

Tech note: Water quality index of Albarregas and Milla rivers of Merida State, Venezuela

O. Mayorga, M. Ramírez, J. Mayorga*

Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida 25101, Venezuela

Abstract.-

In this study, the effects of the residual water generated by the population of the city of Mérida on two of the four rivers that pass through the city, Milla and Albarregas, are evaluated. For this purpose, the water quality index, WQI, is determined by measuring the following parameters: pH, temperature, turbidity, fecal coliforms, dissolved oxygen, total phosphates and suspended solids, calculating the index and determining the water quality. The results indicate that, during the sampling period, before entering the city, the two bodies of water have a WQI above 80 (the range is between 0 (worst) and 100 (best)) indicating that it is good quality water and can be used for human consumption, but when passing through the city, the index decreases rapidly (to below 50 in some cases), which indicates that its quality is between bad and moderate. It is proposed to continue the study on the quality of these and the other two rivers that pass through the city, that the competent government agencies implement an environmental education campaign within the community, and eventually construct a wastewater treatment plant.

Keywords: water quality index; Albarregas river; Milla river.

Nota técnica: Índice de calidad de agua de los ríos Albarregas y Milla del Estado Mérida, Venezuela

Resumen.-

En este estudio, se evalúa el efecto de las aguas residuales generadas por la población de la ciudad de Mérida sobre dos de los cuatro ríos que pasan por la ciudad, Milla y Albarregas. Para ello, se determina el índice de calidad de agua, ICA, midiendo los siguientes parámetros: pH, temperatura, turbidez, coliformes fecales, oxígeno disuelto, fosfatos totales y sólidos suspendidos, calculando el índice y determinando la calidad del agua. Los resultados indican que durante el período de muestreo, antes de llegar a la ciudad, los dos cuerpos de agua presentan ICA por encima de 80 (el rango está entre 0 (pésima) y 100 (excelente)) lo que indica que es un agua de buena calidad, y puede ser utilizada para consumo humano, pero al pasar por la ciudad, el índice decrece rápidamente (hasta debajo de 50 en algunos casos), lo cual indica que su calidad está entre mala y regular. Se propone la continuación del estudio sobre la calidad de éstos y los otros dos ríos que pasan por la ciudad, que los organismos competentes implementen una campaña de educación ambiental dentro de la comunidad, y la eventual construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: índice de calidad del agua; río Albarregas; río Milla.

Recibido: septiembre 2017

Aceptado: noviembre 2017

1. Introducción

La vida no fuese posible en ninguna de sus formas, sin la existencia del recurso natural más importante: el agua, la cual cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre, aunque 96,5 % de ella se encuentra en los océanos. Al caer en

*Autor para correspondencia

Correo-e: jmayorga@ula.ve (J. Mayorga)

forma de lluvia, el agua arrastra impurezas del aire, y a medida que circula por la superficie, o al filtrarse a través de la misma, se le añaden otros contaminantes químicos, físicos y biológicos. De ésta manera, existe una contaminación natural, pero con el crecimiento de la población humana, el desarrollo industrial y el avance tecnológico, se ha incrementado el uso de éste indispensable recurso y su contaminación. Por las razones expuestas anteriormente es usual someter a tratamiento el agua residual, para evitar la contaminación de los cuerpos de agua a donde se lleva. La ciudad de Mérida está atravesada por 4 ríos: Albarregas, Milla, La Pedregosa y Chama. La contaminación de los ríos de la ciudad los convierte en cuerpos de agua afectados, siendo el vertido de los residuos líquidos sin tratamiento y de desechos sólidos una de las principales causas del problema. En este estudio, se determina la calidad del agua en los ríos Albarregas y Milla antes y después de las descargas de aguas servidas. En un estudio posterior, se realizará una investigación similar sobre los otros dos cuerpos de agua. Los ríos Albarregas y Milla fueron las fuentes principales de abastecimiento del preciado líquido para la ciudad desde su fundación en 1558. Cuando se inició la construcción de un sistema de cloacas, sus colectores fueron diseñados para desembocar directamente a los ríos, elevando su contaminación, la cual ha ido en aumento con el paso de los años. El Albarregas es un importante río andino que tiene su nacimiento en la laguna Albarregas y su desembocadura en el río Chama. Tiene una longitud de 25 km con una cuenca de 112.33 km², y divide a la ciudad de Mérida en dos partes conocidas como La Banda Occidental y la Otra Banda. El río Milla nace un poco más arriba del Núcleo La Hechicera de la Universidad de Los Andes y se une con el río Albarregas en un punto muy cercano a la Plaza de Toros de la ciudad. Su longitud es 4,2 km. En el cauce de los dos ríos se observa gran cantidad de desechos sólidos, lo que contribuye bastante a elevar la contaminación.

