

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA EXPERIMENTAL DE UN TRAMO DEL RÍO TERCERO (CTALAMOCHITA) CON FINES HIDROAMBIENTALES

Marcos Lenarduzzi¹; Carlos M. García¹; Horacio Herrero¹; Ivan Matias Ragessi¹; Gerardo Hillman¹; Ana María Cossavella^{2,4} y Florencia Nadal³

¹ Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina, email: lenarduzzi_m@hotmail.com.ar

² Área Preservación y Control del Recurso de la Secretaría de Recursos Hídricos del Gobierno de la Provincia de Córdoba, CP 5000, Córdoba, Argentina

³ Área de Limnología y Calidad de Agua, CIRSA, Instituto Nacional del Agua, Avenida Ambrosio Olmos 1142, CP 5000, Córdoba, Argentina

⁴ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina

Introducción

El río Tercero (Ctalamochita) está localizado en la Provincia de Córdoba, y es uno de los ríos más importantes en la región debido a su caudal relativo, por lo que es necesario garantizar la calidad de este recurso como fuente de agua potable para consumo de la población. En su primer tramo aguas abajo del sistema de embalses, en la ciudad de Río Tercero, se ubica un polo industrial, y por tal motivo es una zona crítica con potencial riesgo de contaminación. Así, es importante realizar un seguimiento del recurso con un enfoque integral, con el objetivo de detectar cambios tanto hidrodinámicos, como ambientales para elaborar un plan de acción a implementar en la cuenca. En este aspecto la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (FCEFN – UNC) realiza en forma periódica monitoreos de calidad de agua y aforos mediante métodos convencionales como por ejemplo aforo por vadeo con molinetes, pero la desventaja de esta técnica no es sólo la baja resolución espacial de los datos de velocidad, sino que debido a las elevadas velocidades del flujo en algunas secciones resulta difícil llevar a cabo el vadeo. Los Perfiladores de Corriente Acústica Doppler (ADCP), disponibles actualmente, permiten mejorar los muestreos obtenidos con técnicas convencionales logrando mayor resolución espacial y temporal de las velocidades del flujo, como así mayor precisión en el relevamiento de la morfología del cauce.

Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo general la caracterización hidrodinámica experimental de un tramo del Río Tercero (Ctalamochita, ver Figura 1) utilizando ADCP con el fin de determinar parámetros hidráulicos que permitan monitorear el seguimiento de la calidad ambiental de ese tramo.

Materiales y Métodos

Para la medición in situ de velocidades, caudales y profundidades de flujo en la zona de estudio (Figura 1), dada la característica hidráulica del tramo estudiado (cauce natural poco profundo y elevada velocidad de flujo que impide trabajar dentro del río), se utilizó un Perfilador de Corriente Acústico Doppler específico para aguas poco profundas (RiverSurveyor S5 YSI/Sontek ADCP). El ADCP es un equipo de alta precisión que cuenta con un algoritmo inteligente denominado “SmartPulseHD” que en base a la profundidad, velocidad y niveles de turbulencia del flujo, ajusta de manera automática el esquema de pulso acústico con el fin de proveer la máxima resolución de registro de datos. En cada una de las campañas, se realizaron mediciones en diferentes secciones y se utilizó un GPS diferencial para determinar en forma complementaria la posición del perfilador en cada instante de cada recorrido.

