



La calidad del agua del Río Sucio en la Zona del Valle de San Andrés

Ing. Alma Verónica García¹

Resumen. En la actualidad el Río Sucio es uno de los ríos más contaminados en El Salvador, catalogándose la calidad de su agua como de pésima calidad, esta calificación se determina mediante la medición de parámetros como Oxígeno Disuelto, Recuento Microbiológico, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales Disueltos y Sólidos Suspendidos, Turbidez, Nitrógeno y Fósforo, encontrándose la mayoría de ellos arriba de los límites establecidos en las normas oficiales, tal y como se logró determinar en el monitoreo realizado por la Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE durante once meses, en la zona media del Río Sucio, donde operan al menos 15 empresas agroindustriales. Se logró identificar que gran parte de la carga contaminante del río proviene de los desechos domésticos, industriales, agroindustriales y agrícolas que se han vertido en él durante las últimas décadas.

Palabras clave. Calidad del agua, contaminación del agua, indicadores (químicos), Río Sucio – El Salvador, Valle de San Andrés – El Salvador.

Desarrollo

La calidad del agua está determinada por la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; sus valores máximos y mínimos permitidos están determinados por el uso al que se destine el agua.

La importancia de determinar la calidad del agua del Río Sucio en la zona del Valle de San Andrés, radica en el amplio uso de sus aguas para actividades de riego de cultivos, encontrándose además en esta cuenca el Proyecto Zona Norte de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA, el cual abastece de agua potable gran parte del Área Metropolitana de San Salvador, AMSS.

Actualmente algunas de las empresas ubicadas en el Valle de San Andrés, que utilizan el agua del río para satisfacer la demanda de sus procesos y que vierten además sus aguas residuales al mismo, están conscientes del problema de

contaminación y como una medida para abordar dicha problemática han conformado el Comité Ambiental Empresarial San Andrés, CAESA, al que se encuentran asociadas empresas como HILASAL, Kimberly Clark, Hannes Brand, INFRASAL, Industrias La Constancia, Avícola Salvadoreña, Productos Alimenticios Sello de Oro, entre otras. Este tiene como uno de sus principales propósitos aunar esfuerzos para mejorar las condiciones actuales del Río Sucio.

Con el estudio realizado en forma conjunta entre CAESA y la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, se recopiló información pertinente para elaborar posteriormente una propuesta viable de acciones concretas de recuperación del río, que involucren al sector privado, gubernamental y municipal de la zona.

1. Ingeniera Química. Docente Escuela de Ingeniería Química. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE Sede Santa Tecla. E-mail: alma.garcia@itca.edu.sv

Monitoreo de la Calidad del Río Sucio en el Valle de San Andrés

Con el objetivo de determinar la evolución de la calidad del agua del Río Sucio en el tiempo y evaluar la calidad del agua vertida al río por empresas de la zona, se diseñó un plan de muestreo que comprendía 7 puntos, todos ellos ubicados en la Zona del Valle de San Andrés (parte media del Río Sucio, donde descargan sus aguas de desechos 15 agroindustrias). Se buscaba además observar el comportamiento de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tanto en época seca como en época lluviosa. El periodo de muestreo comprendió desde Julio de 2010 hasta Julio de 2011.

Considerando lo anterior se procedió a monitorear nueve parámetros a través del tiempo, de los cuales se ofrece un breve comentario:

1. **Oxígeno Disuelto (OD):** el oxígeno es un gas muy relevante en dinámica de aguas. Su solubilidad es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor, salinidad y composición fisicoquímica del agua.
2. **Coliformes Fecales:** los gérmenes patógenos habitualmente transmitidos por el agua viven en los intestinos del hombre y de los animales de sangre caliente (agentes de la fiebre tifoidea, del cólera, etc.). La manifestación de una contaminación fecal constituye una excelente señal de alarma. Los coliformes fecales influyen directamente en la contaminación del agua debido a los vertidos de aguas urbanas al río, aunados a las aguas residuales de los distintos tipos de ganadería y agroindustrias.
3. **pH:** el pH del agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos.

