

Caracterización físico-química y bacteriológica, en dos épocas del año, de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala

Physicochemical and bacteriology characterization, in two times of the year, Quiscab river sub basin at Guatemala

Tomás Antonio Padilla Cámara¹, Nancy García Álvarez² y Wilfredo Pérez Duarte³

RESUMEN. La relevancia económica, social y ecológica de la cuenca del lago Atitlán, el cuerpo de agua más importante de Guatemala, motivó proponer un estudio de la subcuenca del río Quiscab, considerada como su mayor tributaria, que inició por la caracterización físico-química y bacteriológica de las aguas en dos épocas del año. Para ello fueron tomadas muestras de agua en diferentes puntos de la subcuenca, previamente seleccionados a partir de la existencia de fuentes contaminantes de diversos orígenes, a las que se les realizaron los análisis correspondientes, cuyos resultados se compararon con los establecidos por las normas guatemaltecas para estimar la calidad del agua superficial. La caracterización físico-química y bacteriológica de la subcuenca, en las épocas de lluvia y seca, permitió determinar el posible uso del agua en los dos momentos evaluados.

Palabras clave: calidad del agua, época de muestreo, contaminación.

ABSTRACT. The economical, social and ecological relevance of Atitlán Lake basin, the water glass most important of Guatemala, gave a reason to propose a research work about Quiscab river sub basin, considered as their principal tributary. It began by a physicochemical and bacteriology characterization in two moments: rain and dry seasons. Water samples were taken in different points, previously selected, starting from the existence of pollution sources of different kinds; these samples were tested and its results were compared with Guatemala standard values in order to estimate quality water. The physicochemical and bacteriology characterization of the sub basin allowed the determination of the possible water usage in both seasons.

Keywords: water quality, time of sample, pollution.

INTRODUCCIÓN

La calidad ambiental de las aguas superficiales y subterráneas del altiplano guatemalteco sufre en las últimas décadas un creciente y acelerado deterioro, estando los riesgos de contaminación de fuentes del recurso, relacionados estrechamente con la creciente presión demográfica y la falta de ordenamiento territorial que se incrementa sustancialmente con las descargas líquidas contaminantes, la producción de basura, el cambio de uso del suelo y el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes químicos, principalmente en las zonas rurales (CEMAT, 1999).

El principal cuerpo de agua del país y que a su vez refleja

todo lo que sucede en su cuenca (Barzi, 2005), es el lago de Atitlán, que al no poseer ríos de salida (drenaje), acumula todos los sedimentos y materiales de las subcuencas fluviales. Se destaca la del río Quiscab que constituye la unidad hidrogeológica, de captación de aguas superficiales y subterráneas, de mayor importancia; en esta subcuenca los caudales son altos durante todo el año variando, sus valores medios mensuales, entre 0,678 m³/s en época seca a 4,6 m³/s en época lluviosa (INSIVUMEH, 2003). Otra característica es su alto índice de población lo que propicia se acentúen los riesgos de contaminación citados anteriormente. Aunque no todos los volúmenes de contaminante llegan directamente al lago, debido a la topografía del terreno, se

Recibido 20/12/09, aprobado 23/07/10, trabajo 39/10, investigación.

¹ MSc., Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

² Dr. C., Profesora Consultante, Universidad de Ciego de Ávila, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba, E-✉: ngarcia@rect.unica.cu

³ Dr. C., Prof. Tit., Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

estima que cifras de aproximadamente 190 toneladas métricas de basura y más de 287,000 m³ de aguas residuales ingresan o tienen contacto con el río y se conducen al lago anualmente (Romero, 2005). El peligro que representa esta contaminación, tanto para las comunidades que viven en la subcuenca del río Quiscab como para las que aprovechan el agua del lago, es extremadamente alto debido al destino que se da a esa agua, bien de manera directa para el consumo o indirectamente en el riego de determinados cultivos que se ingieren sin cocción, como las hortalizas. Un estudio sobre la calidad del agua, en dicha subcuenca, constituiría un resultado significativo para esa importante región. En el presente trabajo se pretende como

una primera etapa caracterizar, desde el punto de vista físico-químico y bacteriológico, en dos épocas del año: lluvia y seca la subcuenca del río Quiscab, en Guatemala.

