

Constante cinética de autodepuración del agua en el sub embalse Quiteria
Kinetic constant of water self-purification in the Quiteria sub-reservoir

Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico

Rosner Gerke, Soledad Maribel ¹ 

<https://orcid.org/0000-0003-3106-9839>

¹Universidad Nacional de Itapúa. Dirección de Investigación y Ambiente. Facultad de Ciencias y Tecnología, Encarnación, Paraguay, soledadrosner@gmail.com

Resumen

La ciudad de Encarnación está rodeada por sub-embalses con buena capacidad de autodepuración, pero hay puntos de contaminación puntuales como la zona del vertedero municipal que pueden afectar esta capacidad. El objetivo de este trabajo es calcular las constantes cinéticas de oxigenación y desoxigenación del agua del sub embalse Quiteria. A partir de datos de la Demanda bioquímica de oxígeno, se obtiene el oxígeno disuelto en tres puntos y se calcula por la prueba DBO de 5 días a 20 grados centígrados, luego se obtiene el valor de k_1 y k_2 por la fórmula de Streeter-Phelps. Los valores de demanda bioquímica de oxígeno aumentaron a medida que el punto de muestreo se acercaba a la zona de descarga de lixiviados provenientes del vertedero municipal. El resultado obtenido en cuanto a las constantes cinéticas k_1 y k_2 es peculiar, por un lado, el río tiene una buena capacidad de incorporar aire de la atmósfera y por el otro existe una alta tasa de desoxigenación, lo que indica contaminación.

Palabras clave: Oxígeno, bioquímica, vertedero, lixiviados.

Abstract

The city of Encarnación is surrounded by sub-reservoirs with good-purification capacity, but there are occasional contamination points such as the municipal landfill area that can affect this capacity. The objective of this work is to calculate the Quiteria sub-reservoir kinetic constants of oxygenation and deoxygenation of the water. With data from the biochemical oxygen demand, dissolved oxygen is obtained at three points and it is calculated by the 5-day BOD test at 20 degrees centigrade, then the value of k_1 and k_2 is obtained by the Streeter-Phelps formula. The biochemical oxygen demand values increased as the sampling point approached the leachate discharge area from the municipal landfill. The result obtained in terms of kinetic constant k_1 and k_2 is peculiar because, on the one hand, the river has a good capacity to incorporate air from the atmosphere and on the other, there is a high rate of deoxygenation, which indicates contamination.

Keywords: Oxygen, Biochemistry, Dump, Leaches.

Área del conocimiento: Ciencias Naturales, Física y Matemáticas

Correo de Correspondencia: soledadrosner@gmail.com

Conflictos de Interés: La autora declara no tener conflictos de intereses

 Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY

Fecha de recepción: 17/06/2020

Fecha de Aprobación: 27/10/2020

Página Web: <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa>

Citación recomendada: Rosner Gerke, S. M., (2020). Constante cinética de autodepuración del agua en el sub embalse Quiteria. Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico (Encarnación), 14(14): 16-19

Introducción

El río Paraná ha estado sujeto a un rápido desarrollo demográfico en sus márgenes. Esto ha llevado a que actividades industriales, agropecuarias y extractivas sean practicadas en forma directa y sin planificación ni control alguno. Sin embargo, su poder de autodepuración resulta suficiente para mantener prácticamente inalterada la calidad de sus aguas, a excepción de sectores puntuales donde se producen las descargas cloacales de los centros urbanos de importancia (Amarilla R., Schmidt A., Liscia S.O, 2017)

El río Paraná es complejo. Los caudales de las cuencas superiores arrastran partículas provenientes del lavado de los suelos que son los responsables de la turbidez que le confiere al agua un color café característico (ROJAS,2013). Dentro de las cuencas resaltan por su gran importancia para Encarnación las áreas conocidas como sub embalses, surgidas al elevarse la cota del embalse Yacyretá e inundarse los arroyos. Esto ha generado una profunda transformación en las características del ecosistema acuático con un proceso de transición de lótico (es decir típicamente fluvial, con un flujo unidireccional continuo) a léntico (típico de las aguas estancadas que no presentan corrientes continuas) Esta transformación debido a las condiciones actuales, influye en la capacidad de autodepuración de manera poco favorable, por lo tanto, es un sistema frágil y vulnerable (Plan Encarnación Más, 2015).

El objetivo principal de este trabajo fue calcular la constante cinética (k) del poder de autodepuración del agua del sub embalse Quiteria, a partir de datos de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Materiales y métodos

Se hizo un trabajo experimental, describiendo cuantitativamente variables y resultados. Las variables principales investigadas fueron la constante cinética de reaireación y la constante cinética de desoxigenación.

