

ESTUDIO HIDROQUÍMICO DE LOS MANANTIALES: CUMBOTICO Y CUMBOTE, COLONIA TOVAR, ESTADO ARAGUA, VENEZUELA.

HYDROCHEMICAL STUDY OF TWO SPRINGS: CUMBOTICO Y CUMBOTE, COLONIA TOVAR, ARAGUA STATE, VENEZUELA.

Yolanda Barrientos Ch.¹, Derlys González¹ y Franco Urbani²

¹Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Av. Páez, El Paraíso. Caracas, Venezuela

²Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela

RESUMEN

La caracterización hidroquímica de manantiales fríos ubicados en zonas por encima de los 1.500 m.s.n.m. es escasa en Venezuela y la información disponible corresponde a manantiales termominerales. Los objetivos del presente trabajo fueron: caracterizar químicamente el agua de estas fuentes en función del ión dominante, determinar su grado de mineralización y derivar su uso potencial. Los manantiales Cumbotico y Cumbote están ubicados a 1853 y 1600 msnm. respectivamente, en el municipio Ricaurte- Colonia Tovar, Edo. Aragua. Los resultados obtenidos permiten tipificar estas aguas como hipotermas, bicarbonatadas, de origen continental y por aguas de infiltración. Cumbotico posee aguas muy suaves, por el bajo contenido de calcio y magnesio, débilmente mineralizado (<50 mg/L) y sin tipo químico definido. Por el contrario, Cumbote tiene aguas poco duras, de mineralización intermedia y ligeramente cálcicas. El bajo contenido de sílice disuelta determinado refleja el ambiente geoquímico del área de estudio. Se encontraron altos niveles de ortofosfatos disueltos provenientes de áreas agrícolas que sugieren niveles de contaminación apreciables. La carga de coliformes fecales reportada en la presente investigación descarta su uso como agua potable y se recomienda su utilización para el regadío. Por ser ambos manantiales, tributarios del río Tuy en su cuenca alta, están ocasionando un enriquecimiento químico y microbiológico de origen antrópico, que afectan directamente la calidad de sus aguas.

Palabras clave: manantiales fríos, parámetros, concentración de iones, calidad, uso del agua.

ABSTRACT

A limited number of hydrochemical studies related to cold springs have been carried out in high land regions in Venezuela and the available information belongs to hot-mineral springs. The main objectives of this study were to characterize the water chemical composition according to ionic abundance, mineralization and water use. This work provides information from two small springs: Cumbotico and Cumbote located at 1.853 m and 1.600 m above sea level at Municipio Ricaurte- Colonia Tovar. Aragua State. Cumbotico hydrochemical composition indicates, a weak mineralized water (<50 mg/L), with low calcium-magnesium concentrations and not defined water type. On the contrary, Cumbote has an intermediate mineralization, bicarbonate, also higher values in total hardness and calcium ions. The rather moderate levels of dissolved silica reflect the dominant rock chemical composition in the area. Both springs contain relatively high concentrations of phosphates suggesting pollution from agriculture fertilizers. The faecal coliforms bacteria found in both springs discarded their use as drinking water. The recommended water use is for irrigation means. These results provided data on water quality of Tuy river' tributaries at its upper basin. Those tributaries springs are affecting the river water quality due to chemical and bacteriological enrichment from human activities.

