

Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo

Informe 04 – Campaña de aforos N° 1



Programa Hidráulica Computacional – Subgerencia Laboratorio de Hidráulica
Instituto Nacional del Agua

Proyecto INA 397
Informe LHA 04-397-21
Ezeiza, julio de 2021

Equipo de trabajo (por orden alfabético)

Programa Hidráulica Computacional – Subgerencia Laboratorio de Hidráulica – Instituto Nacional del Agua

Dr. Ing. Pablo E. García | Ing. Santiago Guizzardi | Ing. Leandro Kazimierski | Ing. Marina Lagos | Mayra Morale | Lic. Nicolás Ortiz | Msc. Ing. Mariano Re | Ing. Martín Sabarots Gerbec

Subgerencia Centro de la Región Semiárida – Instituto Nacional del Agua

Dr. Ing. Carlos G. Catalini | Ing. Giuliana Elcano | Msc. Ing. Ana I. Heredia Ligorria | Geol. Nadia Mortarino

Informe realizado por:

Pablo E. García

Nicolás Ortiz

Mayra Morale

Ana I. Heredia Ligorria

Marina Lagos

Nadia Mortarino

Giuliana Elcano

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	7
1.1.	Informe de la Campaña de aforos N°1.....	8
2.	Campaña de aforos N°1	9
2.1.	Técnicas de aforos líquidos.....	9
2.1.1.	Velocímetro acústico Doppler (ADV)	11
2.1.2.	Perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP).....	11
2.1.3.	Metodología LSPIV.....	14
2.2.	Resumen de actividades y resultados de la campaña de aforos N°1	16
2.3.	Conclusiones y recomendaciones.....	20
	Anexo A. Detalle de los aforos de la campaña N°1.	24
A.1.	EM01.....	25
	Aforo con ADCP	26
	Comparación con registros históricos.....	27
A.2.	EM03.....	28
	Aforo con ADV	28
	Aforo mediante la técnica LSPIV	29
A.3.	EM04.....	32
	Aforo con ADV	32
	Aforo mediante la técnica LSPIV	33
A.4.	EM06.....	36
	Aforo con ADCP	36
	Comparación con registros históricos.....	38
A.5.	EM08.....	39
	Aforo con ADCP	40
	Aforo con ADV	41
A.6.	EM10.....	43
	Aforo con ADV	43
	Aforo mediante la técnica LSPIV	45

Comparación con registros históricos.....	47
A.7. EM11.....	48
Aforo con ADCP	50
Comparación con registros históricos.....	51
A.8. EM12.....	52
Aforo con ADCP	52
Comparación con registros históricos.....	54
A.9. EM13.....	55
Aforo con ADCP	55
Comparación con registros históricos.....	57
A.10. EM14	58
Aforo con ADV	58
Aforo mediante la técnica LSPIV	59
Comparación con registros históricos.....	62
A.11. EM16	63
Aforo mediante la técnica LSPIV	63
A.12. EM17	66
Aforo con ADCP	66
Comparación con registros históricos.....	68
A.13. EM19	69
Aforo con ADCP	69
Comparación con registros históricos.....	71
A.14. EM22	72
Aforo mediante la técnica LSPIV	72
A.15. EM24	75
Aforo con ADCP	75
A.16. EM30	78
Aforo con ADCP	78
A.17. EM33	81
Aforo con ADV	81
Aforo mediante la técnica LSPIV	82
Comparación con registros históricos.....	85
A.18. EM38	87
Aforo con ADV	87

	Aforo mediante la técnica LSPIV	89
	Comparación con registros históricos.....	91
A.19.	EM39	92
	Aforo con ADV	93
	Aforo mediante la técnica LSPIV	93
A.20.	EM41	96
	Aforo con ADV	96
	Aforo mediante la técnica LSPIV	97
A.21.	EM47	100
	Aforo con ADV	100
	Aforo mediante la técnica LSPIV	102
	Comparación con registros históricos.....	103
A.22.	EM56	105
	Aforo con ADV	105
	Aforo mediante la técnica LSPIV	107
	Comparación con registros históricos.....	108
A.23.	EM63	110
	Aforo con ADV	110
	Aforo mediante la técnica LSPIV	112
	Comparación con registros históricos.....	114
A.24.	EM68	115
	Aforo con ADV	115
	Aforo mediante la técnica LSPIV	117
	Comparación con registros históricos.....	119
A.25.	EM72	120
	Aforo con ADV	120
	Aforo mediante la técnica LSPIV	122
	Comparación con registros históricos.....	124
A.26.	EM76	125
	Aforo mediante la técnica LSPIV	125
A.27.	EM77	127
	Aforo con ADV	127
	Aforo mediante la técnica LSPIV	129
A.28.	EM78	131

Aforo mediante la técnica LSPIV 131

1. Introducción

El monitoreo de parámetros ambientales dentro de la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR) es de suma importancia para la definición de acciones a realizar por la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en búsqueda de cumplir los objetivos propuestos en el Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA).

Los estudios de la calidad de agua superficial y subterránea, sedimentos y aire, se llevan a cabo en la red de estaciones de monitoreo puntual y continuo extendidas a lo largo de toda la CMR. Toda la información obtenida a partir de dichos estudios constituye un conjunto de herramientas de gestión fundamental para evaluar las acciones planificadas en materia de reducción de las fuentes de contaminación tienen sobre la calidad ambiental de la Cuenca.

Para monitorear la calidad del agua superficial, ACUMAR estableció una red que incluye puntos sobre el río principal Matanza Riachuelo, sus afluentes, distintos arroyos a lo largo de la extensión aguas arriba y hasta sus nacientes, involucrando a las 14 subcuencas que conforman la Cuenca Hídrica del Matanza Riachuelo.

El presente proyecto tiene por objetivo principal darle continuidad al monitoreo integrado y simultáneo de calidad de agua superficial y caudales que viene realizando la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en forma sistemática desde el año 2007. Para eso se plantean 3 Campañas de aforos en diferentes estaciones de la red.

Los aforos previstos para cada una de las Campañas se efectuarán utilizando diferentes técnicas, entre las que se destacan aquellas que utilizan tecnología Doppler como es el caso de ADV (*Acoustic Doppler Velocity*) y ADCP (*Acoustic Doppler Current Profilers*) y una nueva tecnología de medición indirecta de velocidades superficiales del agua, a partir de la utilización de cámaras terrestres, aéreas e incluso radares, que permiten estimar caudales líquidos mediante el postprocesamiento de los videos registrados. Para esta última tecnología, denominada velocimetría por imágenes, se usará como algoritmo de análisis el denominado '*Large Scale Particle Image Velocimetry*' (LSPIV).

Adicionalmente a las campañas mencionadas previamente, durante el Proyecto se realizará un análisis de datos y curvas H-Q en una serie de estaciones, con vistas a un diagnóstico de dichas curvas y optimización de las mismas cuando sea posible.

1.1. Informe de la Campaña de aforos N°1

En el presente informe se describen los aforos realizados correspondientes a la Campaña N°1. Los aforos se realizaron en 28 estaciones de la red de monitoreo de calidad y caudal del agua superficial de ACUMAR. Los aforos realizados en la campaña se llevaron a cabo utilizando el Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP por sus siglas en inglés), el Velocímetro Acústico Doppler (ADV por sus siglas en inglés) y la técnica de Velocimetría por Imágenes de Partículas a Gran Escala (LSPIV por sus siglas en inglés).

2. Campaña de aforos N°1

Entre los días 22 de febrero y 11 de marzo de 2021 se llevó a cabo la Campaña de aforos N°1 en simultáneo con la Campaña de muestreo de calidad. Los aforos se realizaron en las 28 estaciones definidas en el Convenio Específico N°9 INA- ACUMAR y se las presentan en la Figura 2.1.

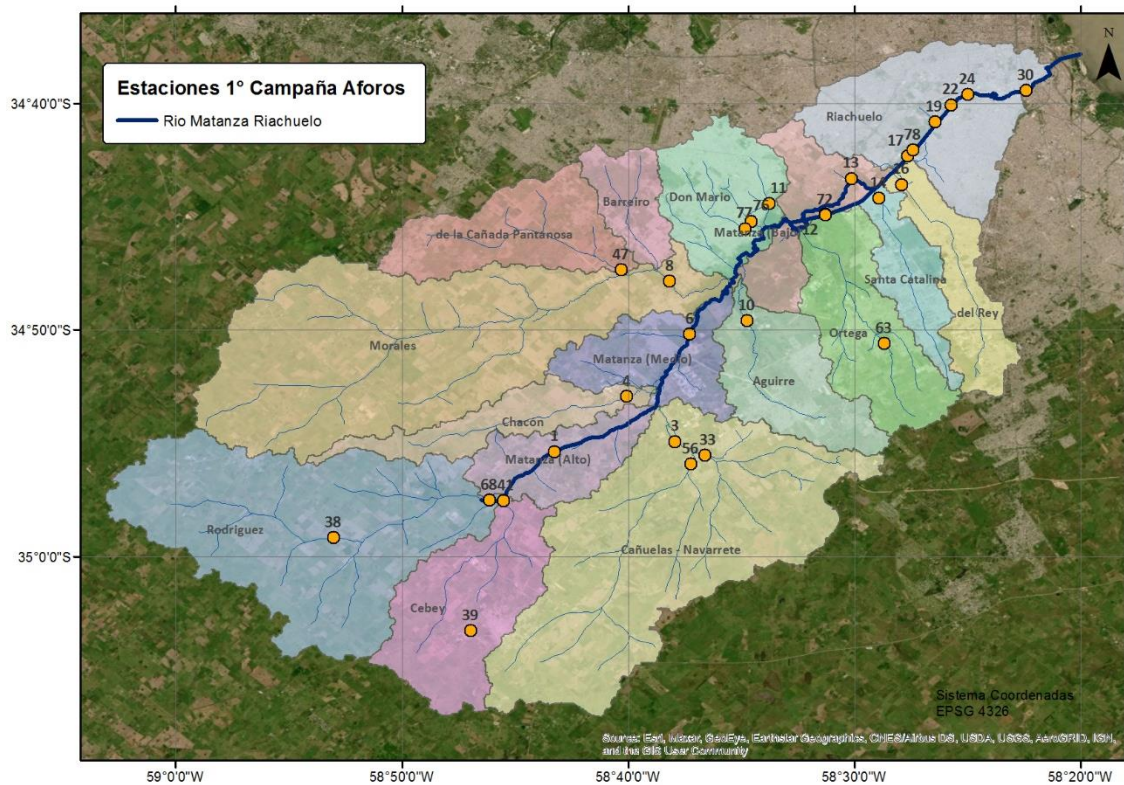


Figura 2.1. Estaciones incluidas en la campaña de aforos N°1.

2.1. Técnicas de aforos líquidos

Las técnicas de aforos líquidos en ríos y arroyos históricamente se han basado en métodos mecánicos, electromagnéticos o acústicos que requieren contacto con el flujo para la medición. Diversos problemas (seguridad, logística, interferencias en la medición, etc.) limitan la aplicabilidad de estos métodos convencionales, por lo que en las últimas décadas se han

desarrollado métodos no intrusivos basados en la detección remota de la velocidad de la superficie del agua utilizando análisis de secuencias de imágenes y radares Doppler, entre otros¹.

En el marco de las actividades de aforos líquidos realizadas en el ámbito de la cuenca Matanza-Riachuelo las metodologías utilizadas principalmente han sido las hidroacústicas. Específicamente, según el requerimiento de las secciones relevadas en la cuenca, como instrumentos de medición han sido utilizadas técnicas de medición con ADV (velocímetro acústico Doppler; Acoustic Doppler Velocity) y ADCP (perfilador de corriente acústico Doppler; Acoustic Doppler Current Profiler). La implementación de estas tecnologías basadas en el efecto Doppler (respecto de otras tradicionales como el uso de molinetes) permiten obtener velocidades del flujo con mayor precisión, y han significado una mejora sustantiva en las observaciones a partir de una mejor caracterización del flujo, disminuyendo los tiempos operativos y favoreciendo las mediciones en cursos particulares. El ADV registra puntualmente series temporales de las tres componentes del vector velocidad del flujo y generalmente se aplica en cauces pequeños (estimación de caudal, caracterización de turbulencia, estudios en capa límite; entre otros usos). El ADCP también permite medir las tres componentes de la velocidad del flujo a través de un perfil, pero se lo utiliza en cauces naturales o artificiales con valores de profundidad mayores.

Las principales técnicas de velocimetría por imágenes, los métodos no intrusivos más desarrollados, son las denominadas velocimetría por imágenes de partículas (PIV, Particle Image Velocimetry), velocimetría por seguimiento de partículas (PTV, Particle Tracking Velocimetry), y su implementación a gran escala (LSPTV y LSPIV, siendo LS en el acrónimo Large Scale). Estas técnicas de medición permiten caracterizar el campo de velocidades de flujos con alta resolución temporal y espacial mediante un análisis en el que se cuantifica el desplazamiento en el flujo de partículas sembradas (trazadores) o de patrones superficiales². El abordaje que realiza PIV es de tipo euleriano (comparando desplazamientos de patrones superficiales o grupos de partículas) y el de PTV es de tipo lagrangiano (donde se sigue a cada partícula/trazador individualmente).

A pesar de que las técnicas de velocimetría por imágenes resultan adecuadas para gran variedad de condiciones de flujo, presentan algunas limitaciones que tienen que ver con las condiciones de luminosidad sobre el curso de agua o las características de los trazadores o las estructuras superficiales, entre otras. En el marco del presente proyecto se realizará una pormenorizada evaluación de su aplicabilidad en distintas secciones de la red de estaciones de monitoreo.

A continuación se presenta el detalle de los equipos y técnicas utilizadas en las campañas de aforos como así también un resumen de sus funcionamientos.

¹ Tauro et al. (2016). "A novel permanent gauge-cam station for Surface flow observations on the Tiber River". *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems* 5.1, págs. 241-251.

² Patalano, A., C. M. García y A. Rodríguez (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, págs. 323-330.

2.1.1. Velocímetro acústico Doppler (ADV)³

El velocímetro acústico Doppler, ADV por sus siglas en inglés, mide localmente velocidades tridimensionales del flujo, utilizando el principio de corrimiento de fase Doppler. El emisor de sonido genera una señal acústica en una frecuencia conocida que se propaga a través del agua a lo largo de su eje, y es reflejada por partículas presentes en el agua (sedimento, organismos pequeños, burbujas), que se asume se desplazan a la velocidad del agua y deben tener inercia muy pequeña. Una cierta porción de la energía reflejada vuelve a lo largo de los ejes de los receptores, la señal es registrada y procesada por los distintos componentes del ADV para determinar el cambio de frecuencia debido al efecto Doppler. El ADV mide localmente las velocidades del flujo en un pequeño volumen de medición localizado entre 5 y 10 cm del instrumento, dependiendo del modelo de ADV. El rango de velocidad que el instrumento es capaz de monitorear es programable por el usuario, y los valores máximos de ese rango pueden alcanzar el valor de ± 400 cm/s.

En este proyecto se utilizó el ADV *FlowTracker2 Sontek* (ver Figura 2.2) cuyas principales características se presentan a continuación:

- Rango de velocidad de flujo a medir: 0,001 a 4,0 m/s (precisión: $\pm 1\%$ del valor medido, $\pm 0,25$ cm/s)
- Rango de profundidad de trabajo: 0,02 a 10,0 m (resolución 0,001 m)
- Frecuencia: 10 MHz

2.1.2. Perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP)⁴

En las presentes campañas se utilizó un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP) *RiverSurveyor M9*, fabricado por SonTek. El ADCP provee información batimétrica (profundidad) de la sección y de las velocidades del flujo en tres direcciones ortogonales. Este instrumento mide la velocidad del agua utilizando el principio físico llamado cambio de frecuencia Doppler. Un transductor genera un pulso de sonido a una frecuencia conocida que se propaga a través del agua. Este se refleja en todas las direcciones por las partículas que se encuentran en suspensión (sedimento, materia orgánica, etc.). Una porción de la energía reflejada vuelve hacia el transductor donde es recibida por éste y el ADCP mide el cambio de frecuencia de la señal de retorno (Figura 2.3). Este cambio de frecuencia, medido por cada transductor, se traduce en la velocidad del agua en la dirección radial del mismo.

³ Adaptado de Heredia, A. (2017). Caracterización del transporte de sedimentos en un tramo del río Tercero (Ctalamochita) utilizando tecnología acústica doppler. Tesis de Maetría.

⁴ Adaptado de Heredia, A. (2017). Caracterización del transporte de sedimentos en un tramo del río Tercero (Ctalamochita) utilizando tecnología acústica doppler. Tesis de Maetría.



Figura 2.2. ADV FlowTracker2 SonTek con sus diversos componentes (izquierda) y utilización del equipo en los aforos del presente proyecto (derecha).

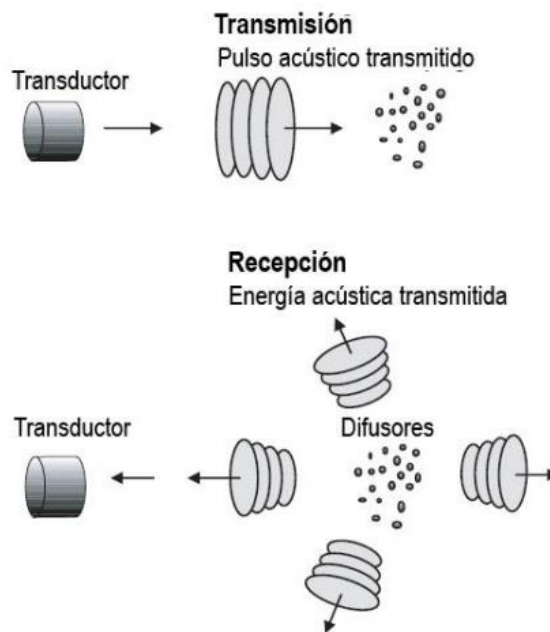


Figura 2.3. Funcionamiento del equipo ADCP⁵.

El ADCP SonTek RiverSurveyor M9 tiene un conjunto dual de cuatro sensores inclinados 25° con respecto a la vertical (Figura 2.4) en una configuración denominada “Janus” (mirando en direcciones opuestas) que emiten pulsos acústicos mediante los cuales puede medirse la

⁵ Simpson, M. R. (2001). “Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler”. Open File Report 01-1, United States Geological Survey, Sacramento, California

velocidad en tres direcciones (el sistema de cuatro rayos provee información redundante en una dirección, generalmente la vertical, que permite determinar la calidad de la medición).

Un conjunto de sensores del ADCP RiverSurveyor M9 opera con una señal acústica de 3,0 MHz mientras que el otro conjunto de cuatro sensores lo hace con 1,0 MHz. Además, este equipo posee un rayo acústico vertical que envía señales a una frecuencia menor (0,5 MHz) lo que le permite tener un mayor alcance en profundidad (Figura 2.4). Su función es medir las profundidades y obtener la batimetría y topografía del fondo de la sección. Este instrumento puede ser comandado desde una computadora personal o bien con un teléfono celular, ambos dispositivos capaces de registrar los datos medidos. Para realizar la medición y visualizar los resultados obtenidos con el ADCP se utiliza el programa computacional llamado RiverSurveyor Live. Este programa permite configurar el instrumento y registra toda la información enviada por el equipo, generando resultados en forma de tablas, gráficos e imágenes, permitiendo además exportar los resultados a otros programas para un análisis más detallado.

Las especificaciones técnicas del ADCP se presentan a continuación:

- Rango de velocidad de flujo a medir: hasta 20,0 m/s (precisión: $\pm 0,25\%$ del valor medido, $\pm 0,2$ cm/s)
- Rango de profundidad de trabajo: 0,3 a 40,0 m con Bottom Track y 0,3 a 80,0 m con RTK GPS (resolución 0,001 m)
- Frecuencia: 10 MHz
- 9 Transductores: 4 rayos de 3,0 MHz inclinados 25° , 4 rayos de 1,0 MHz inclinados 25° y un rayo vertical de 0,5 MHz



Figura 2.4. Configuración de los sensores del ADCP RiverSurveyor M9 (izquierda) y utilización del equipo en los aforos del presente proyecto (derecha)

2.1.3. Metodología LSPIV

La metodología LSPIV de medición de caudales se implementa a partir de la obtención de una videofilmación estática de la superficie de un curso de agua, con una duración de registro suficiente como para obtener parámetros estadísticos representativos que permitan la evaluación del desplazamiento de estructuras de flujo y/o trazadores superficiales. Luego, la selección de fotogramas (o frames por su nombre en inglés) del video con una discretización temporal constante, permite realizar distintos tipos de procesamientos y/o análisis para obtener la velocidad superficial del flujo.

Conocida la batimetría se una sección transversal y con el campo de velocidades en superficie, asumiendo que la distribución de velocidades en la columna de agua presenta una distribución logarítmica estándar, se puede obtener interpolando el perfil en cada punto de la misma. Finalmente, con esta información se puede calcular el caudal total en la sección. En la Figura 2.5 se presenta un esquema simplificado del campo de velocidades superficiales obtenido con LSPIV y los perfiles verticales de velocidad estimados en una sección transversal conocida.

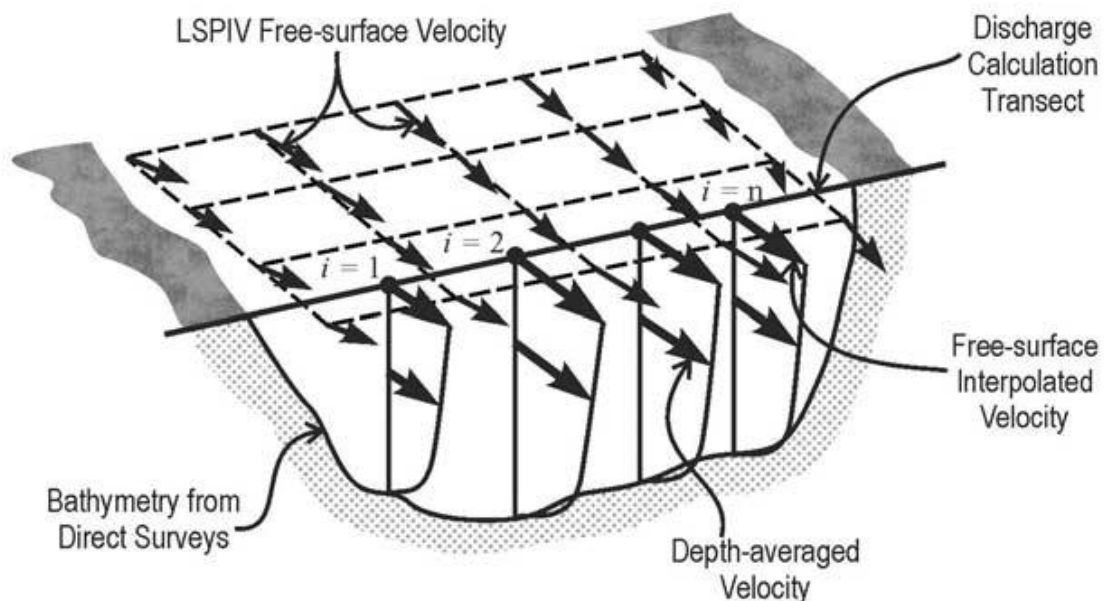


Figura 2.5. LSPIV - Esquema de velocidades superficiales observadas e interpolación en una sección transversal conocida⁶.

La toma de los videos consiste en una etapa fundamental de la aplicación de esta técnica. Las filmaciones pueden ser ocasionales (generalmente de baja calidad) y/o planificadas. Para estas últimas se considera la posibilidad de realizarlas mediante la utilización de cámaras de video fijas (en trípodes o estructuras ad-hoc) o cámaras en VANTs (drones).

⁶ Muste, M., I. Fujita y A. Hauet (2008). "Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments". Water Resources Research 44.4.

Para una correcta aplicación de la técnica LSPIV, en caso de no poder registrar un flujo con patrones de escurrimiento superficiales dinámicos, es necesario contar con trazadores identificables en la superficie, de lo contrario el cálculo de velocidades no resulta con una adecuada precisión. La selección de trazadores debe realizarse considerando una densidad similar a la del líquido y preferentemente de forma esférica. El movimiento de trazadores muy livianos puede verse afectado por la acción del viento, mientras que trazadores de densidad excesiva pueden hundirse dificultando su detección. Las partículas elegidas deben ser capaces de seguir el movimiento superficial del fluido y de no interrumpirlo.

