

USO DE EQUIPOS MULTIPARAMÉTRICOS PARA ESTABLECER LA INTERRELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN UN EMBALSE TROPICAL

D.A Chalarca Rodríguez⁽¹⁾, A. Gómez-Giraldo⁽²⁾ y F.M Toro⁽³⁾

Departamento de Geociencias y Medio Ambiente. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Cra 80 No 65-223 Bloque M2 of 301, Núcleo Robledo. Medellín – Colombia.

(1) dachalarcar@unal.edu.co, (2) egomezgi@unal.edu.co, (3) fmtoro@unal.edu.co

Introducción

Los monitoreos para evaluar la calidad del agua en un ecosistema léntico se realizan generalmente considerando sólo análisis de variables químicas y biológicas en profundidades específicas de la columna de agua, como son la zona fótica, la profundidad de la termoclina y el fondo, pero no se considera la influencia que algunos procesos físicos como la presencia de corrientes de densidad y eventos como la mezcla y la surgencia pueden ejercer en la distribución y ciclo de los nutrientes, en la dinámica fitoplanctónica y en la ocurrencia de florecimientos algales (MacIntyre *et al.*, 1999, 2006), lo que puede llevar a una evaluación errónea sobre la calidad ambiental de un cuerpo de agua.

Para determinar la interacción entre algunos de los procesos físicos, químicos y biológicos en el embalse tropical La Fe, se realizaron monitoreos mensuales desde junio de 2011 hasta noviembre de 2012, tomando muestras de agua para los análisis de nutrientes. Además se realizaron mediciones *in-situ* con los equipos multiparamétricos CTD-SBE25 y el FluoroProbe-bbe.

Los resultados obtenidos permitieron modificar el esquema inicial de monitoreo y optimizarlo para así obtener un conocimiento detallado del comportamiento limnológico del embalse tropical La Fe.

En el presente trabajo, sólo se muestran los resultados y análisis del proceso físico dominante en el embalse (corrientes de densidad) y su relación con los nutrientes. Se espera poder mostrar en un trabajo más extenso la interrelación entre los demás procesos físicos no sólo con las variables químicas sino también con las variables biológicas en el embalse.

Embalse La Fe

La Fe es un embalse tropical ubicado al noroccidente de Colombia en el departamento de Antioquia en las coordenadas 06°06'50" Latitud Norte y 75°30'15" Longitud Oeste. El uso principal del embalse es el abastecimiento de agua. Fue construido en dos etapas formando dos cuencos; el cuenco norte construido en 1967 y el sur construido en 1973. Ambos cuencos están unidos por un estrecho de baja profundidad y que corresponde a la antigua presa de la primera etapa de desarrollo del proyecto. El cuenco norte posee un área de 0.68 km² y una profundidad media de 7.0 m y máxima de 18.2 m y en éste se encuentra la torre de captación. El cuenco sur (segunda etapa), en donde se encuentra la presa, tiene un área de 0.65 km², una profundidad media de 14.7 m y máxima de 27.0 m.

Los principales afluentes del embalse son la confluencia de las quebradas Las Palmas y Espíritu Santo (PyE) al norte y al oeste la confluencia de las quebradas Boquerón y San Luis (ByS). Adicionalmente y como función del nivel, el embalse es abastecido por medio de un bombeo con aguas importadas de la quebrada Pantanillo y que ingresa al

embalse por una tubería sumergida y por un canal superficial, ambos en el sector sur. El embalse se caracteriza por presentar una estratificación térmica permanente (Roldán y Ramírez, 2008; Román, 2011) y una profundidad de la zona de mezcla restringida a los primeros metros de la columna de agua (Román, 2011).

Materiales y Métodos

Para conocer el comportamiento químico y biológico y su relación con algunos procesos físicos en el embalse La Fe, se realizaron monitoreos mensuales en 10 sitios del embalse desde julio de 2011 hasta noviembre de 2012. Se midieron perfiles *in-situ* de temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH, turbidez, potencial Redox, oxígeno disuelto y saturación, con un perfilador CTD-SBE25 y la clorofila total con un fluorómetro FluoroProbe-bbe. Adicionalmente con una botella horizontal Van Dorn se tomaron muestras de agua para su posterior análisis de nutrientes en el laboratorio. Por cromatografía iónica se determinó el nitrato, nitrito, amonio y el fosfato, y por el método del ácido ascórbico se analizó el fósforo total. Las muestras de agua fueron tomadas en 7 profundidades: 3 en la zona fótica (superficie, 10% de atenuación de la luz y límite de la zona fótica) y 1 en el fondo, las 3 profundidades restantes se definían *in-situ* después de analizar los perfiles medidos con el CTD e identificar algunos procesos físicos que se observaban en la columna de agua. La profundidad fótica se determinó a partir de mediciones de transparencia del disco Secchi.

