

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDA BÉNTICA DE OXÍGENO

María Laura Chalimond¹; Fernando Monarde¹; Marina Ferreyra¹; Ricardo Brito¹; Juan Melián¹;
Ana María Cossavella^{1,2}

¹Secretaría de Recursos Hídricos y Coordinación (Córdoba)

²Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba
E-mail: ambiental.laura@gmail.com

Resumen

La modelación del oxígeno disuelto (OD) de un río constituye una valiosa herramienta en la evaluación de su calidad. De allí la importancia de valorar los distintos procesos involucrados, entre ellos; la demanda béntica, es decir, el consumo de oxígeno de la columna de agua en la interfaz agua-sedimento. Considerando que no se dispone de ningún estudio experimental referido a este tema para el Río Tercero (Ctalamochita) se planteó como objetivo implementar una técnica para cuantificar su demanda bental. Se propuso como metodología la utilización de un conjunto de frascos de vidrio herméticos y calibrados, a los que se denominó “respirómetros individuales”, en los que se puso en contacto el sedimento en estudio, con agua que tuviera una importante concentración de oxígeno. Los respirómetros se incubaron en condiciones controladas y en cada uno de ellos se midió la concentración de OD a distintos intervalos de tiempo por el Método de Winkler modificado por Alsterberg. A los fines de reproducir las condiciones en cada respirómetro, resultó imprescindible trabajar con cubetas y frascos calibrados, acondicionar la muestra y asegurar que la cantidad de ésta a sembrar, fuera la misma en cada uno de ellos. Finalmente, teniendo en cuenta la variación del OD en función del tiempo, el volumen de agua, la superficie de sedimento y las características de los respirómetros; la demanda béntica se calculó aplicando la ecuación utilizada por Nolan y Johnson, propuesta por la USEPA. En junio de 2013, se cuantificó la demanda bental en 8 estaciones sobre el Río Tercero (Ctalamochita): Balneario Almafuerte, Balneario Río Tercero, Puente Los Potreros, Puente Andino, aguas abajo colectora cloacal Villa María, Ballesteros, aguas abajo colectora cloacal Bell Ville y Saladillo. Los mayores valores se encontraron aguas abajo de la colectora cloacal de Villa María (0,414 gO₂/m²d) y en Ballesteros (0,370 gO₂/m²d). En contraposición con la menor demanda béntica en Puente Andino (0,040 gO₂/m²d). Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de continuar con estudios con el fin de comprender el comportamiento del sedimento béntico y su influencia en el oxígeno disuelto del cuerpo hídrico en estudio.

Palabras claves: demanda béntica; respirómetros individuales, oxígeno disuelto.

Abstract

Dissolved oxygen (DO) modelling technique in rivers is a valuable tool in assessing their water quality. Hence it is important to assess different processes like benthic demand, that is, the oxygen consumption of the water column in the water-sediment interface. At the moment there are no previous studies related to this subject for Tercero (Ctalamochita) River. The aim of the present work was to implement a technique to quantify the benthic demand of Tercero (Ctalamochita) River. Using a set of calibrated BOD bottles, called “individual respirometers”, the sediment with water rich in oxygen took close contact with them. Respirometers were incubated

under controlled conditions. At different time lapses DO concentration was measured by Winkler method modified by Alsterberg. In order to make the conditions in each respirometer repeatable, calibrated buckets and BOD bottles were used. Sample was kept in stable conditions adding the same amount of it to each bottle. Finally, taking into account the variation of the DO versus time, water volume, sediment area and characteristics of respirometers, benthic demand was estimated using the equation of Nolan and Johnson proposed by the USEPA. In June 2013 the benthic demand was quantified in 8 sites of Tercero (Ctalamochita) River: Balneario Almafuerte, Balneario Río Tercero, Los Potrerros bridge, Andino bridge, downstream sewage discharge Villa María, Ballesteros, downstream sewage discharge Bell Ville and Saladillo. The highest values were found in waters downstream sewage exit Villa María (0,414 gO₂/m²d) and Ballesteros (0,370 gO₂/m²d). The lowest value was obtained in Andino bridge (0,040 gO₂/m²d). The results suggest the need for further researches in order to understand the behaviour of benthic sediment and its influence on the dissolved oxygen.

