



CUANTIFICACIÓN DEL VOLUMEN SUMERGIDO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA ARRAIGADA EN EL SISTEMA FLUVIAL DEL RÍO PARANÁ

Nardi, Franco¹

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Directora: Carrasco-Milián, Aylén

Área: Ingeniería

Palabras claves: Vegetación acuática arraigada, Río Paraná, Volumen.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de las márgenes de los cauces secundarios del sistema fluvial del Paraná presentan extensos ensambles de vegetación acuática arraigada usualmente conocidos como “canutillares”, cuya fracción sumergida ejerce modificaciones en la velocidad del agua y los patrones de sedimentación (Ramonell et al., 2011; Budniewski 2016). Si bien se conoce que la fracción aérea de estos canutillares puede ocupar hasta un 60% de la superficie de los cauces e incluso obstruir secciones completas (Marchetti y Ramonell, 2014), el volumen de su fracción sumergida, la que ejerce las modificaciones arriba mencionadas, no ha sido evaluado hasta el presente. En este contexto, se iniciaron experiencias destinadas a evaluar la eficacia de una sonda ecógrafa Raytheon de 210 kHz para relevar la superficie envolvente del volumen sumergido de canutillares de *Louisiella elephantipes* (canutillo).

OBJETIVOS

1. Analizar la sensibilidad de una sonda ecógrafa Raytheon de 210 kHz para la medición de vegetación sumergida en función de la distancia.
2. Evaluar la precisión del equipo en la generación de superficies envolventes y volúmenes derivados de ellas.
3. Estudiar el efecto de diferentes densidades de vegetación en las lecturas de la sonda y en la superficie envolvente generada a partir de ellas.
4. Cuantificar el volumen sumergido de canutillares típicos de los cauces secundarios del Paraná.

METODOLOGÍA

Para abordar los objetivos 1, 2 y 3 se desarrollaron diferentes experiencias de laboratorio en un canal de experimentación hidráulica de 9m x 2m x 1,5m (largo, ancho y profundidad, respectivamente) en el cual se instaló un “ensamble de vegetación” construido ad hoc sobre una estructura prismática de PVC (Figura 1). Para la realización de los objetivos 1 y 3, la estructura

Título del proyecto: Evaluación Interdisciplinar de procesos de apertura, mantenimiento y cierre de cauces secundarios del Río Paraná. Instrumento: CAID – Proyecto Tipo I Año convocatoria: 2016 Organismo financiador: Universidad Nacional del Litoral Director/a: Ramonell, Carlos G.

fue de 0,9m x 0,9m x 0,45m, mientras que para evaluar el objetivo 2 se utilizó una estructura de 1,66m x 0,84m x 0,90m.

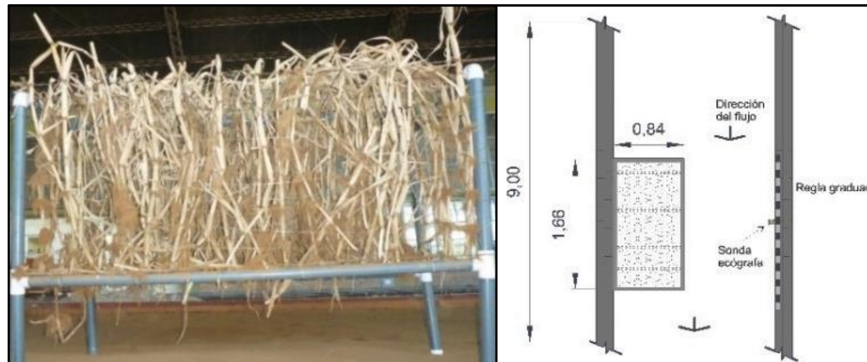


Figura 1.- Ensamble de vegetación de laboratorio (izq) y disposición del ensamble en el canal (der).