Key words: cold springs, ion concentrations, water quality, water use,

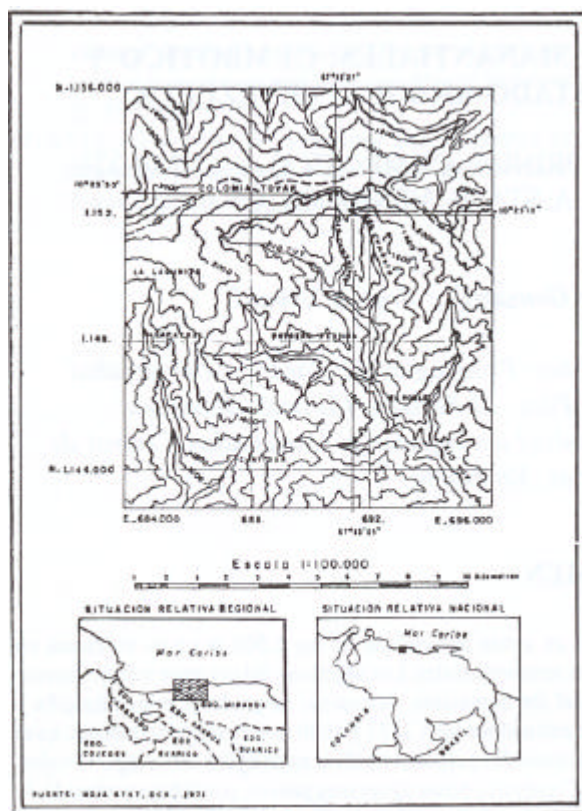


Figura 1. Ubicación de los manantiales Cumbote (A) Cumbotico (B). Colonia Tovar, estado Aragua, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes hidrotermales en el país han sido objetivo de numerosos estudios, que se iniciaron desde 1800 con los viajes de Humboldt a Venezuela (Boussingault y Rivero 1823, Karsten 1850, Díaz 1873, Ernst 1874, Rojas 1874, Marcano 1877, Siever 1888, O'Daly 1891, Alamo 1893, Comisión del Ministerio de Fomento citados por Otero 1970 y Urbani 1991), y que continúan hoy en día a través de la realización de inventarios, evaluaciones y re-evaluaciones. Los estudios sobre las manifestaciones geotermales se impulsaron durante el Inventario Geotérmico Nacional, en las regiones central, sur y oriente del país, realizado durante los años 1982–1985. Los objetivos de estas investigaciones estuvieron orientados a determinar la geoquímica de las aguas, geotermometría, patrones de mezclas, ambiente de origen y no en el aprovechamiento como agua potable, sobre todo cuando se consideraron las fuentes frías.

Las investigaciones pioneras sobre análisis de aguas provenientes de manantiales fríos de la región central de Venezuela se iniciaron con Marcano (1877) quién presentó los resultados de la composición química de las aguas del pozo El Charro, Quenepe, Germán, Mapurite y pozo de Piedra (Edo. Vargas) en la Exposición Universal de París en 1878 (recopilación Pérez-Marchelli y Urbani 1982). Estos manantiales fueron re-evaluados por Urbani y Fermín (1982) y se recomendó su uso para baños terapéuticos y recreación. Recientemente, Castro *et al.* (1997), Castro *et al.* (1998), Castro y Palacios (1998), realizaron las primeras determinaciones de radón en el agua potable en la red de acueductos y en quince ríos del Edo. Vargas.

Urbani (1977) estudió desde el punto de vista físico, químico y microbiológico el manantial Loma Serrano–La Castellana (Dtto. Federal) durante un muestreo anual y demostró que la composición química del agua no tenía afinidad con la unidad litológica dominante en la cuenca de drenaje debido a la mezcla causada por las aguas de escorrentía. El análisis microbiológico garantizó su utilización como agua potable por parte de la población para ese momento. Recientemente, Carmona (1999) re-evaluó este manantial con resultados totalmente diferentes en el análisis microbiológico, el cual indicó un promedio anual de 80 colonias de coliformes fecales/100 mL de muestra, que ocasionó un detrimento total de la calidad del agua. Adicionalmente, Castro y Palacios (1998) estimaron los niveles de radiactividad del manantial Loma Serrano y San José (Av. Boyacá–Dtto. Federal) reportando la presencia de radón (32-73 Bq/L) y torón (2,5-4 Bq/L). Estos resultados demostraron que las muestras de aguas contienen ^{224}Ra .

Alvarado (1985) realizó un estudio de calidad de aguas subterráneas, en función del contenido de sólidos disueltos para el consumo humano, en cincuenta y nueve (59) pozos de la región centro-norte costera (zona de Barlovento Edo. Miranda). Urbani *et al.* (1997) analizaron las aguas del manantial frío Kempis (Guatire-Guarenas Edo. Miranda) tipificándolas como sulfatadas, cálcicas, magnesianas y de muy alta mineralización.

Recientemente, Vargas *et al.* (1997) evaluaron la calidad química del agua de pozos relacionándola con las características fisiográficas y recomendando su uso como agua potable para comunidades pequeñas. Igualmente, reportaron la contaminación de los acuíferos por sulfatos y

nitratos cerca de las poblaciones de San Juan, El Cardón y Punta de Piedras en el Edo. Nueva Esparta.

Particularmente, las investigaciones sobre fuentes frías en el Edo. Aragua han sido realizadas en la franja interior de la Cordillera de la Costa, en zonas bajas (Ramírez y Urbani 1982, Fermín 1983, Urbani 1991, Barrientos *et al.* 1996, 1998). La información disponible relacionada con cursos de agua (ríos y quebradas) en zonas altas de la región central de Venezuela, se corresponde sólo con datos hidrométricos como el gasto medio, gasto medio diario, volumen y escurrimiento (MARN-Dirección de Hidrometeorología).