Keywords: sediment oxygen demand; individual respirometers, dissolved oxygen.

INTRODUCCIÓN

Al evaluar la calidad de un río, resulta relevante la modelación del oxígeno disuelto (OD), considerando los diferentes procesos que aportan y consumen oxígeno; entre estos últimos se encuentra la demanda béntica (SOD, del inglés Sediment Oxygen Demand), que se define como el consumo de oxígeno disuelto de la columna de agua debido a la combinación de procesos biológicos, bioquímicos y químicos en la interfaz agua-sedimento (Lee and Jones-Lee 2000). Considerando que el Río Tercero (Ctalamochita) constituye uno de los principales recursos de agua superficial de la Provincia de Córdoba y que no se dispone de ningún estudio experimental referido a este tema, se propuso cuantificar su demanda bental.

OBJETIVOS

Desarrollar una guía metodológica para determinar la demanda béntica empleando respirómetros individuales.

Cuantificar a nivel de laboratorio la constante de desoxigenación por demanda béntica en diferentes sitios del Río Tercero (Ctalamochita) ubicados aguas arriba y aguas abajo de las descargas de líquidos cloacales que recibe.

ÁREA DE ESTUDIO

El Río Tercero (Ctalamochita), uno de los más importantes de la Provincia de Córdoba, nace en la desembocadura del Embalse Piedras Moras y desde allí recorre en sentido oeste-este aproximadamente 300 km de territorio a lo largo de la Provincia, siendo afluente indirecto del Río Paraná, perteneciente a la Cuenca del Plata (Figura 1).

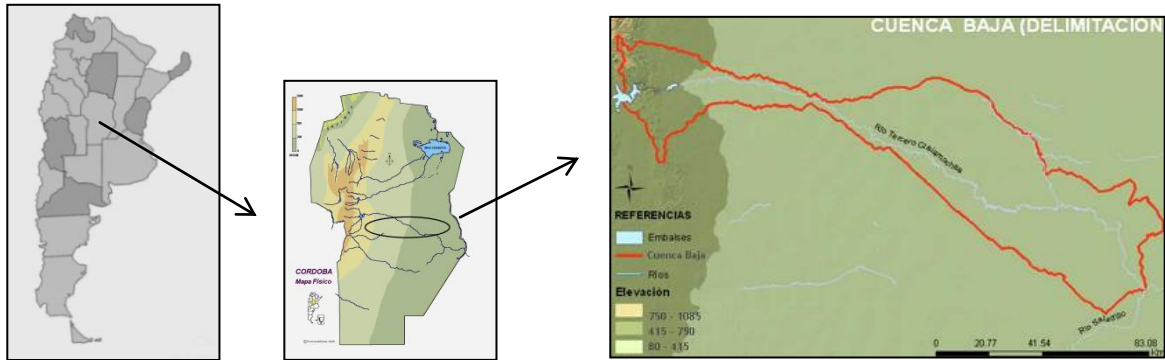


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

A los fines de realizar la caracterización del Río Tercero (Ctalamochita), la Cuenca ha sido dividida según aspectos hidrológicos y geomorfológicos en Cuenca Alta y Cuenca Baja. Esta última, a la que pertenece exclusivamente el Río Tercero (Ctalamochita), tiene una superficie de unos 6.280 Km² y se encuentra emplazada en la zona pampeana de la Provincia de Córdoba. Constituye un plano sin desniveles apreciables, a lo sumo una superficie suavemente cóncava, donde es muy difícil distinguir los límites. El clima corresponde al dominio climático semi-seco con tendencia a semi-húmedo en las planicies. La marca anual de la temperatura media es muy regular, alrededor de 15°C. Alcanza el máximo en enero (24°C) y el mínimo en julio (9,5°C), con una amplitud térmica promedio de alrededor de 14°C. La pluviometría regional posee una distribución con un rango de 650 mm al oeste y 900 mm al este de la Cuenca (Agencia Córdoba Ambiente, 2006). Las lluvias ocurren principalmente durante los meses de octubre a marzo (Ghida y Sánchez, 2009).