La estimación de las velocidades superficiales del flujo, en el marco de la etapa de procesamiento de imágenes, resulta posible utilizar una variedad de algoritmos de acuerdo al software que se utilice. En el proyecto se utilizarán dos softwares: RIVeR⁷ y Fudaa⁸

En el proceso de cálculo de caudal, dado que la velocidad superficial en un curso de agua resulta representativa de la velocidad promediada en la vertical, resulta necesario determinar el coeficiente α que relaciona a ambos valores (Figura 2.6). Este coeficiente α depende de la forma del perfil vertical de velocidades y de la geometría de la sección (relación de aspecto: ancho sobre radio hidráulico) y además puede verse afectado por los números de Froude y Reynolds y la micro y macro rugosidad de fondo⁹.

Más detalles de esta metodología, junto con varios ejemplos de aplicación, pueden encontrarse en el Informe LHA 01-397-21 “Estado del arte de la medición de caudales utilizando la técnica de velocimetría por imágenes” desarrollado en el marco del presente Convenio.

⁷ Patalano, A., C. M. García y A. Rodríguez (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, págs. 323-330.

⁸ Perks et al. (2020). “Towards harmonisation of image velocimetry techniques for river surface velocity observations”. En: *Earth System Science Data* 12.3

⁹ Muste, M., I. Fujita y A. Hauet (2008). “Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments”. *Water Resources Research* 44.4.

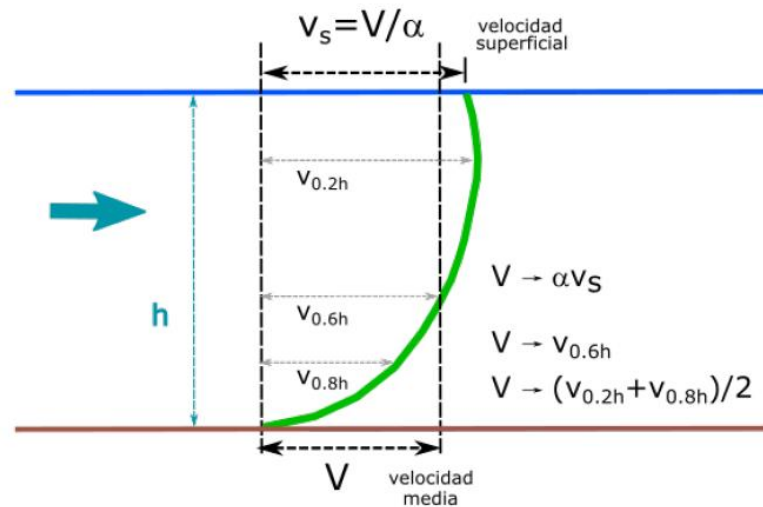


Figura 2.6. Perfil vertical teórico de velocidad.

2.2. Resumen de actividades y resultados de la campaña de aforos N°1

El resumen de los resultados de la campaña de aforos N°1 se presenta en la Tabla 2.1. Los datos informados son: Fecha y hora del aforo, técnica utilizada, nivel de la escala (en los casos donde las mismas se encontraban en correctas condiciones), cota IGN de la superficie del curso de agua, caudal aforado, incertidumbre asociada al caudal aforado, área total de la sección, ancho total de la sección, profundidad media y velocidad media.

El detalle del aforo en cada una de las estaciones junto con el registro fotográfico del mismo se puede encontrar en el Anexo A que acompaña este informe.

Tabla 2.1. Resultados de los aforos realizados en la campaña de aforos N°1

Estación		Fecha	Hora	H escala	Nivel IGN	Método de aforo	Q	Incertidumbre aforo	Área total	Ancho Total	Vel. media	Prof. media
N°	Código			[m]	[m IGN]		[m ³ /s]	[%]	[m ²]	[m]	[m/s]	[m]
01	MatyRut3- 1	26/02/2021	10:45	0,63± 0,01	10,51 ± 0,03	ADCP	0,47	9,9	3,09	7,42	0,15	0,42
03	ArroCanu- 3	24/02/2021	12:45	-	7,49 ± 0,03	ADV	1,66	2,8	3,10	9,50	0,54	0,33
			14:10			LSPIV	2,48	-	3,10	9,50	0,80	0,33
04	ArroChac- 4	01/03/2021	11:15	-	11,50 ± 0,03	ADV	0,20	3,0	1,10	6,40	0,18	0,17
			12:40			LSPIV	0,23	-	1,10	6,40	0,21	0,17
06	AgMolina- 6	26/02/2021	12:10	1,35 ± 0,01	4,25 ± 0,03	ADCP	1,79	5,0	15,82	19,03	0,11	0,83
08	ArroMora- 8	25/02/2021	13:00	-	4,50 ± 0,03	ADCP	0,81	5,0	6,83	12,42	0,12	0,55
			12:20			ADV	0,78	3,1	6,75	12,2	0,12	0,55
10	ArroAgui- 10	02/03/2021	9:20	0,70 ± 0,01	4,45 ± 0,03	ADV	0,09	3,8	0,50	1,50	0,18	0,33
			10:20			LSPIV	0,07	-	0,50	1,50	0,14	0,33
11	ArroDMar- 11	02/03/2021	11:25	1,10 ± 0,01	2,91 ± 0,03	ADCP	0,78	25,8	12,25	11,18	0,06	1,10
12	AutoRich- 12	04/03/2021	9:40	0,43 ± 0,01	0,88 ± 0,03	ADCP	3,25	11,2	30,52	24,48	0,11	1,25
13	DepuOest- 13	04/03/2021	11:40	0,86 ± 0,01	0,89 ± 0,03	ADCP	2,25	8,9	8,13	18,12	0,28	0,45
14	ArroSCat – 14	03/03/2021	13:20	0,46 ± 0,01	0,98 ± 0,03	ADV	0,49	3,3	1,80	6,30	0,27	0,29
			14:20			LSPIV	0,60	-	1,80	6,30	0,33	0,29

16	ArrodRey- 16	04/03/2021	14:00	-	0,63 ± 0,03-	LSPIV	1,31	-	7,96	13,27	0,16	0,60
17	PteLaNor- 17	05/03/2021	09:40	2,30 ± 0,01	-	ADCP	-2,88	10,0	81,51	56,85	-0,04	1,43
19	ArroCild- 19	05/03/2021	12:00	1,59 ± 0,01	-	ADCP	-2,27	10,0	95,70	49,97	-0,02	1,92
22	DPel1900- 22	05/03/2021	13:45	-	-	LSPIV	0,42	-	6,22	3,65	0,07	1,70
24	PteUribu- 24	08/03/2021	11:20	-	-	ADCP	-11,32	10,0	177,4	56,85	-0,06	3,12
30	PtePueyr- 30	08/03/2021	12:30	-	-	ADCP	-45,62	10,0	250,0	79,68	-0,18	3,14
33	ArroCanu2- 33	24/02/2021	09:15	0,42 ± 0,01	9,62 ± 0,03	ADV	1,21	2,4	4,10	10,50	0,30	0,39
			10:10			LSPIV	0,80	-	4,10	10,50	0,20	0,39
38	ArroRod- 38	11/03/2021	10:45	0,39 ± 0,01	22,75 ± 0,03	ADV	0,034	3,5	2,30	7,00	0,02	0,33
			11:45			LSPIV	0,083	-	2,30	7,00	0,04	0,33
39	ArroCeb- 39	23/02/2021	09:30	-	25,20 ± 0,03	ADV	0,33	5,5	1,10	4,10	0,30	0,27
			10:10			LSPIV	0,26	-	1,10	4,10	0,24	0,27
41	ArroCeb4- 41	23/02/2021	12:45	-	14,12 ± 0,03	ADV	0,69	3,3	1,60	4,50	0,43	0,36
			13:45			LSPIV	0,64	-	1,60	4,50	0,40	0,36
47	ArroPant2- 47	25/02/2021	09:30	0,50 ± 0,01	7,16 ± 0,03	ADV	0,10	3,6	1,10	2,90	0,09	0,38
			10:35			LSPIV	0,15	-	1,10	2,90	0,14	0,38
56	ArroCanuEMC- 56	24/02/2021	10:40	0,33 ± 0,01	9,81 ± 0,03	ADV	0,58	3,8	1,60	5,00	0,36	0,32
			11:40			LSPIV	0,58	-	1,60	5,00	0,36	0,32
63	ArroOrt2- 63	03/03/2021	09:25	0,00 ± 0,01	11,87 ± 0,03	ADV	0,024	3,4	0,30	2,20	0,08	0,14
			10:30			LSPIV	0,023	-	0,30	2,20	0,08	0,14
68	ArroRod1- 68	11/03/2021	13:10	0,15 ± 0,01	14,75 ± 0,03	ADV	0,13	3,1	0,46	5,70	0,28	0,08

			14:10			LSPIV	0,09	-	0,46	5,70	0,20	0,08
72	DescRocha- 72	03/03/2021	12:05	0,35 ± 0,01	-	ADV	0,15	3,6	0,97	3,60	0,15	0,27
			11:40			LSPIV	0,16	-	0,97	3,60	0,16	0,27
76	ArroSusana- 76	02/03/2021	13:50	-	-	LSPIV	0,03	-	0,36	5,14	0,08	0,07
77	ArroDupuy- 77	02/03/2021	12:45	-	3,92 ± 0,03	ADV	0,25	3,8	0,83	3,00	0,30	0,28
			13:25			LSPIV	0,23	-	0,83	3,00	0,28	0,28
78	AlivCild - 78	05/03/2021	10:45	-	-	LSPIV	0,073	-	1,61	8,05	0,05	0,20

2.3. Conclusiones y recomendaciones

Se pudieron realizar los aforos en las veintiocho estaciones previstas con las diferentes técnicas propuestas en el Convenio. Se pudo trabajar en forma coordinada con el resto de los equipos de trabajo que participaron en la campaña (tanto con el equipo encargado del muestreo de calidad del INA como con el equipo de ACUMAR que acompañó en todas las estaciones de monitoreo).

Se destaca la implementación de la técnica de aforo por velocimetría de imágenes (LSPIV) por primera vez en una campaña de muestreo realizada por ACUMAR. En muchas secciones donde se pudo aforar utilizando LSPIV, la técnica resultó prometedora, mostrando algunas ventajas comparativas con otras técnicas entre las cuales se destacan: i) menores tiempos de aforo, ii) minimizar o evitar el contacto con aguas contaminadas por parte del personal involucrado en las mediciones y iii) no requerir instrumental de alta complejidad para el aforo. Obviamente esta técnica tiene sus limitaciones (como cualquier otra) y se encontraron varias secciones donde las condiciones para implementarla no fueron las ideales, afectando los resultados obtenidos. Las principales restricciones para el aforo mediante LSPIV que se encontraron en esta campaña fueron la presencia de algas, islas de vegetación y residuos sólidos flotantes en los cursos de agua que dificultaron el sembrado de trazadores y/o retuvieron a los mismos.

Si analizamos la performance de los aforos mediante velocimetría por imágenes (comparando los resultados con los obtenidos mediante ADV) vemos que en cursos limpios (es decir sin vegetación ni residuos sólidos flotantes) las diferencias entre ambas técnicas están en el orden del 10%. Cuando se aforó en cursos que presentaban residuos flotantes las diferencias son menores al 15%. En el caso de cursos con presencia de algas o vegetación las diferencias aumentan y se encuentran en torno del 35%. Entrando en el análisis particular de los aforos en las diferentes estaciones de monitoreo podemos ver lo siguiente:

- En la EM16 y en la EM76 el aforo se hizo en un tiempo acotado aprovechando que se tenían marcados y georreferenciados los puntos fijos desde la campaña de recorrida inicial¹⁰. En este tipo de secciones canalizadas el aforo mediante LSPIV muestra sus mayores ventajas (puesto que tampoco es necesario relevar la sección).
- En la EM16 el aforo con LSPIV evitó que el personal tuviese que entrar en contacto directo con aguas que presentaban importantes cantidades de residuos y descargas cloacales domésticas (ver Figura 2.7).
- En la EM78 la técnica LSPIV evitó tener que acceder a la sección de aforo, con las dificultades que eso acarrea, bajo diferentes condiciones hidrológicas del Riachuelo, dada su ubicación (ver Figura 2.8).
- La presencia de islas de vegetación en las estaciones de monitoreo EM03 y EM33 dificultó el sembrado de trazadores, tal como se observa en la Figura 2.9.
- Las algas superficiales (Figura 2.10) encontradas en la EM68 complicaron el libre escurrimiento de los trazadores.

¹⁰ INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

- La sección aforada en la EM38 no resultó adecuada para utilizar velocimetría por imágenes. Aguas arriba de la misma se encontraban varias piedras que dificultaron el sembrado de trazadores como se muestra en la Figura 2.11.
- Los aforos con LSPIV en las estaciones de monitoreo EM41, EM56, EM63, EM72 y EM77 presentaron diferencias menores al 8% respecto de los caudales obtenidos mediante ADV.



Figura 2.7. Residuos flotantes en la EM16.



Figura 2.8. Ubicación de la EM78 en la margen izquierda del Riachuelo.



Figura 2.9. Isla de vegetación en la EM33.

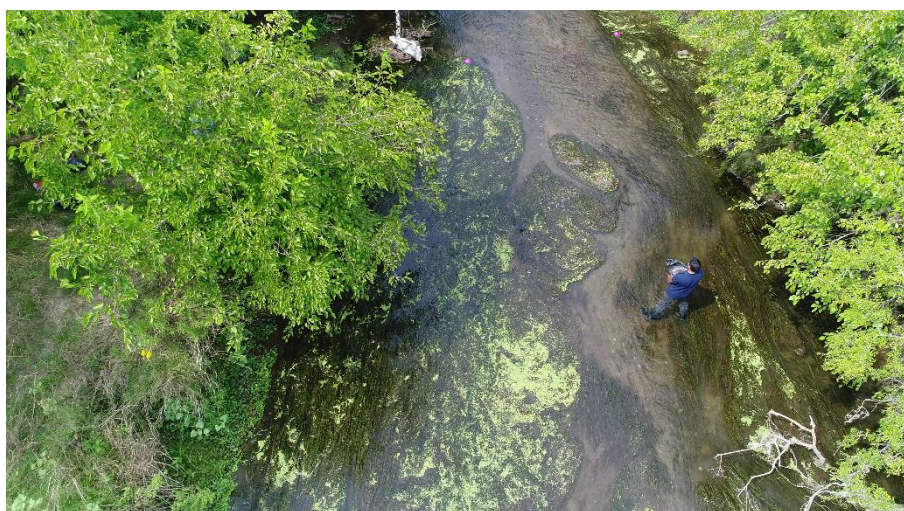


Figura 2.10. Algas en la sección de aforo de la EM68.



Figura 2.11. Piedras aguas arriba de la sección de aforo de la EM38.

Por último los aforos realizados con ADV y ADCP mostraron una muy buena performance, obteniéndose incertidumbres medias en la campaña del orden del 5% lo cual se considera muy satisfactorio.

Anexo A. Detalle de los aforos de la campaña N°1.

A.1. EM01

El día 26/02/2021 a las 09:30 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 1° campaña de aforos. La sección se encontraba con un correcto mantenimiento. El aforo en esta sección se realizó con ADCP en la sección ubicada entre los puentes viales de la RN3. (Figura A.1).

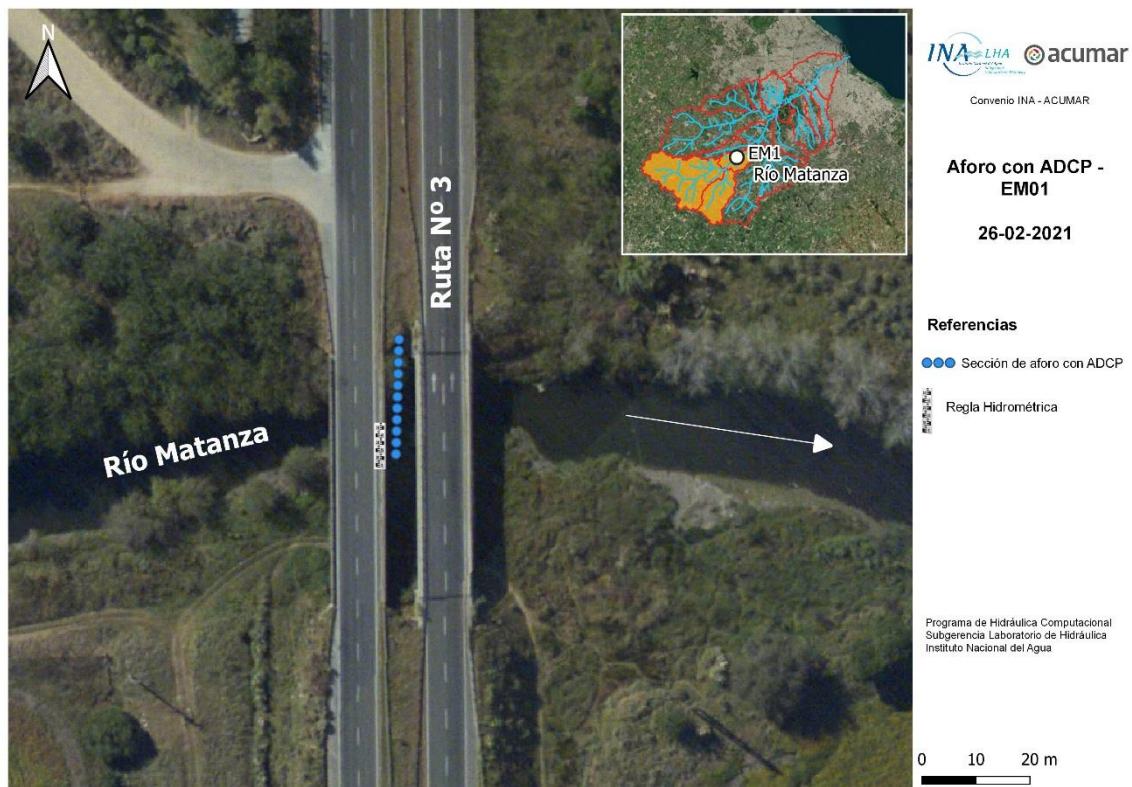


Figura A.1. Secciones de aforo en la EM01.

El curso del río Matanza se encontraba en una situación de aguas bajas. En la Figura A.2 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,63 \pm 0,01$ m a las 10:00 hs (correspondiente a una cota $17,98 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.2).

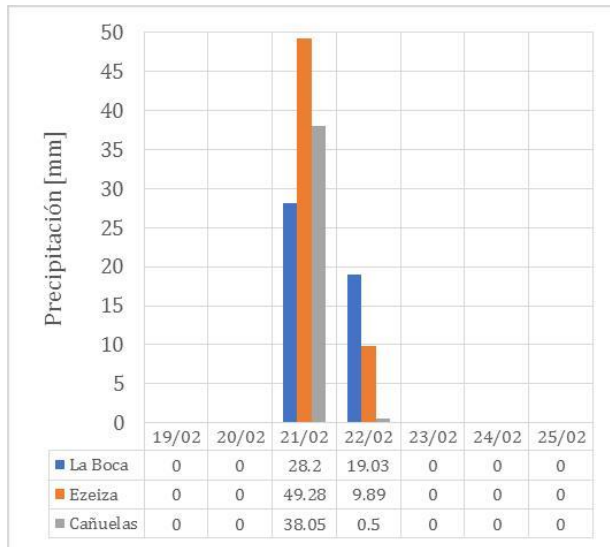


Figura A.2. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica de la EM01 (derecha).

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambos márgenes del curso de agua (ver Figura A.3). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 9,9%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.4.



Figura A.3. Aforo con ADCP en la EM01.

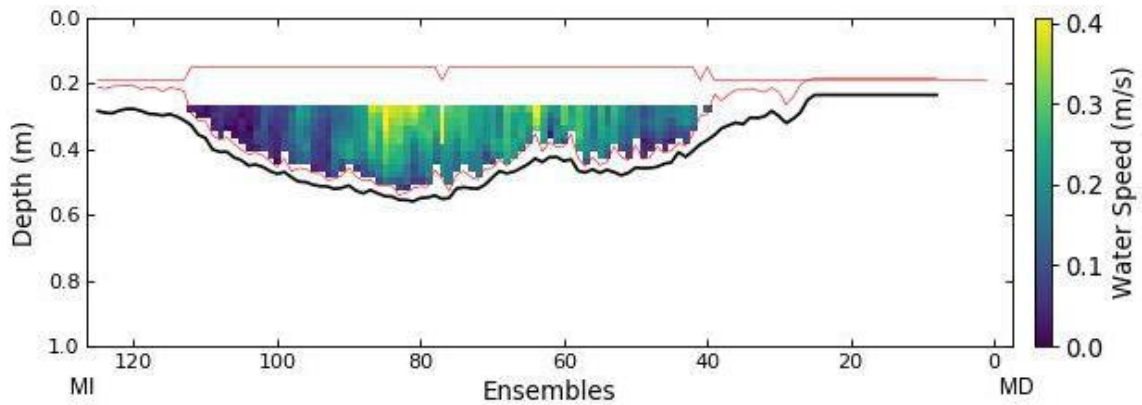


Figura A.4. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM01 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Comparación con registros históricos

La Figura A.5 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM01 y la comparación con los valores obtenidos en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

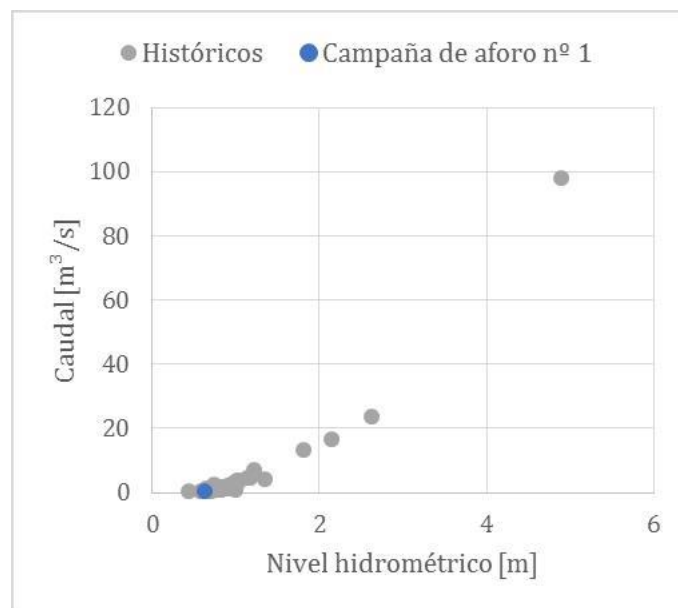


Figura A.5. Registros históricos de niveles y caudales en la EM01.

A.2. EM03

El aforo en esta estación se realizó el día 24/02/2021. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la Autopista Ezeiza-Cañuelas (Figura A.6). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañuelas presentaba una situación de aguas bajas, aunque el flujo corría con una importante velocidad producto de las lluvias registradas en los días anteriores, tal como se muestra en la Figura A.7. El nivel de la superficie de agua a las 12:55 hs fue de $7,49 \pm 0,03$ m IGN y se determinó con el GPS diferencial a no encontrarse el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección.



Figura A.6. Sección de aforo en la EM03.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.8) se realizó desde las 12:45 hs hasta las 13:45 hs. Se obtuvo un caudal de $1,66 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 2,8%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.9.