Materiales

- Botellas Winckler de 300 ml
- Probetas de 50 ml
- Buretas de 50 ml
- Pipetas.
- Vasos de precipitado
- Agitador-Balones aforados de 100 ml-

Equipos

- Incubadora
- Balanza Analítica
- Estufa.

Reactivos

- Ácido Sulfúrico, Solución de almidón-Titulante estándar de tiosulfato de sodio
- Solución buffer de fosfato, Solución Cloruro de Calcio, Solución Sulfato de Magnesio
- Solución Cloruro Férrico, Solución Sulfato de Manganeso.

Muestreo y análisis

Se obtuvieron de manera segura muestras de agua en tres lugares puntuales del sub embalse Quiteria formado en aguas del río Paraná, se procedió de acuerdo a lo establecido en los métodos estándares en lugares claves para el muestreo y se realizó un registro del mismo. Este procedimiento se realizó en verano. Se utilizaron las marchas de laboratorio del Standard Methods, 23st Edition.

El oxígeno se fijó añadiendo a las muestras 1 ml de $MnSO_4$ y KI.

Las muestras fueron enriquecidas con nutrientes y equilibradas con buffer.

Para determinar la DBO se incubaron las muestras a una determinada dilución de las mismas durante un tiempo dado y una determinada temperatura. Estas condiciones fueron 5 días a 20 °C.

Para ello se siguieron los pasos establecidos de manera estándar: Preparación del agua de dilución, dilución de las muestras, incubación de la muestra, determinación del oxígeno disuelto.

Se calculó La DBO por la fórmula: $DBO = D_1 - D_2/P$, donde D_1 es oxígeno disuelto inicial D_2 : oxígeno disuelto después de los 5 días a 20 °C y P es fracción residual decimal de la muestra de agua usada.

Con los valores de la Demanda bioquímica de oxígeno obtenidos se obtuvo el valor de la constante cinética de desoxigenación k_1 , de la constante de reaireación k_2 y del factor de autodepuración f por el método de Streeter-Phelps, se utiliza como guía la información contenida en el libro: Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos de Nelson L. Nemerow-Avijit Dasgupta, acondicionada al caso real que se estudió, siendo los parámetros considerados y calculados:

- K_1 = Constante cinética del poder de autodepuración del agua (Constante de desoxigenación o constante de descomposición química de la materia orgánica)
- Δ_t = Tiempo de paso
- L_A = DBO final en el punto aguas arriba
- L_B = DBO final en el punto aguas abajo
- K_2 =Constante de reaireación
- L' =DBO final media en el tramo considerado
- D' =Déficit medio de oxígeno disuelto en el tramo considerado

- ΔD =Diferencia de oxígeno disuelto entre los puntos considerados
- t =tiempo que tarda el agua en recorrer el tramo considerado
- D_t =Déficit en oxígeno disuelto, aguas abajo, en el tiempo t
- D_A =Déficit en oxígeno disuelto en el punto aguas arriba
- Se aplicó la fórmula para la obtención de la constante de desoxigenación en el punto muestreado aguas abajo: $K_1=1/\Delta T \log L_A/L_B$
- Seguidamente se calculó la DBO final media en el tramo considerado:
- L' =DBO (en punto 2) +DBO (en punto 3)
- Se obtuvo el déficit medio de oxígeno disuelto en el tramo considerado
- $D' = \{(\text{Déficit} \cdot \text{Caudal}) [\text{punto 2}] + (\text{Déficit} \cdot \text{Caudal}) [\text{punto 3}]\} / 2$
- $\Delta D = 1/2[\text{Déficit} \cdot D'(\text{punto 2})] - 1/2[\text{Déficit} \cdot D'(\text{punto 3})]$
- La constante de reaireación se calculó por $K_2 = L'/D - \Delta D/2,3\Delta tD$
- Por último, se utilizó la fórmula de Fair para obtener el factor de autodepuración $f = K_2/K_1$

Resultados y Discusión

En consideración a los tres puntos muestreados, identificando como punto 1 al tomado aproximadamente en el punto de descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales y siguiendo con la numeración 2 y 3 aguas adentro del sub embalse Quiteria, la cantidad de oxígeno disuelto en mg de oxígeno por litro aumenta y la Demanda Bioquímica de Oxígeno en la misma unidad aumenta también.

Los cálculos se hicieron en el siguiente orden y dieron estos resultados: para el Coeficiente de desoxigenación k_1 , a partir de la fórmula de Streeter- Phelps se obtuvo el: $k_1=13 \text{ d}^{-1}$ (días), esto indica que en el tramo considerado el curso de agua tiene contaminación según Metcalf y Eddy (1998).