A lo largo de su recorrido, el Río Tercero (Ctalamochita) es utilizado por alrededor de medio millón de habitantes para riego, uso industrial, hidroeléctrico y abastecimiento de agua potable a través de trece acueductos para poblaciones del noreste y sur de la Provincia de Córdoba y algunas poblaciones de la Provincia de Santa Fe (Carranza et al., 2010). Cuenta además, con un destacado valor recreativo y turístico. Atraviesa importantes ciudades como Río Tercero, Villa María y Bell Ville. Su principal fuente de contaminación proviene de la urbanización cercana a su cauce y su utilización como cuerpo receptor de efluentes de diferentes tipos de industrias, además de las descargas cloacales provenientes de cuatro plantas depuradoras al día de la fecha, y un Canal Derivador de líquidos pluviales que atraviesa una cuenca agrícola ganadera (Oviedo Zabala et al., 2009; Saldaño, 2010; Cossavella et al., 2013).

METODOLOGÍA

Estaciones de muestreo

El tramo de estudio del Río Tercero (Ctalamochita) está comprendido entre el Balneario Municipal de Almafuerde y el Balneario Municipal La Boca en la localidad de Saladillo (a 1 Km y 294 Km respectivamente, aguas abajo del Embalse Piedras Moras). La estaciones de muestreo se definieron en función de las características físicas del área, la velocidad del flujo del curso de agua, la posibilidad de acceder en forma segura a las orillas, la presencia de condiciones adecuadas para llevar a cabo el análisis y usos importantes del río, fundamentalmente descargas de líquidos residuales. Se definieron así, 8 sitios para el muestreo de sedimento béntico (Tabla 1):

Tabla 1. Estaciones de muestreo de sedimento. Las progresivas son con respecto a un punto de monitoreo ubicado en el centro del Embalse Piedras Moras, coordenadas S 32°11'01" W 64°18'01"

Estación de muestreo	Coordenadas (latitud, longitud)	Progresiva (km)
Balneario Almafuerte (BA)	S 32°10'11" W 64°15'59"	2
Balneario Río Tercero (BIII)	S 32°09'36" W 64°06'40"	15
Puente Los Potreros (PLP)	S 32°09'29" W 64°01'39"	26
Puente Andino (PA)	S 32°25'12" W 63°18'11"	113
Aguas Abajo Colectora Cloacal Villa María (BOSN)	S 32°27'48" W 63°11'00"	130
Ballesteros (AB)	S 32°34'54" W 63°00'20"	161
Aguas abajo colectora cloacal Bell Ville (AACCBV)	S 32°36'55" W 62°37'47"	236
Saladillo (MB)	S 32°54'50" W 62°19'33"	294

Toma de muestras, preservación y almacenamiento

Se recolectaron muestras de sedimento en junio de 2013, en las 8 estaciones de muestreo. El caudal cuantificado en esa campaña fue de 20 m³/s, y la velocidad media del flujo del Río Tercero (Ctalamochita) 0,75 m/s (Barchiesi et al., 2013). Al ser ésta superior a 0,5 m/s, el procedimiento se efectuó solo en las orillas (López Martínez et al., 2009). Se recolectaron muestras de alrededor de 5 centímetros de espesor, por debajo del agua, evitando áreas con mucha turbulencia, como así también zonas estancadas, a una profundidad aproximada de 10-20 cm, utilizando una pala. Las mismas, fueron depositadas en bolsas transparentes de polietileno de alta densidad (USEPA, 2001), previamente rotuladas, y cerradas mediante precintos imposibilitando el ingreso de oxígeno y posibles pérdidas durante su traslado al laboratorio. Posteriormente, fueron dispuestas en una bolsa negra para impedir el paso de la luz (USEPA, 2001) y almacenadas en una conservadora con hielo. En el laboratorio, las muestras se mantuvieron a 4°C hasta su procesamiento (USEPA, 2001), el cual se efectuó dentro de los 14 días, posteriores a la extracción (Lee, 1999; USEPA, 2001; Baena et al., 2004).