MATERIALES Y MÉTODOS

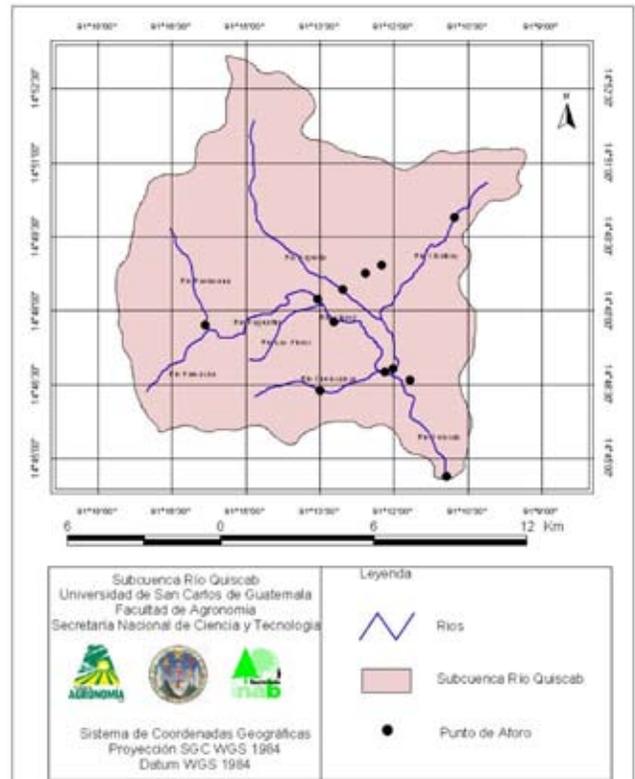
El trabajo se realizó en la subcuenca del río Quiscab en Guatemala, perteneciente a la cuenca del lago Atitlán (Figura 1) que posee un área de 159.60 km² conformada, a su vez, por dos microcuencas: la del río Quiscab-Chuiscalera y la del río Xibalbay, con áreas de 73.66 y 86 km² respectivamente.



FIGURA 1. Cuenca del lago Atitlán, Guatemala.

Para la caracterización físico-química y bacteriológica de la subcuenca fueron tomadas muestras de agua en dos épocas del año: lluvia y seca en diferentes puntos (Figura 2), previamente seleccionados, a partir de la existencia de fuentes contaminantes de diversos orígenes y del efecto de las corrientes superficiales del río, como incremento o disminución de los caudales por contribución de las precipitaciones. Los puntos se localizaron en: Río Chuiscalera (1), Río Xibalbay (2), Río Chuiscalera (Cantón Chichimuch) (3), Río Novillero (4), Río Argueta (5), Río Quebrada Barrenaché (6) y Río Xibalbay (Xaquijyá) (7).

FIGURA 2. Puntos de muestreo seleccionados en la subcuenca del río Quiscab, Guatemala.



Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, teniendo en cuenta los indicadores y procedimientos exigidos por las normas CO-GUANOR NGO 2900 guatemaltecas, para el agua potable, y los criterios de la FAO (Ayers y Wescot, 1987), para su utilización en el riego. Los resultados obtenidos fueron comparados con los señalados, como límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP), en dichas normativas.

Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

Físico-químicos: Aspecto, color (U), turbidez (UNT), olor, temperatura (°C), conductividad eléctrica ($\mu\text{mhos/cm}$), pH, sólidos totales (mg/L), alcalinidad total (mg/L) y contenido en mg/L de: amoníaco, nitritos, nitratos, manganeso, fluoruros, hierro, cloruros, bicarbonatos, sulfatos, carbonatos, calcio, magnesio, dureza total, sodio y potasio.