Para el objetivo 1 se usaron 150 tallos de canutillo con raíces, y se realizaron lecturas a los 0,58m, 0,88m y 1,18m de profundidad, y a cada metro en la progresiva (se efectuaron 6 lecturas perpendiculares al ensamble para cada uno de los puntos de la vertical, 18 lecturas en total). Además, en la progresiva más cercana al ensamble se realizaron lecturas en diagonal. Se ubicó la sonda a 3,5° hacia la derecha e izquierda, en cada una de las tres posiciones verticales. De esta manera se realizaron 9 lecturas, 3 en cada dirección. Este mismo esquema de mediciones se repitió con un distanciómetro laser True Pulse 200B luego de vaciar el canal, con el fin de comparar ambas mediciones. Por otro lado, en las lecturas perpendiculares al ensamble, se calculó el error absoluto, como la diferencia de lecturas entre el distanciómetro y la media de la sonda. Además, se correlacionaron las lecturas de los instrumentos en cada progresiva y profundidad.

Para los objetivos 2 y 3 se definieron grillas de puntos sobre el frente de cada ensamble, equidistantiadas entre sí por 10cm, sobre las cuales se realizaron lecturas destinadas a medir el ancho del ensamble y construir la superficie envolvente. Los volúmenes detrás de cada envolvente se determinaron a través de la interpolación de las áreas de los planos horizontales y fueron graficados con Octave 4.2.1.

En el objetivo 2, se utilizaron 165 tallos con raíces para la construcción del ensamble y se realizaron lecturas con sonda y distanciómetro. Para verificar la correlación entre los volúmenes calculados con cada equipo se procedió a un análisis entre las áreas de cada plano horizontal de medición.

Para abordar el objetivo 3 se usaron datos de densidad de los ensambles (de tallos y raíces) colectados en campo para el presente trabajo. Se recolectaron 8 muestras representativas de la vegetación en condiciones naturales. Se calculó el volumen de tallos y raíces de cada muestra y, a partir de este, se obtuvo el porcentaje de ocupación de la vegetación. Este dato se utilizó para construir 3 ensambles con densidades bajas (0,55% de ocupación), medias (1,64%), y altas (2,9%), que representan sus diferentes estados de desarrollo.

Por último, para el objetivo 4 se seleccionó un ensamble de vegetación de 40m de largo ubicado en el arroyo Ánimas, cauce secundario del Río Paraná (Figura 2). A partir de un soporte montado a un lado de la embarcación, el transductor de la sonda fue ubicado en forma perpendicular a la lancha a los efectos de medir la distancia en la horizontal hacia la vegetación, replicando así la posición en la que se realizaron las mediciones en el laboratorio. Se navegó a lo largo del ensamble registrando el perímetro del área ocupada por la vegetación a 0,5m, 1m, 1,5m y 2m de

profundidad; se realizaron dos registros en cada profundidad, exceptuando la de 2m. Estas mediciones se utilizaron para generar las curvas envolventes de cada profundidad. La forma del talud de la margen sobre la que se ubica la vegetación se relevó a partir de una única transecta ubicada en la mitad del ensamble, de manera que la batimetría así obtenida se extrapola hacia todo el ensamble. Por último, la traza de la línea de costa se relevó a pie con GPS de mano. Habiendo determinado los límites del ensamble, se calcularon las áreas de los planos horizontales. Debido a que el volumen se calculó por la interpolación de cada una de estas áreas, el método condicionó a que se adopte la forma del talud generada al interpolar linealmente entre las profundidades en que se realizaron lecturas con sonda.