Implementación de la técnica propuesta

Para determinar en forma experimental la constante de desoxigenación por demanda béntica, fue necesario poner en contacto en un recipiente cerrado, el sedimento en estudio, con agua que tuviera una importante concentración de oxígeno disuelto (agua confinada).

Se utilizó un conjunto de frascos de vidrio con cierre hermético y perfectamente calibrados, a los que se denominó respirómetros individuales. Esta técnica permitió que el equilibrio establecido entre el agua y el sedimento en cada frasco, se mantuviera hasta el momento de la lectura, y que la medición de la concentración de oxígeno, a un tiempo determinado, en un respirómetro cualquiera, no afectara a los demás. El oxígeno disuelto se determinó siguiendo los lineamientos establecidos en los Standard Methods 17th ed., mediante el Método de Winkler modificado por Alsterberg (SM 4500-O C.), considerado como el procedimiento titulométrico más exacto y fiable para analizar OD (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

A los fines de reproducir las condiciones en cada uno de los respirómetros dentro de un mismo ensayo, resultó imprescindible considerar una serie de factores tales como: trabajar

con cubetas calibradas, conocer el volumen exacto y las características geométricas de todos los frascos, acondicionar la muestra y asegurar que la cantidad de ésta a sembrar, tanto en peso como en volumen, sea la misma en cada frasco.

Consideraciones previas al desarrollo metodológico

Agua confinada

Para cuantificar la demanda béntica, se utilizó agua de dilución recomendada por los Standard Methods para llevar a cabo el procedimiento de demanda bioquímica de oxígeno. Como un control de la calidad de ésta, se llevó a cabo un blanco cada vez que fue preparada

Frascos respirométricos y de reacción

Se requirieron dos tipos de frascos, con tapa esmerilada y cierre hermético. Por un lado aquellos en los que se realizó la siembra de sedimento y se los incubó el tiempo requerido (respirómetros individuales) de aproximadamente 300 cm³ y otros de menor volumen (frascos de reacción) a los cuales se les trasvasó el líquido sobrenadante de los primeros y en los que se llevó a cabo el agregado de reactivos para la valoración del oxígeno disuelto yodométricamente. La calibración de los respirómetros resultó relevante, por cuanto el método propuesto para la determinación de la demanda béntica, exigía que el proceso cinético se desarrollara en distintos frascos.

Acondicionamiento de la muestra

Se dejó escurrir el agua que suele acompañar a la muestra de sedimento inclinando la bolsa apenas abierta sobre una pileta y se eliminaron materiales gruesos arrastrados durante la extracción de muestra, que no eran representativos del sedimento, tales como hojas, raíces, rocas, etc. (USEPA, 2001). Para llevar a cabo una mayor homogeneización, se realizó de manera manual y externamente, una mezcla del sedimento, manteniendo la bolsa cerrada a los fines de evitar el ingreso de aire.

Determinación de la siembra de sedimento

Para cada sedimento, se realizaron distintas pruebas en las que la única variable resultó ser la cantidad de muestra sembrada y se evaluó la variación del oxígeno disuelto con el transcurso del tiempo. A partir de los resultados obtenidos, fue posible estimar el volumen y peso de sedimento conveniente a sembrar para cada estación de muestreo, de manera tal que, cada experiencia se realizara partiendo de una buena concentración de oxígeno disuelto, posibilitara su seguimiento a lo largo del tiempo y finalizara con cierta concentración residual de oxígeno.

Superficie del sedimento

Resultó importante lograr que la superficie de sedimento en contacto con el agua confinada fuera homogénea en todos los respirómetros del ensayo. Para ello, se llevó a cabo un giro del frasco, de forma manual, una vez que fue sembrado y se dio inicio al llenado con el agua confinada.