Empresas Públicas de Medellín E.S.P suministró la información de caudales de los afluentes al embalse, precipitación, niveles y el caudal vertido.

Resultados

En la Figura 1 se presenta la información hidrológica diaria y de operación en el embalse desde julio de 2011 hasta junio de 2012.

Diciembre de 2011 (M5) y enero de 2012 (M6) se caracterizaron por ser épocas en el que el fenómeno de La Niña se desarrolló plenamente en Colombia. El nivel del embalse fue alto, incluso con vertimientos en M5. En ambos monitoreos se presentaron lluvias en el embalse y los aportes de caudal de los afluentes naturales PyE y ByS fueron mayores en M5 por lo que el bombeo de la quebrada Pantanillo no estuvo activo, mientras que en M6 el caudal de los afluentes PyE y ByS disminuyó y fue necesario importar caudal del bombeo de la quebrada Pantanillo para mantener el nivel en el embalse.

Inicialmente, el esquema de monitoreo en el embalse La Fe se hizo tomando 4 muestras en la columna de agua: 1 cerca al fondo y 3 en la zona fótica, que es en promedio de 6.2 m y llega a alcanzar los 11.8 m. Sin embargo, las mediciones realizadas con el equipo CTD permitieron identificar la presencia de corrientes de densidad proveniente de los

afluentes PyE y del bombeo de la quebrada Pantanillo, las cuales se comportan como corrientes intrusivas como fue descrito por Román (2011). Esto permitió modificar el esquema de monitoreo inicial y adicionar otros 3 puntos de toma de muestras por debajo de la zona fótica para así obtener un conocimiento más detallado del comportamiento químico del embalse.

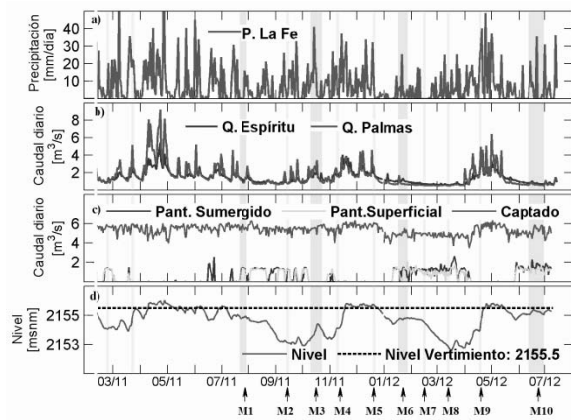


Figura 1. - información hidrológica diaria y de operación en el embalse La Fe: (a) Precipitación, (b) caudales naturales, (c) caudales operados, (d) nivel del embalse. Las franjas verticales indican el momento del monitoreo (Modificado de Román, 2013)

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos en los monitoreos M5 y M6 en un sitio en la zona más profunda del embalse (cuenco sur) donde se puede observar como las corrientes intrusivas identificadas en M5 y M6 modificaron los perfiles de las variables de calidad del agua medidos.

Román (2011) encontró que la estructura térmica en el embalse La Fe se ve fuertemente influenciada por el ciclo estacional de la temperatura de sus afluentes y planteó que, en épocas cuando el caudal del afluente PyE es alto y su temperatura baja (como en M5), ésta quebrada podría comportarse como una corriente de fondo, y posiblemente alcanzar el cuenco sur. Lo anterior podría explicar el comportamiento de las variables medidas y que se muestran en la Figura 2(a), donde se observa que variables como la conductividad eléctrica, la turbidez, el oxígeno disuelto y redox presentaron un incremento entre los 8.0 y 20.0 m. Igualmente se observa una disminución en el nitrógeno amoniacal (NH_4^+) y un aumento importante en los nitratos (NO_3^-) los cuales son coincidentes con los altos aportes de NO_3^- que ingresaron por la quebrada PyE.