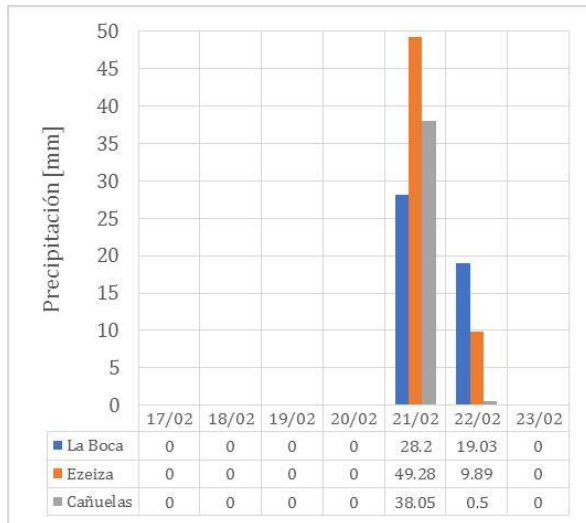


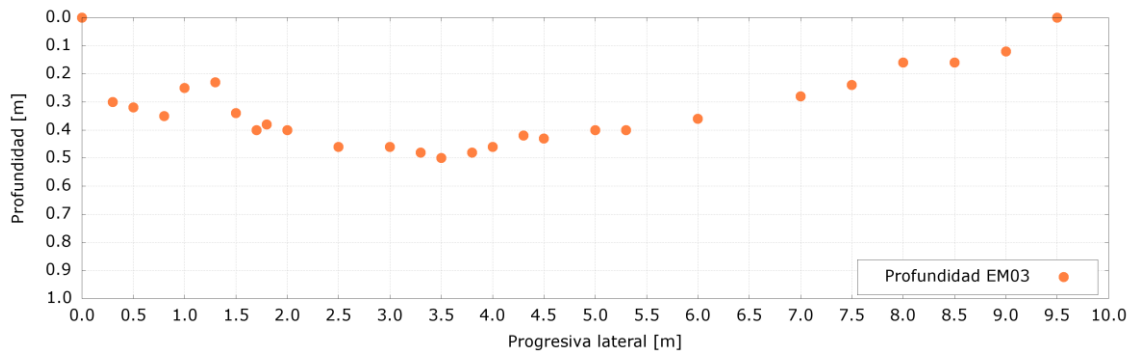
Figura A.7. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



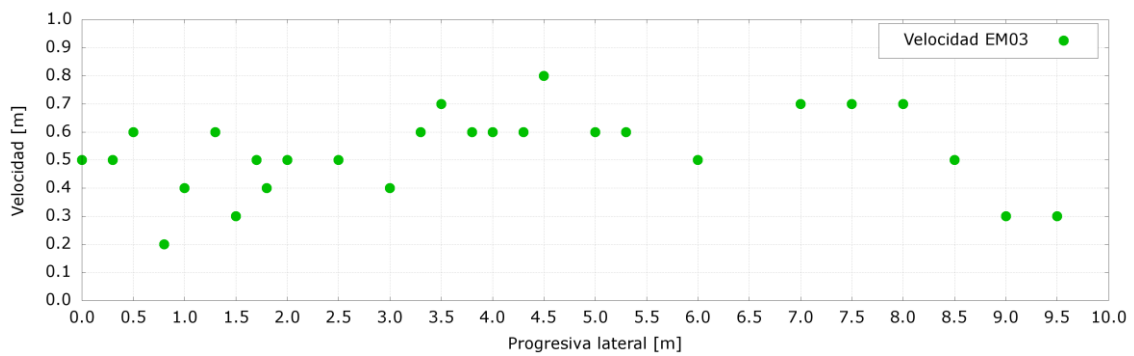
Figura A.8. Aforo con ADV en la EM03.

Aforo mediante la técnica LSPIV

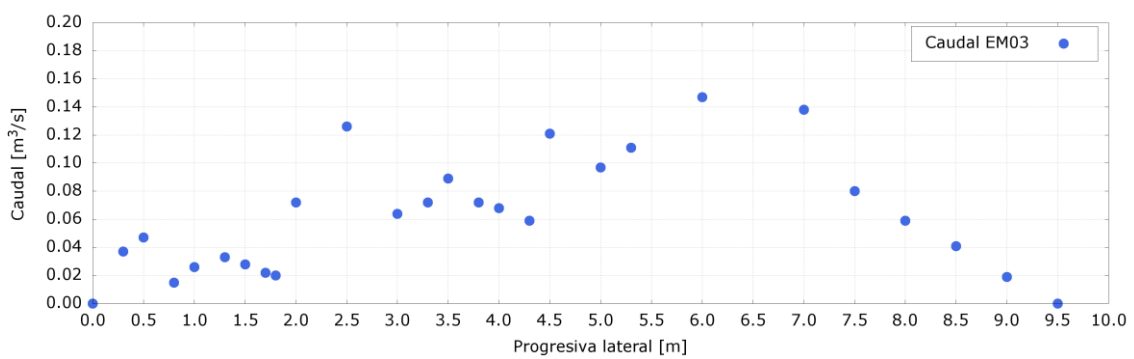
Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 2 puntos fijos dispuestos a nivel de agua. Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cañuelas 20 metros aguas arriba de la sección de aforo (Figura A.10). El aforo se realizó a las 14:10. La Figura A.11 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 1,0 m/s en la sección de aforo. El caudal obtenido fue de 2,48 m³/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.9. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM03 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



a) Medición de distancia de puntos fijos



b) Sembrado de trazadores

Figura A.10. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM03

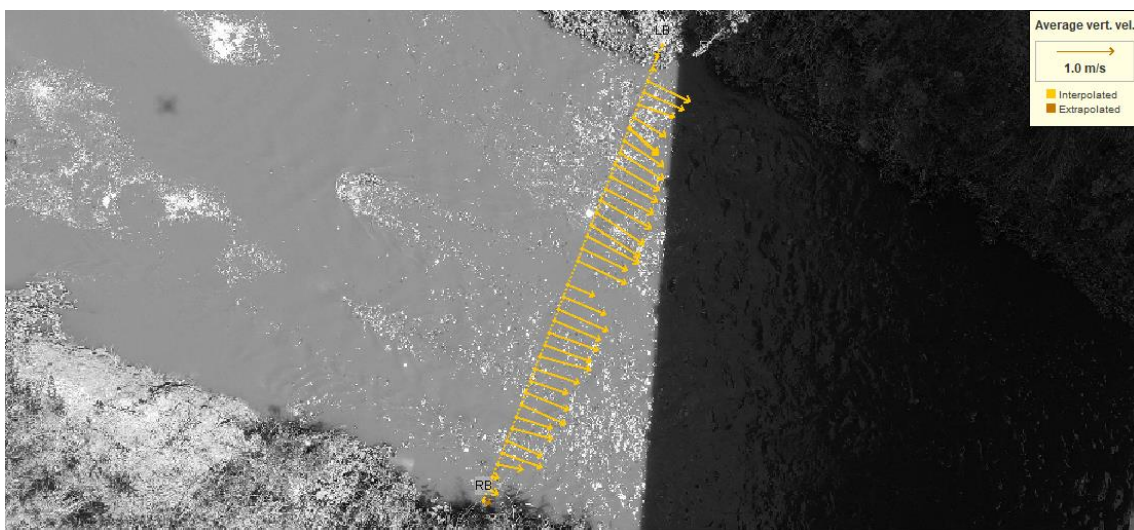


Figura A.11. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

A.3. EM04

El aforo en esta estación se realizó el día 01/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Miguel Planes (Figura A.12). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Chacón presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.13 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel de la superficie de agua a las 11:10 hs fue de $11,50 \pm 0,03$ m IGN y se determinó con el GPS diferencial a no encontrarse el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección.

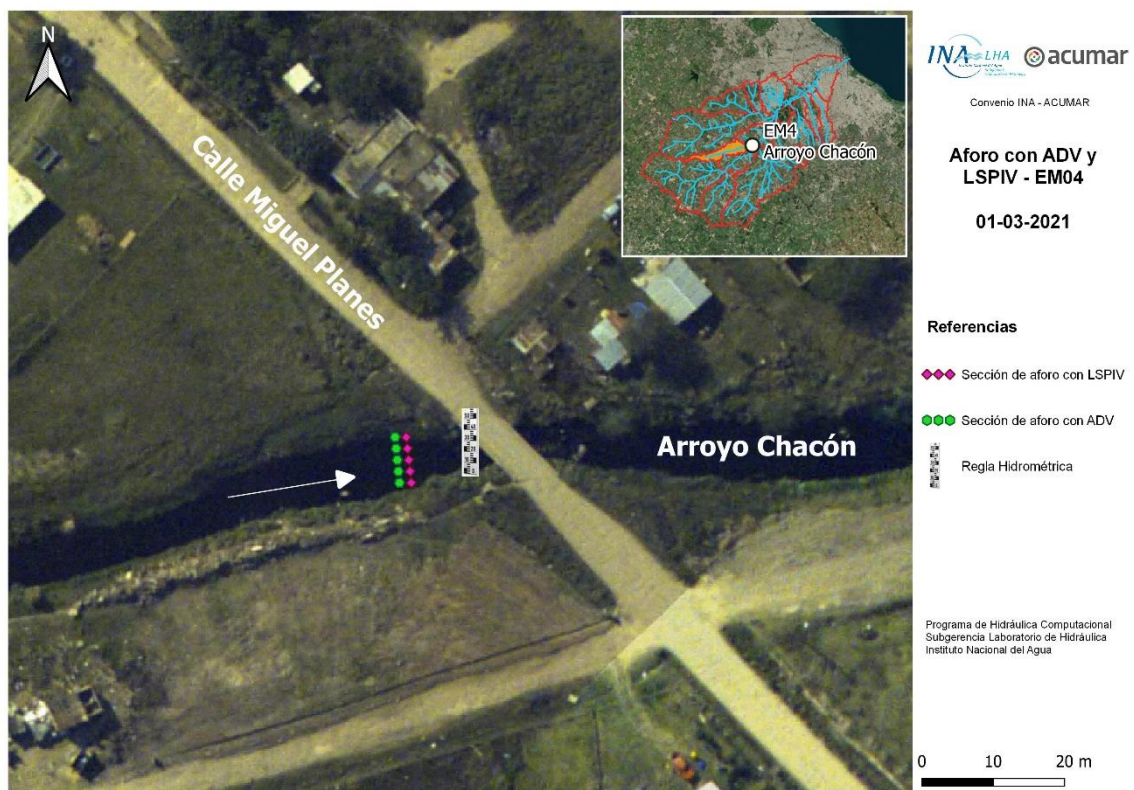


Figura A.12. Sección de aforo en la EM04.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (ver Figura A.14) se realizó desde las 11:15 hs hasta las 12:10 hs. Se obtuvo un caudal de $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.15.

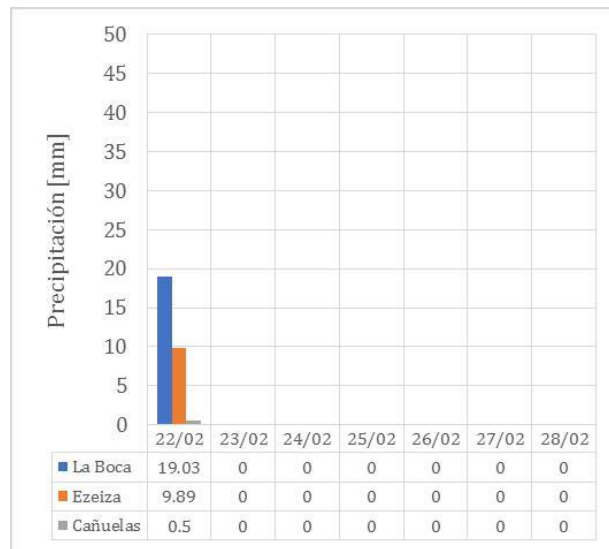


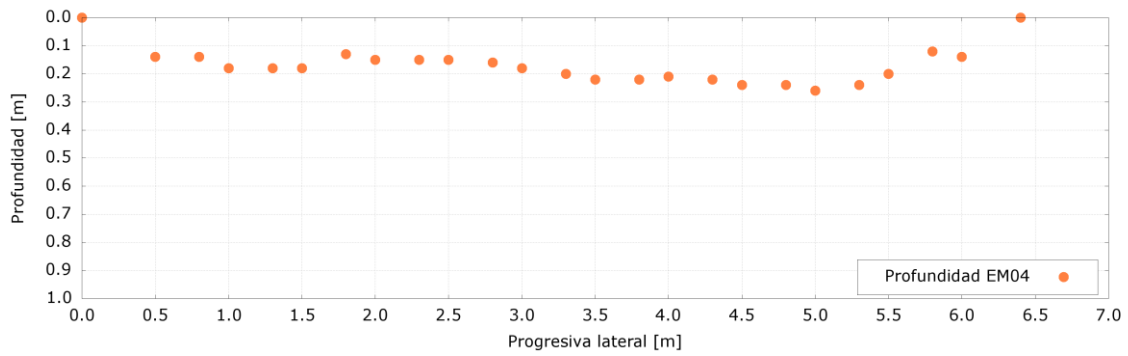
Figura A.13. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.



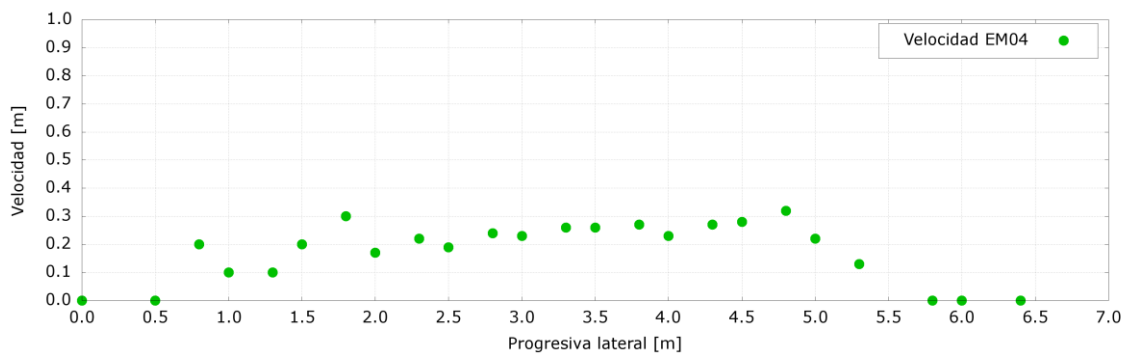
Figura A.14. Aforo con ADV en la EM04.

Aforo mediante la técnica LSPIV

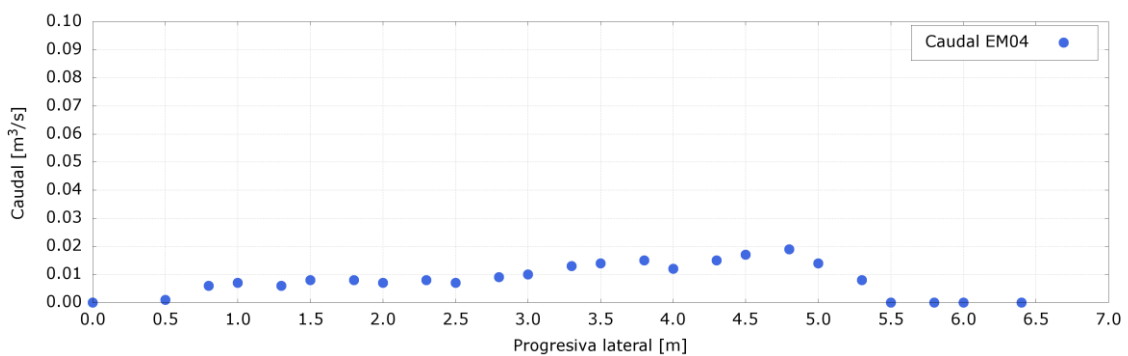
Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 2 puntos fijos dispuestos a nivel de agua. Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por viruta de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Chacón 10 metros aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.16 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,30 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,23 m³/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.15. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM04 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

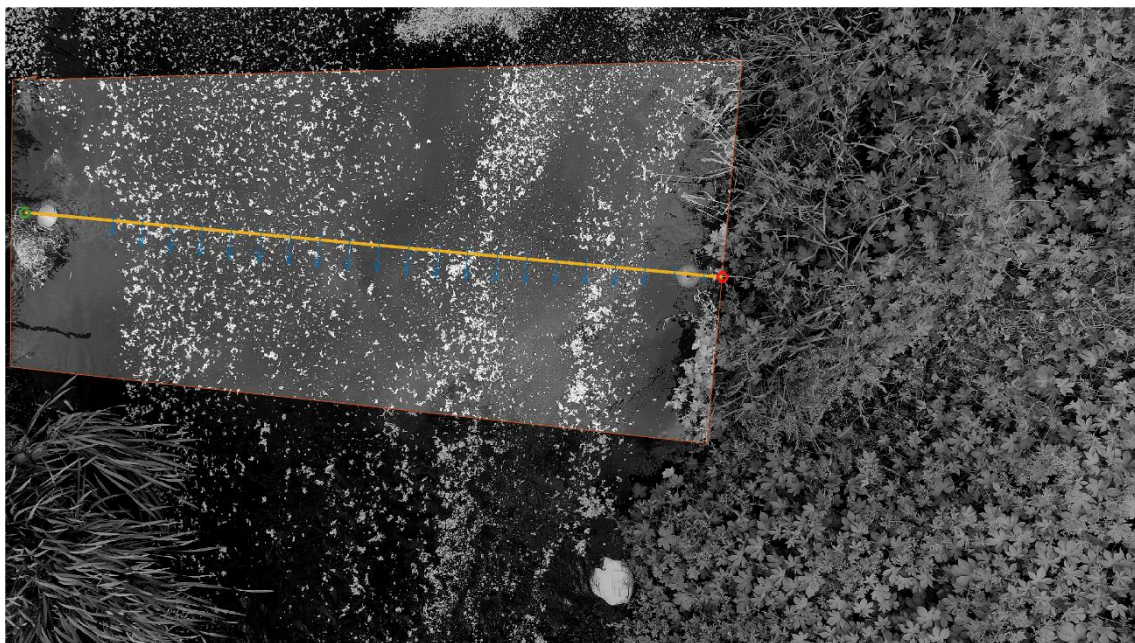
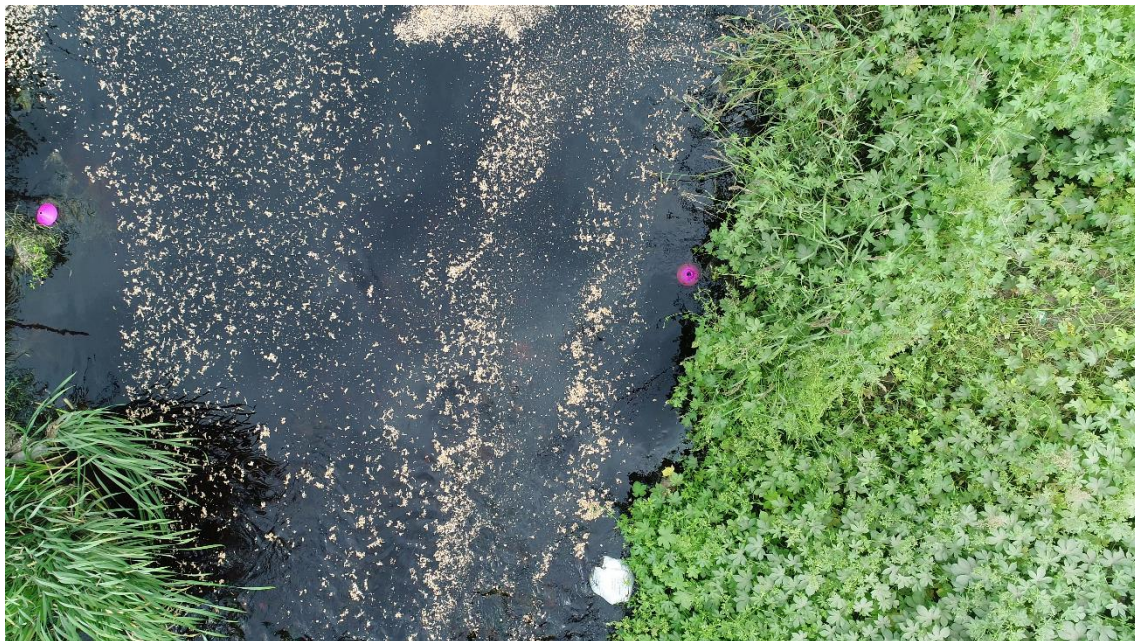


Figura A.16. Aplicación de la técnica LSPiV en la EM04: Sembrado de trazadores (figura superior) y campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER (figura inferior).

A.4. EM06

El aforo en esta estación se realizó el día 26/02/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial de la calle Blas Parera (Figura A.17). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Matanza presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.18 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $1,35 \pm 0,01$ m a las 12:10 hs (correspondiente a una cota $4,25 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.18).



Figura A.17. Sección de aforo en la EM06.

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambos márgenes del curso de agua (ver Figura A.19). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $1,79 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 5%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.20.

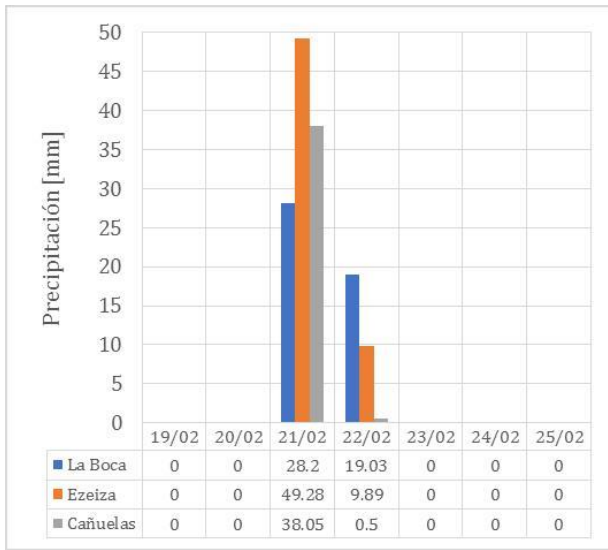


Figura A.18. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

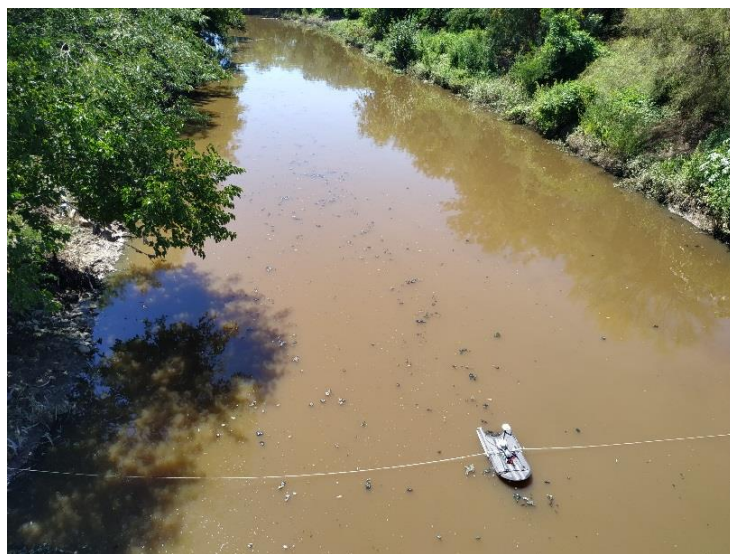
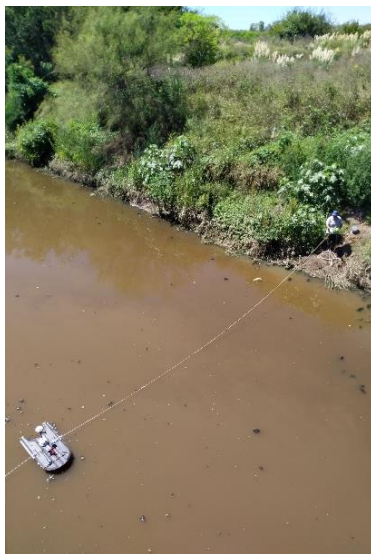


Figura A.19. Aforo con ADCP en la EM06.

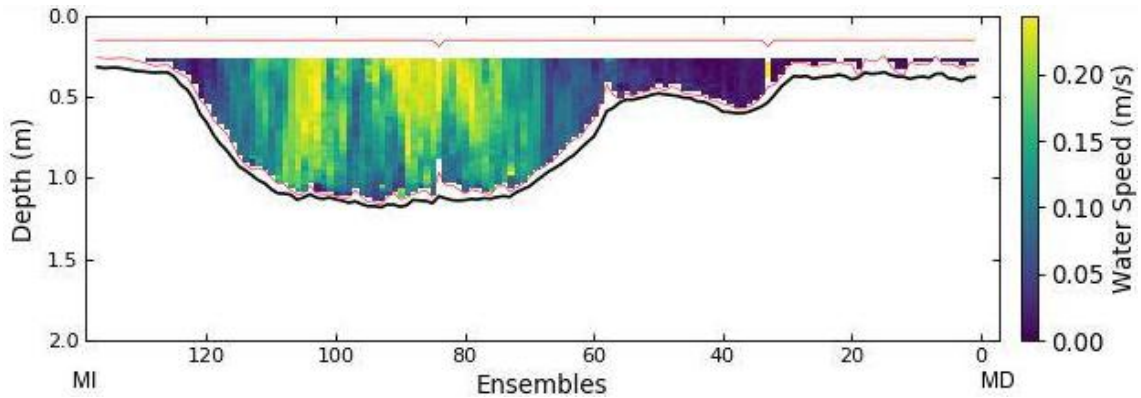


Figura A.20. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM06 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Comparación con registros históricos

La Figura A.21 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM06 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas bajas.