Demanda inmediata de oxígeno disuelto

El movimiento producido como consecuencia del procedimiento de siembra y llenado del respirómetro con el agua a confinar generó una demanda inmediata de oxígeno en la cual, la variación de la concentración de OD con el tiempo era muy rápida y no lineal, y carece de interés para cuantificar la constante de interés (Nolan and Johnson, 1979; Caldwell et al., 1995; Rounds and Doyle, 1997; Lee, 1999; Wood, 2001; Ziadat and Berdanier, 2004; Utley et al., 2008). Se evaluó esta demanda en las condiciones de trabajo planteadas y como se visualiza en las figuras 2 y 3, tuvo lugar aproximadamente dentro de los primeros 45 minutos. Motivo por el cual, se registraron datos a partir de los 60 minutos para cuantificar la demanda bental.

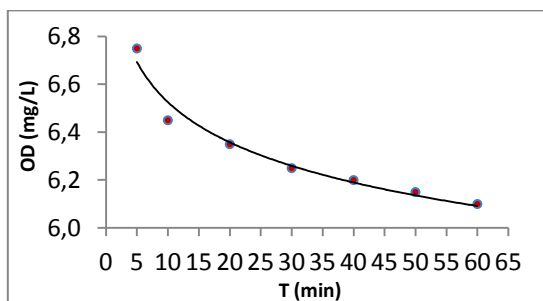


Figura 2. OD vs tiempo. Demanda inmediata.

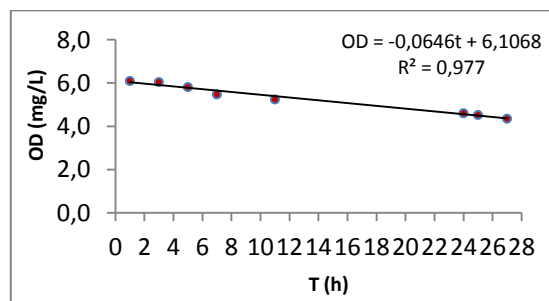


Figura 3. OD vs tiempo. Demanda béntica.

Tiempo de monitoreo del oxígeno disuelto

La mayoría de los ensayos se llevaron a cabo durante 26-27 horas, tiempo que permitió hacer un seguimiento de la variabilidad del oxígeno disuelto como consecuencia de la demanda ejercida por el sedimento, finalizando la experiencia con cierta concentración residual de OD.

Instrumental y reactivos requeridos

El equipamiento requerido consistió en: material volumétrico calibrado para la preparación de soluciones y cuantificación del oxígeno disuelto yodométricamente, balanza analítica y granataria calibradas, frascos de vidrio calibrados con tapa esmerilada y cierre hermético de aproximadamente 300 cm³ (respirómetros individuales) y de alrededor de 220 cm³ (frascos de reacción), cubetas de vidrio o plástico calibradas de diferentes volúmenes, embudo, probeta, espátula, piseta, reloj y termómetro. Los reactivos fueron los necesarios para la valoración del oxígeno disuelto mediante el método de Winkler modificado por Alsterberg (SM 4500-O C.) y los requeridos para preparar el agua de dilución (SM 5210 B.) (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Cuantificación de la demanda béntica utilizando respirómetros individuales

En una primera instancia se realizó un blanco del agua confinada a utilizar y se acondicionó la muestra eliminando el agua y materiales gruesos. Además, se homogeneizó manualmente el sedimento con la bolsa cerrada. Luego se realizaron ensayos previos para las muestras en estudio. Una vez establecida la cantidad óptima de muestra a sembrar, se dio inicio al desarrollo metodológico.

Se llenó con sedimento la cubeta seleccionada, utilizando una espátula. Se enrasó la cubeta y se registró su peso empleando una balanza granataria con el objetivo de fijar además del volumen, el peso de muestra a sembrar en cada frasco. Se pasó el sedimento de la cubeta

al frasco respirométrico utilizando un embudo y una espátula. Éstos se lavaron empleando inicialmente una piseta y luego una probeta con 50 mL de agua de dilución. Luego, se introdujo un volumen aproximado de 100 mL del agua de dilución, dejándola deslizar por las paredes del frasco y se realizó manualmente un giro del mismo, con el propósito de emparejar la superficie del sedimento en el respirómetro. Se completó lentamente el volumen del frasco con el agua de dilución. Al finalizar el llenado, se cerró rápidamente evitando que queden burbujas de aire y se registró el tiempo.