La evaluación de la calidad del agua debe considerar un análisis integral del recurso hídrico, que permita tomar acciones para su posterior manejo y control. Una de las herramientas más

usadas para medir la calidad del líquido es el Índice de Calidad del Agua (ICA), que proporciona una evaluación cuantitativa de la misma, mostrando su grado de contaminación, lo que permite determinar si un cuerpo de agua es saludable o no. El índice representa un método cuantitativo estándar para conseguir fácilmente la salud relativa de un cuerpo de agua y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del líquido en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comprobando las variaciones en sus parámetros en tales sitios, o puede compararse la calidad con la de otros ríos alrededor del mundo. Se han desarrollado muchos índices, entre lo que se pueden mencionar, el de Idaho y Oregón (EE UU) [1], British Columbia (Canadá) [2], Jalisco y León (México) [3] y Dalmatia (Europa) [4]. En el caso de Venezuela, hay estudios muy recientes realizados por Espinoza y Rodríguez [5, 6] en los estados Carabobo, Falcón y Yaracuy, donde se determinó el ICA y se cuantificó el efecto de la contaminación.

El índice que se usa con mayor frecuencia en estudios de calidad del agua es el propuesto por la Fundación Nacional de Instalaciones Sanitarias de los EE UU (National Sanitation Foundation), ICANSF [7], establecido en 1970, y es el que se emplea en esta investigación. El índice se representa mediante un número comprendido entre 0 y 100 (con 100, excelente), que resulta de un promedio ponderado de 9 parámetros de calidad del agua, incluyendo: cambio de temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, coliformes fecales, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fosfatos y nitratos. El desarrollo del ICANSF se llevó a cabo a través de dos etapas. Inicialmente, se realizó una encuesta entre 142 expertos estadounidenses a nivel local, estatal y nacional, y se establecieron 35 pruebas de calidad del agua para incluirse en el índice. Finalmente, quedaron los 9 parámetros citados antes. Para convertir los resultados de las mediciones de los parámetros a valores del índice, se construyó una curva para cada parámetro en función de la calidad del agua (de 0 a 100), y de allí se obtuvo un valor numérico (denominado valor Q) de cada uno. En la segunda etapa, se consideró que algunos

parámetros eran más importantes que otros, por lo que se estableció una ponderación para cada parámetro y se asignaron los pesos relativos (W_i), en función de la importancia relativa del parámetro sobre la calidad del agua. Así, se fijó un peso de 0,17 para oxígeno disuelto; 0,16 para coliformes fecales; 0,11 para pH y DBO; 0,10 para cambio de temperatura, fosfatos y nitratos; 0,08 para turbidez y 0,07 para sólidos totales. Finalmente, se calculó el ICANSF mediante la suma ponderada de los parámetros

$$ICANSF = \frac{\sum (W_i Q_i)}{\sum W_i}$$

Cuando se miden menos de 9 parámetros, puede determinarse el índice sumando los resultados de los parámetros evaluados y ajustando al total de W_i . El ICANSF también se puede calcular utilizando una herramienta en línea [8], que facilita el cómputo, y que usa como dato el valor obtenido experimentalmente para cada parámetro, para determinar directamente el resultado. Ese enlace se utilizó en este estudio. Landwehr y Denninger [9], demostraron que el cálculo del ICA mediante el promedio ponderado es superior a la suma aritmética, es decir que es mucho más sensible a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de la calidad del agua. Para determinar la calidad del agua, una vez calculado el ICANSF, se emplea la Tabla 1.