La Figura 2 (b) muestra el período de monitoreo M6 en el cual la corriente intrusiva de las aguas del bombeo de la quebrada Pantanillo se observó entre los 6.0 y 13.0 m de profundidad, incluso por debajo de la zona fótica (7.8 m) Ésta intrusión se hace más notoria en el perfil de conductividad eléctrica donde se observó el ingreso de agua con menor concentración de iones disueltos e igualmente aguas más oxigenadas que hacen que el perfil de saturación de oxígeno aumente. En la profundidad donde se identificó la intrusión (10.8 m) se encontró una mayor concentración de nitrógeno amoniacal (NH_4^+) y un aumento en el fósforo total (PT)

Conclusiones

El uso de equipos multiparamétricos y el análisis de los resultados de las variables medidas permitieron observar la influencia de los procesos de transporte en la distribución de sustancias en la columna de agua en el embalse tropical La

Fe. Los resultados permitieron modificar el esquema inicial de monitoreo y optimizarlo para así obtener un conocimiento más detallado del comportamiento limnológico del embalse.

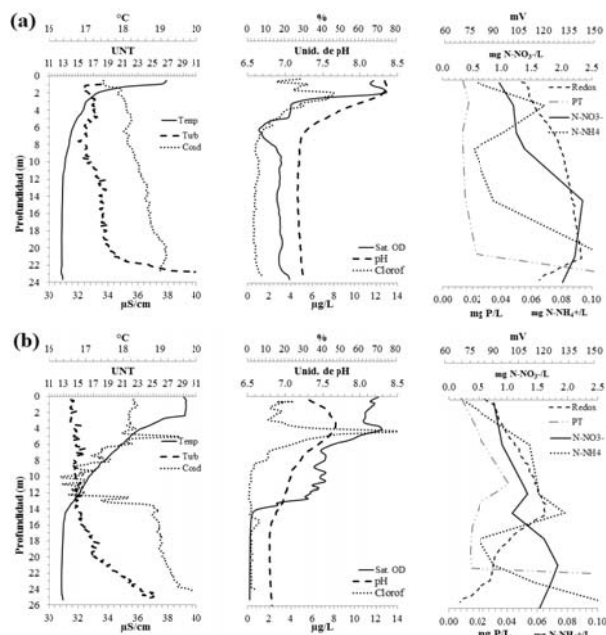


Figura 2. - Perfiles de temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, pH, clorofila total, potencial redox, nitratos, nitrógeno amoniacal y fósforo total medidos en el cuenco sur del embalse La Fe. (a) diciembre de 2011. (b) enero 2012.

Agradecimientos

A los investigadores de la Universidad de Antioquia y de la Universidad Nacional de Colombia que participan en el programa de investigación "Estudio de la problemática ambiental de tres embalses de Empresas Públicas de Medellín E.S.P para la gestión integral y adecuada del recurso hídrico". A Empresas Públicas de Medellín (EPM) por proveer la información y co-financiar la investigación.

Referencias bibliográficas

- Roldán P, G. y Ramírez R, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*, 2.a edición. Universidad de Antioquia, Medellín, pp. 440.
- Román-Botero, R. (2011). "Caracterización Espacio Temporal de la Estructura Térmica de un Embalse Tropical Poco Profundo, Abastecido Parcialmente por Bombeo". Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia
- Román-Botero, R., Gómez-Giraldo, A., y Toro, F. M. (2013). "Efecto Estacional de los Afluentes en la Estructura Térmica de un Pequeño Embalse Neotropical, La Fe - Colombia". *Dyna rev.fac.nac.minas*. In Press.
- Macintyre, S., Sickman, J. O., Goldthwait, S. A y Kling, G. W. (2006). "Physical pathways of nutrient supply in a small, ultraoligotrophic arctic lake during summer stratification". *Limnology and Oceanography*. Vol 51. pp. 1107-1124.
- Macintyre, S., Flynn, K. M., Jellison, R. y Romero, J. (1999). "Boundary mixing and nutrient fluxes in Mono Lake, California". *Limnology and Oceanography*. Vol 44. pp. 512-529.