Los estudios antes expuestos sobre cursos de agua y su utilización para el consumo humano determinan que los manantiales fríos, de mineralización baja a intermedia tienen, en la actualidad, una alta demanda por parte de la población en todo el país, llegando a ser, en algunos casos, el único recurso hídrico disponible en la localidad, en otros un complemento de los ya existentes. Sin embargo en otras áreas urbanas y rurales, los usuarios sobredimensionan o desconocen las condiciones de calidad del agua, lo que representa un problema de salud de grandes proporciones. Este hecho demuestra la necesidad de realizar estudios y monitoreos permanentes que permitan precisar la calidad real de estos recursos para su mejor aprovechamiento (Cressa y Senior 1987, Cressa *et al.* 1993).

Establecer la composición química de un curso de agua requiere de un estudio integrado, debido al elevado número de variables presentes, como por ejemplo, la interacción entre las aguas de precipitación, el suelo, la litología dominante y el clima de la región; igualmente el ambiente químico no natural representado por descargas antrópicas que alteran la composición de las aguas, a cortas o largas distancias. Podrían así esperarse bajos índices de mineralización en la cuenca alta de ríos y manantiales, incrementándose el contenido de especies químicas aguas abajo, debido a procesos como la erosión, meteorización, intemperismo, disolución y aportes antrópicos (Roldán 1992, Mogollón y Bifano 1985, Mogollón *et al.* 1993, Urbani *et al.* 1997).

Dentro de este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad del agua de dos pequeños manantiales fríos ubicados en áreas de alta montaña cercanos a la Colonia Tovar, con la finalidad de establecer su uso potencial como agua

potable o de regadío.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El manantial Cumbotico esta ubicado entre las coordenadas 10°25'10" LN – 67°15'05" LO a 1853 msnm. y Cumbote 10°25'30" LN – 67°15'05" LO a 1600 msnm., Municipio Ricaurte – Colonia Tovar, Edo. Aragua, Venezuela (Figura 1). El clima del sector corresponde al templado de altura tropical tipo Gm (w') g₄n según Koepen, con formación vegetal de bosque húmedos perennifolios siempre verde (Zambrano 1970). La temperatura media anual es de 17,7°C y precipitación total anual de 1339 mm, con una extensión del período de lluvias entre mayo a noviembre (Aw) y el seco desde diciembre hasta abril. Estos valores hidroclimatológicos corresponden a un lapso de 31 años provenientes de la Estación Climatológica Colonia Tovar (SEMETFV 1995) correspondiéndole el piso altitudinal transición premontano-montano bajo.

Ambos manantiales brotan en una zona de contacto geológico perteneciente a la Unidad Litológica Las Brisas (Mzlb) caracterizada por la presencia de esquistos y gneiss cuarzo-sericíticos-granatíferos – metaconglomerados, cuarcitas y filitas, gneiss microclino, calizas cristalinas (dolomías), esquistos muscovíticos, grafitosos, cloríticos y mármoles (Whermann 1972, González *et al.* 1980). Desde el punto de vista hidrológico, estos manantiales son tributarios de tercer orden del río Tuy, drenan en las quebradas del mismo nombre junto a otros ríos menores y quebradas como Capachal, La Bandera, La Pica, río Laguneta en el sector noreste del macizo de Los Altos. El área de estudio está incluida en la denominada Unidad Norte de la cuenca del río Tuy (Mogollón *et al.* 1993). Representa este primer tramo del río Tuy, el sector más expuesto a la erosión por las elevadas pendientes allí presentes (Zambrano 1970).

MATERIALES Y METODOS

La recolección de las muestras de aguas fue realizada durante el período Octubre 1997 - Julio 1998, para un total de nueve muestreos; fueron recolectadas en botellas de polietileno de 250 mL de capacidad, rotuladas y refrigeradas para su posterior análisis. Se acidificaron las muestras con ácido nítrico concentrado para la determinación de los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio. Los

ESTUDIO HIDROQUIMICO DE LOS MANATAIALES CUMBOTICO Y CUMBOTE

Tabla 1. Valores promedios de los diferentes parámetros físico-químicos obtenidos en los manantiales Cumbotico y Cumbote. Colonia Tovar, estado Aragua, Venezuela.