Microbiológicos: Coliformes fecales y totales como número más probable de gérmenes coliformes por 100 cm^3 (NPM/100 cm^3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y se muestra el valor de los indicadores físicos en las épocas de lluvia y de seca. Según estos, el agua presenta un aspecto turbio o ligeramente turbio, y por tanto rechazable para el consumo humano, prácticamente en todos los puntos de muestreo en ambas épocas, aunque en la de lluvia la situación mejoró en los puntos 3, 4 y 6; existe correspondencia entre el aspecto del agua y la medición de la turbidez en los puntos muestreados, encontrándose los valores mayores donde el agua se clasifica como turbia.

TABLA 1. Caracterización física en dos épocas de muestreo de la subcuenca del río Quiscab

Puntos de muestreo	Época de muestreo	Aspecto	Color (U)	Turbidez (UNT)	Olor	Temp (C°)	CE $\mu\text{mhos/cm}$	Sól. totales, mg/L
Río Chuiscalera (1)	lluvia	Turbio	365	272	A tierra	16,5	122	957
	seca	Lig. Turbio	22	9,17	Inodoro	11,1	137	91
Río Chibalbay (2)	lluvia	Turbio	195	170	A tierra	15,9	130	474
	seca	Turbio	42	19	Inodoro	10,5	182	140
Río Chuiscalera (Chichimuch) (3)	lluvia	Lig. Turbio	35	20	Inodoro	16,5	88	117
	seca	Claro	11	5,6	Inodoro	11,4	102	69
Río Novillero (4)	lluvia	Turbio	1560	1300	A tierra	16,5	108	1977
	seca	Claro	14	4,3	Inodoro	11,7	123	77
Río Argueta (5)	lluvia	Claro	18	10	Inodoro	16,4	90	108
	seca	Claro	10	2,1	Inodoro	12,6	124	73
Río Quebrada Barreneche (6)	lluvia	Lig. Turbio	20	12,7	Inodoro	16,9	117	106
	seca	Claro	13	6,7	Inodoro	13,6	158	98
Río Xibalbay-La Cuchilla (7)	lluvia	Turbio	170	154	A tierra	16,1	136	406
	seca	Turbio	210	187	A tierra	13,5	135	177

Para el olor y el color sólo las muestras de los puntos 3, 5 y 6 son aceptables en ambas épocas, mientras que la proveniente del punto 7 es rechazada; los valores correspondientes al olor, del resto de los puntos, consideran al agua no apta, siempre en época de lluvia, aunque los puntos 1, 2 y 3 mejoraron la categoría en la época seca. En cuanto al color, sólo las muestras procedentes de los puntos 3, 5 y 6, son aceptables. La temperatura del agua oscila entre los 11.1 y 16.5 °C clasificada, según Bogomolov, citado por Custodio y Llamas (2001), de moderadamente fría encontrándose todas las muestras en el LMA; los valores de la conductividad eléctrica (CE) se consideran todos aptos, independientemente del uso del agua, y los sólidos totales sobrepasan el LMA en la época lluviosa, sólo en las muestras procedentes de los ríos Chuiscalera y Novillero. De forma general, en la época de lluvia, los índices físicos presentaron valores más altos lo que se explica por el aporte de contaminantes producido por el escurrimiento que provocan las lluvias (Chávez, 2004; Pérez y col, 2008) y al arrastre y transporte de gran cantidad de sedimentos.