Tabla 1: Calidad del Agua en función del ICANSF.

ICANSF	Calidad del agua
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Regular
26-50	Mala
0-25	Pésima

El agua con condiciones óptimas presenta un valor de 100, y este número es menor a medida que la contaminación es más elevada. Para valores de ICANSF mayores que 90 (excelente), el agua es apta para el desarrollo de la vida acuática animal y vegetal, y no causa riesgo alguno si se tiene

contacto directo con ella. Los cuerpos de agua ubicados dentro de la categoría regular presentan menos aptitud para la vida acuática, y en ellas se ha observado un aumento en la frecuencia de crecimiento de algas. Si el ICANSF tiene un valor entre 26 y 50 (calidad mala), disminuyen aún más las condiciones para la vida dentro de ella y el líquido puede sostener muy poca diversidad de vida. Para valores del índice inferiores a 25 (calidad pésima), el agua tiene problemas de contaminación que limitan la vida acuática, y representa un riesgo si se tiene contacto directo con ella, como por ejemplo en deportes acuáticos.

2. Metodología

El estudio se desarrolló en los ríos Albarregas y Milla de la ciudad de Mérida, Venezuela. Las muestras fueron tomadas en puntos de ambos ríos antes y después de la descarga de aguas residuales domésticas y en la confluencia de ambos ríos, siguiendo la norma Covenin 2709-02 [10] considerando factores como facilidad de acceso, seguridad del sitio, representatividad del punto de muestreo y logística. En todos los casos, se usaron muestras instantáneas. Las fechas del muestreo fueron entre el 05/02/2017 y el 18/03/2017. En las Figuras 1 y 2 aparece la ubicación aproximada de los sitios de muestreo.

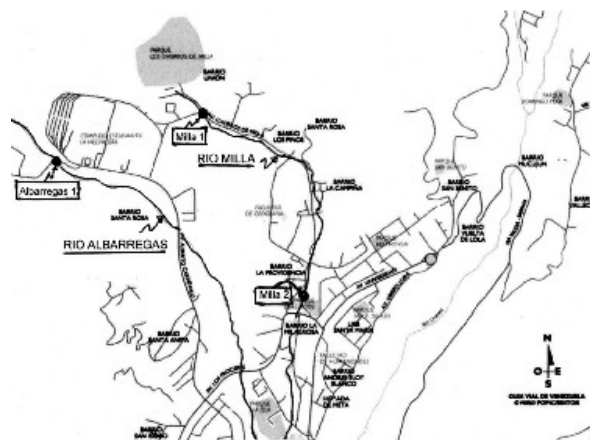


Figura 1: Puntos de muestreo Milla 1 y 2, y Albarregas 1.

Para la determinación de las coordenadas de los puntos de muestreo, se utilizó el programa Google Earth. En la Tabla 2 aparece la posición de cada punto.

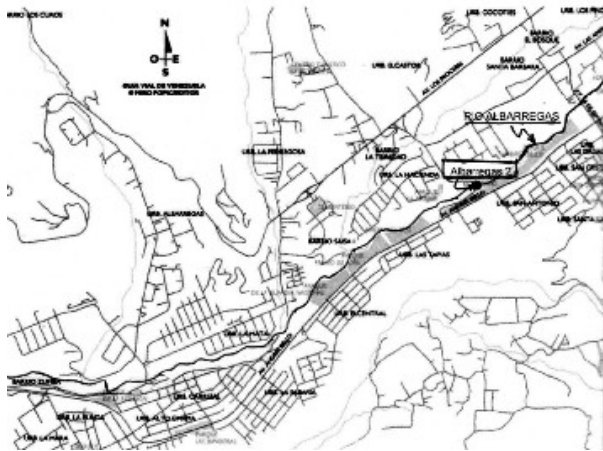


Figura 2: Punto de muestreo Albarregas 2.