Variable	Cumbotico	Cumbote
Temp. Ambiente (°C)	18,1	20,5
Temp. Agua. (°C)	14,6	16,4
CE (umhos/cm ^l)	13,57	129,85
TDS (ppm)	9,5	90,9
Flujo (L/min)	9,19	8,58
pH	6,0	6,5
Eh (mV)	+204,8	+192,8
Cl (mg/L)	7,26	3,57
Alc. Total*	6,35	113,14
D. Cálcica*	ND	97,85
D. Total*	ND	92
Ca ⁺⁺ (ppm)	1,12	26,52
Mg ⁺⁺ (ppm)	0,34	7,65
Na ⁺ (ppm)	1,55	2,86
K ⁺ (ppm)	0,29	1,38
OD (mg/L)	10,18	9,81
% Saturación oxígeno	127,2	119,6
SiO ₂ ⁻ (mg/L)	11,67	10,08
S ₀₄ = (mg/L)	1,01	10,48
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0,76	0,84
I. Langelier	-2,55	-1,48
I. Mineralización (mg/L)	30,35	366,37
(*) mgCaCO ₃ /L		
TIPO DE AGUA:	SiO₂⁻>HC0⁻₃>Na⁺	HC0⁻₃Ca⁺⁺>>S0⁻₄

ND: No detectable

parámetros físico-químicos medidos “in situ” fueron la temperatura del agua y la del ambiente medidos con termómetro Brannan 76 mm x 1 mm de graduación $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 0,1°C de apreciación. El pH y el potencial redox se midieron con un pHmetro Methron Herisau Modelo E588 con compensador de temperatura. La conductividad específica (mmhos/cm) fue determinada con un conductímetro Lamotte Multirange Modelo DA.1 Code 1929. Los sólidos totales disueltos (STD) se obtuvieron a partir de la conversión del valor de conductividad específica multiplicado por un factor

0,7. Los valores de oxígeno disuelto se estimaron por el método iodométrico (modificado de Winkler Lavestu 1965) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto según Brower *et al.* (1997). El gasto de los manantiales se determinó según Urbani (1991).

Se realizaron análisis volumétricos para la determinación de alcalinidad total (Golterman 1969), bicarbonatos (Urbani 1991), la dureza cálcica y total determinados según Carrillo y Marciales (1998) y la clorinidad (APHA-Standard Methods 1985). La concentración de sodio, potasio, calcio y

Tabla 2. Criterios de Calidad del agua: físico-químicos y bacteriológicos.

Variable	OMS (1984)		Doudalet (1981)		COVENIN (1982)		De Zuane (1992)		1	2
	A	P	A	P			A	P		
T, Agua (°C)	10	25	30						14,6	16,4
pH	7-8,5	9,5	6,5	7,5	6,5	8,5	6,6	8,5	6	6,5
CE (umhos/cm)			250	300					13,5	129,8
STD (ppm)	500	1500	500	500			1000		9,19	90,9
Alcalinidad Total (*)			120	140	500				6,35	113,4
Dureza Total (*)			80	100	500				ND	92
Cloruros (mg/L)	200				250		250		7,26	3,57
Calcio (ppm)	75	200			200		200		1,12	26,52
Magnesio (ppm)	50	150			0,001				0,34	7,65
Sodio (ppm)		200			150		20		1,55	2,86
Potasio (ppm)							8		0,29	1,38
Sílice R, (mg/L)					50		30		11,67	10,08
Sulfatos (mg/L)	250				250				1,01	10,48
Fosfatos (mg/L)					0,5		0,1		0,76	0,84
O, Heterotróficos									61	21
C, Totales, 100/mL			0-50						210	50
C, Fecales, 100/mL	0		0	0	0	0	0		80	30

A: Aceptable P: Máximo Permissible

1: Manantial Cumbotico

2: Manantial Cumbote

(*) mgCaCO₃·L⁻¹

OCT Sub Tipo 1-A

ND: No determinable

magnesio fue obtenida por espectrometría de absorción atómica.

Las concentraciones de sulfatos, sílice (Carrillo y Marciales 1998) y ortofosfato disuelto (Boyd y Tucker 1992) se estimaron por espectrofotometría de luz visible utilizando un espectrofotómetro modelo 21 Bausch y Lomb. El índice de Langueier fue calculado según De Zuane (1992) y el índice de mineralización como la sumatoria de las especies/ elementos químicos presentes. Los análisis microbiológicos fueron realizados en HIDROCAPITAL, Laboratorio de Aguas La Mariposa siguiendo la metodología APHA Standard Methods (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de los parámetros y variables físico-químicas estudiadas están indicadas en la Tabla 1 y en la Tabla 2 se comparan

aquellos parámetros y variables que definen criterios de calidad de agua con los límites máximos permisibles dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Comisión Venezolana de Normas Industriales Nacionales (COVENIN) y otros autores.

La temperatura obtenida en ambos manantiales los categorizó como hipotermiales; Cumbotico alcanzó un promedio de 14,6 °C y Cumbote 16,4 °C para el período de estudio; siendo 10 °C– 14 °C el rango de temperatura adecuado y 25 °C la temperatura máxima permisible para aguas potables (Doménech 1995).