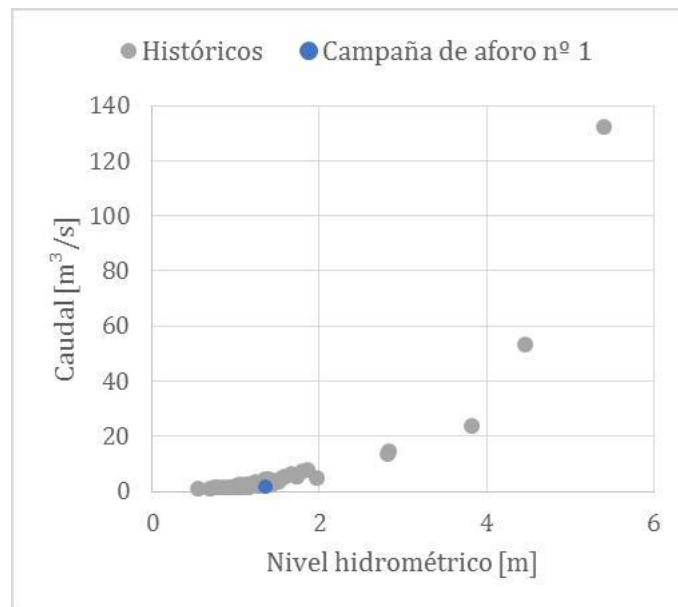


Figura A.21. Registros históricos de niveles y caudales en la EM06.

A.5. EM08

El día 25/02/2021 a las 11:10 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°1. El aforo se realizó aguas abajo del puente de la calle Manuel Castilla Hidalgo (Figura A.22) utilizando tanto el equipo ADCP como el ADV. No se pudo implementar la técnica LSPIV debido a la presencia de algas en la sección (ver Figura A.23). En la Figura A.24 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. Se midió la cota del arroyo Morales a las 12:00 hs, siendo la misma de $4,50 \pm 0,03$ m IGN. Dado el nivel del arroyo Morales, no se pudo realizar lectura en la escala hidrométrica (nivel que se correspondía al tramo 1 de la regla que no se encuentra actualmente).



Figura A.22. Sección de aforo en la EM08.

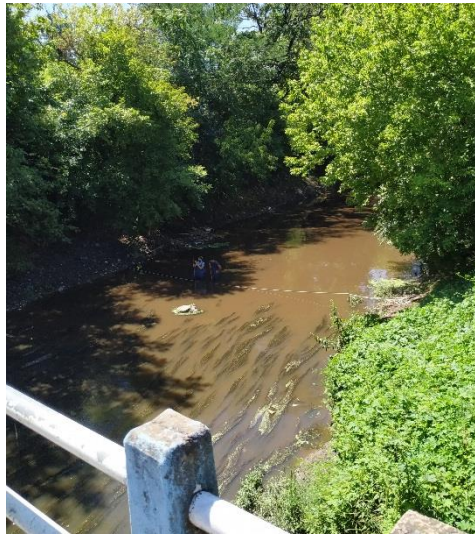


Figura A.23. Presencia de algas en la EM08

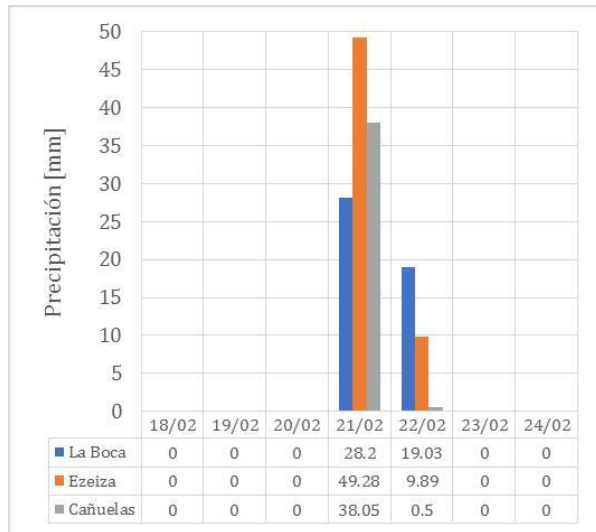


Figura A.24. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM 08

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambos márgenes del curso de agua (ver Figura A.25). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $0,81 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 5,0%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.26.



Figura A.25. Aforo con ADCP en la EM08.

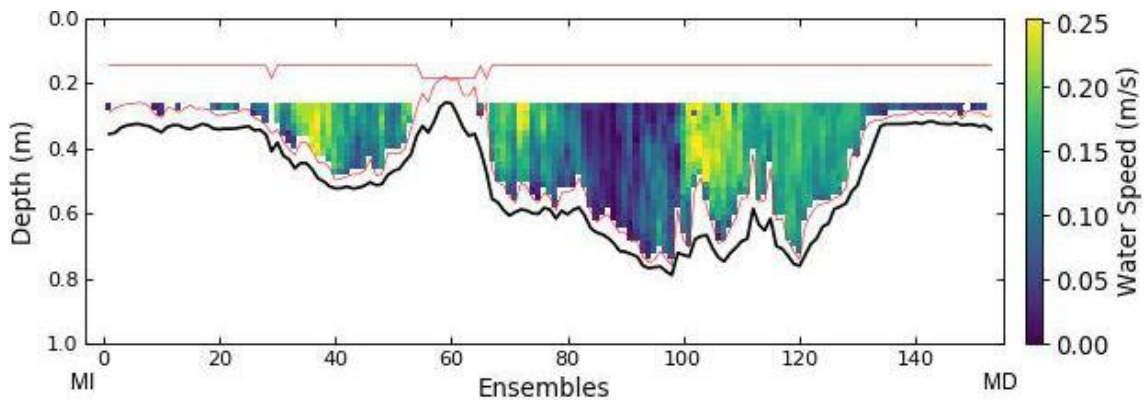


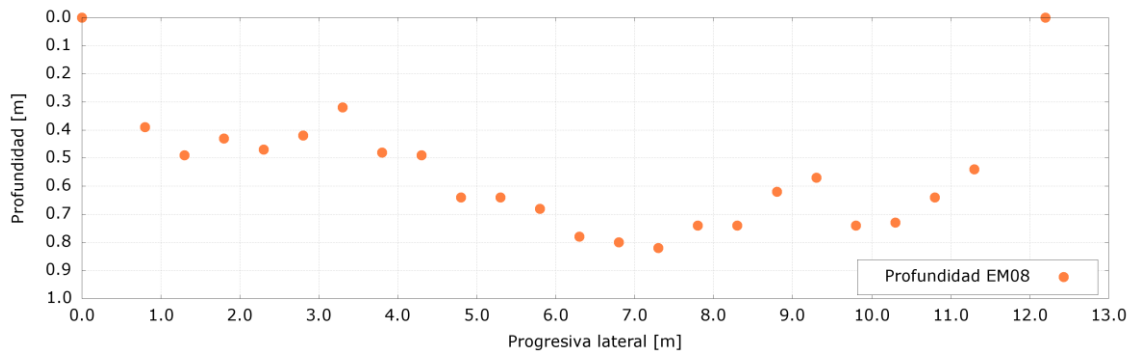
Figura A.26. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM08 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Aforo con ADV

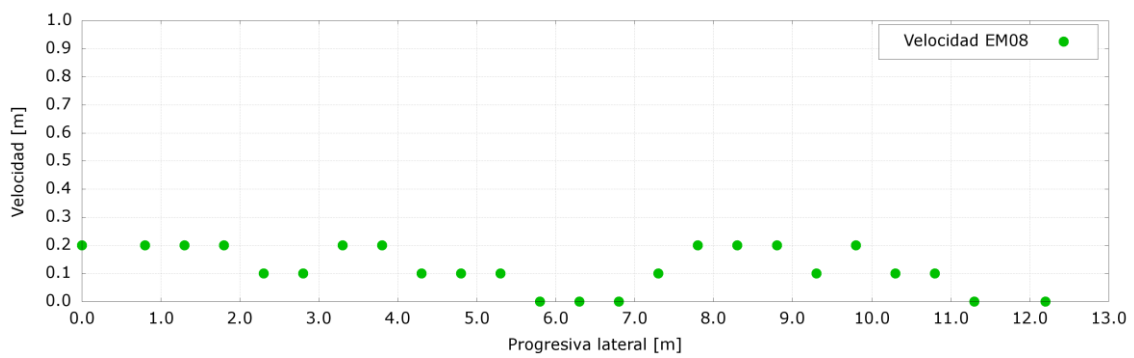
El aforo con ADV (Figura A.27) se realizó desde las 12:45 hs hasta las 13:45 hs. Se obtuvo un caudal de $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,1%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.28.



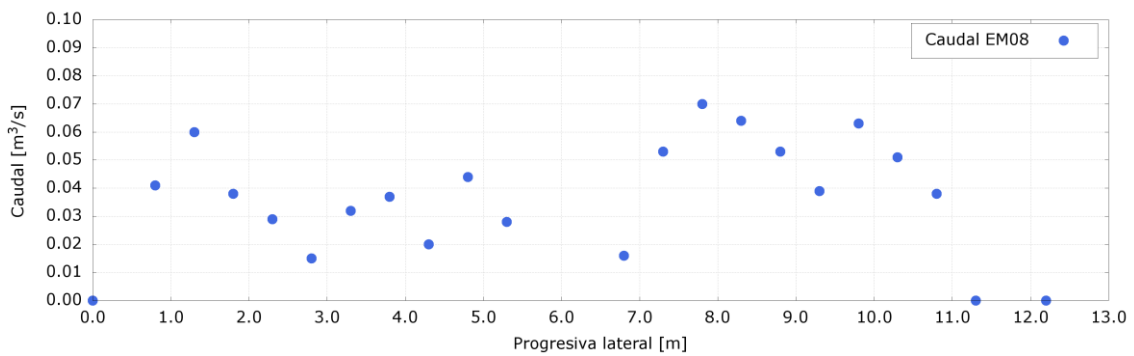
Figura A.27. Aforo con ADV en la EM08.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.28. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM08 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

A.6. EM10

El aforo en esta estación se realizó el día 02/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial del Camino Real Presbítero Juan G. González y Aragón (Figura A.29). Las alcantarillas del puente estaban parcialmente tapadas alterando el normal escurrimiento del flujo, lo que determinó la nueva sección de aforo adoptada. El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Aguirre presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.30 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,70 \pm 0,01$ m a las 09:30 hs (correspondiente a una cota $4,45 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.30).

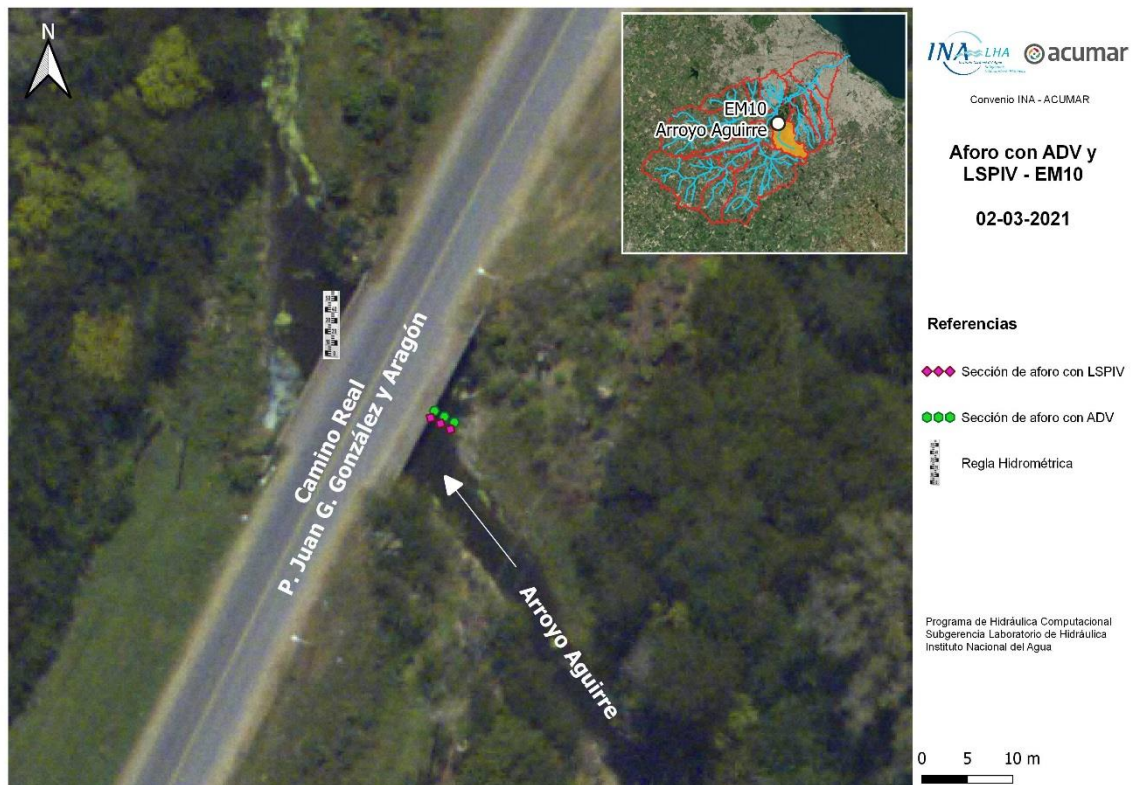


Figura A.29. Sección de aforo en la EM10.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.31) se realizó desde las 09:20 hs hasta las 10:00 hs. Se obtuvo un caudal de $0,09$ m³/s con una incertidumbre del 3,8%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.32.

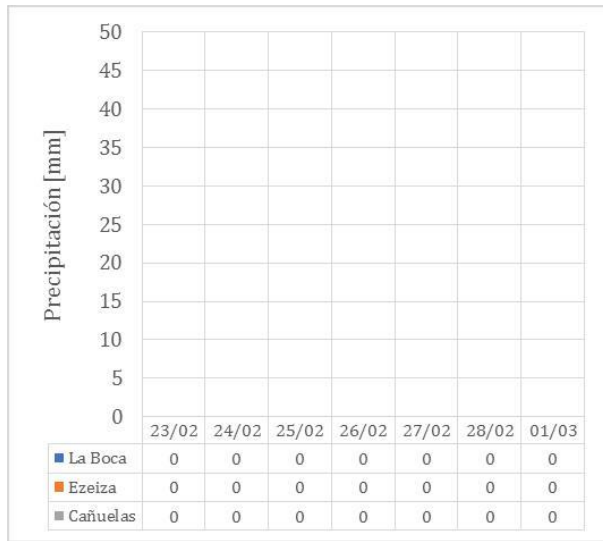
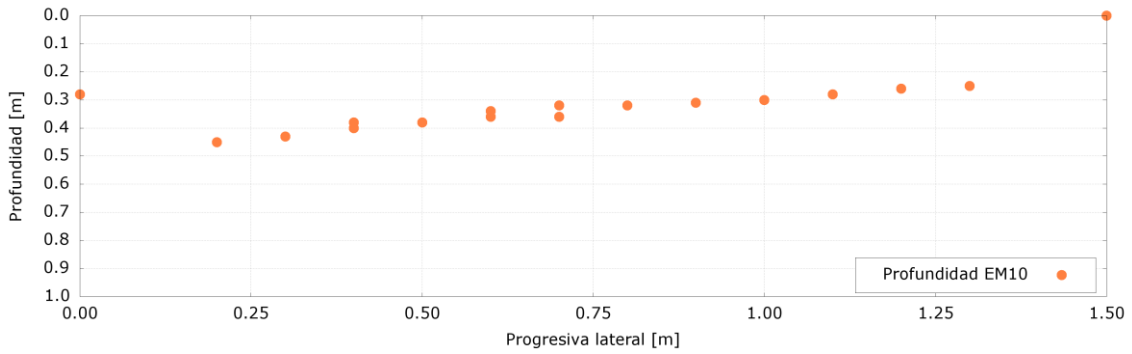


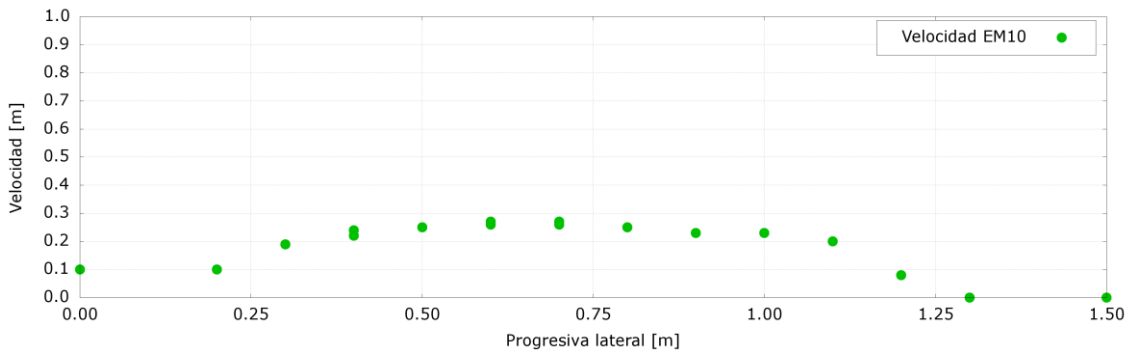
Figura A.30. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



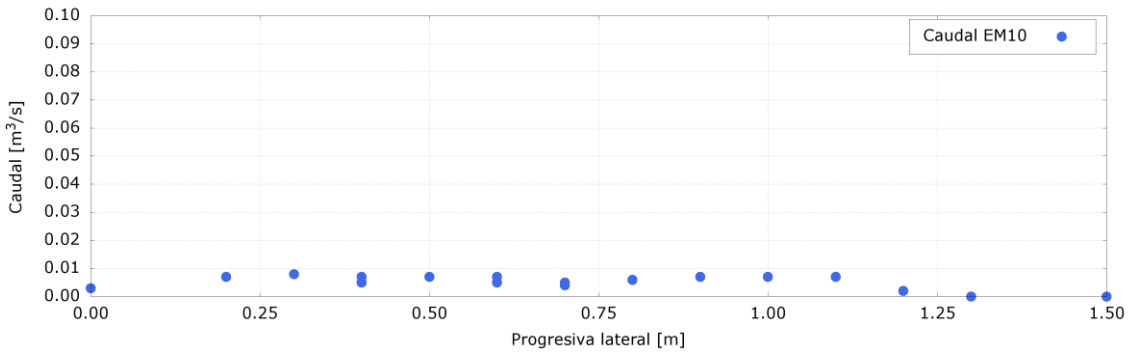
Figura A.31. Aforo con ADV en la EM10.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.32. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM10 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con el GPS diferencia las cotas y coordenadas de 6 puntos fijos dispuestos en la sección de aforo (ver Figura A.33). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Aguirre 10 metros aguas arriba de la sección de aforo

(Figura A.33). El aforo se realizó a las 10:20 hs. La Figura A.34 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,23 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,07 m³/s.



a) Medición de coordenadas de puntos fijos



b) Sembrado de trazadores

Figura A.33. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM10

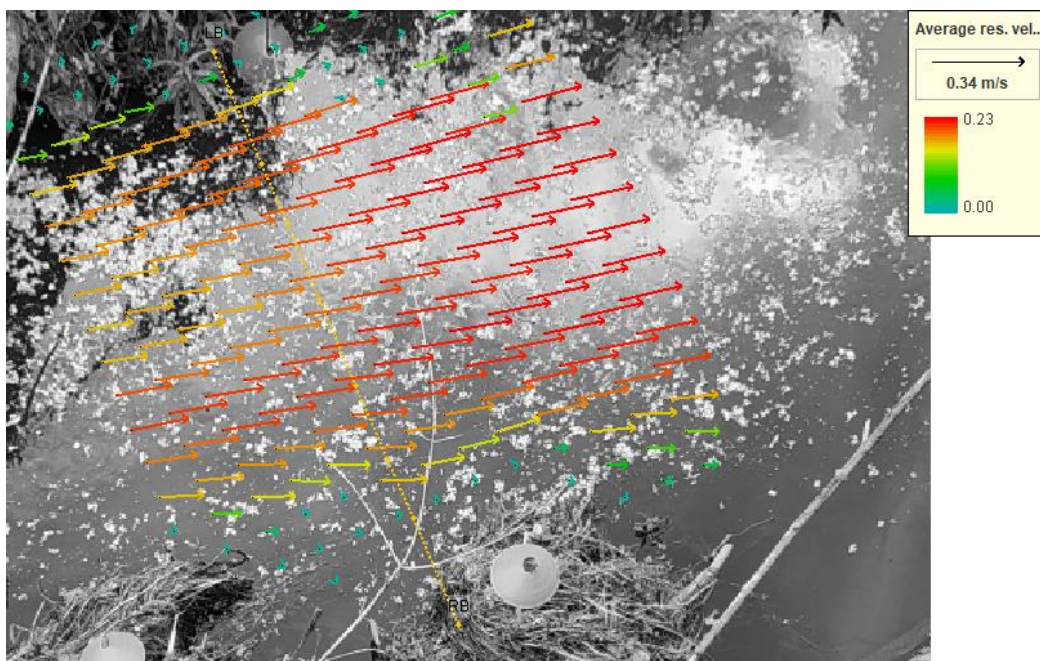


Figura A.34. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.35 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM10 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas bajas.

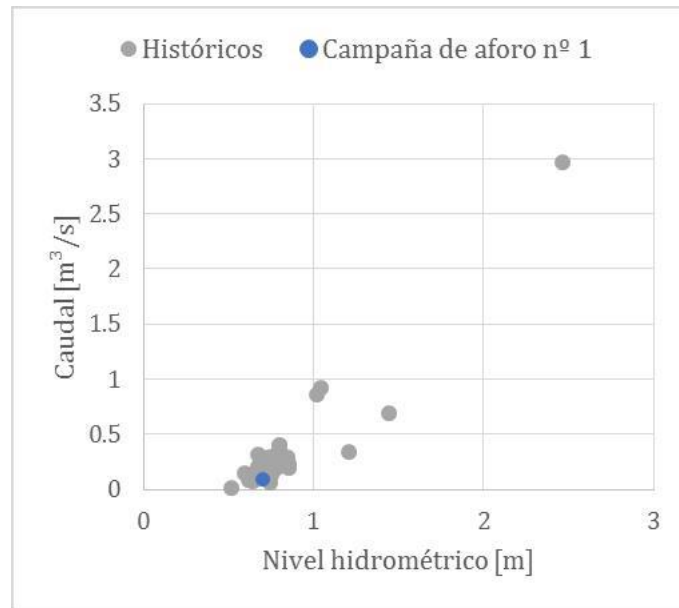


Figura A.35. Registros históricos de niveles y caudales en la EM10.

A.7. EM11

El aforo en esta sección se realizó el día 02/03/2021 a partir de las 10:45 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Guillermo Marconi (Figura A.36). El A° Don Mario presentaba residuos sólidos flotantes estancados aguas abajo del puente (ver Figura A.37).

En la Figura A.38 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel observado en la escala a las 11:15 hs fue de $1,10 \pm 0,01$ m (Figura A.38), esto se corresponde a una cota de la superficie del agua del arroyo Don Mario de $2,91 \pm 0,03$ m IGN.



Figura A.36. Sección de aforo en la EM11.



Figura A.37. Vista del A° Don Mario aguas abajo del puente vial de la calle Guillermo Marconi. Se observa fuerte presencia de residuos sólidos flotantes.

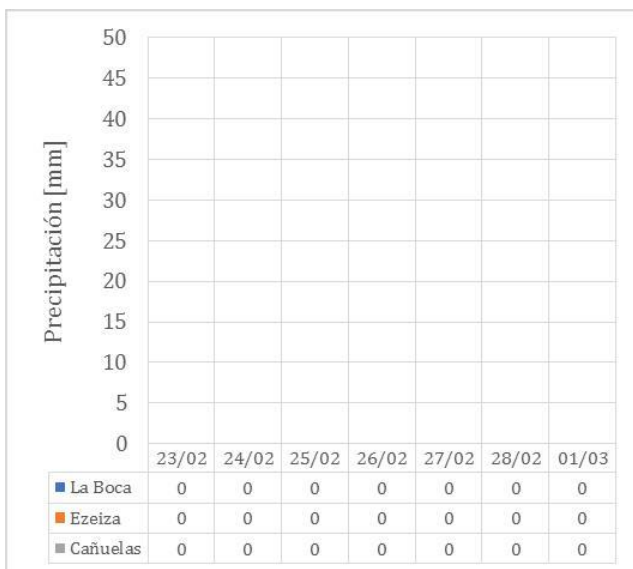


Figura A.38. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un hydroboard guiado mediante sogas desde ambos márgenes del curso de agua (ver Figura A.39). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de 0,78 m³/s con una incertidumbre del 25,8%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo presentada en la Figura A.40 muestra claramente sobre la margen izquierda la zona de aguas estancas y con algún grado de recirculación. Esta situación afectó el aforo, por eso el aumento en la incertidumbre del caudal estimado.



Figura A.39. Preparación del equipo ADCP (izquierda) y aforo en la EM11.