Cada frasco respirométrico una vez sembrado, se dejó en reposo, en ambiente climatizado a 20°C de manera que todo el ensayo fuera efectuado a dicha temperatura. Transcurrido el intervalo de tiempo preestablecido para un determinado respirómetro, se trasvasó de manera muy cuidadosa el agua sobrenadante de éste, al frasco de reacción, minimizando la resuspensión del sedimento. Inmediatamente, se agregaron los reactivos necesarios para la valoración del oxígeno disuelto a través el método de Winkler modificado por Alsterberg. Para la titulación, se trasvasó desde el frasco de reacción a un erlenmeyer un volumen correspondiente a 200 mL de muestra original, tras corregir la pérdida de muestra por desplazamiento con los reactivos (SM 4500-O C.) (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Se tituló el yodo liberado con tiosulfato de sodio 0,025 N utilizando solución de almidón. Finalmente, en función del volumen gastado de tiosulfato de sodio, se obtuvo la concentración remanente de oxígeno disuelto para ese tiempo, en el agua confinada del respirómetro utilizado (Figura 4).

El procedimiento descrito se repitió con cada uno de los respirómetros que participaban en un ensayo.

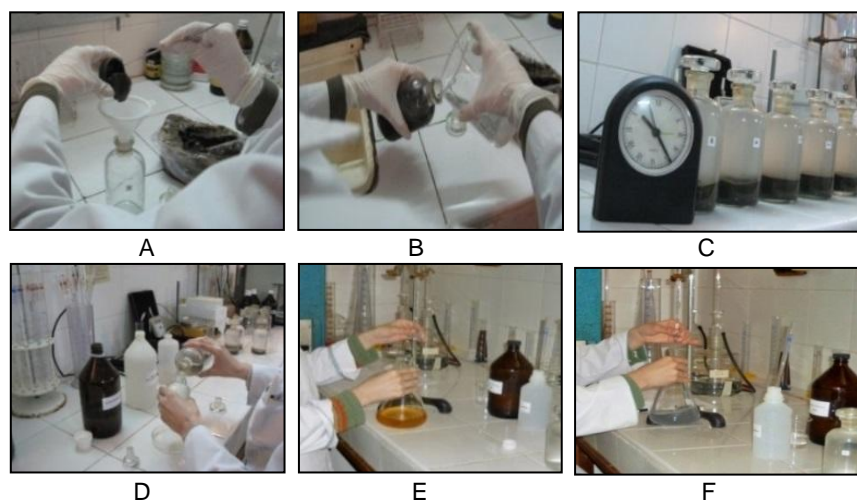


Figura 4. Procedimiento para cuantificar demanda béntica: A: Siembra del sedimento; B: Llenado del respirómetro con agua de dilución; C: Incubación en condiciones controladas; D: Traslase del agua confinada al frasco de reacción para el agregado de reactivos y E y F: Titulación del oxígeno disuelto.

Cálculo de la constante de desoxigenación por demanda béntica

Se aplicó la ecuación utilizada por Nolan y Johnson (1979), propuesta por la USEPA:

(Ecuación N°1)

Donde SOD es la demanda béntica ($\text{gO}_2/\text{m}^2\text{d}$); ODi es el oxígeno disuelto en el primer frasco respirométrico (g/m^3); ODf es el oxígeno disuelto en el último frasco respirométrico (g/m^3); Bi y Bf representan el oxígeno disuelto inicial y final respectivamente del agua confinada cuando se trabaja con agua del río (g/m^3); V es el volumen de agua confinada (m^3); S es el área de sedimento (m^2); Tf es el tiempo de lectura del último frasco respirométrico (días) y Ti el tiempo de lectura primer frasco respirométrico (días). En este trabajo, se utilizó agua de dilución como agua confinada, y tras realizar un blanco cada vez que fue preparada, se corroboró que la misma no demandaba oxígeno disuelto en el tiempo transcurrido de cada ensayo. Por lo que se despreció el término (Bi - Bf).

Todos los ensayos se efectuaron en un ambiente climatizado a 20°C , por lo que no fue necesario realizar correcciones por temperatura a los valores calculados de demanda béntica.