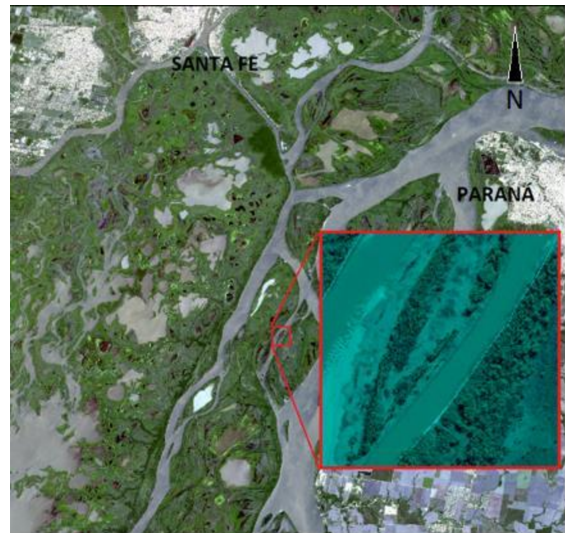


Figura 2.- Arroyo Ánimas. Sitio de relevamiento.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se realizó para cada serie de datos obtenidos en el objetivo 1 un análisis estadístico. En todos los casos, la mediana coincidió con la moda y la media difirió en menos de un 1%. Además, la desviación estándar fue siempre menor a la décima de milímetro. El análisis de frecuencias mostró una clara tendencia a permanecer en su valor más frecuente y la desviación de la moda varió entre 0-0,03m. En relación a la comparación entre mediciones con distanciómetro y sonda, el error absoluto no superó los 0,33m en ningún caso y se mantuvo relativamente constante. Sin embargo se observa una clara diferencia en la tendencia del error con la profundidad (Figura 3 superior). Si bien todas las pendientes son pequeñas, la curva para 0,88m muestra menor consistencia (mayor coeficiente de error), la cual puede ser debida a la interferencia de la señal acústica. Además, el error relativo aumenta con la cercanía al ensamble (Figura 3 inferior) pero nunca supera el 30%. Este hecho indica que la exactitud de la sonda no es independiente de la distancia al ensamble o la profundidad, sugiriendo una distancia óptima de medición entre 4m y 6m.

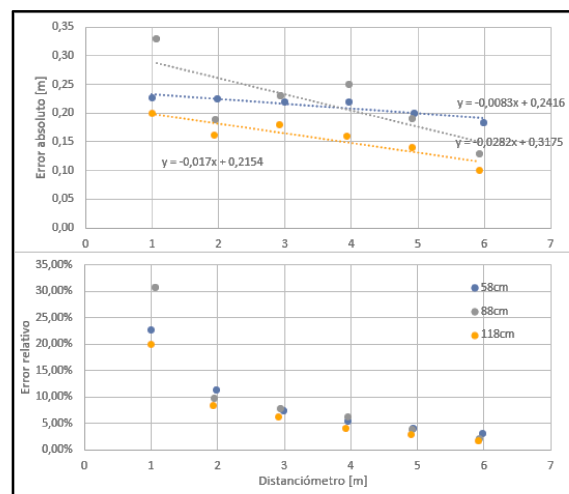


Figura 3.- Error absoluto (superior) y error relativo (inferior) para cada profundidad.

Además, para las correlaciones los coeficientes de determinación fueron siempre mayores a 0,99, por lo que, considerando la lectura del distanciómetro como la distancia real, se concluyó que las lecturas de la sonda a diferentes distancias son consistentes entre sí.

Por su parte, en las lecturas en diagonal los errores absolutos se encontraron en el mismo rango que en las lecturas perpendiculares.

Con respecto al cálculo de volumen, el determinado a partir del distanciómetro fue de $0,901\text{m}^3$ y el obtenido con los datos de la sonda, de $1,157\text{m}^3$, siendo un 22% mayor en este segundo caso (Figura 4).

Finalmente, los volúmenes de los ensambles de menor a mayor densidad fueron de $0,585\text{m}^3$, $0,593\text{m}^3$ y $0,657\text{m}^3$ (Figura 5). Entre las dos primeras densidades, la diferencia de volumen rondó el 1%, aunque el porcentaje de ocupación del segundo fue el triple que el del primero. Esto evidenció que las lecturas de la sonda son poco afectadas por la densidad de vegetación dentro del rango observado en campo. Por otra parte, entre el segundo y tercer ensamble se encontró un incremento del 10% en el volumen, lo que podría haber sido generado por un desarreglo de los tallos provocado por su mayor densidad. Para eliminar el efecto borde se redujo el área de medición a la región central y se constató que la desviación estándar de las lecturas pasó de $0,0296\text{m}$, $0,0351\text{m}$ y $0,0826\text{m}$ (ensambles con las 3 densidades) a $0,0258\text{m}$, $0,0273\text{m}$ y $0,0285\text{m}$. De estos datos se concluyó que la diferencia de volúmenes se debió entonces a un avance de tallos en la región central debido al amontonamiento y no a una respuesta particular de la sonda ante diferentes porcentajes de ocupación de vegetación.