Los valores de conductividad específica y sólidos totales disueltos (S.T.D) para ambos manantiales son bajos (Tabla 1) y los colocan en la categoría de aguas continentales, correspondiéndole a Cumbotico 13,5 mmhos/cm y 9,19 ppm de sólidos totales disueltos. Estos valores caracterizan a aguas débilmente mineralizadas, con pocas sales disueltas

ESTUDIO HIDROQUIMICO DE LOS MANATIALES CUMBOTICO Y CUMBOTE

y donde el índice de mineralización alcanzó valores de 30,35 mg/L. Esta baja mineralización refleja una relación directa con la litología dominante representada por la localidad tipo Gneiss de Colonia Tovar caracterizada por un fuerte lixiviación de bases intercambiables y donde prevalece la fracción cuarcífera (Whermann 1977, González *et al.* 1980). Estas bajas concentraciones iónicas indican la presencia de aguas oligotróficas o muy puras en áreas de alta montaña (Margalef 1983) de gran similitud con las reportadas para afluentes de montañas andinas en Colombia donde se alcanzaron valores de conductividad específica de 20 mmhos/cm (Roldán 1992). Por el contrario el manantial Cumbote alcanzó un valor promedio de conductividad específica de 129,5 mmhos/cm y 90,9 ppm de STD. Para este manantial los valores de conductividad específica se aproximan a 130 – 280 mmhos/cm reportado por Mogollón *et al.* (1993) para el Río Tuy en la Unidad Ambiental Norte y reconocido por los autores por tener baja actividad humana. Por estar el manantial Cumbote a 253 m por debajo del nivel de Cumbotico facilita el incremento de su capacidad de transporte y la disolución de sedimentos que elevan sus valores de conductividad específica y STD.

El pH promedio para las aguas del manantial Cumbotico fue 6,0 y para Cumbote 6,5 (Tabla 1). Podrían representar estos valores en el pH del agua, la presencia de acuíferos poco profundos, en ambientes litogénicos potencialmente silíceos, siendo para estas aguas el valor de sílice disuelta 11,67 mg/L (Tabla 1) y el anión dominante. La relativa acidez de estos cursos de agua podría atribuirse también a la baja meteorización química debido fundamentalmente a la climatología del área. Mogollón y Bifano (1985), estudiando la Unidad Norte del río Tuy, atribuyeron los incrementos de acidez a las descargas antrópicas con una tendencia a alcanzar valores de pH naturales. Los valores de Eh se ubican dentro del rango para aguas naturales (Mason y Moore 1982) y su tendencia fue mantenerse positivos durante el período de muestreo +204.8 mV para el manantial Cumbotico y +192.8 mV para Cumbote, con pequeñas variaciones que pudieran deberse al factor de dilución durante el período lluvioso. Así, el carácter óxido-reductor de estas aguas no revela la presencia de efluentes. Igualmente, el aumento de turbulencia debido a los cambios rápidos de pendiente y el bajo contenido de materia orgánica

facilitan la disolución de oxígeno de la atmósfera al cuerpo de agua al momento de su afloramiento.

La alcalinidad total y los bicarbonatos promedios fueron 6,35 mg CaCO₃/L y 7,62 mg CaCO₃/L, respectivamente. Ambas variables revelan una baja capacidad amortiguadora de estas aguas ante agentes intervinientes. El manantial Cumbote, por el contrario, posee valores promedios de alcalinidad total de 113,14 mg CaCO₃/L y HCO₃⁻/L de 135,76 mg CaCO₃/L, que aumentan su capacidad tampón como cuerpo de agua. Este mismo hecho fue demostrando igualmente para otros cuerpos de agua de la Cordillera de la Costa Serranía del Interior por Cressa y Senior (1990) y Cressa *et al.* (1993). Los valores de dureza cálcica y total fueron no detectables para el manantial Cumbotico. En el caso de Cumbote lo ubican como aguas ligeramente duras, valores estos parecidos a los reportados por Cressa y Senior (1987) para el río Orituco, sector Uverito, aunque en ambientes litológicos distintos.

En cuanto a los valores de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación indicaron órdenes altos de sobresaturación (Tabla 1) aspecto este favorecido por los gradientes de presión atmosférica, altitud, temperatura del agua, velocidad del flujo de agua por gravedad, turbulencia y poca materia orgánica. Esta condición de alta saturación de oxígeno fue de 127,2% para el manantial Cumbotico y 119,6 % para Cumbote. El coeficiente de variación (%) fue 11,59 y 10,83 respectivamente, para cada manantial. Estos datos reflejaron condiciones ambientales de baja intervención humana, pues no se alcanzó el valor teórico de 12 %, umbral máximo que separa zonas de baja a alta actividad humana sugerido por Mogollón *et al.* (1993) para el sector de la cuenca alta del río Tuy y Cressa *et al.* (1993) para el río Orituco.

