áreas de contacto humano total o parcial. Es por ello que los indicadores bacteriológicos y sus parámetros fisicoquímicos variarán en función a las actividades humanas que se realicen en el entorno, al igual que en otros ríos.

En los cuerpos de agua del río Orinoco analizados en esta investigación destaca la contaminación bacteriana en los sectores Desembocadura del Río San Rafael, La Cruz del Perdón y La Alameda, justamente frente a Ciudad Bolívar, producto de las descargas no controladas que se producen en la margen derecha del río. Es de hacer notar que el sector La Alameda mostró niveles de bacterias heterótrofas totales de hasta $3,6 \times 10^6$ UFC/100 ml y recuentos de clostridios sulfito-reductores, coliformes y enterococos superiores a los demás analizados, lo cual pudiera explicarse porque geográficamente está ubicado

río abajo en comparación con los anteriores y el efecto de las descargas es sumativo. En el caso de la Laguna Los Francos y Laguna del Medio no se encontraron resultados que denotaran la presencia de descargas en las mismas; mientras que en los balnearios del río Orinoco, solo el denominado Marcella mostró valores de coliformes totales fuera de la norma oficial.

Son exiguas las publicaciones de trabajos similares en los sectores del río Orinoco que se muestrearon en este estudio. En otros sectores del río se estudió la variación de bacterias heterótrofas, coliformes totales y fecales en el Bajo Río Orinoco y se evidenció una alta contaminación en su margen derecha durante la temporada de aguas altas en sectores donde se ubican Ciudad Guayana y su zona industrial (>1600 NMP/100 ml de coliformes fecales) y la población de Los Castillos de Guayana, mientras que en la misma época, en la margen derecha, a la altura de la población El Almacén, antes de Ciudad Bolívar, los niveles de coliformes totales y coliformes fecales fueron muy bajos lo cual coincide con la ausencia de actividades industriales y poblaciones capaces de modificar con sus descargas la calidad de las aguas en este sector [22].

Por otra parte, en una región del Delta del Orinoco, a la altura de la población de Tucupita, se determinaron coliformes totales en cinco estaciones en el primer muestreo y en seis en el segundo; *Escherichia coli* fue detectada en la mitad de las muestras en ambos períodos, y los recuentos de los organismos heterótrofos aerobios en seis estaciones fueron mayores de $2,0 \times 10^3$ UFC/100 ml

[23]. En el río Orinoco, también se han señalado recuentos de 3,33 NMP/100 ml para coliformes totales pero sin especificar coordenadas del sector muestreado [24].

Con relación a las determinaciones bacteriológicas realizadas a los cuerpos de agua del río Caroní, en esta investigación se determinaron recuentos de coliformes que exceden la norma oficial para este tipo de aguas en 20% de los balnearios con presencia de *Escherichia coli* en 50% de los balnearios. Es de hacer notar que los balnearios muestreados se ubican en el Lago de Macagua, excepto el balneario Ula Ula ubicado a 30 min de Ciudad Guayana y cuyas aguas forman parte del embalse Guri. La situación del Lago de Macagua ya ha sido denunciada en oportunidad anterior [25] en la cual se muestrearon, entre otros, tres balnearios que coinciden con los de esta investigación (Kukenán, San Juan, El Rey) y ya mostraban recuentos de coliformes totales y fecales de hasta 930 NMP/100 ml, por encima de la normativa oficial venezolana.

A este respecto, se ha señalado la muy comprometida calidad de las aguas que ingresan constantemente al Lago de Macagua, de donde, por cierto, se nutre la Planta de Tratamiento de Toro Muerto, localizada a escasísimos metros del vertedero de la quebrada natural que se conoce con ese mismo nombre, y el drenaje de Morocure, un poco más al sur, que son las dos zonas del cuerpo de agua dulce en estado verdaderamente crítico, pues los análisis microbiológicos indican serios niveles de contaminación por la presencia de coliformes totales y fecales. Se supone que en ambos casos, tanto la quebrada de Toro Muerto como el vertedero de Morocure, debían funcionar como colectores de agua de lluvia desde diferentes puntos de la ciudad hasta el Lago de Macagua. Sin embargo, al parecer múltiples conexiones indeseadas e ilegales, han colmado estos drenajes naturales con aguas residuales de algunas industrias ubicadas en las márgenes del río Caroní, y de cloacas con su consabido contenido de materia orgánica que llega al embalse sin ningún tipo de tratamiento previo [26].

