

Análisis simplificado de oxígeno disuelto en el río Ubaté

Simplified analysis for dissolved oxygen in the Ubaté river

FELIPE SANTAMARÍA ALZATE¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

1. Ingeniero ambiental y sanitario. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Ing.santamaria@gmail.com - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 19/01/2014 Aceptado: 20/03/2014

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de la modelación de OD y DBO para el río Ubaté, con base en una campaña de muestreo del año 2009 y en la formulación de tres escenarios de carga contaminante⁽¹⁾.

Palabras claves: modelación, calidad del agua, polución de ríos, OD, DBO.

Abstract

This article presents the modeling result of DO and BOD for the Ubaté river, based on the sampling campaign of 2009 and in the formulation of three stages of contamination load

Keywords: Modeling, water-quality, river pollution, DO, BOD.

INTRODUCCIÓN

El río Ubaté, ubicado en el municipio de Cundinamarca, es el principal tributario de la laguna de Fúquene, que pertenece a su vez a la gran cuenca Ubaté-Suárez. Esta cuenca se caracteriza por su gran actividad lechera y de pastoreo, con gran demanda del recurso hídrico para sustentar la economía local y para abastecimiento de municipios aledaños y veredas colindantes a lo largo del río. Así mismo, es fuente receptora de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales y de la afluencia de ríos como el Lenguazaque y Suta. En la cuenca se encuentran asentamientos humanos de importancia, como los municipios de Lenguazaque, Ubaté, Sutatausa, Carmen de Carupa, Tausa, Susa, Cucunubá, Suesca, Guachetá y Fúquene, siendo los primeros cuatro los de influencia directa en las características del río.

La Corporación Autónoma Regional (CAR) inició el proceso de mesas de consulta con los municipios para el establecimiento de metas de carga contaminante puntuales de DBO y SST sobre los principales cuerpos de agua del área de estudio, con el fin de dar así cumplimiento a lo estipulado como objetivos de calidad del agua para esta cuenca^(2, 3, 4, 5).

Para la simulación de calidad del río Ubaté se utiliza el modelo de Streeter y Phelps, calculando oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno por el QUAL2K de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Este es un programa comprensivo y versátil, de aplicación unidimensional, que puede usarse en con-



Figura 1. Localización de la cuenca del río Ubaté.

diciones de régimen permanente o no permanente, y que permite acoplar múltiples descargas, extracciones y afluentes, ya sean de carácter puntual o dispersas^(6, 7, 8).

METODOLOGÍA

Para la utilización del programa QUAL2K, en régimen permanente, se seleccionaron estaciones de monitoreo (cuadro 1) de calidad del agua sobre el río Ubaté, y se usaron los resultados de la campaña realizada por la CAR en el año 2009 para la calibración del modelo⁽²⁾.

Cuadro 1
Estaciones de monitoreo

N.º	Nombre
1	LM La Malilla
2	Aguas arriba río Hato
3	La Boyera
4	LG Puente Barcelona
5	Aguas abajo río Suta
6	LM Esclusa El Cubio
7	LG Puente Colorado

El comportamiento del caudal, velocidad y profundidad de flujo se define con los datos suministrados por la estación La Malilla con datos históricos desde el año 2002 hasta el año 2012, y por los de la estación Puente Barcelona con datos desde el año 2008 hasta el año 2012, obteniéndose las siguientes ecuaciones características para profundidad de flujo H y velocidad de flujo V , en función del caudal del río Q .

Estación La Malilla

$$H = 0,3325 Q^{0,3995}$$

$$V = 0,7875 Q^{0,4274}$$

Estación Puente Barcelona

$$H = 0,3727 Q^{0,3914}$$

$$V = 0,3181 Q^{0,3264}$$

La calibración del modelo se obtiene mediante el ajuste de las constantes de desoxigenación K_1 y de reaeración K_2 , de tal manera que el perfil simulado de

OD y DBO sea coherente con el perfil de OD y DBO medido.