De los indicadores químicos evaluados (Tabla 2), las concentraciones de nitritos, fluoruros, manganeso, cloruros, hidrogeno carbonatos, sulfatos e iones calcio, magnesio, sodio y potasio son aptas, para las aguas de consumo humano, en los dos momentos de muestreo; los valores de alcalinidad total se deben fundamentalmente a la concentración de iones hidrogeno

carbonatos, ya que no se encontró presencia de carbonatos. Para el nitrato, el agua del punto 7 se encuentra por encima de los límites permisibles, en ambas épocas del año, asociándose este resultado con grandes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en la zona, debido a una amplia actividad agrícola dedicada fundamentalmente a las hortalizas. El contenido de hierro en los puntos 3, 5 y 6 se encuentran en los valores del LMP, por lo que el agua puede consumirse sin provocar daños a la salud humana, no así la procedente de los puntos 2 y 7 en los dos momentos y la de los puntos 1 y 4 en la época de lluvia. El pH y la dureza total, en todos los puntos y momentos de muestreo, presentan valores permisibles para el consumo de la población y para el riego agrícola. De forma general los indicadores químicos mostraron valores superiores en la época seca, que se explica, por la disminución del volumen de agua (Pérez y col, 2008) lo que provoca, a su vez, el incremento en la concentración de los iones presentes.

Los indicadores microbiológicos evaluados (Tabla 3), indican la no aptitud del agua para el consumo humano de forma directa, en ninguno de los puntos muestreados, precisándose para este uso de ser imprescindible, la aplicación de métodos habituales de tratamiento como son: coagulación, sedimentación, filtración y desinfección. Si estas aguas fuesen utilizadas para el riego es recomendable su uso sólo para cultivos agrícolas, como los frutales y las hortalizas que se consuman cocinadas.

TABLA 2. Caracterización química en dos épocas de muestreo de la subcuenca del río Quiscab

Puntos de muestreo	Época de muestreo	pH	NH ₃ , mg/L	NO ₃ ⁻ , mg/L	NO ₂ ⁻ , mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	Fe, mg/L	Alcalin total, mg/L	HCO ₃ ⁻ , mg/L	SO ₄ ²⁻ , mg/L	Cl ⁻ , mg/L	Na ⁺ , mg/L	K ⁺ , mg/L	Ca ²⁺ , mg/L	Mg ²⁺ , mg/L	Dureza total, mg/L
Río Chuiscalera 1	lluvia	7,8	0,21	6,16	0,008	0,061	0,05	6,65	56	56	8	6	8,2	2,6	11,2	7,3	52
	seca	7,5	0,25	4,12	0,001	0,027	0,14	0,39	72	72	1	8,5	11,5	2,5	13,6	8,27	68
Río Chibalbay 2	lluvia	7,4	0,16	7,48	0,004	0,044	0,07	3,90	40	40	29	7,5	7,3	2,2	12,02	4,87	50
	seca	7,6	0,29	7,04	0,007	0,087	0,33	1,75	48	48	37	9	11,3	2,5	16,03	4,86	60
Río Chuiscalera (Chichimuch) 3	lluvia	7,4	0,18	5,28	0,01	0,022	0,07	0,87	46	46	2	7,5	6,3	2	8,02	7,79	52
	seca	7,5	0,17	3,3	0,01	0,033	0,20	0,31	58	58	1	6	10,4	2,1	8,82	6,82	50
Río Novillero 4	lluvia	7,4	0,14	5,72	0,01	0,21	0,20	15,5	58	58	6	7,5	7,7	2,5	4,81	2,19	62
	seca	7,6	0,22	3,74	0,01	0,041	0,17	0,41	64	58	1	8	9,9	2	11,2	5,35	50
Río Argueta 5	lluvia	7,5	0,22	5,94	0,01	0,015	0,12	0,46	40	40	2	7	6	1,4	6,41	11,7	64
	seca	7,6	0,25	3,52	0,02	0,036	0,14	0,22	60	60	1	8,5	11,7	2,1	12,0	5,84	54
Río Quebrada Barreneche 6	lluvia	7,4	0,24	6,46	0,008	0,035	0,14	0,79	40	58	4	7,5	7,9	1,6	11,2	3,89	44
	seca	7,5	0,22	6,82	0,02	0,044	0,13	0,22	70	70	5	12	11,2	2,9	16,0	5,35	62
Río Xibalbay-La Cuchilla 7	lluvia	7,3	0,21	11,6	0,02	0,07	0,06	3,10	44	44	9	10	9,1	3,1	11,2	5,84	52
	seca	7,4	0,40	18,7	0,02	0,10	0,09	4,0	66	66	4	12,5	12,5	4,3	14,4	5,84	60