Tabla 2: Ubicación de los puntos de muestreo.

Punto	Coordenadas		Altura msnm
	N	O	
Albarregas 1	8°37'48.95"	71°09'35.03"	1984
Milla 1	8°37'48.01"	71°08'57.91"	1889
Milla 2	8°37'02.99"	71°08'17.11"	1718
Confluencia	8°36'15.62"	71°08'24.71"	1640
Albarregas 2	8°34'27.37"	71°10'41.25"	1385

Las muestras registradas con un 1 corresponden a puntos aguas arriba de la descarga de aguas residuales de la ciudad. Las que tienen un 2 fueron tomadas aguas debajo de las descargas. La identificada como Confluencia se tomó en un sitio aguas abajo del punto donde se reúnen ambos ríos. Para el muestreo, se utilizaron envases plásticos nuevos con tapa, los cuales se enjuagaron dos veces con agua del río antes de recoger la muestra. Se llenó uno de los envases y se midió la temperatura. Además, se utilizó un erlenmeyer de vidrio con tapa esmerilada para “fijar” el oxígeno disuelto en el sitio de muestreo. Para el transporte, se colocaron las muestras dentro de una cava con hielo y se llevaron al laboratorio. Al llegar, se evaluó inmediatamente el oxígeno disuelto y el pH y se inició la caracterización bacteriológica y fisicoquímica, midiendo los siguientes parámetros: coliformes fecales, turbidez, fósforo total y sólidos suspendidos totales, utilizando en todos los casos, la metodología establecida en los Métodos Normalizados [11]. No se midió el contenido de nitratos

ni la DBO.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para cada Índice en los puntos de muestreo seleccionados aparecen en la Tabla 3. En la Tabla 4 se muestran los valores promedio de los ICA de cada río, aguas arriba y aguas abajo de las descargas de aguas residuales.

Tabla 3: Índice de calidad del agua.

Nº	Muestra	Fecha	Índice	Calidad
1	Milla 1	05-02-2017	81	Buena
2	Milla 1	12-02-2017	84	Buena
3	Milla 1	07-03-2017	85	Buena
4	Albar 1	05-02-2017	83	Buena
5	Albar 1	12-02-2017	88	Buena
6	Albar 1	07-03-2017	82	Buena
7	Milla 2	19-02-2017	61	Regular
8	Milla 2	09-03-2017	55	Regular
9	Milla 2	15-03-2017	57	Regular
10	Confluencia	19-02-2017	64	Regular
11	Albar 2	09-03-2017	68	Regular
12	Albar 2	15-03-2017	57	Regular
13	Albar 2	18-03-2017	46	Mala

Tabla 4: Índice promedio de calidad del agua.

Río	Índice	Calidad
Milla 1	83.3	Buena
Milla 2	57.6	Regular
Albar 1	84.3	Buena
Albar 2	57	Regular
Confluencia	64	Regular

En la Tabla 3 se puede observar que los valores del ICA para los 2 ríos, aguas arriba de las descargas residuales son muy elevados y similares, con una calidad buena para el líquido, lo que era de esperarse, ya que corriente arriba, ambos cauces presentan poca contaminación, por corresponder al paso del líquido por zonas casi vírgenes, con poca o ninguna intervención humana. A medida que los ríos atraviesan la ciudad, se van descargando efluentes líquidos sin tratamiento, además de los desechos sólidos, lo que desmejora su calidad, pasando de buena a regular. Incluso, en una de las muestras del río Albarregas, la calidad del agua es mala. En el punto de confluencia de los 2 ríos,

el índice tiene un valor intermedio. Se observa además que aguas abajo del río, los cambios en el ICANSF son mayores que aguas arriba (donde el valor se mantiene razonablemente constante), lo que significa que la contaminación del cauce es función del momento, y que cambia día a día, por lo que se requiere un número alto de muestras para obtener resultados confiables, además del monitoreo permanente del ICANSF para observar el grado de deterioro del río en función del tiempo.