El perfil de referencia (figura 2) y los resultados de la calibración (figura 3) se pueden observar a continuación:

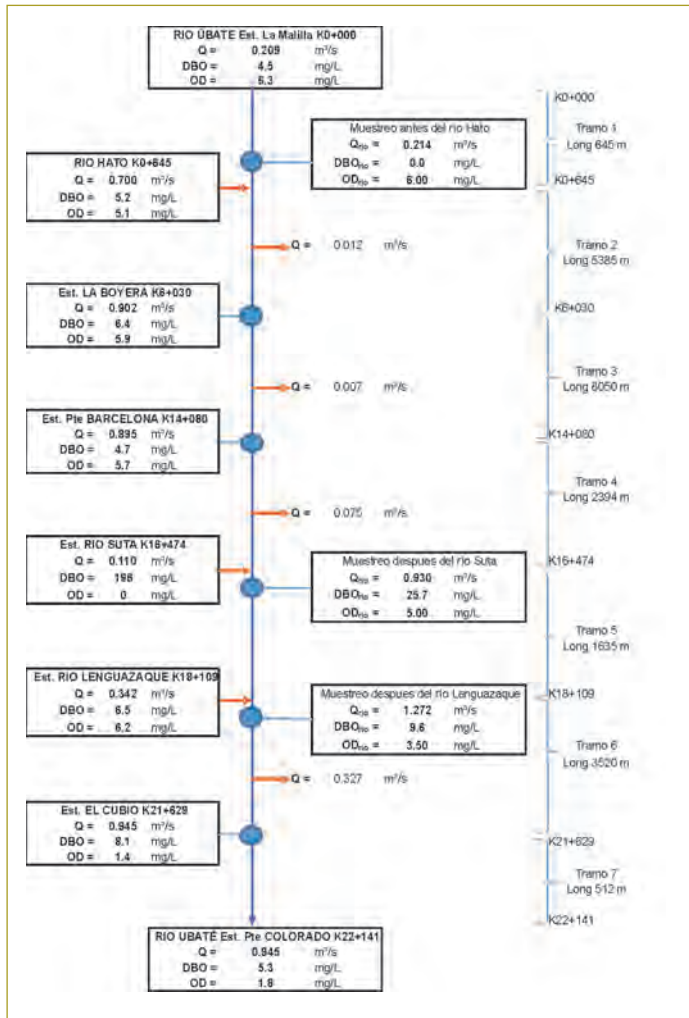


Figura 2. Perfil de referencia del río Ubaté.

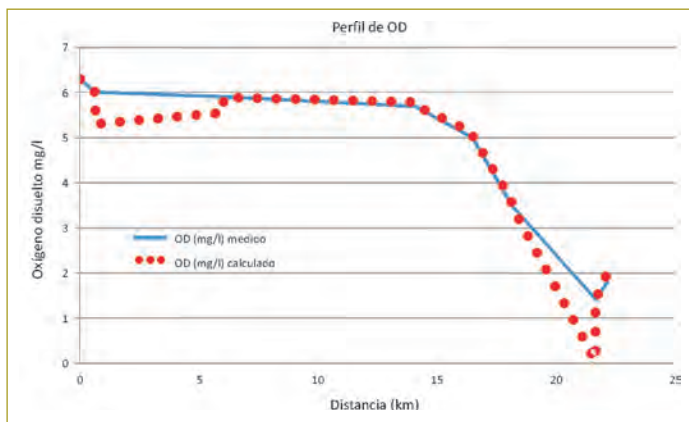


Figura 3. Curva de calibración del modelo.