Las concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio indican para ambos manantiales valores muy por debajo de los máximos permisibles para aguas de consumo humano (Tabla 2). Sin embargo la relación iónica para el manantial Cumbotico: Na⁺ > Ca⁺² > Mg⁺² > K⁺ representa un orden de intercambio catiónico inverso al que ocurre en aguas superficiales, confirmando así su origen a partir de un acuífero poco profundo debido a aguas de infiltración o meteóricas que circulan someras bajo la superficie terrestre. Por el contrario, para el manantial Cumbote el orden de abundancia iónica fue Ca⁺² > Mg⁺² > Na⁺ > K⁺ que representaría un mayor intercambio catiónico y comportamiento

similar al de aguas superficiales como sería el caso para el río Orituco (Cressa y Senior 1987, Cressa *et al.* 1993). Así, la relación molar r (Na-Cl). $SO_4^{-2} < 1$ (Ovitchinikov 1963, Bureau De Recherches Geologique and Minières 1977) se cumplió para ambos manantiales, lo cual ratifica su origen continental.

El intervalo de adsorción de sodio (SAR) para los dos manantiales arrojó valores de 0,5 y 0,12 meq/L que, junto con los datos de conductividad específica indicaron aguas óptimas para el riego al no representar problemas para la salinización o fertilización de los suelos. Sin embargo, el carácter ligeramente corrosivo de esta agua, dado por los valores del índice de Langelier (Tabla 1), pudiera representar a futuro limitantes para su canalización por tuberías metálicas.

La alta concentración de ortofosfatos disueltos 0,76 y 0,84 mg/L, respectivamente, para cada fuente superó los máximos permisibles (0,1- 0,5 mg/L) para el agua de consumo humano (Tabla 2), lo que sugiere contaminación química derivada de la fertilización excesiva de los suelos de áreas agrícolas vecinas. Cressa y Senior (1987) reportaron concentraciones aún más bajas de ortofosfatos disueltos para el río Orituco, en una de las estaciones de muestreo con mayor intervención de actividades humanas tanto agrícolas como domésticas. En la presente investigación esta especie química fluctuó con marcada estacionalidad alcanzando sus máximos valores durante los meses de lluvia que coincidieron con los de mayor flujo del manantial, evidenciándose así los procesos de infiltración y lixiviación como posibles mecanismos que facilitan este enriquecimiento químico aguas abajo.

El análisis microbiológico para ambos manantiales determinó la presencia de coliformes fecales en un orden de 80 y 30 CF/100 mL en el manantial Cumbotico y Cumbote, respectivamente. Esta carga microbiana no representa todavía una demanda de oxígeno considerable, pero esta condición cambió su calidad ubicándola como agua del subtipo 1-A (MARNR 1995) y se descartó el uso de ambos manantiales como agua potable según Doudelet (1981), OMS (1984), COVENIN (1982) y De Zuane (1992) (Tabla 2).

La caracterización química y microbiológica de estos manantiales excluyó el aprovechamiento de estas aguas como potables, a pesar del uso intensivo que tienen en la actualidad por parte de los lugareños y se recomendó su utilización sólo para el regadío. El monitoreo permanente de

estos cursos de agua permitirá evaluar a futuro los niveles de enriquecimiento químico y microbiológico de origen antrópico ya evidenciados en la presente investigación y así poder aplicar la normativa ambiental que permita frenar su deterioro.

AGRADECIMIENTOS

A las Brs. E. Carmona, E. Cermeño, Srs. R. Salas y O. Salas por la asistencia prestada durante los trabajos de campo. Agradecemos muy gentilmente las revisiones al manuscrito realizadas por la Prof. Ana T. Iztúriz, Prof. Simón Ruíz y un revisor anónimo.