En cuanto a los valores promedio del ICANSF para cada río, la Tabla 4 indica que durante el lapso de muestreo, la calidad del agua pasa de buena a regular en los dos ríos, con valores de índice próximos a 84 y a 57 antes y después de las descargas contaminantes.

4. Conclusiones

La descarga de aguas residuales afecta bastante el ICANSF de los ríos Milla y Albarregas, y la calidad del líquido pasa de buena a regular para los dos ríos. Esto es preocupante, pues existe un Proyecto de Desarrollo de un Parque a las riberas del río Albarregas, y ese río debería descontaminarse para que la población pueda hacer uso pleno de esas instalaciones sin riesgos para su salud. La presencia de desechos sólidos en los dos ríos, tanto en los puntos de muestreo Milla 2 y Albarregas 2 como en sitios intermedios, contribuye significativamente a empeorar la contaminación, y demuestra la poca conciencia de la ciudadanía para cuidar y mantener limpios los cauces de los ríos. Debería implementarse una campaña de concientización ambiental de las colectividades que habitan en lugares próximos a los cuerpos de agua, para que eviten lanzar al agua cualquier material que los contamine. Dado que esta situación es típica de muchas ciudades de Venezuela, esta acción debería extenderse a todo el país. Además, se debe establecer un plan de mejoramiento de la calidad de agua de los ríos que atraviesan la ciudad de Mérida, por lo que se propone la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que reduzca la carga contaminante antes de su descarga en los ríos, como se hace en muchos centros poblados de

otros países, y realizar un monitoreo continuo de la calidad de agua de los 4 cuerpos de agua que pasan por la ciudad de Mérida, para conocer su grado de contaminación y la evolución del ICA en el tiempo.

Referencias

- [1] Nina I. McClelland. Water quality index application in the Kansas River Basin. Tech report, US Environmental Protection Agency-Region VII, Kansas City, Missouri, 1974.
- [2] Ministry of Environment, Lands and Parks. Water quality British Columbia water quality status report. Tech report, Ministry of Environment, Lands and Parks, British Columbia, Canada, 1996.
- [3] H. Montoya, C. Contreras y García V. Estudio integral de la calidad del agua en el Estado de Jalisco. Reporte técnico, Com. Nal. Agua, Geren. Reg. Lermasantiago, Guadalajara, México, 1997.
- [4] N Stambuk-Giljanovic. Water quality evaluation by index in dalmatia. *Water Research*, 33(16):3423–3440, 1999.
- [5] Tony M. Espinosa Paz y Carmen Rodriguez. Tech note: Determination of water quality index (WQI) of Moron river and Patanemo river of Carabobo state in Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 23(2):204–215, 2016.
- [6] Tony M. Espinosa Paz y Carmen Rodriguez. Tech note: Determination of water quality index (WQI) of Aroa river and Yaracuy river of Falcon and Yaracuy state in Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 23(3):381–386, 2016.
- [7] R. M. Brown, N. I. McClelland, R. A. Deininger, and R.G. Tozer. Water quality index-do we dare? *Water and sewage works*, 117(10):339–343, 1970.
- [8] M. K. Mitchell and W. B. Stapp. *Field manual for water quality monitoring: an environmental education program for schools*. Kendall/Hunt Publishing Company, 2008.
- [9] J. Maciunas Landwehr and R. A. Deininger. A comparison of several water quality indexes. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 48(5):954–958, 1976.
- [10] COVENIN 2709-2002, Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo. COVENIN, 2002.
- [11] APHA, AWWA y WPCF. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Diaz De Santos, Madrid, España, 1992.