Cuadro 2
Constantes de calibración

Tramo	Constante ajustada		
	K ₁ (d ⁻¹)	K ₂ (d ⁻¹)	K ₂ /K ₁
Tramo 1	1,0	3,5	3,5
Tramo 2	2,0	4,0	2,0
Tramo 3	1,8	4,0	2,2
Tramo 4	1,8	4,0	2,2
Tramo 5	2,0	8,0	4,0
Tramo 6	0,5	6,0	12,0
Tramo 7	2,0	1,0	0,5

RESULTADOS

La modelación se aplica a tres escenarios diferentes.

En primer lugar, una simulación del río con las condiciones para afluentes y efluentes actuales y suponiendo la ocurrencia de caudales mínimos en el río, cuyos resultados se observan más adelante (figuras 4 y 5). Para estas condiciones el oxígeno disuelto en el río Ubaté alcanza niveles cercanos al de saturación, hasta cuando se presenta la descarga del río Suta. En este punto, el aporte de materia orgánica, sin ninguna remoción, precipita la concentración de oxígeno disuelto por debajo de 1 mg/L, hasta su desembocadura en la laguna de Fúquene. La DBO, hasta la descarga del río Suta, mantiene valores por debajo de 10 mg/L, supera los 50 mg/L después de la descarga del río Suta y decrece hasta un valor de 33 mg/L en la desembocadura sobre la laguna de Fúquene.

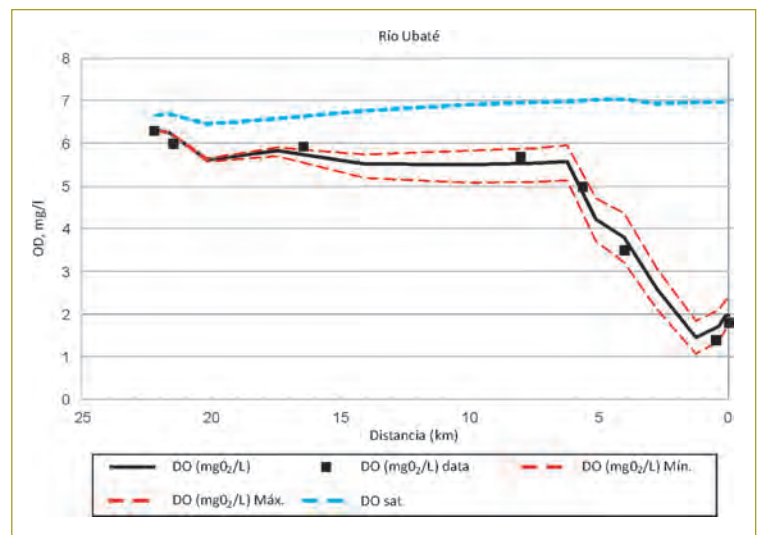


Figura 4. Curva de OD. Condiciones actuales.

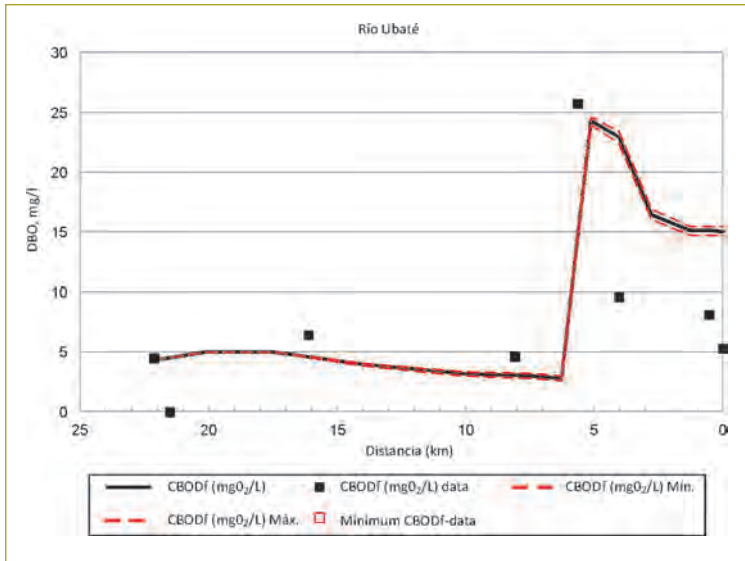


Figura 5. Curva de DBO. Condiciones actuales.

