

EFFECTO DE LA BATIMETRÍA EN LA CIRCULACIÓN ARTIFICIAL DE EMBALSES Y USO DE CORTINAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Rocío Luz Fernandez

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Universidad Blas Pascal, Córdoba, Argentina.
E-mail: rocioluz@efn.uncor.edu

Introducción

La circulación artificial modelada en el presente trabajo es inducida por plumas de burbujas, a partir de la inyección de aire, con el objeto de lograr una completa circulación (desestratificación) de la columna de agua del embalse. A la fecha, muchos estudios se han centrado en la evaluación de los efectos de esta aireación en la calidad del agua, pero relativamente pocos trabajos han examinado los parámetros que afectan la performance de estos aireadores. Asimismo, los modelos que se utilizan para estimar el flujo de aire requerido para la desestratificación de un cuerpo de agua se basan típicamente en el área superficial del cuerpo de agua, en el perfil de temperatura (Davis, 1980) o los niveles de oxígeno disuelto (Lorenzen and Fast, 1977) de la columna de agua, sin considerar la geometría del embalse.

En este contexto, el presente trabajo analiza la influencia de la morfología de dos embalses en la eficiencia de la desestratificación inducida por un sistema de aireadores: el Embalse San Roque, en Argentina y el Embalse Mundaring, en Australia. Ambos cuerpos de agua tienen una profundidad media de 16 m y una profundidad máxima de 25 metros, pero difieren en la geometría ya que el Embalse Mundaring tiene una forma particularmente elongada (Figura 1). Dada entonces la cantidad de aire requerida para alcanzar una eficiencia de desestratificación determinada en base a modelos existentes, este trabajo analiza la influencia de la batimetría en la circulación artificial inducida por los difusores.

Por otro lado, entre las técnicas alternativas para el manejo de la circulación y/o el ingreso de sedimentos a un embalse se encuentra la construcción de pre-diques o embalses secundarios que interceptan los sedimentos aguas arriba del embalse principal (Qamar et al., 2012). En este contexto, la colocación de cortinas verticales en la cola o zona fluvial de un embalse es considerada una técnica similar a los pre-diques mencionados, y ha resultado además ser exitosa en algunos embalses para el control de distribución de nutrientes y reducción de floraciones algales (Priyantha et al., 1997). La Figura 2 a) muestra una de las cortinas colocada en el embalse Terauchi Dam en Japón para el control de la eutrofización (Asaeda et al., 2001), mientras que la Figura 2 b) muestra una barrera superficial colocada provisoriamente en el Embalse San Roque durante el verano del año 2013 a fin de evitar la propagación hacia aguas abajo de algas y plantas acuáticas. En este marco, en la segunda parte del presente estudio, se modela los efectos del uso de cortinas verticales en la zona fluvial del embalse San Roque y se evalúa la eficiencia de las mismas como técnica de control de la eutrofización y sedimentación.

Metodología

El proceso de desestratificación y uso de cortinas es simulado mediante la implementación del modelo 3D acoplado hidrodinámico-ecológico ELCOM-CAEDYM (Hodges et al., 2000), el cual ya ha sido implementado y validado anteriormente en ambos embalses propuestos. En primer lugar, el modelo se utiliza para evaluar el sistema de aireación artificial para distintos escenarios: (i) sin difusores (ii) con el sistema total de difusores instalado en la parte más profunda del

embalse (iii) con el sistema de aireadores distribuido a lo largo del embalse.

Como el proceso de estratificación de un embalse depende esencialmente de la acción del viento, temperatura del agua de los ríos tributarios y de la radiación solar, a fin de tener una comparación válida y una mejor apreciación de la influencia de la morfología de los embalses en el efecto de la aireación artificial, las modelaciones realizadas en este trabajo emplean las mismas condiciones meteorológicas para ambos embalses, y no se incluye el aporte de ríos tributarios a los mismos.

En segundo lugar, para evaluar el efecto de la existencia de un pre-embalse en el lago artificial San Roque, se modela una cortina vertical o barrera en la zona fluvial del embalse que corresponde al ingreso del Río San Antonio. La cortina se localiza en la zona del embalse con tiempo de residencia próximo a los 50 días, es decir, dónde termina la zona fluvial (tiempo de residencia < 50 días) y comienza la zona de transición de fluvial a lacustre (con tiempos de residencia que se encuentran entre los 50 a 150 días). Con esta configuración de la cortina se modelan los procesos físicos y biológicos (temperatura, tipos de fitoplancton como Chl-a, fósforo soluble, nitrógeno, oxígenos disueltos, sólidos suspendidos, entre otros) considerando una estructura térmica estratificada en la zona de ingreso del río tributario.