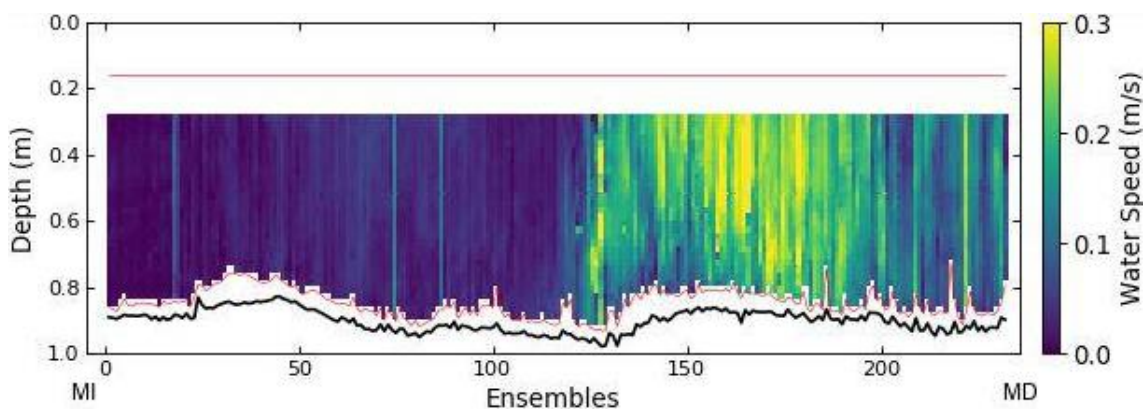


Figura A.40. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM11 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Comparación con registros históricos

La Figura A.41 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM11 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas medias bajas.

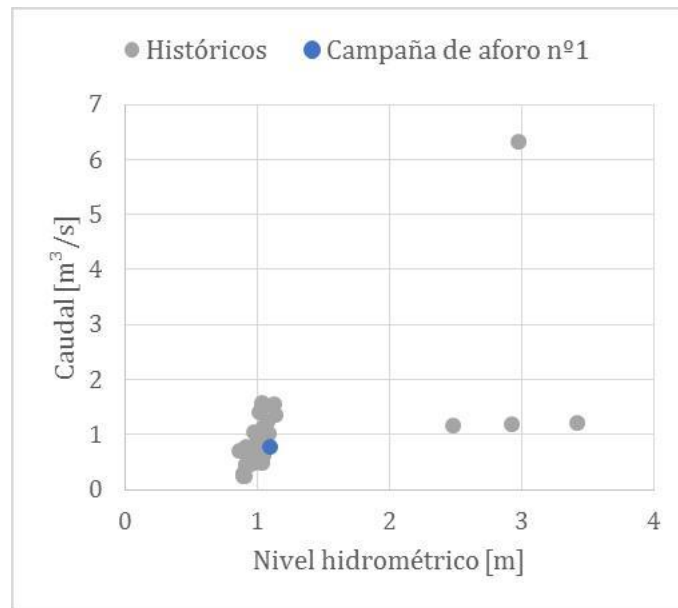


Figura A.41. Registros históricos de niveles y caudales en la EM11.

A.8. EM12

El aforo en esta sección se realizó el día 04/03/2021 a partir de las 09:00 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente de la Autopista Ricchieri (ver Figura A.42). El aforo se realizó con el equipo ADCP. Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.43 los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

El río Matanza presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.44 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,43 \pm 0,01$ m a las 11:45 hs (correspondiente a una cota $0,88 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.44 derecha).



Figura A.42. Sección de aforo en la EM12.

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante una soga desde el puente de la autopista Ricchieri (ver Figura A.45). Se realizaron cinco pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 11,2%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.46.

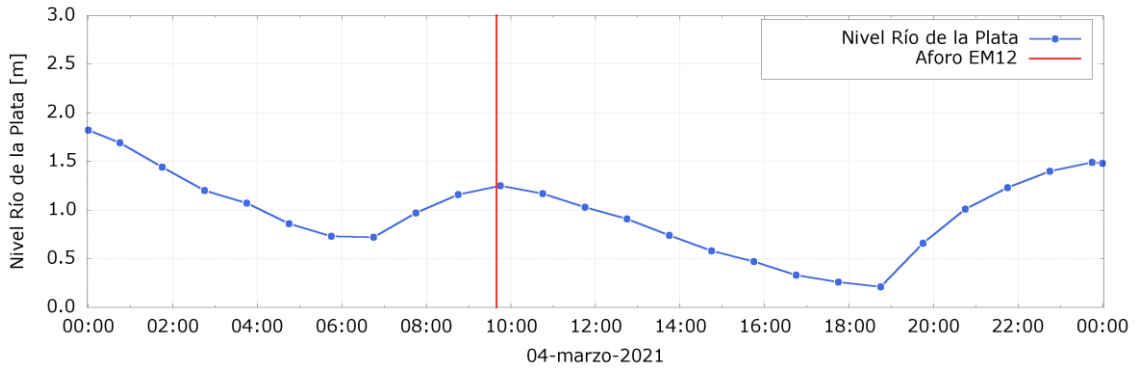


Figura A.43. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM12.

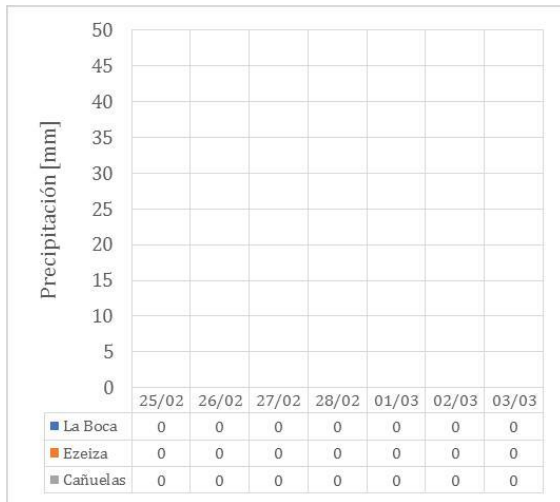


Figura A.44. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.45. Aforo con ADCP en la EM12.

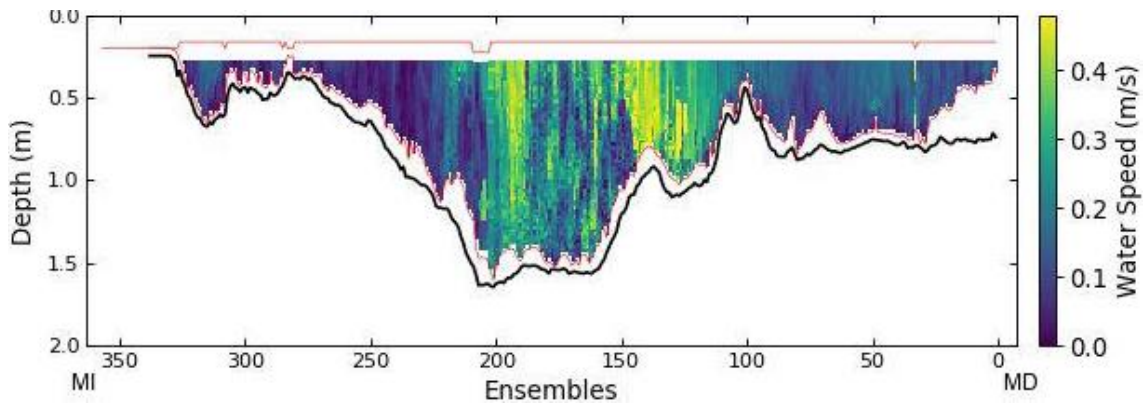


Figura A.46. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM12 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Comparación con registros históricos

La Figura A.47 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM12 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas medias bajas.

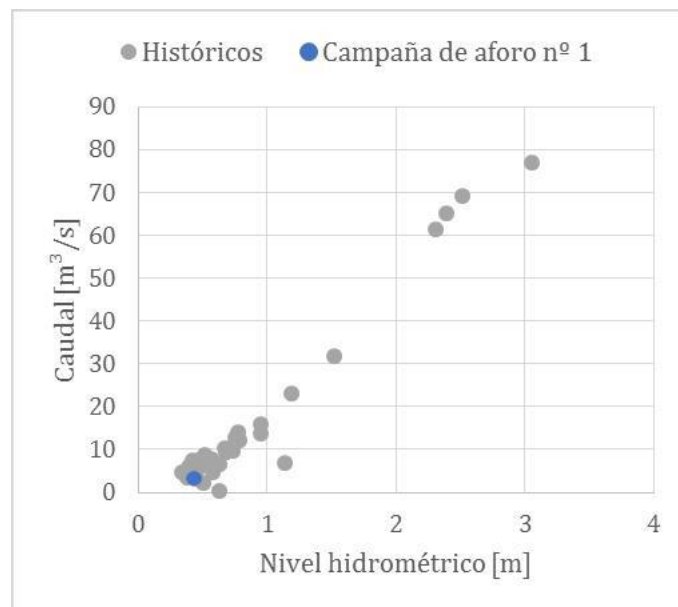


Figura A.47. Registros históricos de niveles y caudales en la EM12.

A.9. EM13

El día 04/03/2021 a las 10:45 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°1. El aforo se realizó aguas debajo de la descarga de la Planta Sudoeste de tratamiento de líquidos cloacales (Figura A.48) utilizando el equipo ADCP. En la Figura A.49 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,86 \pm 0,01$ m a las 12:05 hs (correspondiente a una cota $0,89 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.49 derecha).

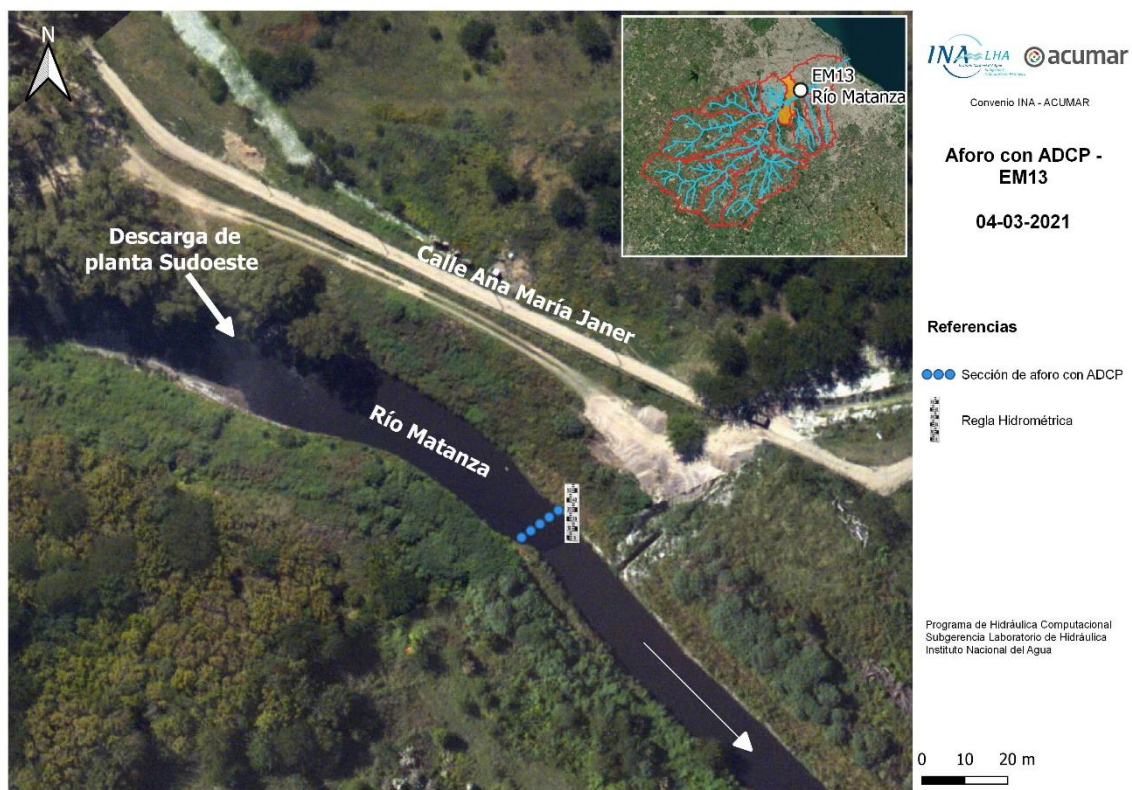


Figura A.48. Sección de aforo en la EM13.

Aforo con ADCP

El ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante una soga desde ambos márgenes del río, para lo cual hubo que cruzar el cauce antiguo del río Matanza utilizando un kayak (ver Figura A.50). Se realizaron cinco pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $2,25 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 8,9%. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.51.

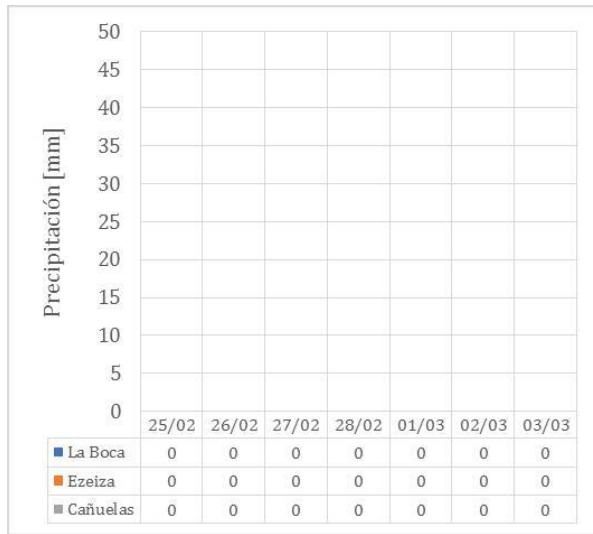


Figura A.49. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.50. Cruce del cauce antiguo del río Matanza con kayak (izquierda) y aforo con ADCP en la EM13.

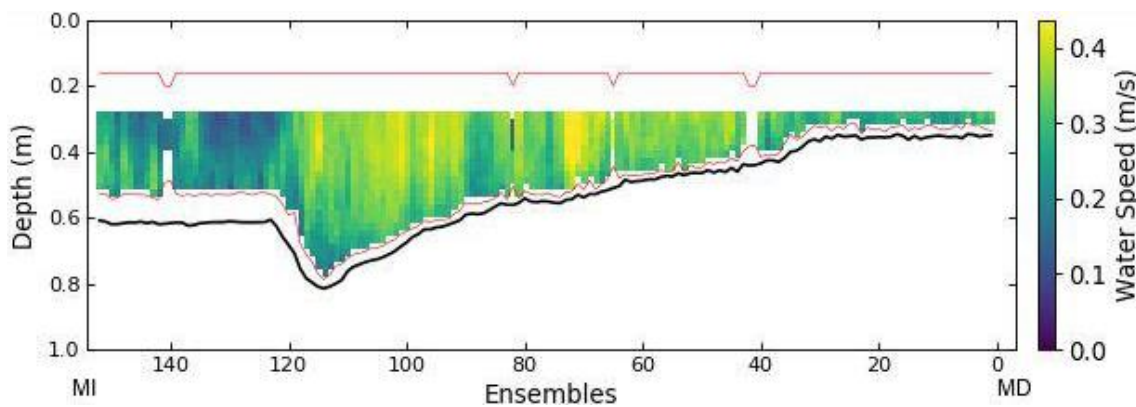


Figura A.51. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM13 obtenida con ADCP. En el gráfico se señala la ubicación de la margen izquierda (MI) y de la margen derecha (MD).

Comparación con registros históricos

La Figura A.52 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM13 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la correlación entre ambas variables está fuertemente influenciada por los niveles del tramo canalizado del río Matanza, donde descarga el cauce original.

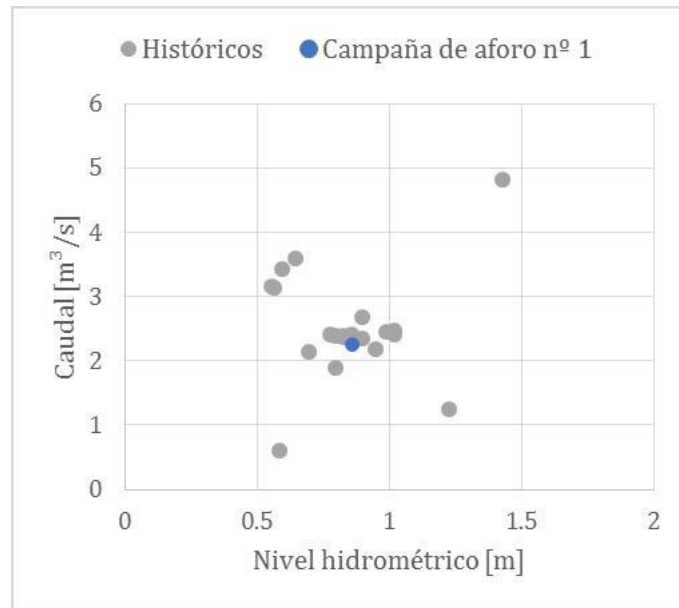


Figura A.52. Registros históricos de niveles y caudales en la EM13.

A.10. EM14

El aforo en esta estación se realizó el día 03/03/2021 a partir de las 13:00 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial de la Avenida Olimpo (O Avenida Brigadier Gral. Juan Manuel de Rosas) (Figura A.53). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Santa Catalina presentaba una situación de aguas bajas (no se presentaron lluvias durante la semana anterior; ver Figura A.54) y cierta presencia de residuos sólidos flotantes. El nivel de la superficie de agua a las 13:55 fue de $0,98 \pm 0,03$ m IGN y se determinó con el GPS diferencial puesto que la escala hidrométrica de la sección estaba rodeada de barro imposibilitando determinar el nivel del agua en la misma (Figura A.54). A partir del cero de la cota de la escala determinado en la campaña de reconocimiento¹¹ se estableció que el nivel en la misma fue de 0,46 m.



Figura A.53. Sección de aforo en la EM14.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.55) se realizó desde las 13:20 hs hasta las 14:15 hs. Se obtuvo un caudal de $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,3%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.56.

¹¹ INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

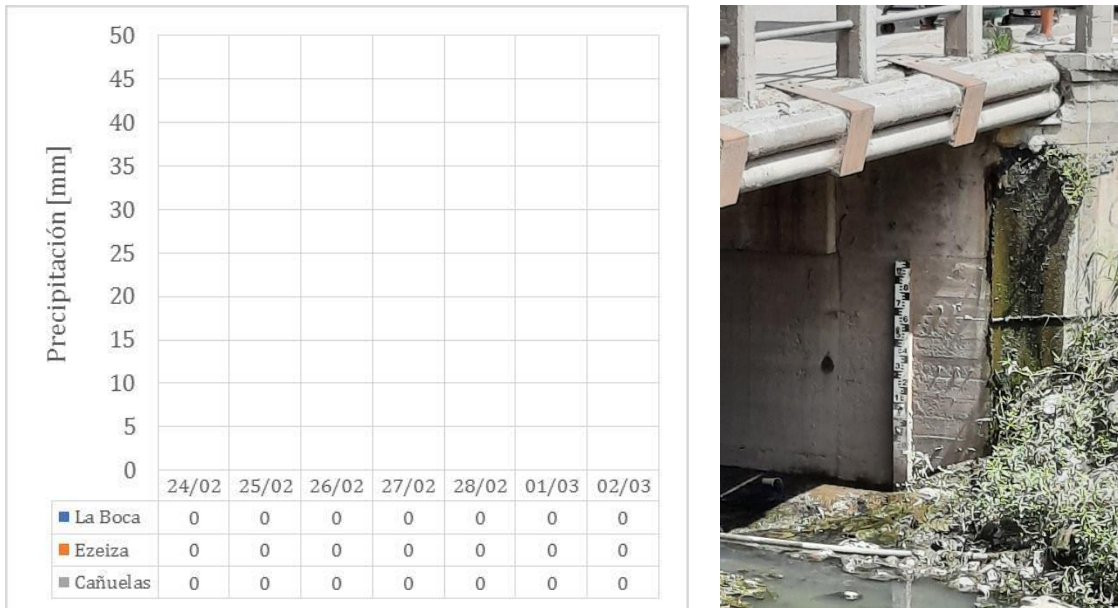


Figura A.54. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso (derecha) más bajo que el cero de la escala hidrométrica.



Figura A.55. Aforo con ADV en la EM14.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron en la sección de aforo 6 puntos fijos, cuyas coordenadas se relevaron mediante el uso del GPS Diferencial. Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera,

fueron lanzados desde el puente vial de la Avenida Olimpo. El aforo se realizó a las 14:20 hs. La Figura A.58 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,50 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,60 m³/s.

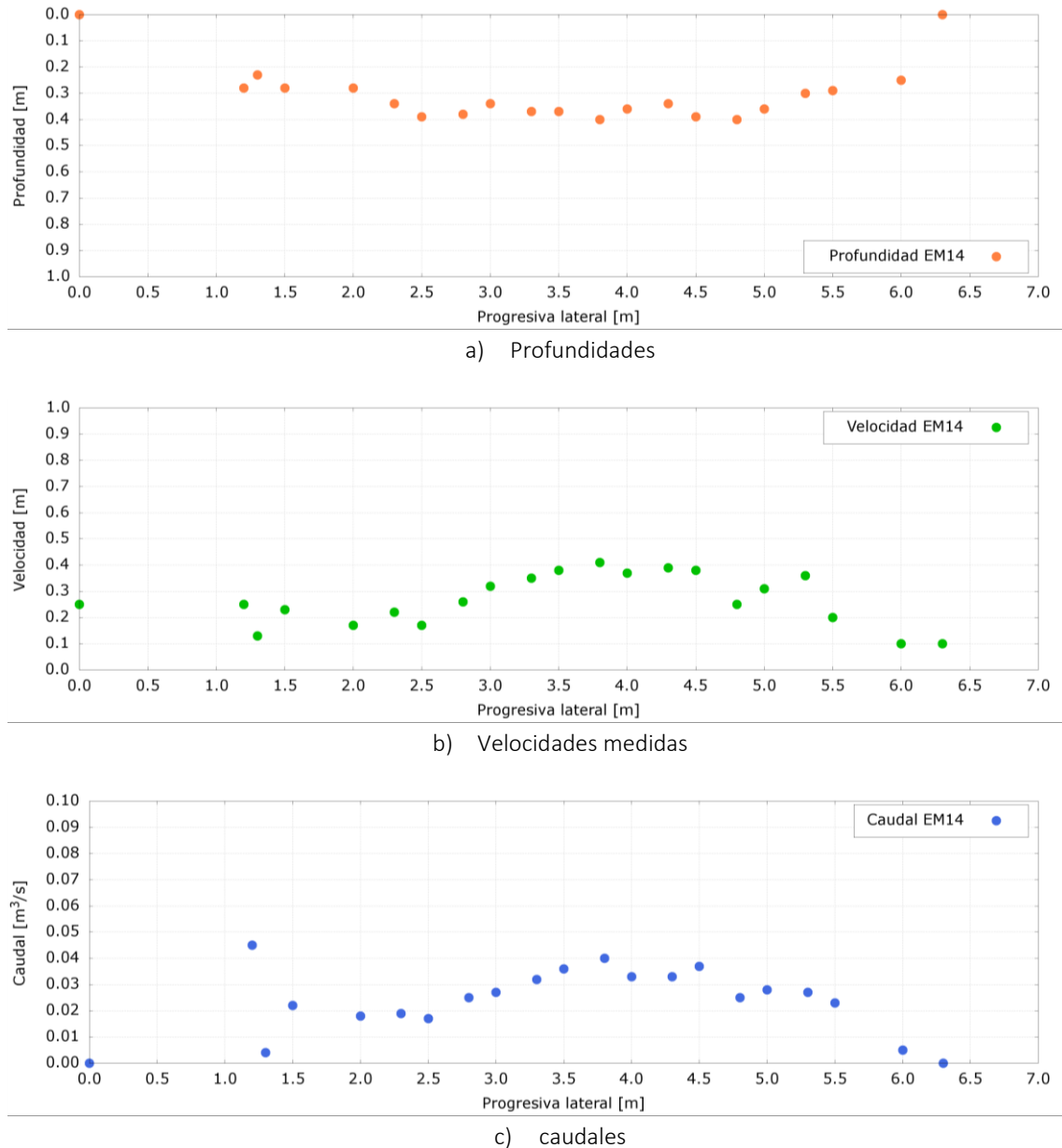


Figura A.56. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM14 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



a) Medición de distancia de puntos fijos



b) Sembrado de trazadores

Figura A.57. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM14

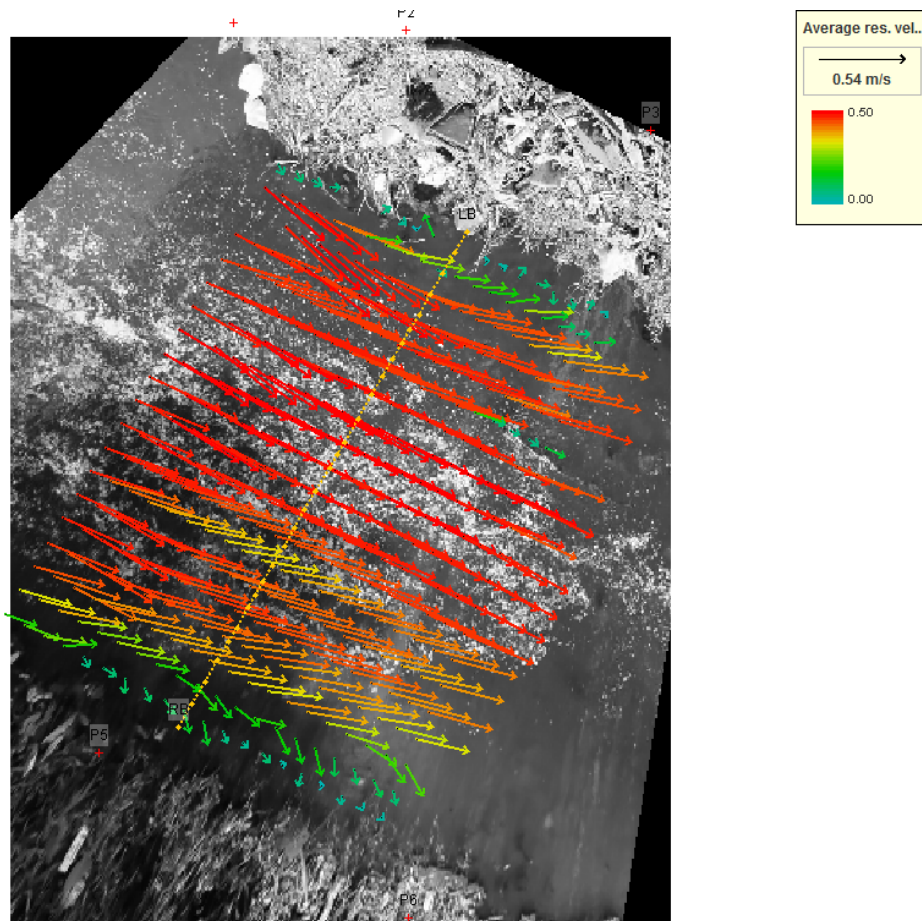


Figura A.58. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.59 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM14 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la correlación entre ambas variables está influenciada por los niveles del río Matanza, donde descarga sus aguas el arroyo Santa Catalina.