TABLA 3. Caracterización microbiológica en dos épocas de muestreo de la subcuenca del río Quiscab

Puntos de muestreo	Lluvia		Seca	
	Coliformes fecales	Coliformes totales	Coliformes fecales	Coliformes totales
Río Chuiscalera (1)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	> 16.10 ²	> 16.10 ²
Río Chibalbay (2)	>16.10 ³	> 16.10 ³	220	33
Río Chuiscalera Chichimuch (3)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	33	150
Río Novillero (4)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	90	280
Río Argueta (5)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	14	33
Río Quebrada Barreneche (6)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	27	170
Río Xibalbay-La Cuchilla (7)	> 16.10 ³	> 16.10 ³	50	110

Puede resumirse que la subcuenca del río Quiscab en Guatemala puede ser caracterizada físico-química y bacteriológicamente, en las épocas de lluvia y seca, mediante los indicadores seleccionados para este fin. La época de lluvia se caracteriza por presentar valores más altos prácticamente en todos los indicadores microbiológicos y físicos, excepto la conductividad eléctrica, mientras que para los indicadores químicos los incrementos se exhiben en la época de seca, corroborándose así la relación existente entre la conductividad eléctrica y una mayor concentración de los iones presentes en el agua.

CONCLUSIONES

- La caracterización físico-química y bacteriológica de la subcuenca del río Quiscab, en las épocas de lluvia y seca, permitió determinar el posible uso de esta agua en los dos momentos evaluados. La caracterización bacteriológica y física evidenció que el agua de la subcuenca, de manera general, no es apta de forma directa para el consumo de la población, en ninguna de las dos épocas, pero si fuese necesaria su utilización con ese fin sería imprescindible, al menos, de la aplicación de métodos habituales de tratamiento. La caracterización indicó, a su vez, que en cualquiera de las dos épocas puede utilizarse el agua para el riego pero restringiendo su uso a los cultivos que sufren cocción, además de los frutales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S. AND D.W. WESTCOT: *La calidad del agua en la agricultura*, 174pp., Rev. 1 Roma: FAO, Serie Riego y Drenaje, 29, 1987.

BARZI, A.: *Manejo integrado de la cuenca del lago Puelo*, 234pp., Trillas, Buenos Aires, Argentina, 2005.

CEMAT: *Diagnóstico de la condición ambiental del agua y del manejo de desechos en Guatemala*. 75pp., SIGA/SICA-CCAD-CEMAT, Guatemala, 1999.

COGUANOR (COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS Y REGULACIONES, GT): *Normas para la calidad del agua potable*, 3pp., Guatemala, 2001.

CUSTODIO, E. Y R. LLAMAS: *Hidrología Subterránea*, 2350pp., 2ed. Ediciones Omega, V. 1-2, Barcelona, España, 2001.

CHAVEZ, A.: *Impacto de la actividad agrícola en la calidad del recurso hídrico de una cuenca del trópico húmedo bajo condiciones de intervención agropecuaria intensiva*, 123pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, 2004.

INSIVUMEH: *Informe hidrológico de la estación hidrométrica El Jaibas, Sololá*, 10pp., Sección de hidrológica, Guatemala, 2003.

PÉREZ, J.; G. HERNÁNDEZ; F. GONZÁLEZ Y T. LÓPEZ: "Alternativas para conocer el comportamiento de la calidad del agua en un tramo del arroyo Guachinango", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3): 6-9, 2008.

ROMERO, M.: *Escenario de la situación actual del lago de Atitlán*, 121pp., Universidad de Calgary, Canadá, 2005.