Con respecto al objetivo 4, se obtuvo un volumen $284,5\text{m}^3$, para un ensamble de 40m de largo y con ancho medio superficial de 9m a partir de la interpolación de cada uno de los planos medidos (Figura 6).

A partir de los resultados obtenidos en ensayos experimentales y en condiciones naturales se concluye que la sonda ecógrafa Raytheon es un instrumento de medición adecuado para generar la superficie envolvente de los ensambles en condiciones naturales. No obstante, tanto la forma del talud como la línea de costa deben registrarse con mayores precisiones para lograr mejores resultados.

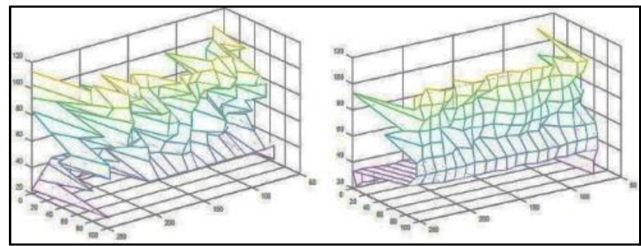


Figura 4.- Superficies envolventes relevadas con distanciómetro (izquierda) y sonda (derecha).

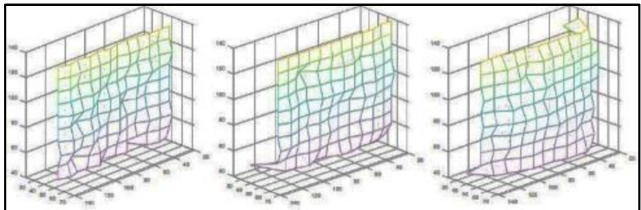


Figura 5.- Ensamblados de densidad baja (izquierda), media (centro) y alta (derecha).

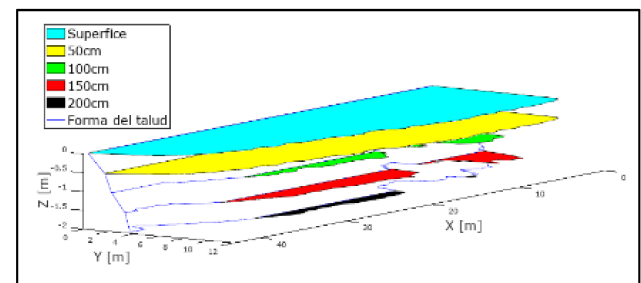


Figura 6.- Áreas con vegetación acuática arraigada a cada profundidad.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Budniewski, J.M. (2016). "Dinámica de flujo y distribución de sedimentos asociada a la presencia de vegetación acuática arraigada en cauces secundarios del Río Paraná". *XX Encuentro de Jóvenes Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral*, Santa Fe, Argentina.

Marchetti, Z.Y y Ramonell C.G. (2014). Valoración preliminar de la retención de sedimentos por hidrófitas en cauces secundarios del río Paraná Medio. *Aqua-LAC 6* (1): 8-16.

Ramonell, C.G., Szupiany, R.N., Latrubesse, E.M., García, M., Pereira, M.S., Gallego, M.G., Marchetti, Z.Y., Cafaro, E.D., Paira, A.R., Latosinski, F., Bosisio, A.C., Torres, G. (2011). Procesos de formación del río Paraná Medio. Nuevos paradigmas para su estudio. *Quinto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos*, Santiago del Estero, Argentina.