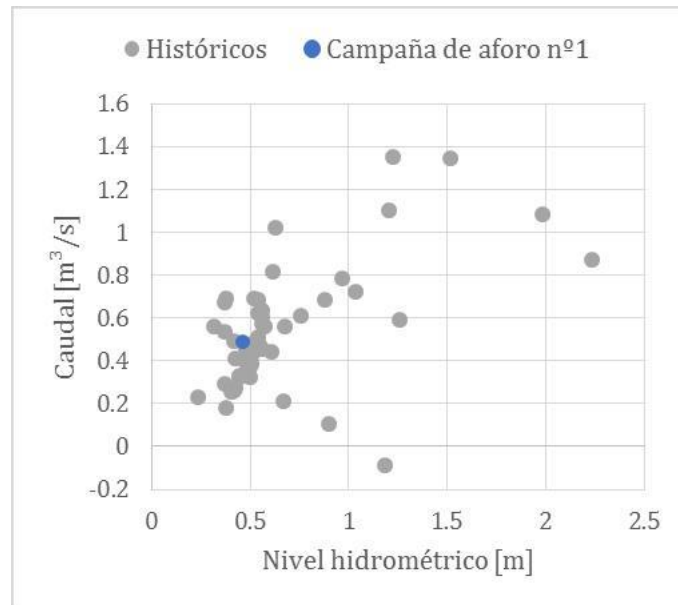


Figura A.59. Registros históricos de niveles y caudales en la EM14.

A.11. EM16

El día 04/03/2021 a las 13:40 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 1° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con LSPIV en la sección ubicada aguas abajo del puente vial de la calle Quesada (Figura A.60).

El curso del A° Del Rey se encontraba en una situación de aguas bajas y con fuerte presencia de residuos sólidos flotantes (ver Figura A.61). Los datos de precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa se presentan en la Figura A.61. El nivel de la superficie de agua a las 14:20 fue de $0,63 \pm 0,03$ m IGN y se determinó con el GPS diferencial.



Figura A.60. Sección de aforo en la EM16.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron en la sección de aforo 6 puntos fijos marcados con aerosol en la estructura de canalización del arroyo. Las coordenadas de dichos puntos fueron relevadas mediante el uso del GPS Diferencial en la campaña de recorrida inicial por la cuenca¹². Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente vial de

¹² INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

la calle Quesada (ver Figura A.62). El aforo se realizó a las 14:00 hs. La Figura A.63 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,2 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 1,31 m³/s.

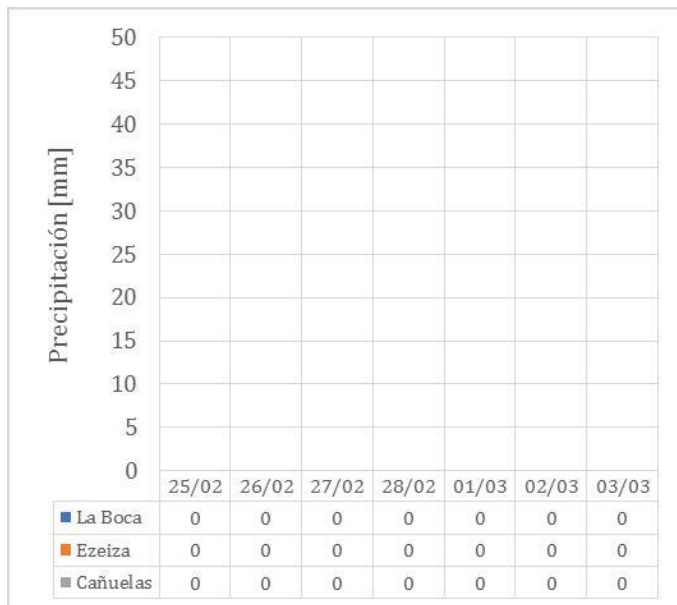


Figura A.61. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y situación del A° Del Rey al momento de realizar el aforo (derecha).

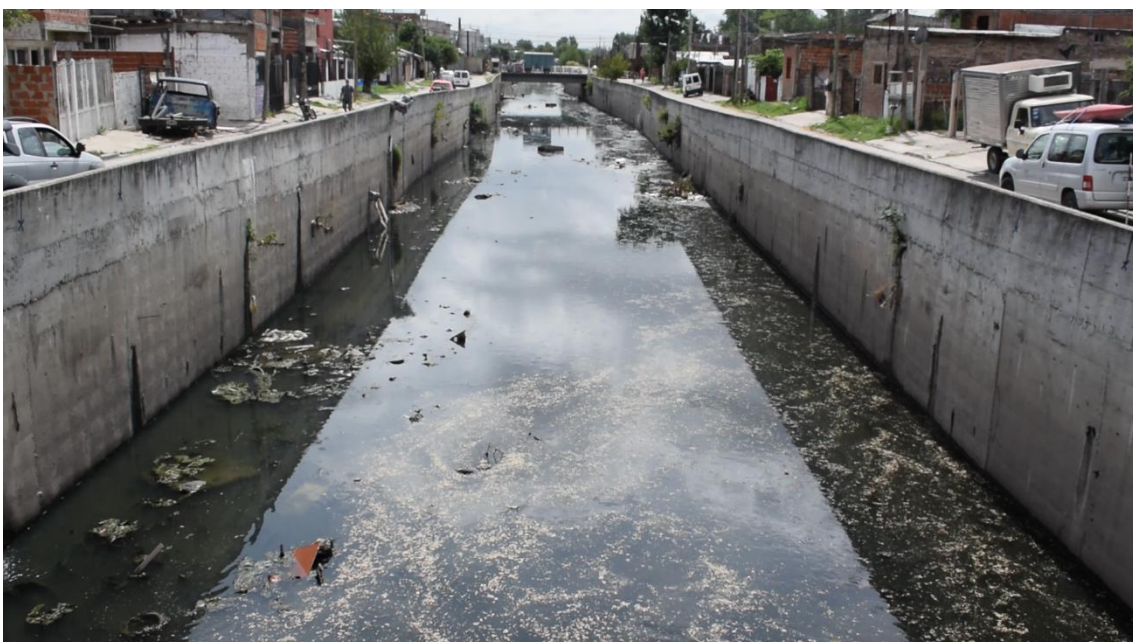


Figura A.62. Sembrado de trazadores para aplicar la técnica LSPIV en la EM16

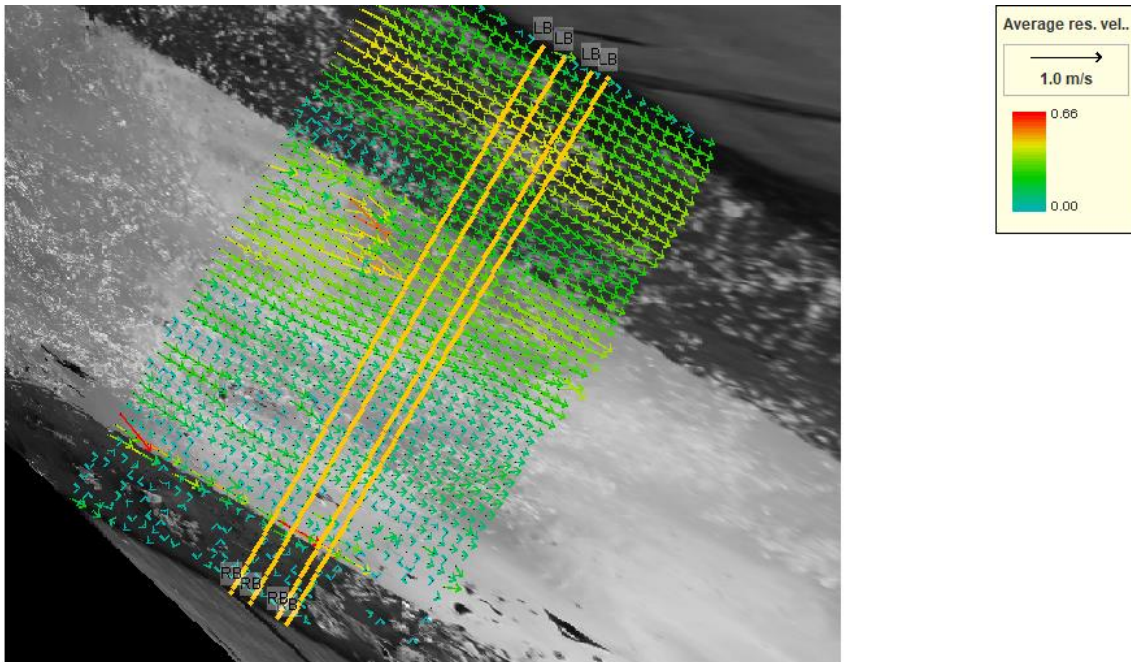


Figura A.63. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa en la EM16.

A.12. EM17

El aforo en la EM17 se realizó el día 05/03/2021 a partir de las 09:00 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del antiguo Puente La Noria (Figura A.64). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas y con el flujo invertido (producto de los niveles de marea en el Río de la Plata). Como se acaba de mencionar, la dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata, por eso se presentan en la Figura A.65 los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

En la Figura A.66 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $2,30 \pm 0,01$ m a las 10:05 (Figura A.66 derecha).

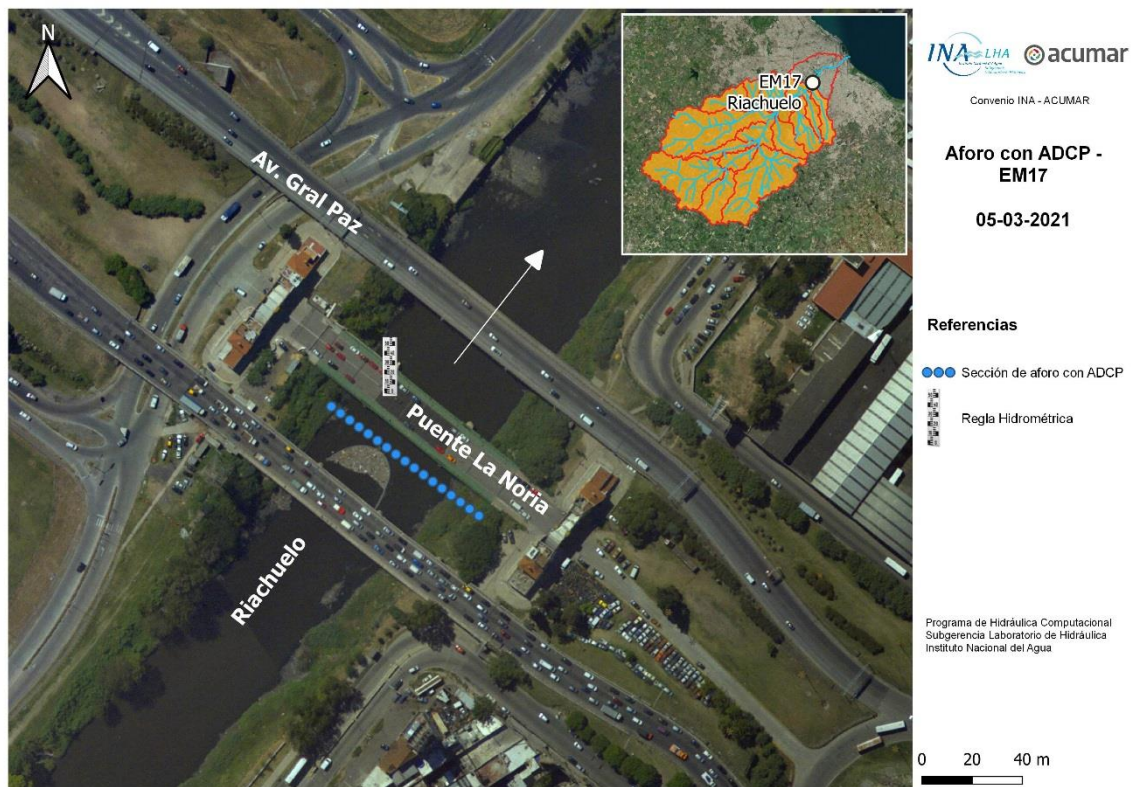


Figura A.64. Sección de aforo en la EM17.

Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante sogas desde ambos márgenes del curso de agua (ver Figura A.67). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $-2,88$ m³/s con una incertidumbre del 10,0%. El signo negativo del caudal indica que el flujo va en sentido de aguas arriba, debido a la

marea del Río de la Plata. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.68.

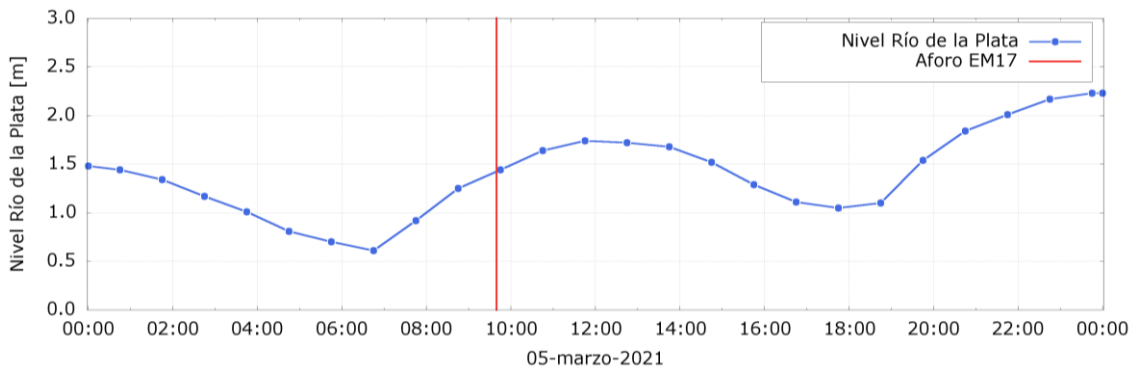


Figura A.65. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM17.

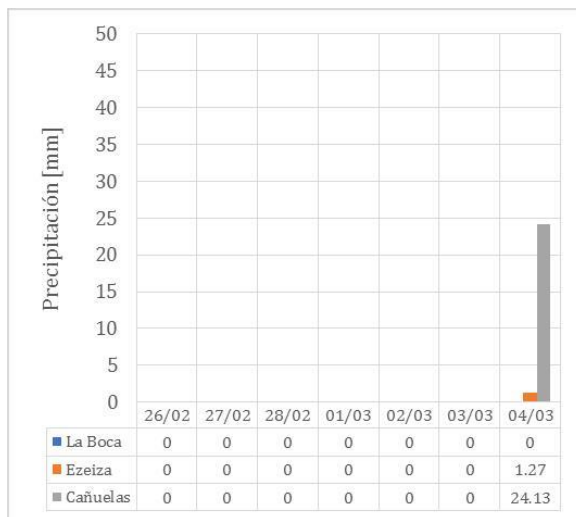


Figura A.66. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.67. Preparación del equipo ADCP previo al aforo (izquierda) y guiado del ADCP mediante sogas desde ambas márgenes (izquierda) en la EM17.

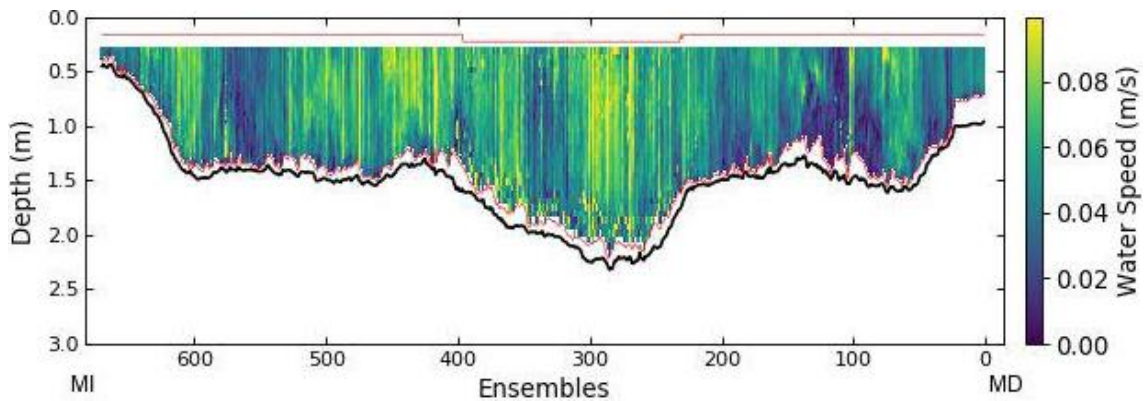


Figura A.68. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM17 obtenida con ADCP.

Comparación con registros históricos

La Figura A.69 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM17 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña.

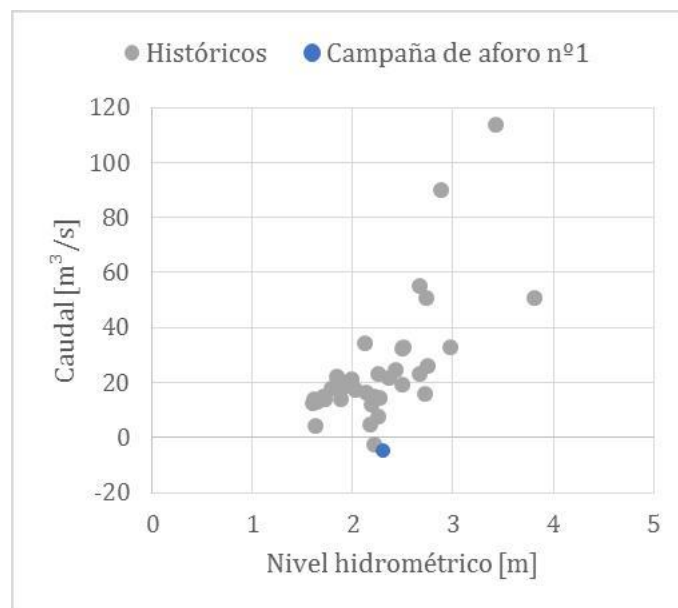


Figura A.69. Registros históricos de niveles y caudales en la EM17.

A.13. EM19

El aforo en la EM19 se realizó el día 05/03/2021 a partir de las 11:45 hs. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la Avenida 27 de Febrero (Figura A.70). El arroyo Cildañez presentaba una situación de aguas bajas y con el flujo invertido (producto de los niveles de marea en el Río de la Plata). En la Figura A.71 (izquierda) se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $1,59 \pm 0,01$ m a las 12:00 hs (Figura A.71 derecha). Como se mencionó anteriormente, la dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.72 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

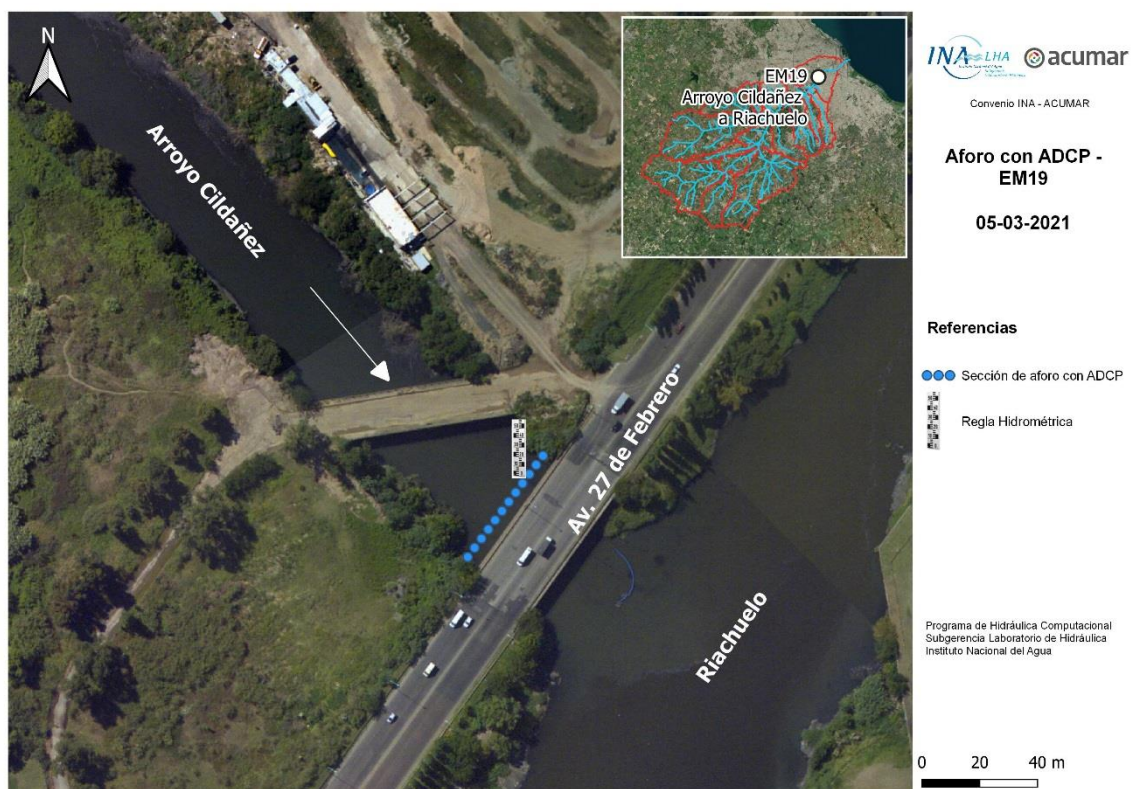


Figura A.70. Sección de aforo en la EM19.

Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado mediante una soga desde el puente de la Avenida 27 de Febrero (ver Figura A.73). Se realizaron cuatro pasadas del equipo sobre la sección de aforo obteniéndose un caudal medio de $-2,27$ m³/s con una incertidumbre del 10,0%. El signo negativo del caudal indica que el flujo va en sentido de aguas arriba, debido a la marea del Río de la Plata. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.74.