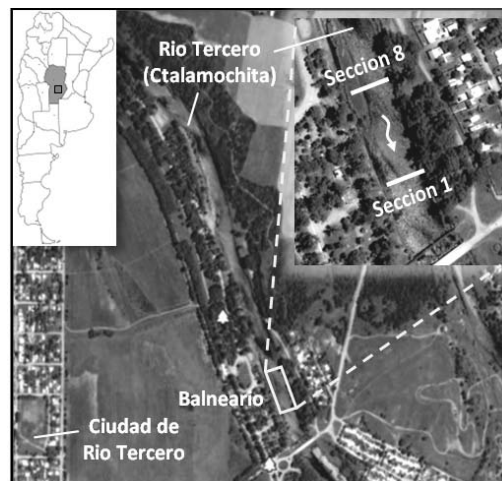


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio

La metodología de medición de caudales, consistió en realizar múltiples transectas moviendo la embarcación con el instrumento a través de la sección transversal manteniendo una velocidad y dirección aproximadamente constantes en las secciones 1 y 8 (ver Figura 1). La duración de cada transecta fue de aproximadamente 4 min. Para obtener una batimetría de la zona de estudio se realizó un “Cocido” entre las secciones 1 y 8 (Ver Figura 1 y 2), que consistió en tomar un registro continuo de datos realizando un movimiento zigzagueante entre las dos márgenes.

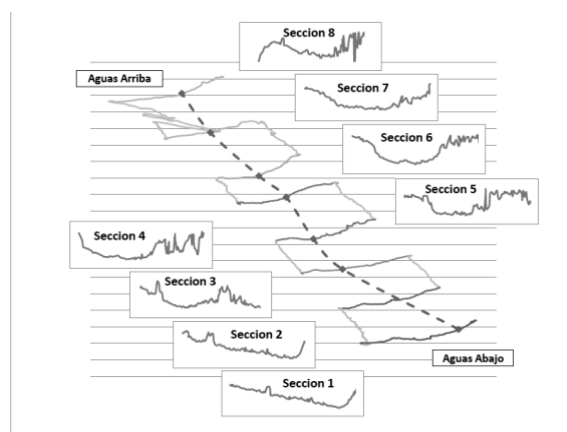


Figura 2: Recorrido del cocido (línea llena) y Línea de talweg (punteada)

Resultados

En la Tabla 1 se observan los parámetros hidráulicos globales de cada una de las secciones aforadas para un caudal aforado de 18 m³/s: profundidad media de la sección transversal, ancho del río, velocidad media del flujo. La

denominación de las secciones se detalla en las figuras 1 y 2.

Tabla 1: Profundidades (h), ancho (B) y velocidad (u) medias en cada sección

Sección	h [m]	B [m]	u [m/s]
1	0.61	35.05	0.861
2	0.68	26.25	0.854
3	0.70	28.58	0.778
4	0.75	25.74	0.645
5	0.61	26.14	0.679
6	0.61	21.29	0.742
7	0.63	19.92	1.008
8	0.53	29.14	0.591

En la Figura 3 se muestra un “Modelo de Elevación Digital” del tramo (entre las secciones 1 a 8) obtenido a partir de las mediciones de profundidad del flujo registradas por el ADCP, siguiendo la trayectoria mostrada en la figura 2.

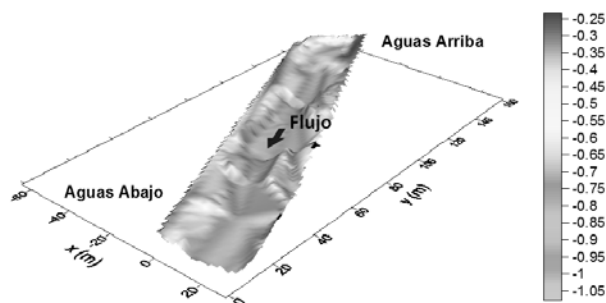


Figura 3: Modelo de Elevación Digital del tramo analizado a partir de datos proporcionados por el instrumento.

