



## **ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN ESCURRIMIENTO EN PRESENCIA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA ARRAIGADA A LA MARGEN, PRESENTE EN CAUCES DEL SISTEMA FLUVIAL DEL RÍO PARANÁ**

**Cortese, Josefina**

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral*

*Director/a: Reynares, Marcela*

*Codirector/a: Scacchi, Graciela*

Área: Ingeniería

Palabras claves: Esgurrimiento, Mediciones, Canutillo.

### **INTRODUCCIÓN**

Los cursos constitutivos del sistema fluvial del Paraná habitualmente presentan grandes extensiones de márgenes colonizadas por vegetación acuática arraigada que ocupan importantes sectores del escurrimiento. Esta ocupación se caracteriza por la presencia casi dominante de *Louisiella elephantipes* (canutillo), una especie acuático-palustre que forma una densa red de tallos sumergidos dotados de vainas, láminas y raíces que obstruyen el sector de escurrimiento e interactúan con el flujo, condicionando su configuración en las inmediaciones de dichos arreglos naturales. Este trabajo se enmarca en una beca de iniciación a la investigación cuyo objetivo es evaluar el efecto que tiene la presencia de la vegetación acuática arraigada a la margen sobre la dinámica del flujo con el que interactúa. En este contexto, la presente investigación se funda en la realización de un estudio experimental de laboratorio, en donde se representa una situación que, si bien simplificada, permitirá constituirse en un punto crucial para el entendimiento de una dinámica hidráulica-fluvial por demás compleja. En esta primera instancia del estudio se ha puesto particular interés en la optimización de la técnica experimental, la definición de la metodología de medición de las velocidades, el acondicionamiento del canal y el análisis de resultados relacionado con el diseño experimental.

Título del proyecto: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN ESCURRIMIENTO EN PRESENCIA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA ARRAIGADA A LA MARGEN, PRESENTE EN CAUCES DEL SISTEMA FLUVIAL DEL RÍO PARANÁ

Instrumento: CAID

Año convocatoria: 2022

Organismo financiador: UNL

Director/a: Reynares, Marcela

Codirector/a: Scacchi, Graciela



## OBJETIVOS

El objetivo general de la presente investigación consiste en analizar, a partir de experiencias de laboratorio, la interferencia que introduce en un dado escurrimiento la presencia de vegetación típica, arraigada a las márgenes de los cursos del sistema fluvial del río Paraná. A su vez, el cumplimiento del objetivo general conlleva al planteo de los siguientes objetivos específicos:

- 1) Optimizar técnicas de medición y análisis de velocidades del flujo que permitan caracterizar las principales variables descriptivas del escurrimiento.
- 2) Acondicionar el canal en el cual se llevarán a cabo los experimentos para obtener las condiciones hidráulicas deseadas.
- 3) Obtener el campo de escurrimiento dentro del canal como situación de referencia.
- 4) Diseñar cómo se llevará a cabo la experimentación: condiciones hidráulicas, materialización del ensamble, determinación del área de estudio y porcentajes de obstrucción.
- 5) Obtener un completo set de datos de velocidades del escurrimiento en las inmediaciones y dentro de un ensamble de vegetación, construido a partir de plantas obtenidas en los cauces secundarios del sistema fluvial del río Paraná.

## METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral. Se trabajó en un canal de 22 m de largo, con sección transversal rectangular de 2 m de ancho y 1 m de alto (Figura 1), conectado a un circuito hidráulico cerrado que permite trabajar con caudales de hasta 200 l/s. El canal fue recientemente construido, por lo tanto, en la primera etapa del trabajo se enfocó en su acondicionamiento y puesta a punto.

Los primeros ensayos realizados tuvieron una doble finalidad. Por un lado, el de adquirir experticia en el manejo del instrumental y por otro, el de evaluar el ingreso del agua al canal.

Esta primera etapa consistió en un proceso iterativo de mediciones y modificaciones del ingreso del agua al canal hasta lograr las condiciones adecuadas de uniformidad en el escurrimiento. Esto se logró luego de diversas pruebas, colocando filas de ladrillos huecos al ingreso del canal con distintas configuraciones y aquietadores de la superficie del escurrimiento que redujeron las perturbaciones (Figura 1).