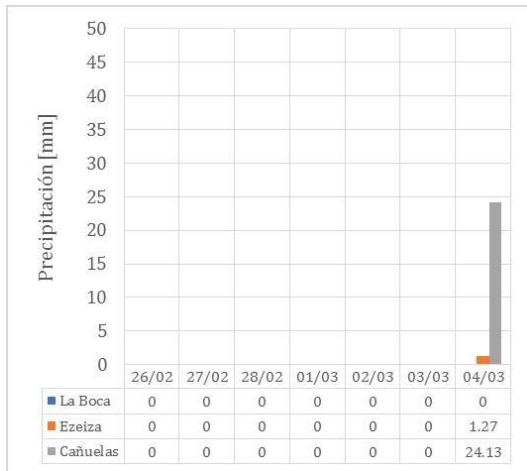


Figura A.71. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

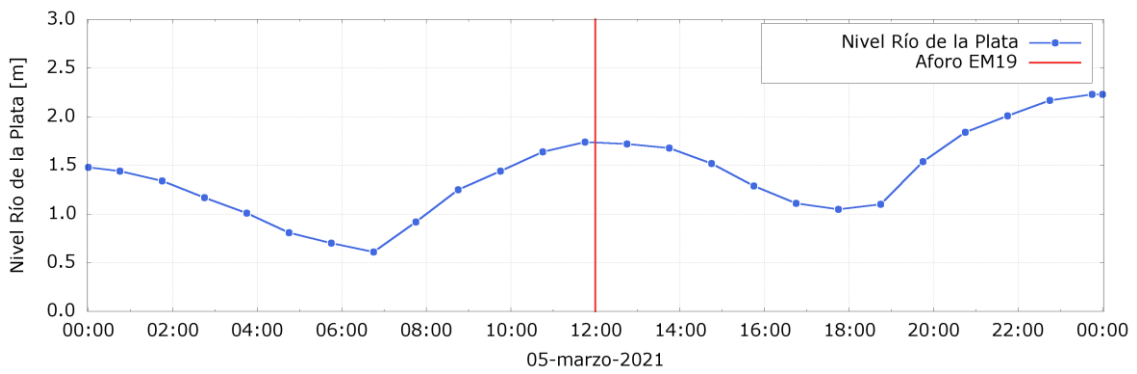


Figura A.72. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM19.



Figura A.73. Aforo con ADCP en la EM19.

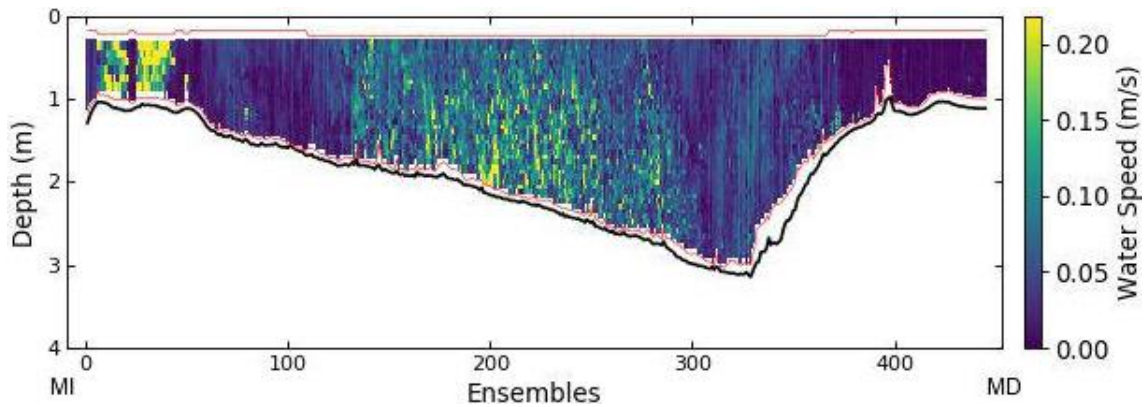


Figura A.74. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM19 obtenida con ADCP.

Comparación con registros históricos

La Figura A.75 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM19 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la correlación entre ambas variables está influenciada por los niveles del río Riachuelo, donde descarga sus aguas el arroyo Cildañez.

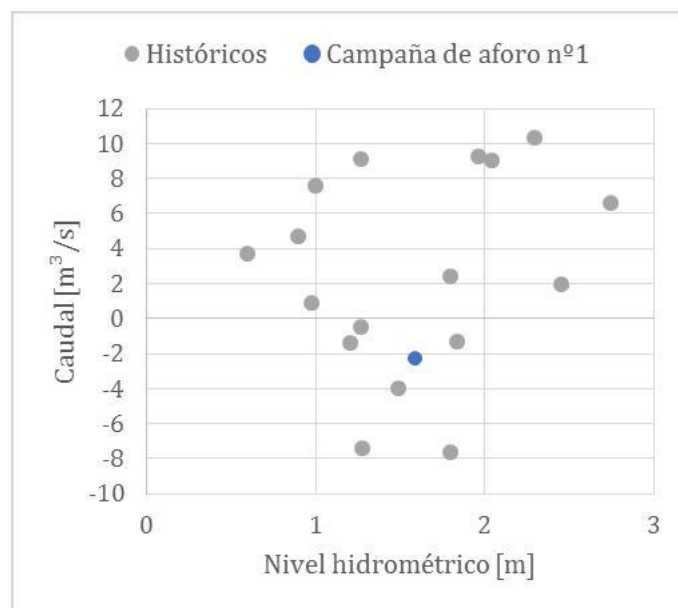


Figura A.75. Registros históricos de niveles y caudales en la EM19.

A.14. EM22

El aforo en esta estación se realizó el día 05/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la descarga pluvial ubicada a la altura de la calle Coronel Millán (Figura A.76). La Figura A.77 presenta las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El aforo se realizó utilizando la técnica LSPIV. No se pudo establecer el nivel de la superficie de agua al no encontrarse el primer tramo de la escala hidrométrica de la sección (ver Figura A.78). Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.79 los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

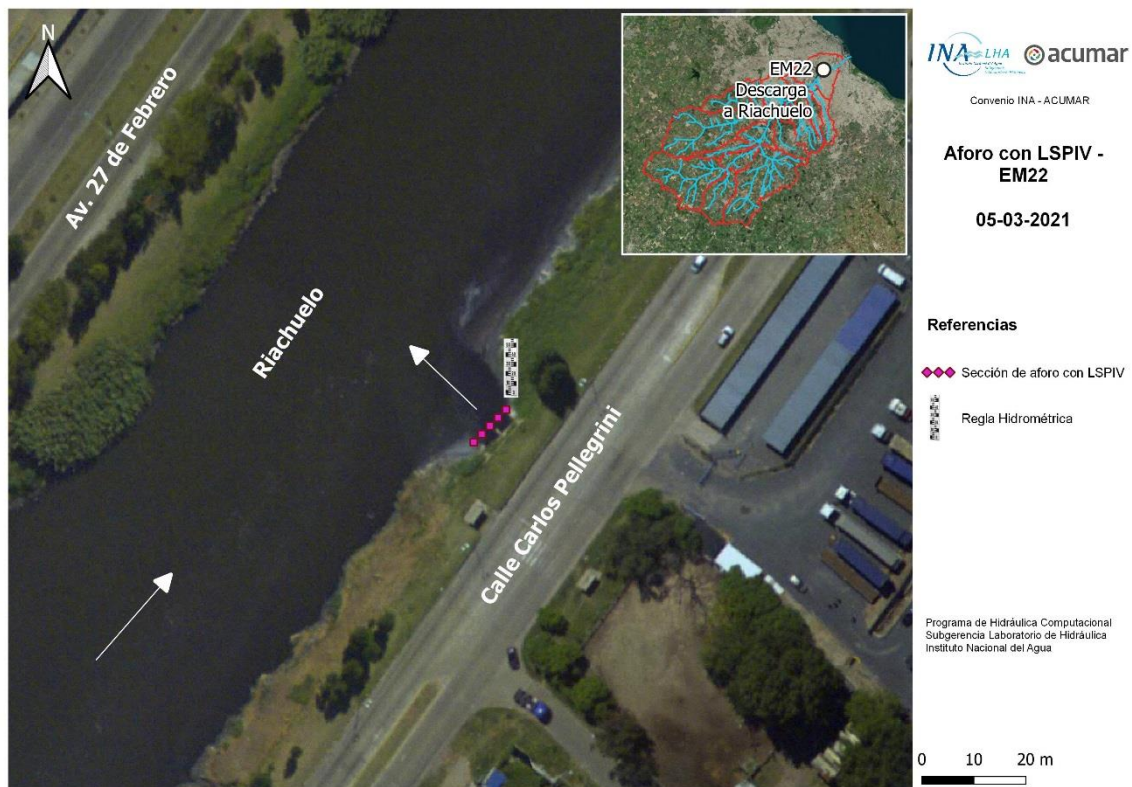


Figura A.76. Sección de aforo en la EM22.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 2 puntos fijos dispuestos en la estructura de descarga que fueron materializados con conos plásticos (ver Figura A.80). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron desde la estructura de descarga. El aforo se realizó a las 13:45. La Figura A.81 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,09 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,42 m³/s.

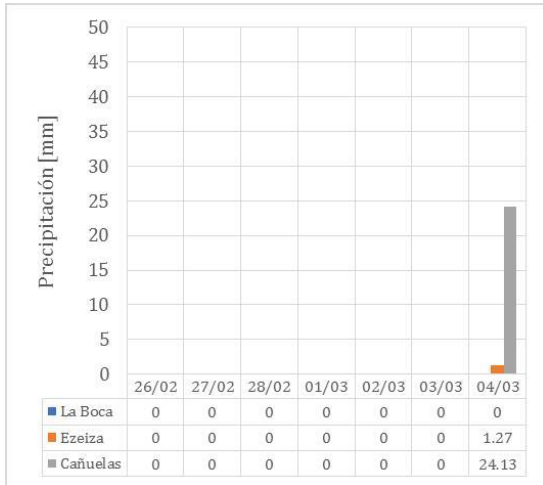


Figura A.77. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



Figura A.78. Regla hidrométrica de la EM22 sin el primer tramo.

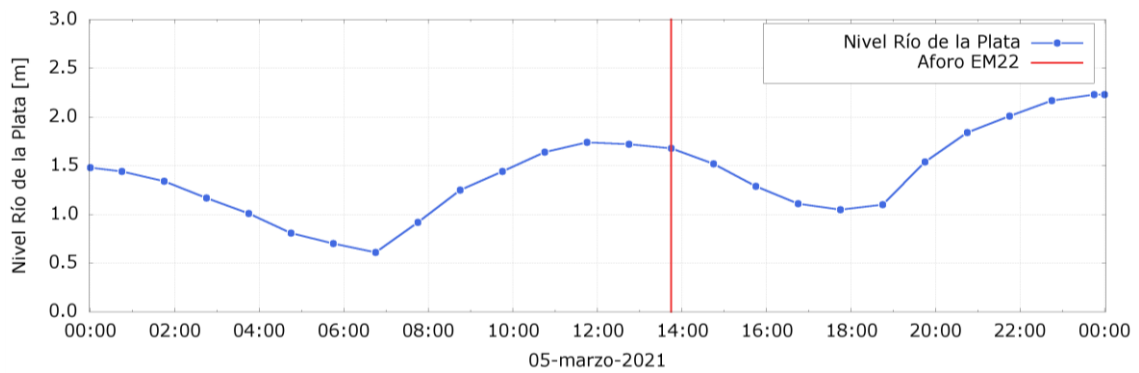


Figura A.79. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM22.



Figura A.80. Ubicación de puntos fijos y sembrado de trazadores en la EM22.

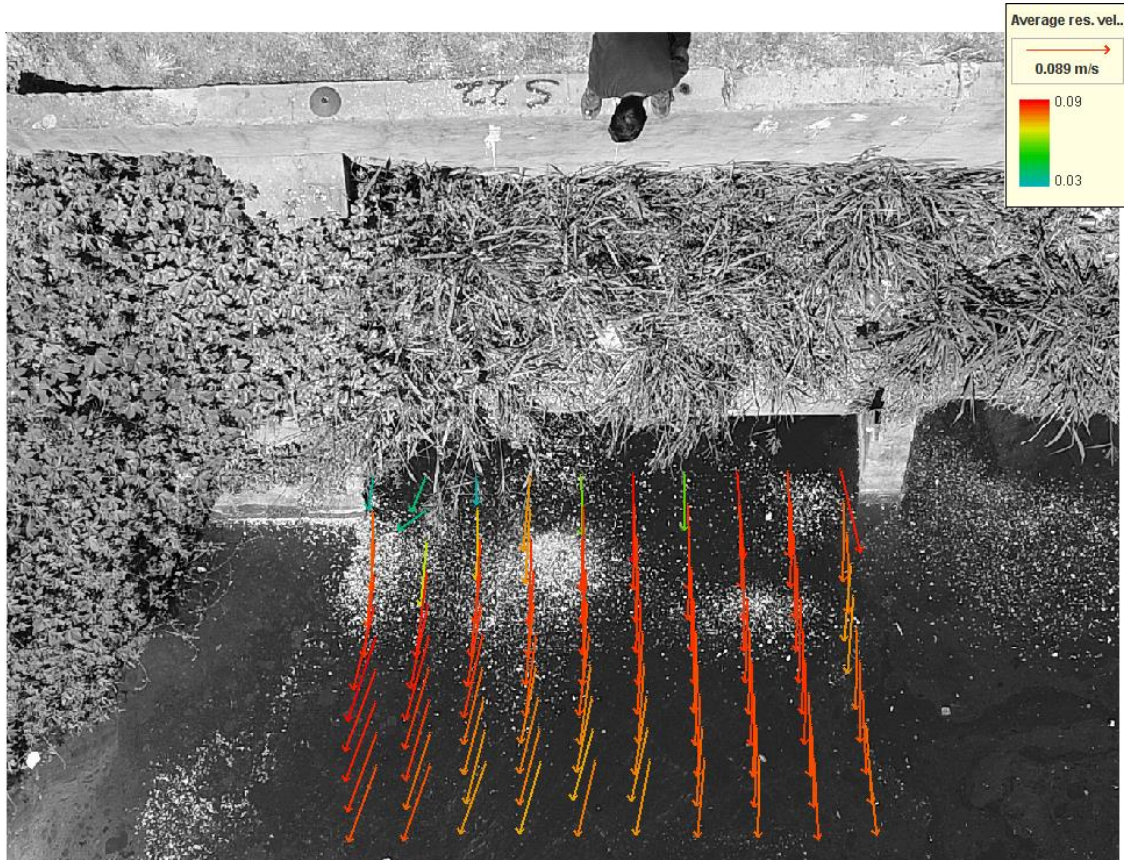


Figura A.81. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa en la EM22.

A.15. EM24

El aforo en la EM24 se realizó el día 08/03/2021 a partir de las 11:00 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del Puente Ezequiel Demonty (ex Puente Alsina / Uriburu) (Figura A.82). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas y con el flujo invertido (producto de los niveles de marea en el Río de la Plata). En la Figura A.83 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. Como se mencionó anteriormente, la dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.84 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

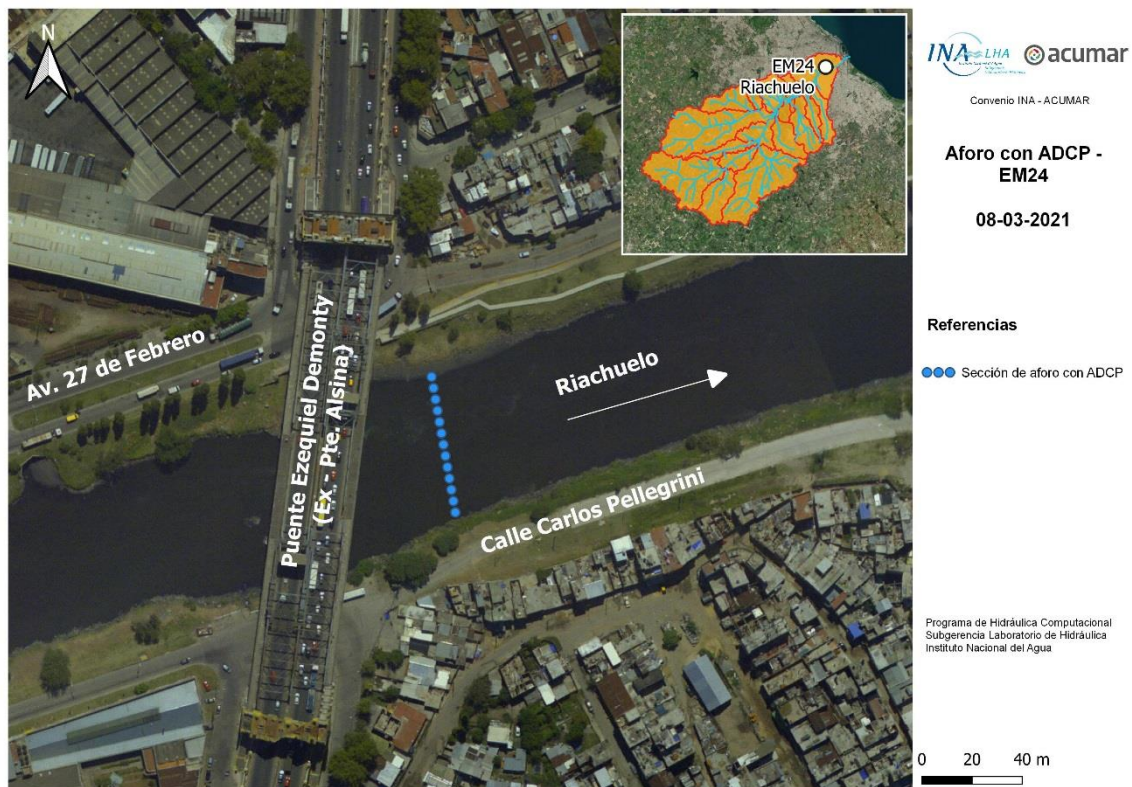


Figura A.82. Sección de aforo en la EM24.

Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado desde una embarcación (ver Figura A.85 y Figura A.86). Se realizaron seis pasadas del equipo sobre la sección de aforo, obteniéndose un caudal medio de $-11,32 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 10,0%. El signo negativo del caudal indica que el flujo va en sentido de aguas arriba, debido a la marea del Río de la Plata. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.87.

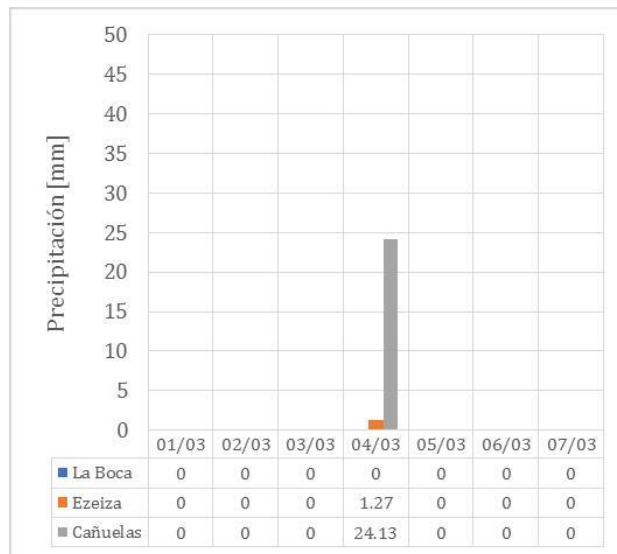


Figura A 83. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM24.

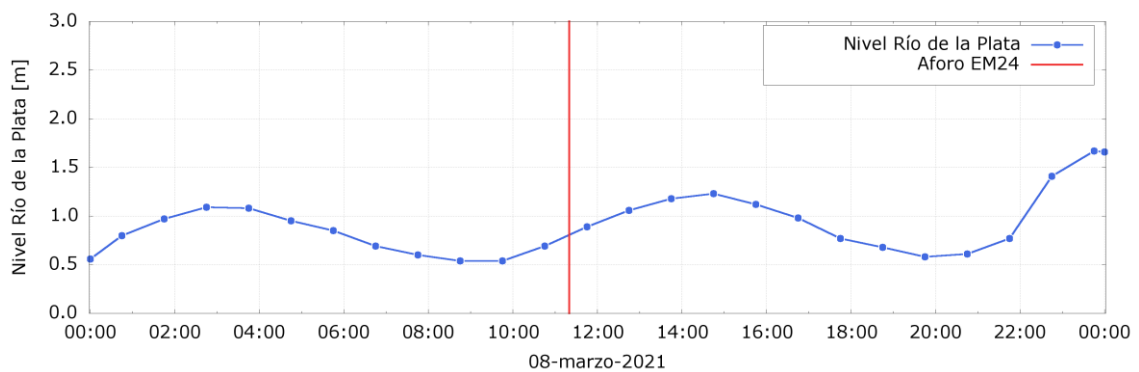


Figura A.84. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM24.



Figura A.85. Lancha Delta Blue II (izquierda) y preparación del equipo ADCP para realizar el aforo en embarcado en la EM24.



Figura A.86. Aforo en la EM24 embarcado en la lancha Delta Blue II.

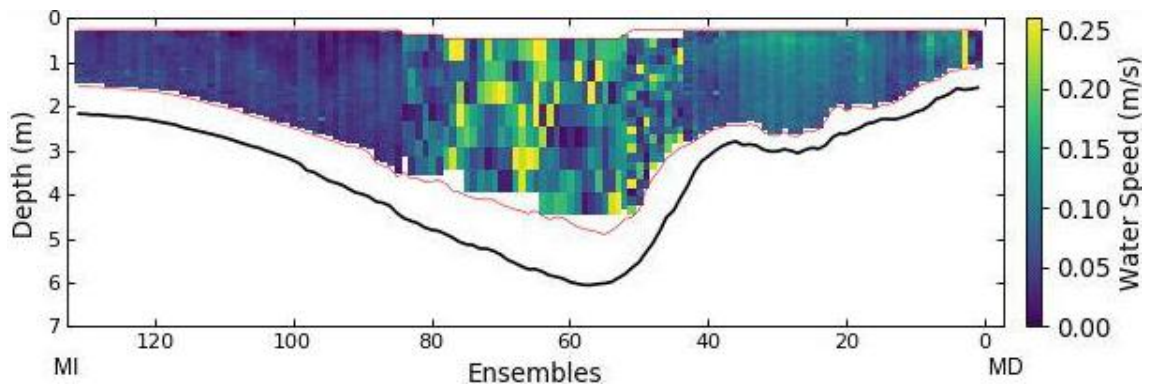


Figura A.87. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM24 obtenida con ADCP.

A.16. EM30

El aforo en la EM30 se realizó el día 08/03/2021 a partir de las 12:30 hs. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del Viejo Puente Pueyrredón (Figura A.88). El aforo se realizó con el equipo ADCP. El río Riachuelo presentaba una situación de aguas bajas y con el flujo invertido (producto de los niveles de marea en el Río de la Plata). En la Figura A.89 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. Como se mencionó anteriormente, la dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.90 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

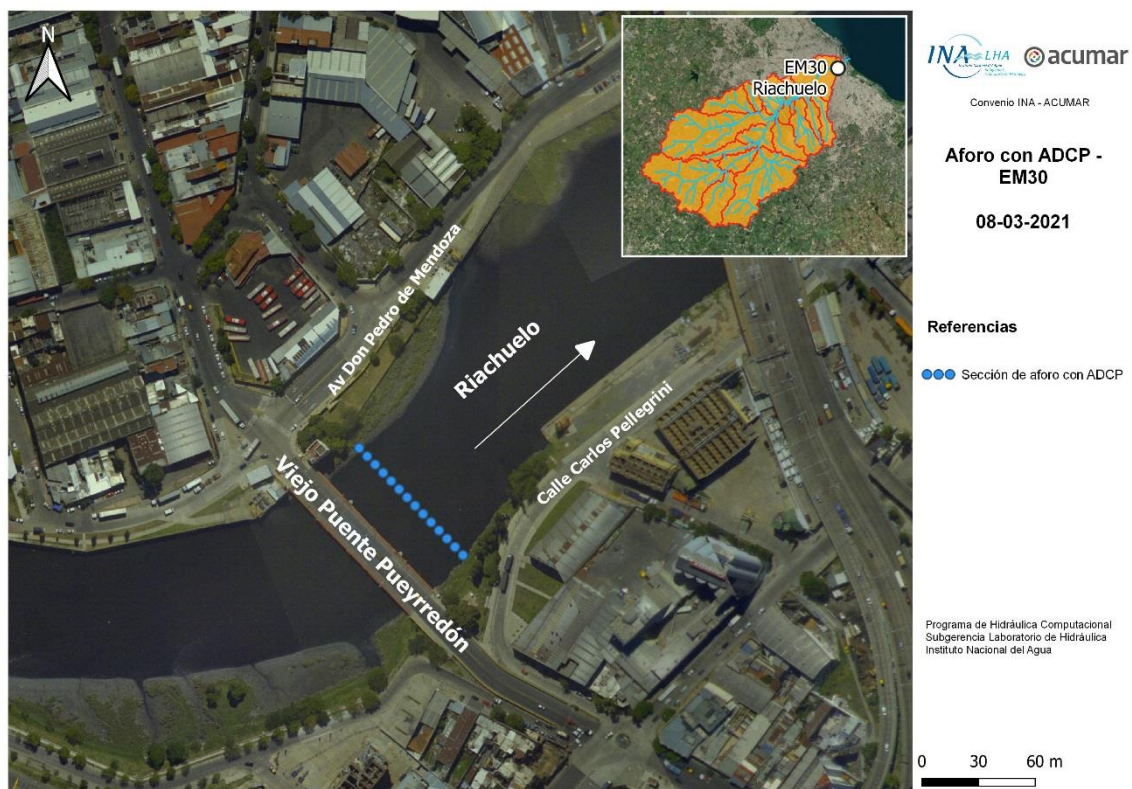


Figura A.88. Sección de aforo en la EM30.