Por su parte, también se señala que la calidad del agua de la cuenca del río Caroní es escasa y dispersa, y entre los planes estratégicos de la cuenca se tiene que para la conservación de las aguas es necesario mejorar e incrementar la evaluación sistemática de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas producidas en la cuenca y su variación en el tiempo como consecuencia de los usos agrícolas vegetal y animal, forestal y minero, para garantizar la calidad y cantidad del flujo hidráulico almacenado en el embalse y la operatividad de la infraestructura hidroeléctrica [27].

Con relación a las determinaciones de parámetros fisicoquímicos de pH, turbiedad, alcalinidad, cloruros, sulfatos, dureza total y nitritos realizados en esta investigación, se encontró que se ubicaron dentro de lo establecido por la normativa oficial venezolana; y además,

sin diferencia estadísticamente significativa en cuanto a su procedencia. No se encontraron publicaciones recientes con relación a estas características del agua para el río Caroní, se dispone de datos de hace 25 años al respecto; mientras que para el río Orinoco la información es incompleta.

En el Delta del Orinoco se han determinado valores más bajos de pH con un promedio de 5,20 [23]; valores de pH 6,78 en otro sector del río [24, 28]. Sin embargo, todos están dentro del valor permisible el cual señala un máximo de 8,5 para este parámetro. Similar situación se evidenció al determinar alcalinidad, dureza, calcio, magnesio, cloruro y sulfatos en agua cruda del río Orinoco, con valores dentro de los estándares [24].

En definitiva, la interdependencia del recurso agua en cualquier ecosistema o ambiente, reviste gran importancia, por lo que su análisis bacteriológico y fisicoquímico no puede ser obviado en el estudio ambiental de los proyectos. Su análisis debe procurar mantener y mejorar las características de calidad y cantidad del recurso, y asegurar su permanencia para, por una parte, garantizar sus funciones fundamentales en los sistemas naturales, y por otra, suplir su demanda social en condiciones de sustentabilidad ambiental.

III. CONCLUSIONES

1. El estudio bacteriológico del agua del río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar, indica que el agua procedente de los sectores Desembocadura del Río San Rafael, Sector La Cruz del Perdón y Sector La Alameda no es apta para el contacto humano porque sus recuentos exceden los límites de la norma sanitaria vigente para este tipo de aguas. En las dos lagunas de este río que fueron analizadas, sus recuentos bacterianos están dentro de la norma.
2. De los balnearios muestreados provenientes del río Orinoco (municipio Heres), el 50% son aptos para el contacto humano. En el Balneario La Candelaria hay que prestar especial atención a la presencia de contaminación fecal reciente en el agua (*Escherichia coli*), aun cuando sus valores de coliformes fecales están dentro del criterio.
4. De los balnearios muestreados provenientes del río Caroní (municipio Caroní), el 80% son aptos para el contacto humano, y de éstos hay que determinar las causas de contaminación fecal reciente al 37,5% de los mismos, ya que mostraron presencia de *Escherichia coli*, aun cuando sus valores de coliformes fecales están dentro del criterio.
5. En el análisis fisicoquímico parcial de aguas recreacionales de los ríos Orinoco y Caroní, los resultados se ajustaron a los estándares de calidad del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (Decreto 883).
6. Las aguas de los ríos Orinoco y Caroní carecen de iones cálcicos y magnésicos a causa del nivel bajo de dureza del agua, lo cual las clasifica como aguas muy suaves que

podrían acondicionarse con tratamientos convencionales para su potabilización. Su contenido en hierro está condicionado por la naturaleza de los suelos de la región. Todos los parámetros analizados se ubicaron dentro de los estándares.