La segunda etapa consistió en el diseño experimental, esto es definir el tramo de canal óptimo para realizar las mediciones y la definición de los ensambles a colocar en el canal (dimensiones, estructura de contención, densidad de vegetación, etc).



**Figura 1:** Canal de ensayos.

### Optimización de las técnicas de medición

Las técnicas de medición inicialmente propuestas para el desarrollo experimental fueron dos. En primer lugar, la correspondiente a velocimetría acústica doppler (ADV, por sus siglas en inglés), cuyo principio de funcionamiento se basa en la medición del cambio de fase de una señal acústica reflejada en las partículas dispersas en la masa líquida. Este instrumento mide las tres componentes de la velocidad en un pequeño volumen de control, localizado a 5 cm del emisor,

con una frecuencia de muestreo máxima de hasta 200 Hz. Este dispositivo requiere un posicionamiento preciso, por lo que se utilizará para lograrlo un carro porta instrumental correctamente nivelado.

Por su disposición, el ADV tiene la limitación de medir velocidades próximas a la superficie del agua, por lo tanto, para complementar esta medición y poder obtener el campo completo de escurrimiento se implementó la velocimetría por seguimiento de partículas a gran escala (LSPTV). Esta técnica consiste en el seguimiento de partículas sembradas en la superficie del flujo por medio de imágenes adquiridas con una cámara digital a intervalos regulares de tiempo, con su posterior procesamiento mediante los softwares PTVLab (Patalano et al, 2015) y RIVeR (Patalano et al, 2017).

Las dimensiones del canal permitieron la incorporación del Flowtracker entre los instrumentos de medición de velocidades (Figura 2), ya que permite una mayor practicidad a la hora de la toma de datos. Este equipo utiliza el principio de tecnología del ADV, determinando el valor de la velocidad mediante el efecto doppler. El volumen de control es un cilindro de 6 mm de diámetro y 9 mm de longitud, ubicado a una distancia de 12 cm del transmisor de la señal.

Durante la puesta a punto del canal se utilizaron las distintas técnicas de medición descritas con el fin de disponer de la experticia necesaria al momento de iniciar el plan de mediciones diseñado.

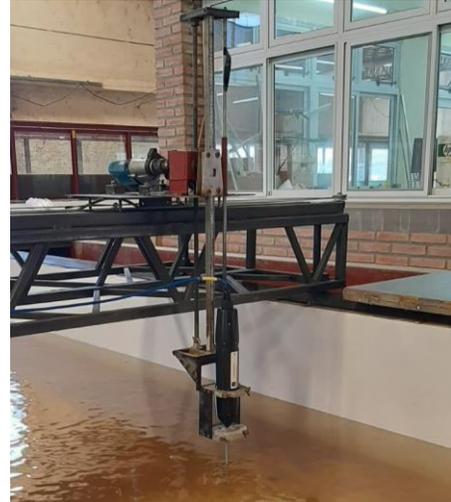
### Diseño experimental

Para la caracterización del campo de escurrimiento del canal se llevó a cabo un ensayo de mediciones con flowtracker con un tiempo de muestreo de 40 segundos. Se establecieron 5 secciones a lo largo del canal, distanciadas entre sí aproximadamente 2 metros y en cada sección transversal se determinaron 9 verticales distanciadas entre sí por 20 cm. Dentro de cada vertical, se midió en un punto representativo de la velocidad promedio de la vertical. Estas mediciones permitieron definir el sector que mejores condiciones de uniformidad dispone el canal para realizar la experimentación en la siguiente etapa.

Una vez determinada el área de estudio, se continuó con la etapa de diseño experimental correspondiente al ensayo patrón, el cual consiste en la medición detallada del campo de velocidades del flujo no perturbado. Esta información luego será considerada como referencia cuando se coloquen los ensambles de vegetación con el fin de contrastar los resultados alcanzados.