La secuencia de equilibrios de disolución de CO₂ en el agua y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Asimismo, la respiración de los organismos heterótrofos en el agua produce dióxido de carbono modificando el pH del medio acuático.

4. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** la DBO indica la cantidad de oxígeno necesaria para destruir, estabilizar o degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua por la acción bacteriológica. La tendencia general es que la calidad del agua es mejor cuando la DBO es menor.
5. **Nitratos:** el uso de fertilizantes naturales y artificiales en las zonas agrícolas y los efluentes de granjas animales provocan la aparición de nitratos en las aguas superficiales. La eutrofización se define como un incremento indeseable en la producción de biomasa acuática, causada por altas cantidades de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo que entran en los cuerpos de agua. Niveles de nitrato superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos.
6. **Fósforo Total:** el fósforo de una fuente de agua puede proceder de:
 - a) Disolución de rocas y minerales que lo contienen.
 - b) Lavado de suelos en los que se encuentra como resto de actividades ganaderas agrícolas.
 - c) Aguas residuales domésticas vertidas a las aguas naturales.
Dentro de esta última fuente de contaminación, podemos incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica. Estos explican el 50% del fósforo presente en aguas contaminadas por vertidos urbanos.

Dentro de esta última fuente de contaminación, podemos incluir los detergentes utilizados en limpieza doméstica. Estos explican el 50% del fósforo presente en aguas contaminadas por vertidos urbanos.

7. **Turbidez:** la presencia de diversas materias en suspensión, arena, limo, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos da lugar a la turbidez del agua.
8. **Sólidos Disueltos Totales (SDC):** la tendencia general es que la menor concentración de sólidos disueltos totales corresponde a aguas de mejor calidad.
9. **Temperatura:** afecta la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos. La temperatura influye en: la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua, la velocidad de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas, la velocidad metabólica de los organismos, la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades, épocas de reproducción, migración y estivación de organismos acuáticos.

Una vez recolectadas las muestras de agua, se procedieron a analizar en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de ITCA FEPADE, obteniéndose una visión "panorámica" de como es el comportamiento de los 9 parámetros arriba citados a través del tiempo y se detalla un ejemplo de un punto de muestreo de forma gráfica a continuación:

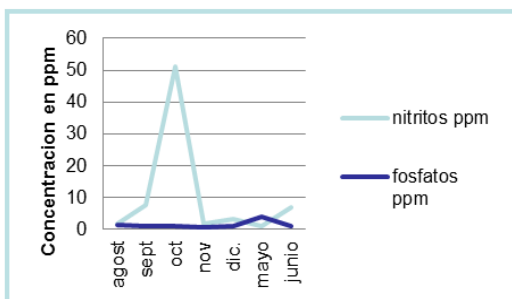


Gráfico 1. Concentración en partes por millón. Parámetros: Nitritos y Fosfatos. Punto de muestreo: km 34 1/2 carretera a San Juan Opico. Período: agosto de 2010 a junio de 2011.

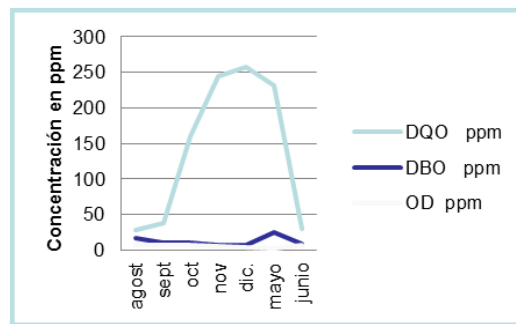


Gráfico 2. Concentración en partes por millón. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto. Punto de muestreo: km 34 1/2 carretera a San Juan Opico. Período: agosto de 2010 a junio de 2011.