DBO final media en el tramo considerado=5018 kg/día, el déficit medio de oxígeno disuelto en el tramo considerado=2929,6 kg/día, la diferencia en oxígeno disuelto entre los puntos considerados: $\Delta D= 388,505 \text{ kg/día}$ y la Constante cinética de reaireación $K_2=0,778 \text{ d}^{-1}$ (días), esto indica que por procesos de reaireación el río en el sector del sub embalse Quiteria tiene la capacidad de incorporar de la atmósfera al agua, 0,778 mg/l de oxígeno por día. El Factor de autodepuración f arrojó un resultado =0,06 (adimensional)

Hay que tener en cuenta que el análisis se hizo en época de verano con un caudal normal de agua, pudiendo variar los valores obtenidos si el muestreo se hace en invierno y época de sequía. Es necesario el seguimiento periódico tanto de calidad del agua como de la variación en el caudal del río, principalmente en la época de estiaje, pues pueden presentarse situaciones críticas

diferentes, que afectarían la eficiencia de potabilización o autodepuración del río (Montes et al., 2013)

Según Gutiérrez (2016) un río de montaña suele tener suficiente reaireación ($> 50 \text{ d}^{-1}$) dependiendo de una buena profundidad ($> 1,5 \text{ m}$), alta velocidad ($>0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y baja radiación solar en tanto que en ríos de baja profundidad ($< 1 \text{ m}$) la reaireación se ve afectada porque no se tiene la suficiente interface de agua para hacer una absorción alta de oxígeno atmosférico, al mismo tiempo las partículas de arena aceleran la desoxigenación y la alta rugosidad aumenta la reaireación, en el caso de esta investigación la constante de autodepuración así como la constante de reaireación no presentan valores alarmantes pero sí ameritan nuevas investigaciones porque los valores tampoco son los óptimos.

Cuadro 1.
Resultados de la aplicación del método de Streeter- Phelps

Parámetros	Valores
Coeficiente de desoxigenación	13 d^{-1}
DBO final media	5018 kg/día
Déficit medio de oxígeno disuelto	2929,6 kg/día
Diferencia en oxígeno disuelto	388,505 kg/día
Constante cinética de reaireación	0,778 d^{-1}
Factor de autodepuración	0,06

Conclusiones

El aumento de la demanda bioquímica de oxígeno puede tener que ver con que a medida que se ingresa al sub embalse Quiteria, pasando del Asentamiento Nueva Esperanza al Asentamiento San Antonio, se hace el muestreo más próximo al Vertedero municipal de Encarnación, que evacua sus lixiviados en el curso de agua.

Los valores de las constantes cinéticas k_1 y k_2 llaman la atención. Por el valor de la constante de desoxigenación, existe una alta tasa de consumo de oxígeno, lo que indica contaminación y por el valor de la constante de reaireación, el agua del embalse tiene una buena capacidad de incorporar aire de la atmósfera.

Referencias Bibliográficas

- Amarilla R., Schmidt A., Liscia S.O, (2017), *Modelación matemática del contenido de oxígeno disuelto en el brazo Aña Cuá, aguas abajo de la represa Yacyretá*, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Rivera-Gutiérrez, J.V., (2015), *Evaluación de la cinética de oxidación y remoción de materia orgánica en la autopurificación de un río de*

montaña Dyna, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, vol. 82, núm. 191, junio, 2015, pp. 183-193.

- J. Feria Díaz, D. Náder Salgado, Meza Pérez S. J., (2017), *Tasas de desoxigenación y reaireación para el río Sinú*, Universidad de Sucre, Sincelejo (Colombia), Universidad Pontificia Bolivariana, Montería (Colombia), *Volumen* 35, N°1 enero-junio.
- Nemerow N. L., Dasgupta A., (1998), *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*, Madrid, España, Ediciones Díaz de Santos.
- Plan Encarnación Más - Plan de Desarrollo Sustentable y Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Encarnación, Paraguay - Diagnóstico y Objetivos - Parte 2 - Medioambiente y Territorio, (2015), de <https://issuu.com/ecosistemaurbano/docs/02-medioambiente>.
- Baird R.B., Eaton A.D., Rice E.W., (2017), *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23th Edition.
- Rojas H.A., (2013), *Sólidos en suspensión, erosión y sedimentación en un tramo del río Paraná, Embalse Yacyreta*, Asunción, Paraguay, Reportes científicos de la FACEN, Vol. 4, N.º 1: 100-100.
- Metcalf-Eddy, (1998), *Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización*, Editorial: McGraw-Hill, Inc., Vol. 1, tercera edición.
- Montes et al., (2013), *Modificación de la capacidad de autodepuración del río Magdalena ante el cambio climático*, Tecnología y Ciencias del Agua, vol. IV, núm. 5, noviembre-diciembre de 2013, pp. 71-83.
- Rivera Gutiérrez, J. V., (2016). *Determinación de las tasas de oxidación, nitrificación y sedimentación en el proceso de autopurificación de un río de montaña*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(2), 314-326. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000200013>.