Todos los ensayos se realizarán bajo las mismas condiciones hidráulicas, esto es un caudal de 170 l/s y un tirante de flujo no perturbado de 35 cm. Se determinó que cada sección tendrá 5 verticales separadas entre sí por 0.4 m. En cada vertical se medirán 7 puntos y el tiempo de medición se determinó en 2 minutos. El plan de mediciones considera el posicionamiento de los puntos a medir tanto para el flujo no perturbado como con los ensambles de vegetación incorporados.

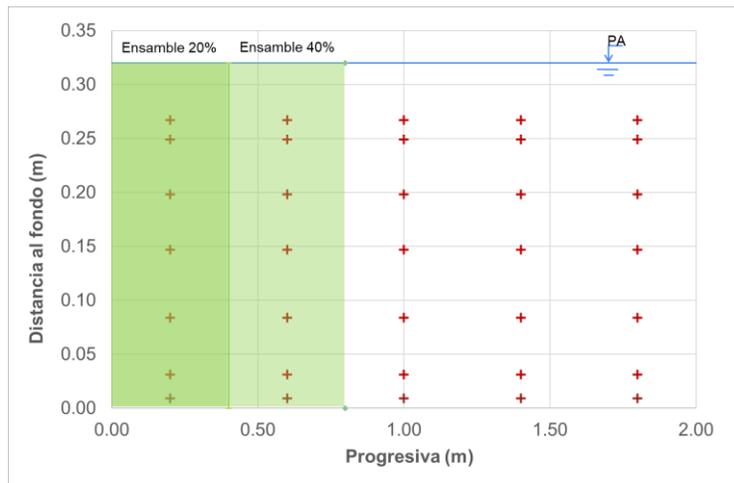
Los ensambles se instalarán sobre la margen derecha del canal, serán construidos a partir de una malla metálica en cuyo interior se colocarán plantas recogidas en los cursos del sistema fluvial del río Paraná, de manera tal de representar la densidad y distribución de las raíces sumergidas, así como la rugosidad y flexibilidad de los tallos.



**Figura 2:** Posicionamiento del ADV en el carro porta instrumental.

En base a las dimensiones del área de estudio determinada, se decidió que los arreglos vegetales se colocarán interfiriendo parcialmente el ancho de la sección de escurrimiento en dos proporciones, del 20 y 40%. La extensión del arreglo de vegetación será de 2 metros de manera de permitir que el escurrimiento se adapte a su presencia.

Un esquema de las mediciones a realizar y de los puntos de medición en las secciones con ensambles se representa en la Figura 3.



**Figura 3:** Esquema de los puntos de medición y ubicación de los ensambles.

## CONCLUSIONES

El trabajo presentado corresponde a la etapa preliminar de investigación. Debido a que el canal en estudio es nuevo, fue necesario destinar un período de tiempo considerable y múltiples experiencias en su ajuste y preparación. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios: se logró un ingreso de agua ordenado y un escurrimiento uniforme a lo largo del canal. Esto permitió establecer el área de estudio, este resultado es esencial para la investigación, ya que permite obtener una situación de referencia confiable para realizar comparaciones con el flujo perturbado por presencia de vegetación acuática.

El diseño experimental de ensayos para flujo en presencia de vegetación quedó establecido. Se determinaron las condiciones hidráulicas óptimas, caudal de 170 l/s y tirante de flujo no perturbado de 35 cm.

El ensamble de canutillos se diseñó con 2 m de longitud y se dispondrá sobre la margen derecha del canal. El número de ensayos a realizar quedó determinado en 2, obstruyendo la sección de escurrimiento en un 40% para el ensayo 1 y 20% para el ensayo 2.

## BIBLIOGRAFÍA

**Patalano, A., García, C. M., y Rodríguez, A.** (2017). "Rectification of Image Velocity Results (RIVeR): A simple and user-friendly toolbox for large scale water surface Particle Image Velocimetry (PIV) and Particle Tracking Velocimetry (PTV)". *Computers & Geosciences*, 109, 323-330.

**Patalano, A., García, C. M. y Scacchi, G.** (2015). "Implementación de la técnica de PTV a gran escala (LSPTV) para caracterizar flujos a superficie libre en modelos físicos". IV Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica, La Plata, Argentina.