Normalización de los datos

La concentración de oxígeno disuelto de cada respirómetro fue referida a un mismo a volumen de manera tal de obtener resultados bajo las mismas condiciones. Fue la única forma de garantizar que el proceso cinético desarrollado en cada frasco haya sido el mismo, posibilitando informar una correcta y comparable concentración de oxígeno disuelto en cada respirómetro.

RESULTADOS Y DISCUSION

La falta de antecedentes sobre la demanda béntica en el Río Tercero (Ctalamochita), imposibilita comparar los resultados del presente estudio. Sin embargo, el rango de valores de SOD obtenidos a 20°C estuvo comprendido entre $0,040 \text{ gO}_2/\text{m}^2\text{d}$ y $0,414 \text{ gO}_2/\text{m}^2\text{d}$ (Tabla 2), siendo similares a los reportados por la USEPA para sedimentos minerales y arenosos de ríos ($0,05\text{-}1,00 \text{ gO}_2/\text{m}^2\text{d}$) (USEPA, 1985).

Los mayores valores de demanda béntica se encontraron aguas abajo de la colectora cloacal de la ciudad de Villa María y en Ballesteros. En contraposición, la menor demanda béntica se obtuvo en Puente Andino, sitio alejado de la descarga de aguas residuales; resultado que pone en evidencia la recuperación de la calidad del agua y el sedimento del Río Tercero (Ctalamochita) (Figura 5).

Tabla 2. Valores de demanda béntica obtenidos a 20°C

Estación de muestreo	SOD $\text{gO}_2/\text{m}^2\text{d}$ junio 2013
BA	0,180
BIII	0,292
PLP	0,269
PA	0,040
BOSN	0,414
AB	0,370
AACCBV	0,158
MB	0,078

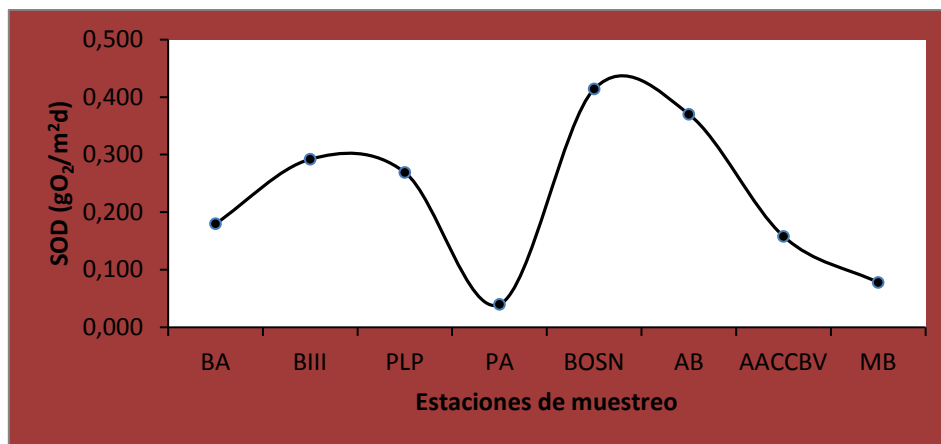


Figura 5. Variabilidad espacial y temporal de la demanda béntica.

CONCLUSIONES

La técnica propuesta, permitió llevar a cabo el seguimiento de la demanda de oxígeno ejercida por el sedimento empleando respirómetros individuales y manteniendo el sistema agua-sedimento en condiciones estáticas durante toda la experiencia.