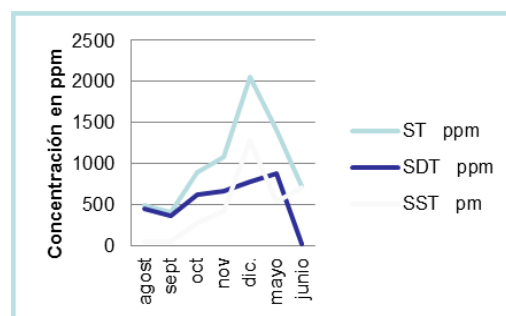


Gráfico 3. Concentración en partes por millón. Parámetros: Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendedos Totales (SDT) y Sólidos Disueltos Totales (SST). Punto de muestreo: km 34 1/2 carretera a San Juan Opico. Período: agosto de 2010 a junio de 2011.

Observando los gráficos puede notarse que la tendencia en cuanto a concentración de nitritos, fosfatos, DBO, DQO, OD y sólidos totales, es de aumentar en estación seca (esto debido a que el caudal del río disminuye) y a disminuir en estación lluviosa (puesto que el caudal del río en esta época aumenta, con lo cual el efecto es "diluirse"). En los casos específicos de Temperatura, pH, Turbidez y Coliformes Fecales, los resultados promedios de los 7 puntos muestreados y la comparación con la NSO 13.49.01:09 (Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales) se pueden consultar en la siguiente tabla:

MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN NORMA OFICIAL SALVADOREÑA PARA AGUAS RESIDUALES 13.49.01:09	VALORES PROMEDIO DE 7 PUNTOS DE MUESTREO	CUMPLIMIENTO DE LA NSO 13.49.01:09	
Coliformes fecales	10,000 UFC/100 ml	Mayores de 100,000 UFC/100 mL	No cumple
pH	5.5-9.0	7.64	Cumple
T °C	20 - 35 °C	25.21	Cumple
Turbidez NTU	No se incrementara en 5 NTU el cuerpo receptor	170,902	No cumple

Tabla 1. Comparación de valores promedio de Coliformes Fecales, pH, Temperatura y Turbidez con la NSO 13.49.01:09

De la tabla 1 y del análisis de los gráficos 1, 2 y 3 se puede concluir que en la mayoría de casos el agua del Río Sucio no cumple con la normativa exigida; sin embargo, para dar una idea más certera de la calidad de sus aguas y qué utilidad pueden tener, es necesario "calificarlo", de ser posible con estándares internacionales; esto se puede lograr a través del Índice de Calidad del Agua, como se explica en el siguiente apartado.

Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

La clasificación de calidad del agua toma en cuenta el uso que se dará a este recurso. Algunos de los parámetros consideran si el agua puede utilizarse como potable, para riego o para actividades recreativas. El ICA es un concepto desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional NSF de EE.UU., que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se traduce como índice de Calidad del Agua.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1,970 y

puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de un río es saludable o no. A continuación se presenta la tabla propuesta por Brown.



CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Tabla 2. Clasificación del ICA propuesto por Brown. Fuente: Lobos, José. Evaluación de los contaminantes del Embalse del Cerrón Grande, PAES, 2002.

Para la determinación del ICA intervienen los siguientes 9 parámetros:

1. El Oxígeno Disuelto (OD).
2. Coliformes Fecales.
3. pH.
4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
5. Nitratos.
6. Fósforo Total.
7. Turbidez.
8. Sólidos Disueltos Totales (STD).
9. Temperatura.

A cada uno de estos parámetros se le asigna un "peso relativo" y un subíndice, tal y como se detalla en la siguiente tabla:

i	Sub_i	W_i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Tabla 3. Pesos relativos para cada parámetro del ICA Fuente: Lobos, José. Evaluación de los contaminantes del Embalse del Cerrón Grande, PAES, 2002.

Dichos parámetros son sustituidos en la siguiente fórmula:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Cada valor de Sub_i para el parámetro correspondiente se obtiene de forma gráfica; como ejemplo se muestra una gráfica para la obtención del Sub_i del pH:

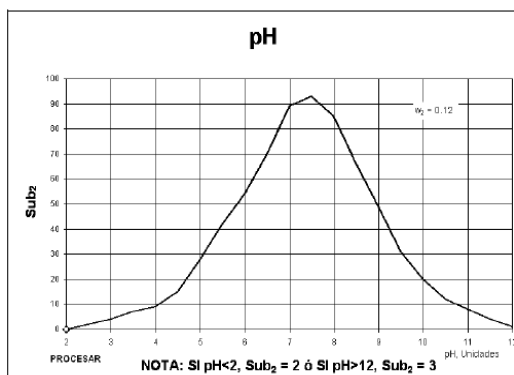


Gráfico 4. Valoración de la calidad del agua en función del pH.