En las Figuras 2 y 3 se puede apreciar que a lo largo del tramo analizado, la línea de talweg (mayor profundidad) toma un comportamiento sinuoso a lo largo del recorrido. Además se observa entre las secciones 3 y 4 (parte central), un incremento del ancho efectivo. En las Figuras 4 y 5 se muestran la distribución transversal de las velocidades y la evolución de la profundidad en las secciones aguas abajo (sección 1) y aguas arriba (sección 5). Se observa en ambas secciones que las máximas velocidades (valores de aproximadamente de 1.6 – 1.8 m/s) se dan donde hay una mayor profundidad (entre 1.0 – 1.1 m). Se observa una mayor concentración del flujo en la sección de aguas arriba, mostrando que el ancho efectivo del flujo es menor que el ancho total. Se puede apreciar también entre las dos secciones el comportamiento zigzagueante del fondo del río. En la Tabla 2 se muestran estimadores de la velocidad de corte media, del coeficiente de mezcla vertical y transversal para cada una de las secciones medidas, y una estimación del coeficiente de dispersión longitudinal, utilizando ecuaciones propuesta por Fischer et al. (1979), que estima los coeficientes de mezcla en función del valor de la velocidad de corte media en la sección estimada a partir de datos relevados en campo (pendiente) sin tener en cuenta las características hidrodinámicas del tramo. La pendiente del tramo corresponde a la pendiente del pelo libre de agua, medida con nivel óptico.

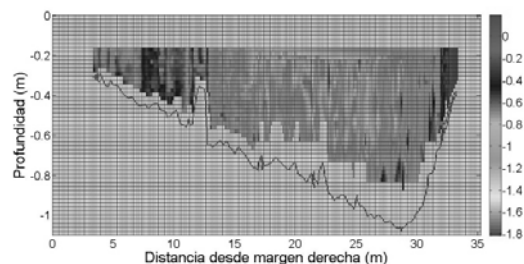


Figura 4: Campo de velocidades en Sección Aguas Abajo.

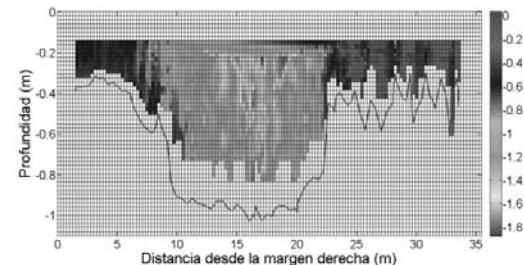


Figura 5: Campo de velocidades en sección Aguas Arriba

Tabla 2: Velocidad de corte media (u^*), Coeficiente de mezcla vertical (ϵ_v) y transversal (ϵ_t), Coeficiente de dispersión longitudinal $\rightarrow D_L=0.011(u^*.B^2)/(h.u^*)$

Secc.	u^* [m/s] $u^*=(g.R.S_0)^{0.5}$	ϵ_v [m ² /s] $\epsilon_v=0.067.h.u^*$	ϵ_t [m ² /s] $\epsilon_t=0.6.h.u^*$	D_L [m ² /s]
1	0.094	0.0039	0.0345	174.20
2	0.094	0.0043	0.0385	86.15
3	0.094	0.0044	0.0397	82.35
4	0.094	0.0047	0.0424	42.85
5	0.094	0.0038	0.0345	60.36
6	0.094	0.0039	0.0346	47.59
7	0.094	0.0040	0.0359	74.22
8	0.094	0.0033	0.0299	65.61

Conclusiones

En este trabajo se obtuvieron parámetros hidráulicos y morfológicos que caracterizan la hidrodinámica de un tramo del río Tercero (Ctalamochita), a través de mediciones realizadas con ADCP. Para un caudal de 18 m³/s se observaron velocidades máximas de 1.8 m/s. La batimetría mostró que el talweg tiene una trayectoria zigzagueante a lo largo del tramo, con profundidades máximas de 1.6m. Los resultados muestran que el coeficiente de dispersión longitudinal es afectado en gran medida por el ancho efectivo de la sección transversal. Además existe una mayor capacidad de mezcla transversal frente a la vertical. Trabajos futuros del grupo de investigación (no incluidos en este trabajo) consisten en utilizar los campos de velocidad relevados en el tramo para obtener estimadores más eficientes de estos parámetros que tengan en cuenta las características hidrodinámicas observadas en el tramo y que permitan mejorar la comprensión en la mezcla del río y mejorar la exactitud en las predicciones de transporte de contaminantes.

Referencias bibliográficas

Fischer, H. B., List, E. J., Koh, R. C. Y., Imberger, J., and Brooks, N. H., (1979). Mixing in inland and coastal waters, Academic, New York.