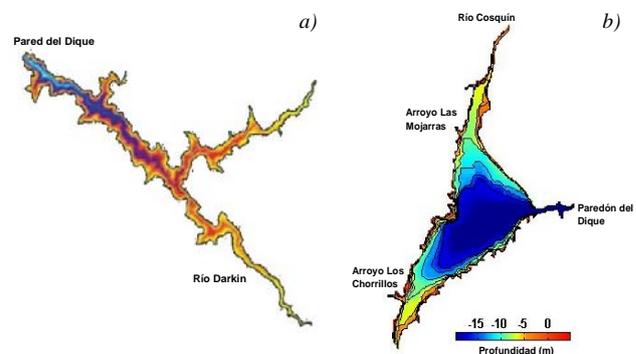


Figura 1.- Cuerpos de agua modelados. a) Embalse Mundaring Australia b) Embalse San Roque, Argentina.



Figura 2.- Control de sedimentos y nutrientes en embalses. a) Cortina flexible en el Embalse Terauchi Dam, Japón. b) Barrera superficial provisoria en el Embalse San Roque.

Discusión de resultados

Sobre la localización del sistema de difusores. Los modelaciones sugieren que una vez estimada la cantidad de aire a inyectar en el embalse la circulación inducida por el sistema

de aireadores va a depender de la distribución espacial del volumen de aire en el embalse. Así, además de la consideración generalizada de localizar la batería de difusores en el punto más profundo del embalse, debe analizarse alternativamente la posibilidad de tener una distribución espacial más uniforme de los mismos. Si el embalse es de poca profundidad (5-10 metros), lo adecuado puede ser distribuir los difusores uniformemente a lo largo del embalse. Sin embargo, si el embalse tiene una zona con profundidades mayores a los 10 metros, esta sección será la más adecuada para la instalación de los difusores.

Asimismo, debe considerarse alternativamente que: (i) los difusores uniformemente distribuidos en el embalse son más efectivos en evitar la formación de la estratificación diurna. (ii) con los difusores localizados en su totalidad en la zona más profunda del embalse se observa que una vez desestratificado el mismo, la temperatura de la columna de agua es menor (aprox. 1-2°C) que si los difusores hubieran estado uniformemente distribuidos. Esta observación es importante particularmente si el objetivo es utilizar la aireación como herramienta para reducir las tasas de evaporación. (iii) Con la disposición más distribuida de los difusores la desestratificación es alcanzada en un tiempo más breve.

Sobre el control de la eutrofización mediante el uso de cortinas. Resultados de la modelación indicaron que la presencia de barrera vertical previene la intrusión directa al embalse de altas concentraciones de nutrientes que ocurren especialmente durante los meses de verano. Asimismo, las concentraciones de fitoplacton (Chl-a) fueron significativamente diferentes a lo largo del embalse antes y después de la instalación de las cortinas.

Conclusiones

La comparación de las simulaciones en los embalses de igual volumen pero distinta geometría indican que la batimetría tiene influencia en la eficiencia y circulación inducida por el sistema de aireación. Más uniforme la geometría de los embalses, menos difusores son requeridos para una eficiencia de desestratificación determinada. Asimismo, la localización del sistema de difusores debe ser considerada en base al objetivo a alcanzar: desestratificación, reducción de la evaporación, etc.

La presencia de la cortina vertical previene la intrusión directa al embalse de altas concentraciones de nutrientes que ocurren especialmente durante los meses de verano, como también del material sólido proveniente de la cuenca.

Referencias

Asaeda, T., Pham, H.S., Priyantha, D.G., Manatunge, J. y Hocking, G.C. (2001): "Control of algal blooms in reservoirs with a curtain: a numerical analysis", *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 395-404.

Davis, J. (1980): "Desestratification of reservoirs: a design approach for perforated-pipe compressed-air systems". *Water Serv.* 84: 497-504.

Hodges, R., Imberger, J., Saggio, A. y Winters, K.B. (2000): "Modelling basin-scale internal waves in a stratified lake", *Journal of Limnology Oceanography*, Vol. 45, pp. 983-994.

Lorenzen, M. and Fast, A. (1977): "A guide to aireation/circulation techniques for Lake Management". *Ecol. Res. Ser.* USEPA-600/3-77-004.

Priyantha, D.G., Asaeda, T., Saitoh, S. y Gotoh, K. (1997): "Modelling effects of curtain method on algal blooming in reservoirs", *Journal of Ecological Modelling*, Vol. 98, pp. 89-104.

Qamar, M., Verma, M., Meshram, A. y Pawar, M. (2012): "Review of sediment control measured in reservoirs", *India Water Week. - Water, Energy and Food Security, New Delhi.*