LITERATURA CITADA

- ALAMO, F. 1893. Aguas minerales y termales de Venezuela. El Cojo Ilustrado, Caracas II (4): 296-300.
- APHA-AWWA-WPCF. 1985. Standard Methods. American Public, Washington DC.
- ALVARADO, J. 1985. Calidad de las aguas subterráneas y su relación con las aguas de mar en la región de Barlovento. VI Congreso Geológico Venezolano VII: 4479-4495.
- BARRIENTOS, Y., D. HERNÁNDEZ., S. SOSA., N. GRILLET., X. LIRA. y A. BISCOCHEA. 1996. Características físico- químicas de la fuente AR-5. Acta Científica Venezolana 46 (Suplemento 1):122
- BARRIENTOS, Y., A. IZTÚRIZ. y F. URBANI. 1998. Análisis del depósito mineral asociado a una alfombra de cianobacterias en la fuente AR-5. Hda. El Chupadero. Edo. Aragua. Acta Científica Venezolana. 49 (Suplemento 2): 89
- BROWER, J., J. ZAR. y C. VON ENDE. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. Fourth Edition. McGraw- Hill.
- BOYD, C y C. TUCKER. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Auburn University, Alabama.
- BOUSSINGAULT, J. y G. RIVERO. 1823. Fuentes de Onoto. Estado Aragua. En Martínez, F. (eds). Aguas termales de Venezuela. Universidad de Los Andes. Publicaciones del Rectorado, Mérida, Venezuela.
- BURGUERA, J., M. BURGUERA., R. ANDERSSEN y M. S. SAMPOL DE REYES. 1981. Descripción geológica y relación mineralógica de las fuentes termales del estado Mérida. Geotermia 3:26 – 45.
- BURGUERA, J., M. BURGUERA., R. ANDERSSEN y M. S. SAMPOL DE REYES. 1982 a. Estudio preliminar sobre las fuentes de aguas termales del estado Táchira, Venezuela. Geotermia 8:25-36.
- BURGUERA, J., M. S. BURGUERA., M. S. SAMPOL DE REYES y R. ANDERSSEN. 1982 b. Estudio preliminar sobre las fuentes de aguas termales del estado Mérida, Venezuela. Geotermia 8:25-35.
- BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUE AND

ESTUDIO HIDROQUIMICO DE LOS MANATIALES CUMBOTICO Y CUMBOTE

- MINIERES. 1977. Groundwater resources study and management programme of Al Hasa Area.
- CARMONA, E. 1999. Caracterización de algunos parámetros físico- químicos y biológicos del manantial Loma Serrano. Distrito Federal. UPEL- Instituto Pedagógico de Caracas. Mimeografiado, Caracas.
- CARRILLO, G. y L. MARCIALES. 1998. Análisis de aguas y líquidos residuales y ensayos de laboratorio. Editorial Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- CASTRO, D., D. PALACIOS y M. PÉREZ. 1997. Monitoreo de radón en agua y su relación con la salud en el litoral central Distrito Federal. Pp. 118-119, *in* Memorias IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente. Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- CASTRO, D., D. PALACIOS., L. SAJO-BUHOS y P. LEÓN. 1998. Radón en fuentes de agua potable y los ríos del litoral Central. *Atlántida* 38: 95-100.
- CASTRO, D. y D. PALACIOS. 1998. Niveles de radiactividad detectados en agua de manantiales de El Ávila, Caracas. *Acta Científica Venezolana*. (Suplemento 1): 103
- COMISION DEL MINISTERIO DE FOMENTO. 1958. Fuentes termominerales de Venezuela. A. Otero, Beajón, F., Prado, J., Jiménez, J. Caracas.
- COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1982. Agua potable envasada: Requisitos No. 1431, Norma. Caracas.
- CRESSA, C. y C. SENIOR. 1987. Aspects of the chemistry and hydrology of the Orituco River, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 38: 99- 105.
- CRESSA, C. y C. SENIOR. 1990. Características físico químicas de las aguas del Embalse de Guanapito. *Venezuela. Ecotropicos* 3: 33-51.
- CRESSA, C., E. VÁSQUEZ., E. ZOPPI., J. RINCÓN y C. LÓPEZ. 1993. Estado actual de los estudios limnológicos en Venezuela. *Interciencia* 18: 237-248.
- DE ZUANE, J. 1992. Handbook of drinking water quality. Standards and control. Van Nostrand Reinhold, New York.
- DIAZ, M. 1873. Aguas de la quebrada Gueime, cerca de Guarenas. Memoria de la Dirección General de Estadísticas, Caracas: 187-188.
- DOMENECH, X. 1995. Química de la hidrósfera. Miraguano, Madrid.
- DOUDELET, A. 1981. Estudio de las aguas minerales. *Geotermia* 4: 5-28.
- ERNST, A. 1874. Informe sobre las cualidades físicas y composición química de las aguas calientes de Guarume. *Gaceta Oficial (Caracas)*, 3 (193): 397-398.
- FERMÍN, A. 1982. Manifestaciones geotérmicas en la región central de Venezuela (Resumen). *Geotermia* 8: 4.
- FERMÍN, A. 1983. Inventario geotérmico de los estados Miranda, Aragua, Carabobo, Guárico y Distrito Federal. Ediciones del C.D.I.G.N. Universidad Central de Venezuela. Colección Libros (3): 590-631.
- GOLTERMAN, H. 1969. Methods for chemical analysis of fresh water. *IPB Handbook* (8) Blackwell. Oxford.
- GONZÁLEZ DE J. C., J. ITURRALDE y X. PICARD. 1980. Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas. Foninves. Caracas.
- KARSTEN, H. 1850. Beitrag zur knntniss der gesteine des nordlichen Venezuela. *Zeitschrift der Deutschem Geologischen Gesellschaftf. Berlin* 2:345-361.
- LAVESTU, T. 1965. Manual methods in fisheries biology. Observations on the chemical and physical environment. Chemical analysis of water FAO. *Marine Physiological Science* (6): 86.
- MARCANO, G. 1877. Las aguas minerales de Venezuela en la Exposición Mundial de París. *Gaceta Científica de Venezuela* 18(77) II parte: 271-272.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega S.A. Barcelona
- M.A.R.N.R. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto N° 883. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 5021. Extraordinario.
- MASON, B. y C. MOORE. 1982. Principles of geochemistry. Wiley, New York.
- MINISTERIO DE FOMENTO 1982. Normas COVENIN 1431-82. Requisitos para aguas potables envasadas. Fondo Norma, Caracas.
- MOGOLLÓN, J y C. BIFANO. 1985. Estudio geoquímico de la contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. *Memorias VI Congreso Geológico Venezolano* 3: 1892- 1928.
- MOGOLLÓN, J., A. RAMÍREZ, B. GARCÍA y C. BIFANO. 1993. Uso de los parámetros físico- químicos de las aguas fluviales como indicadores de influencias naturales y antrópicas. *Interciencia* 18 (5): 249- 254.
- O'DALY, J. 1891. Análisis químico, Canoabo. *Boletín del Ministerio de Obras Públicas*, Caracas.
- OTERO, A. 1970. Fuentes termominerales de Venezuela: San Juan de los Morros. *En*, Martínez, F. (eds): *Aguas termales de Venezuela*. Universidad de los Andes. Publicaciones del Rectorado. Mérida, Venezuela
- OVITCHINICOV, A. 1963. Mineral waters, Gosgeoleitizdat, Moscow.
- PERÉZ-MARCHELLI, J. y F. URBANI. 1982. Vicente Marcano y sus estudios de las aguas termales de Venezuela. *Geotermia* 6: 17 (Resumen).
- RAMÍREZ, A. y F. URBANI. 1982. Características físico-químicas de las fuentes termominerales del río Mesía. Tacata. Edo. Miranda (Resumen). *Geotermia* 8: 4.
- ROJAS, A. 1874. Noticias sobre las aguas termales de Vnenezuela. *En*, Martinez (eds). *Aguas termales de Venezuela*. Universidad de Los Andes, Publicaciones del Rectorado, Mérida, Venezuela.
- ROLDAN, G. 1992. Fundamentos de limnología tropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- SERVICIO DE METODOLOGÍA. FUERZA AEREA VENEZOLANA. 1995. *Almanaque Anual Caracas*.
- SIEVER, W. 1888. Die Cordillera von Mérida, nebs Bemerkangen uber des karibische fertрге. *En*