Habiendo explicado que es el ICA, a continuación se da a conocer la calidad del agua del Río Sucio en la actualidad.

Calidad del agua del Río Sucio

El conocimiento de la calidad y la disponibilidad del agua para sus diferentes usos, es factor importante para el bienestar y el progreso de un país; no sólo depende del tipo de suelo, clima, condiciones de drenaje, técnicas de riego y caudales disponibles, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química.

La mayoría de ríos de El Salvador están altamente contaminados, según un estudio publicado recientemente por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, que examinó la calidad del agua en 125 puntos de 55 cauces.

Bibliografía consultada

1. CUELLAR, Nelson. La contaminación del agua en El Salvador: desafíos y respuestas institucionales. PRISMA. [en línea] 2001, no.43. [fecha de consulta: 12 Agosto 2012]. Disponible en: <http://www.prisma.org.sv/uploads/media/prisma43.pdf>
2. EL SALVADOR. Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). Monitoreo de calidad y cantidad de los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate para valorar la calidad de las aguas y su evolución a través del tiempo [en línea]. San Salvador: SNET, [2003?]. [fecha de consulta: 12 Julio 2012]. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/EVALUACION-ICA.pdf>
3. ESQUIVEL Orellana, Olga Armida. Investigación aplicada sobre el impacto ambiental de la contaminación del agua en las cuencas del Río Sucio, Acelhuate y Cuaya: informe final [en línea]. San Salvador: Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"/ Fondo de la Iniciativa para las Américas, 2007 [fecha de consulta: 15 Agosto 2012]. Disponible en: <http://www.uca.edu.sv/investigacion/fiaes/fiaes1.html>
4. UNIVERSIDAD Técnica Latinoamericana, UTLA y Fondo Nacional de Apoyo para Empresas en Solidaridad, FONAES. Evaluación del grado de contaminación de las aguas superficiales en el Valle de Zapotitlán, evaluación de contaminación de los ríos Sucio, Agua Caliente y afluentes en el Valle de Zapotitlán. Nueva San Salvador: UTLA-FONAES, 1996.

Los ríos con la peor calidad son: Río Acelhuate, **la zona media del Río Sucio**, la parte alta del Río Suquiapa, las partes bajas del Río San José de Metapán y la zona media del Río Grande de San Miguel. Por lo tanto, para el caso concreto de los 7 puntos de muestreo de la zona media del Río Sucio, los resultados del ICA fueron los siguientes:

Punto de muestreo	ICA	Calificación
1	28.55	Agua de mala calidad.
2	23.61	Agua de pésima calidad.
3	26.29	Agua de mala calidad.
4	21.27	Agua de pésima calidad.
5	20.71	Agua de pésima calidad.
6	17.69	Agua de pésima calidad.
7	0	Agua de pésima calidad.
Valor promedio	19.73	Agua de pésima calidad.

Tabla 4. Resultados de ICA para la zona media del Río Sucio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la mayoría de los puntos muestreados dio como resultado una clasificación de "agua de pésima calidad", con un ICA dentro del rango de 0 a 28.55, presentando altos índices de contaminación microbiana y no cumpliendo en la mayoría de casos con los parámetros fisicoquímicos que exige la Norma Salvadoreña Obligatoria "Aguas residuales descargadas a cuerpo receptor" (NSO 13.49.01:09). Lo anterior lleva a considerar y reconfirmar que las aguas del Río Sucio no son aptas ni para consumo humano, ni como agua de riego, salvo que éstas fueran sometidas a un tratamiento de aguas residuales primario, secundario y terciario.

Así mismo, se recomienda ampliar el diagnóstico y monitoreo del Río a otras zonas que no se limiten a la parte media, específicamente en el lugar donde nace este Río y en su desembocadura.