El segundo escenario supone la existencia de tratamiento primario para el afluente sobre el río Suta, así:

- Remoción del 40 % de DBO y OD de 2 mg/L en el río Suta.
- Caudales mínimos en el río y extracción de caudal iguales a los actuales.

La simulación indica que el tratamiento primario del afluente sobre el río Suta permite subir el OD a niveles superiores a 1,4 mg/L en todo el río (figura 6) y disminuir la concentración de DBO a 12 mg/L en la desembocadura, con un valor máximo de 21 mg/L, en la descarga del río Suta (figura 7).

El tercer escenario supone la existencia de tratamiento secundario para afluentes del río Suta, así:

- Remoción del 80 % de DBO y OD de 2 mg/L en el río Suta.
- Caudales mínimos en el río y extracción de caudales iguales a los actuales.

Con el tratamiento secundario, las concentraciones de OD superan los 3 mg/L en todo el río (figura 6), la concentración de DBO en la desembocadura es inferior a 7 mg/L y la DBO máxima es de 11 mg/L en la descarga del río Suta (figura 7).

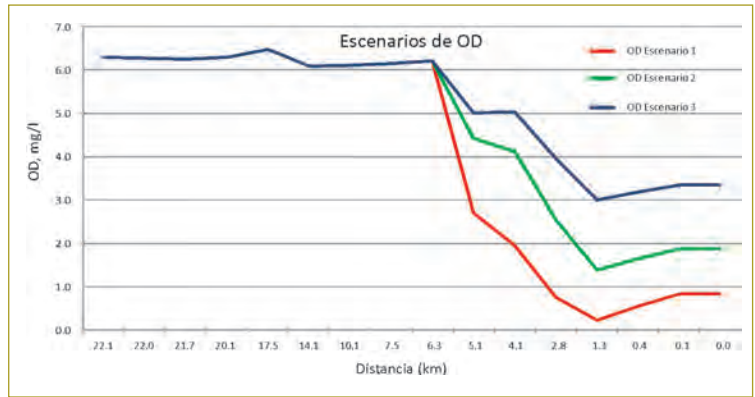


Figura 6. Curvas de OD en todos los escenarios.

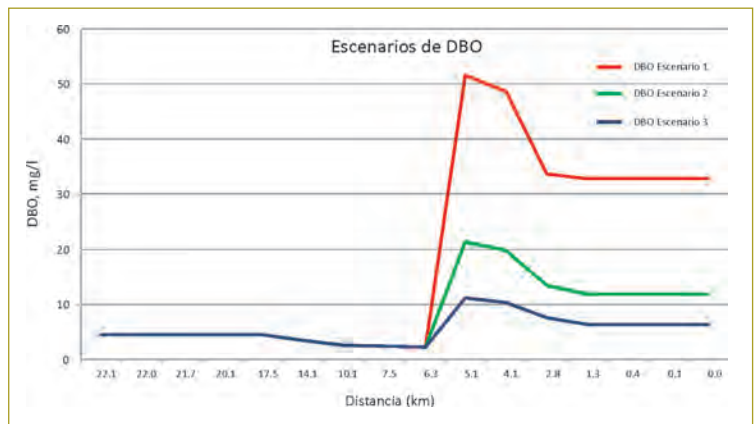


Figura 7. Curvas de DBO en todos los escenarios.