Los valores calculados demostraron la variabilidad espacial y temporal de la demanda béntica del Río Tercero (Ctalamochita). Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de continuar con estudios con el fin de comprender el comportamiento del sedimento béntico y su influencia en el oxígeno disuelto del cuerpo hídrico en estudio.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Hidromediterranea, por su apoyo brindado en la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Agencia Córdoba Ambiente.** 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500000. Área subcoordinación suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Manfredi. 2006. Córdoba, Argentina. 612 pp.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF).** 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th ed. Washington, D.C. USA.
- Baena, L. M.; Silva, J.P. y Ramirez Callejas, C.** 2004. Estudio experimental para la determinación de las constantes bénticas en el Río Cauca. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 1 (1), 12-17.
- Barchiesi, G.M.; Díaz Lozada, J. M.; Caminal, F.; Herrero, H.; García, M.; Cossavella, A.; Romagnoli, M. y Portapila, M.** 2013. Cuantificación y caracterización del escurrimiento en la Cuenca del Río Carcarañá. Sexto simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. Santa Fe. Argentina.
- Caldwell, J. M. and Doyle, M. C.** 1995. Sediment oxygen demand in the lower Willamette River, Oregon 1994. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 95-4196. Portland, Oregon.
- Carranza, P. M.; Larrosa, N.; Oviedo Zabala, S.; Bazán, R.; Glastein, D. y Cossavella, A. M.** 2010. Estudio de la calidad del agua del Río Tercero (Ctalamochita) y su relación con las actividades

- antropogénicas. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba.
- Cossavella, A.; Carranza, P.; Oroná, C.; Monarde, F.; Larrosa, N.; Nadal, F.; Roque, M.; Nuño, C.; Hunziker, M.; Ferreyra, M.; Brito, R.; Saldaño, V.; Melián, J.; Bresciano, J. y Díaz, A.** 2013. Gestión de efluentes líquidos en la Cuenca del Río Tercero (Ctlamochita). XXIV^o Congreso Nacional del Agua. San Juan. Argentina.
- Ghida Daza, C. y Sánchez, C.** 2009. Zonas Agroeconómicas Homogéneas de Córdoba. INTA. EEA Márcos Juárez y EEA Manfredi. 257 pp.
- Lee, G. F. and Jones-Lee, A.** 2000. Issues in Developing the San Joaquin River. Deep Water Ship Channel DO TMDL. Report to San Joaquin River Dissolved Oxygen Total Maximum Daily Load Steering Committee and the Central Valley Regional Water Quality Control Board Sacramento, CA.
- Lee, G. F. and Jones, R. A.** 1999. Oxygen demand of US Waterway Sediments. G. Fred Lee & Associates. El Macero, CA.
- López Martínez, M. L.; Galindo González, D. F. y Romo Moreno, G. D.** 2009. Determinación de la constante de desoxigenación por demanda béntica en el Río Pasto. Criterios, (23), 59-73.
- Nolan, P. M. and Jonson, A. F.** 1979. A method for measuring sediment oxygen demand using a bench model benthic respirometer. USEPA. Region I. Boston.
- Oviedo Zabala, S.; Hunziker, M. L.; Moreyra, F.; Roqué, M.; O' Mill, P.; Monarde, F.; Glatstein, D.; Carranza, P.; Larrosa, N.; Bazán, R. y Cossavella, A.** 2009. Impacto de vertidos industriales y cloacales en el Río Tercero (Ctalamochita).
- Rounds, S. A. and Doyle, M. C.** 1997. Sediment oxygen demand in the Tualatin river basin, Oregon 1992-96. Geological Survey Water Resources Investigations Report 97-4103. Portland, Oregon.
- Saldaño, V.** 2010. Modelación hidrológica y de calidad de agua del Río Tercero (Ctalamochita). Tesis de grado para la obtención del título de la carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- USEPA (United States, Environmental Protection Agency).** 2001. Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: Technical Manual. EPA 823-B-01-002. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water. Washington, DC.
- USEPA (United States, Environmental Protection Agency).** 1985. Rates, constants and kinetics formulation in surface water quality modeling. EPA 600/3-85/040. Second Edition.
- Utley, B. C.; Vellidis, G.; Lowrance, R. and Smith, M. C.** 2008. Factors affecting sediment oxygen demand dynamics in blackwater streams of Georgia's coastal plain. Journal of the American Water Resources Association, 44 (3), 742-753.
- Wood, T. M.** 2001. Sediment oxygen demand in Upper Klamath and Agency Lakes, Oregon 1999. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 01-4080. Portland, Oregon.
- Ziadat, A. H. and Berdanier, B. W.** 2004. Stream depth significance during in-situ sediment oxygen demand measurements in shallow streams. Journal of the American Water Resources Association, 40 (3), 631-638.