7. Finalmente, es importante destacar la importancia de realizar este tipo de estudios para la prevención, control y/o remediación de los problemas ambientales presentes en tan importantes ecosistemas.

IV. REFERENCIAS

1. Norma Venezolana COVENIN 2634-2002, Aguas naturales, industriales y residuales, Definiciones, 1ra revisión, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 2002.
2. Ley de Aguas, Gaceta Oficial N° 38.595 del 2 de enero de 2007.
3. Barrenechea, A. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, Manual I, Teoría, Tomo I, 2000, pp 2-55.
4. Rodríguez, R., Martínez, C., Hernández, D., Lucas, J., Acevedo, M. Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza, Rev Esp Salud Pub, Vol 77, N° 3, 2003, pp. 423-432.
5. Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., Sánchez, M. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria: Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela, Rev Soc. Ven Microbiol, Vol 24, N° 1-2, 2004, pp. 46-49.
6. MSDS, Ministerio de Sanidad y desarrollo Social, Norma Oficial, "Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos", Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021, Decreto 883, Caracas, Venezuela, 1996, pp 24.
7. Norma Venezolana COVENIN 2614-94, Calidad del agua y procesamiento de muestras para determinación de coliformes fecales, 1ra revisión, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1994.
8. Norma Venezolana COVENIN 1126-89, Preparación de medios de cultivo para estudio microbiológico, 1ra revisión, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1989.
9. Norma Venezolana Covenin 902-87, Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1987.
10. APHA, American Public Health Association, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th Edition, Washington, DC. Bauer, S. B., and T.A. Burton, 2005, pp 1368.
11. Norma Venezolana Covenin 3047-93, Agua potable, Método de determinación del número más probable de bacterias coliformes, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1993.
12. Norma Venezolana Covenin 1104-96, Determinación del número más probable de coliformes, de coliformes fecales y de *Escherichia coli*, 2da revisión, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1996.
13. Norma Venezolana COVENIN 2186-84, Agua potable, Determinación de Turbiedad, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1984.
14. Norma Venezolana COVENIN 2188-84, Agua potable, Determinación de Alcanilidad, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1984.
15. Norma Venezolana COVENIN 2138-84, Aguas naturales, industriales y residuales, Determinación de Cloruros, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1984.
16. Norma Venezolana COVENIN 2189-84, Agua potable, Determinación de Sulfato, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1984.
17. Norma Venezolana COVENIN 2408-86, Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de Dureza Total y Calcio, Magnesio por cálculo, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1986.
18. Norma Venezolana COVENIN 2317-85, Agua, Determinación de Nitrito, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1985.
19. Norma Venezolana COVENIN 2120-84, Determinación de Hierro, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1984.
20. Norma Venezolana COVENIN 2382-86, Agua, Determinación de Manganeso, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1986.
21. Norma Venezolana COVENIN 2737-90, Aguas naturales, industriales y residuales, Determinación de Sílice, Fondonorma, Caracas, Venezuela, 1990.
22. Bastardo, A., Bastardo, H., Rosales, J. Diversidad funcional de las bacterias heterótrofas del bajo río Orinoco, Venezuela, Ecotróp, Vol 20, N° 1, 2007, pp. 15-23.
23. Madrazo, J., Iriarte, M. Condición del agua para beber y preparar alimentos de la población Warao de la Barra de Makareo, Municipio Tucupita, estado Delta Amacuro, Venezuela, INHRR, Vol 36, N° 1, 2005, pp. 12-16.
24. Mora, V., Cedeño, J. Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización, UCT, Vol 10, N° 37, 2006, pp. 41-45.
25. Boccalon, A. Severos niveles de contaminación fecal en vertederos Morocure y Toro Muerto, [En Línea], Disponible: <http://www.analitica.com/va/ambiente/opinion/2014358.asp> [Diciembre, 2009], 2001.