Cuadro 3
Resultados de la simulación

Escenarios	OD, mg/L		DBO, mg/L		Desembocadura	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	0,2	6,5	2	52	0,8	33
2	1,4	6,5	2	21	1,9	12
3	3,0	6,5	2	11	3,3	6,4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El río Ubaté, en las condiciones actuales, muestra valores de OD en los primeros 16 km por encima de 6 mg/L, lo que indica condiciones de un río saludable. Sin embargo, después de la descarga del río Suta, la concentración de OD llega a valores por debajo de 1 mg/L, condición de un cuerpo contaminado.
- Según la Resolución 3462 de 2009, en las condiciones actuales el río Ubaté está catalogado como de clase

III, es decir, con agua apta para ganadería y para actividades agrícolas restringidas⁽⁴⁾.

- En las condiciones supuestas de estiaje del río Ubaté y con ningún tratamiento de afluentes, se presenta la condición más desfavorable de calidad del agua, con valores de OD cercanos a 0 mg/L y concentraciones de DBO por encima de los 50 mg/L que clasifican el río como de clase IV, apto sólo para actividades agrícolas restringidas⁽⁴⁾.
- Con tratamiento primario de los afluentes del río Suta la simulación indica que se alcanzaría una mejor condición de calidad, pero sin satisfacer los requerimientos de la CAR para un río de clase II, agua apta para consumo humano con tratamiento convencional, por tener valores de OD menores de 4 mg/L y DBO superiores a 10 mg/L⁽⁴⁾.
- Con tratamiento secundario de los afluentes del río Suta, la simulación revela niveles de DBO por debajo de 11 mg/L y OD mayores de 3 mg/L muy próximos a las condiciones de clase I, es decir, aguas aptas para consumo humano con tratamiento convencional y para conservación de fauna y flora, uso agrícola y recreacional⁽⁴⁾.
- Los perfiles de OD y DBO evaluados indican que la descarga del río Suta es la causante del deterioro de la calidad del agua del río Ubaté.
- Para la recuperación del río Ubaté se requiere el mejoramiento de sus afluentes, en especial del río Suta, el cual es el receptor de los sistemas de alcantarillado de las poblaciones existentes en dicha cuenca.
- Según la simulación, para que el río Ubaté pueda ser catalogado como un cuerpo de agua clase I es necesario implementar tratamiento secundario sobre las descargas de los sistemas de alcantarillado de los

municipios de Tausa, Sutatausa y Ubaté, sobre el río Suta, y garantizar una concentración de OD superior a 2 mg/L en los vertimientos de estos sistemas.

- Teniendo en cuenta que la simulación realizada se hace suponiendo constantes de cálculo ajustadas al perfil medido de OD en el río en el año 2009, es necesario, para una simulación posterior, implementar un programa de monitoreo de OD y DBO en el río Ubaté con determinación de los valores de K_1 y K_2 en terreno, para cada tramo de la simulación.

REFERENCIAS

1. Santamaría Alzate, F. (2013). Análisis simplificado de OD en el río Ubaté. Trabajo de grado. Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
2. Corporación Autónoma Regional (CAR) (2010). *Boletín de calidad de las cuencas de la jurisdicción CAR 2007-2009*. Bogotá: CAR.
3. Unión Temporal Audicon - Ambiotec (2011). Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez. Bogotá: CAR.
4. CAR (2009). Resolución 3462 del 28 de diciembre de 2009, por la cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca de los ríos Ubaté y Suárez, a lograr en el año 2020.
5. CAR (2011). Resolución 2152 del 22 de agosto de 2011, por la cual se inicia el proceso de consulta de metas de reducción de cargas contaminantes de DBO₅ y SST arrojados a los cuerpos de agua que conforman la cuenca, tramos y subtramos de los ríos Ubaté y Suárez.
6. Chapra, S., Pelletier, G. & Tao, H. (2008). *Qual2K. A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality*. Medford, MA: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University.
7. EPA (1985). *Rates, Constants, and kinetic formulation in surface water Quality Modeling*. Athen, Georgia: U.S. Environment Protection Agency.
8. Romero Rojas, J.A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. 3.ª edición. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.