BARRIENTOS, GONZÁLEZ Y URBANI

- geographische abhandlungen-cheras 64-72.
- URBANI, F. 1969. Notas preliminares sobre algunas fuentes de aguas termales de la Cordillera de la Costa. Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos IV (3): 21- 44.
- URBANI, F. 1977. Variación anual de los parámetros físico químicos del manantial de Loma Serrano. Parque Nacional El Ávila. Universidad Central de Venezuela. Informe 77-2. Mimeografiado, Caracas.
- URBANI, F y A. FERMÍN. 1982. Aguas termominerales de la zona costera del Distrito Federal (Resumen) Geotermia 8:4.
- URBANI, F. 1991. Geotermia en Venezuela. Geos (31): 1-347.
- URBANI, F., A. RAMÍREZ y M. BAQUERO. 1997. Notas mineralógicas pickeringita y yeso en el manantial Kempis. Estado Miranda. Venezuela. Boletín Sociedad Venezolana de Geólogos 22 (2): 29-33.
- VARGAS, M., C. LOPEZ, R. MONTERO y A. BENAVIDES. 1997. Estudio de reconocimiento de las características hidrogeológicas de la isla de Margarita, Estado. Nueva Esparta, Venezuela, Venezuela Memorias VIII Congreso Geológico Venezolano. Tomo II: 485-491.
- WHERMANN, M. 1972. Geología de la región de Guatire-Colonia Tovar. Boletín de Geología. Publicación Especial 5, 4: 2093- 2119.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1984. Guidelines for drinking water quality 1, 2. Geneve: WHO.
- ZAMBRANO, A. 1970. Estudio fisiográfico regional de la "Cuenca Tuy". Boletín de Geología. XI (21): 3- 206.

Recibido 03 de noviembre de 1999; revisado 20 de noviembre del 2000; aceptado 02 de abril del 2001.