Aforo con ADCP

El equipo ADCP se utilizó montado sobre un Hydroboard guiado desde una embarcación (ver Figura A.91). Se realizaron cuatro pasadas del equipo sobre la sección de aforo, obteniéndose un caudal medio de $-45,62 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 10,0%. El signo negativo del caudal indica que el flujo va en sentido de aguas arriba, debido a la marea del Río de la Plata. La distribución de velocidades obtenidas en la sección de aforo se muestra en la Figura A.92.

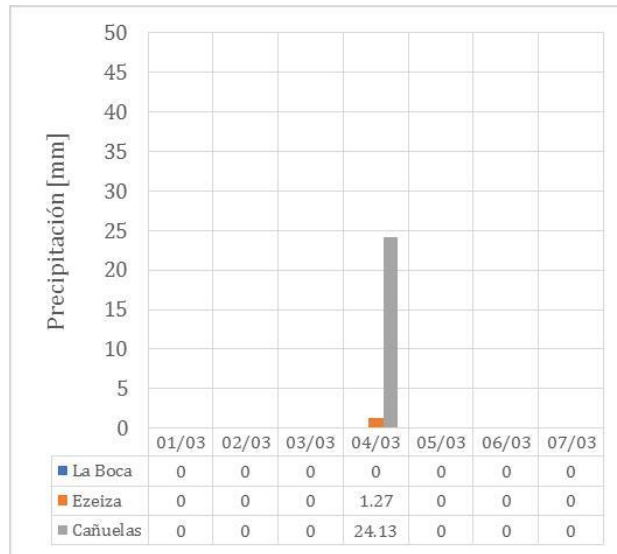


Figura A 89. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo en la EM30.

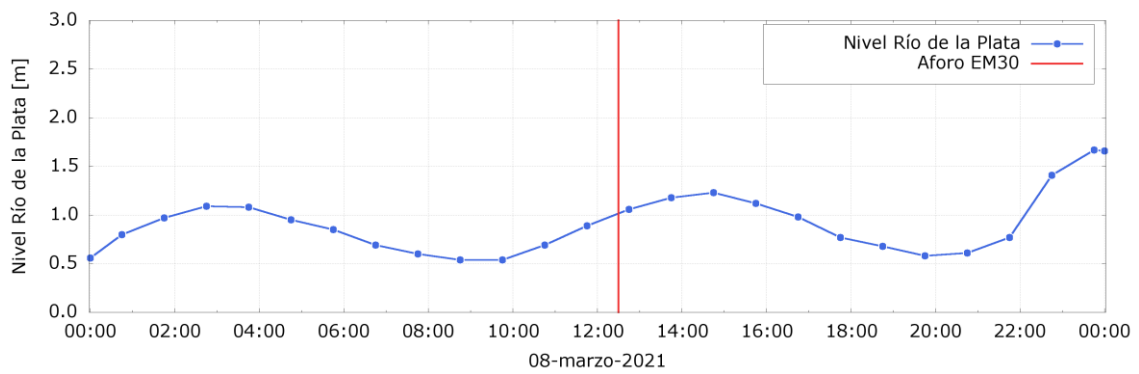


Figura A.90. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM30.

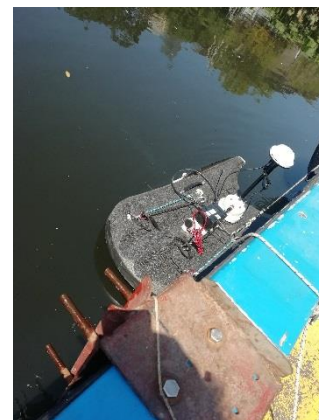


Figura A.91. Lancha Delta Blue II (izquierda) y preparación del equipo ADCP para realizar el aforo en embarcado en la EM30.

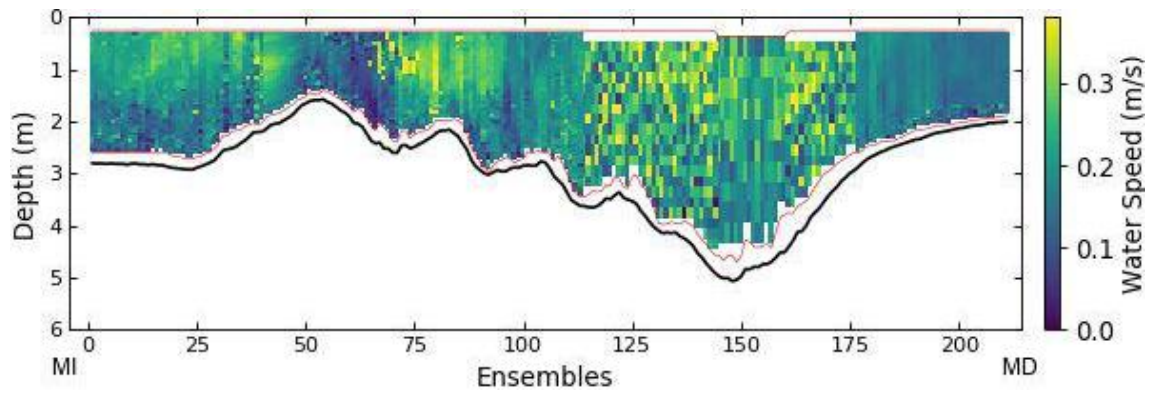


Figura A.92. Distribución de velocidades en la sección de aforo de la EM30 obtenida con ADCP.

A.17. EM33

El aforo en esta estación se realizó el día 24/02/2021. La sección de aforo en el arroyo Navarrete se ubicó aguas arriba del puente vial de la Ruta Nacional N° 205 (Figura A.93). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Navarrete presentaba una situación de aguas medias bajas. En la Figura A.94 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,42 \pm 0,01$ m a las 09:30 (correspondiente a una cota $9,62 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.94). La sección de aforo presentaba una importante cantidad de vegetación en el curso de agua (ver Figura A.95).

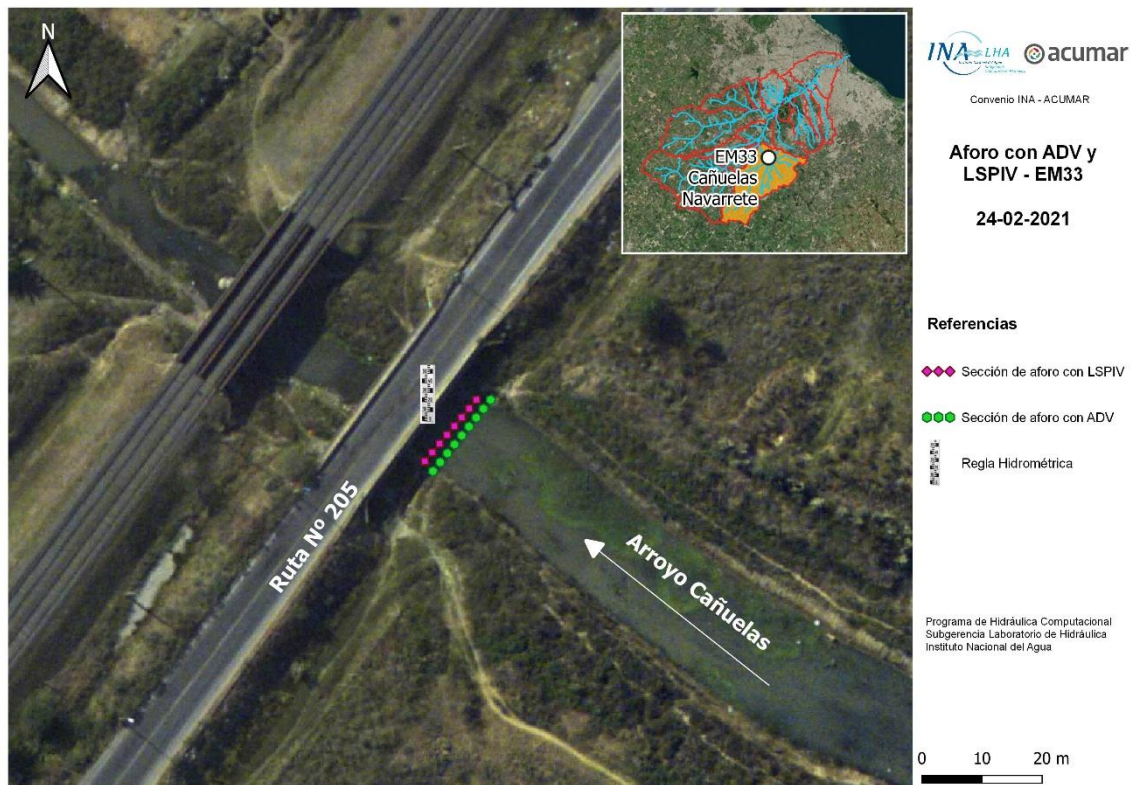


Figura A.93. Sección de aforo en la EM33.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.95) se realizó desde las 09:15 hasta las 10:00. Se obtuvo un caudal de $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 2,4%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.96.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con el GPS diferencia las cotas y coordenadas de 2 puntos fijos dispuestos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua (ver Figura A.97). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Navarrete, 10 metros aguas arriba de la sección de aforo (Figura A.97). El aforo se realizó a las 10:10. La Figura A.98 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,73 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,80 m³/s.

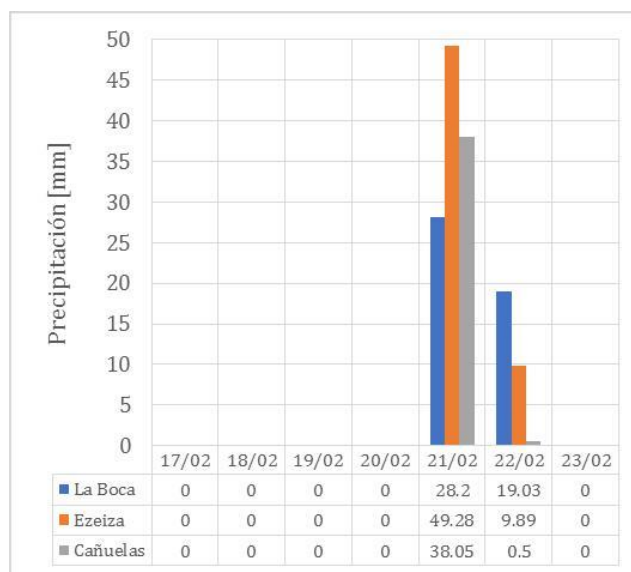
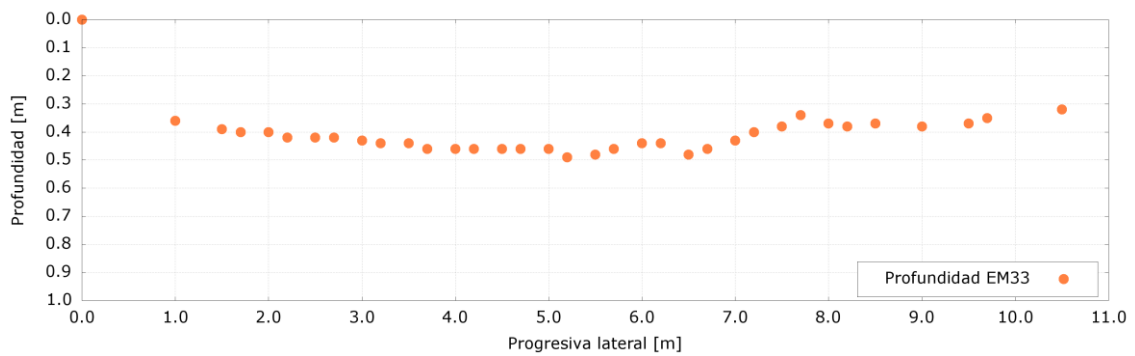


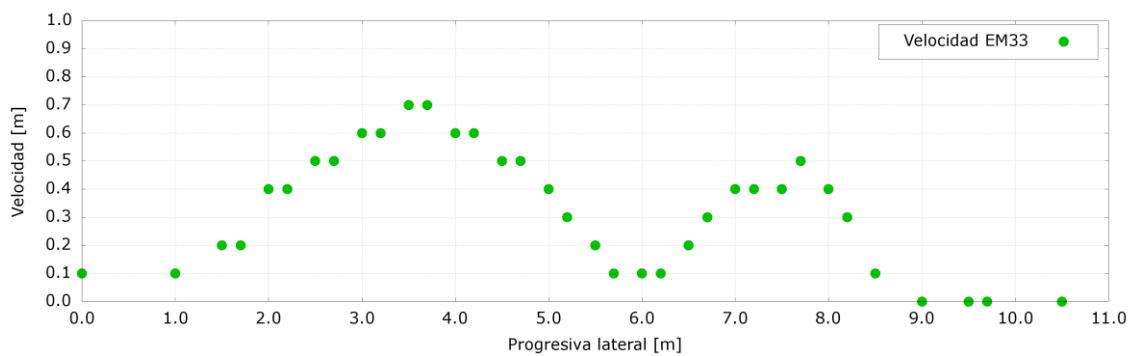
Figura A.94. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.



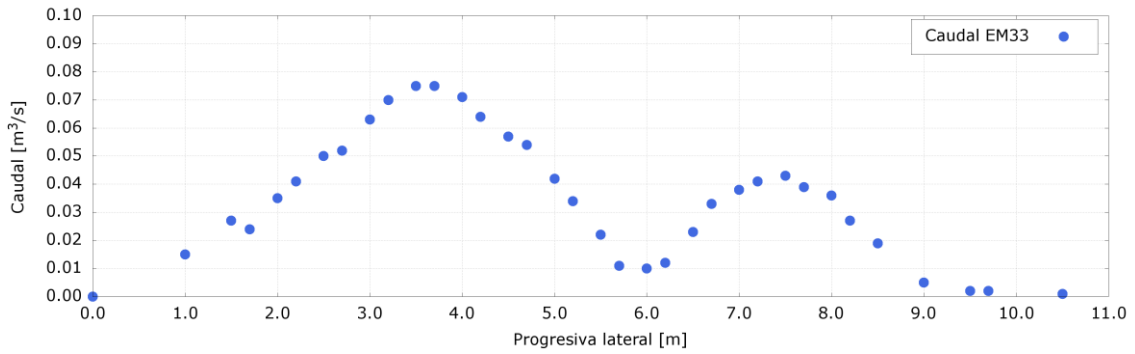
Figura A.95. Aforo con ADV en la EM33.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.96. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM33 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.97. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM33

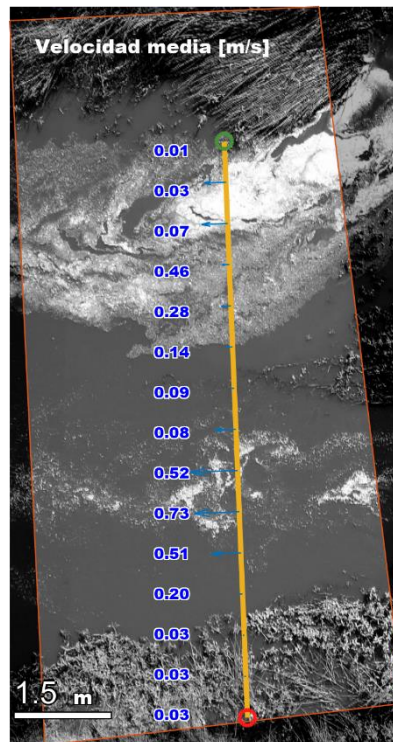


Figura A.98. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR.

Comparación con registros históricos

La Figura A.99 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM33 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se observa que la situación hidrológica aforada se corresponde efectivamente a una situación de aguas medias bajas.

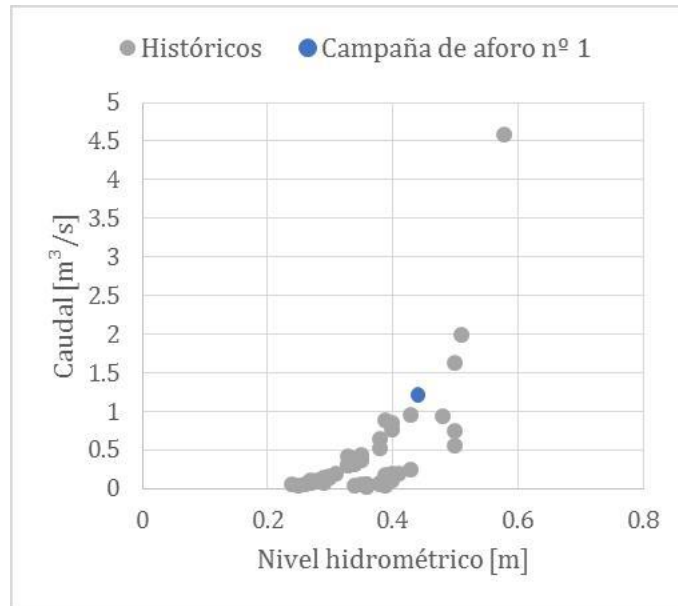


Figura A.99. Registros históricos de niveles y caudales en la EM33.

A.18. EM38

El aforo en esta estación se realizó el día 11/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente vial del camino rural que cruza el arroyo Rodríguez (Figura A.100). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Rodríguez presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.101 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,39 \pm 0,01$ m a las 11:00 (correspondiente a una cota $22,75 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.101 derecha).

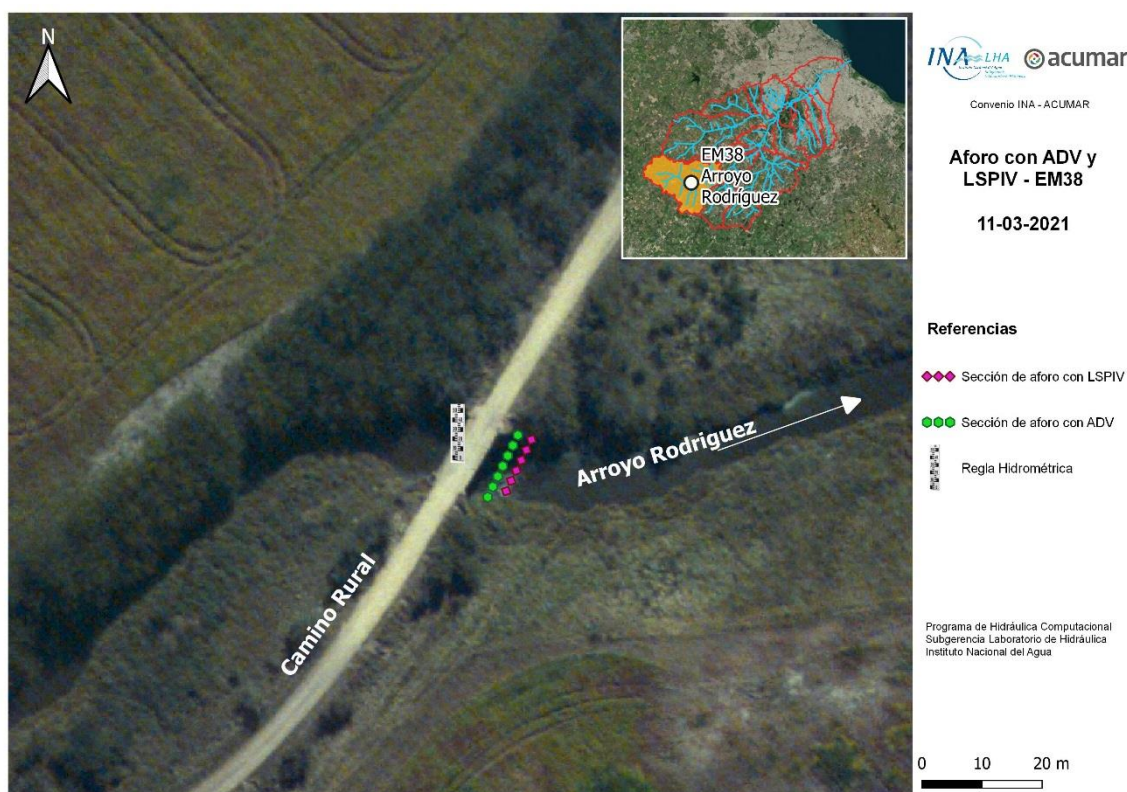


Figura A.100. Sección de aforo en la EM38.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.102) se realizó desde las 10:45 hasta las 11:45. Se obtuvo un caudal de $0,034 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,5%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.103.

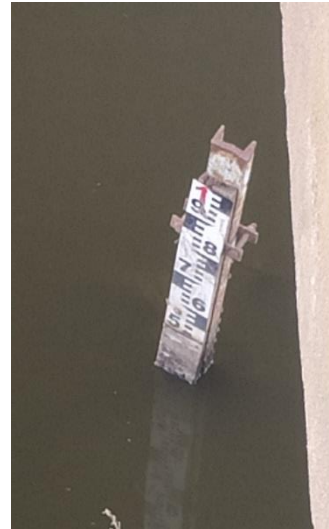
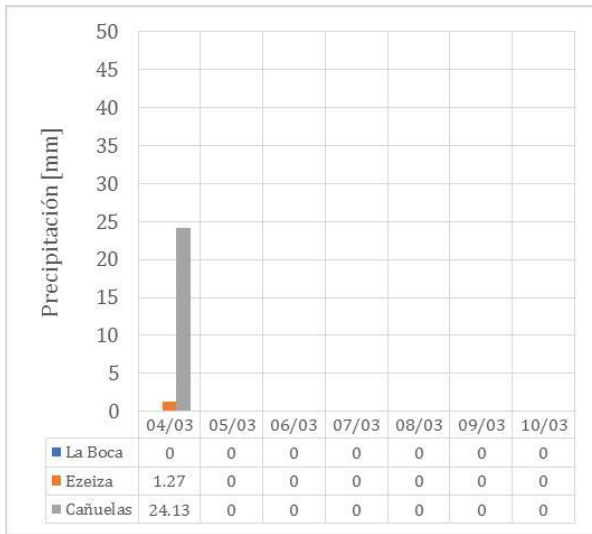
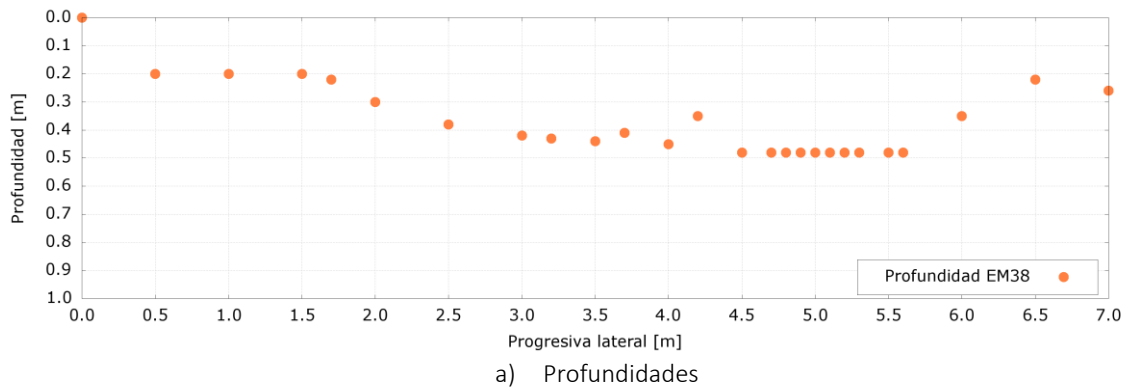


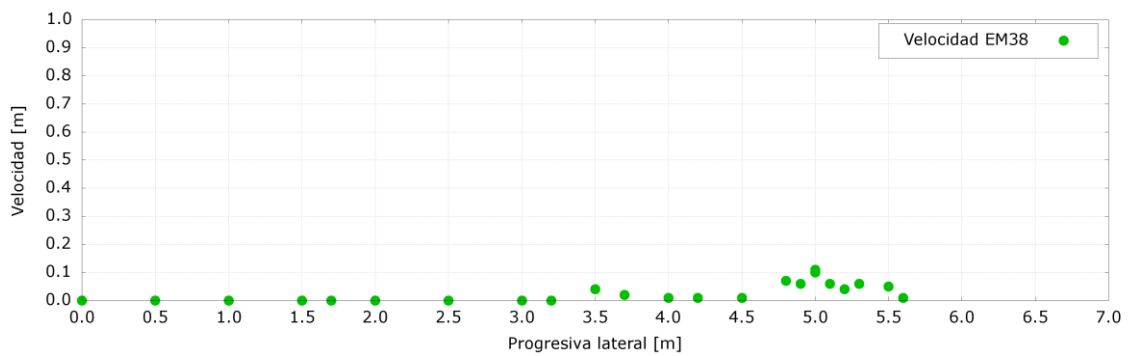
Figura A.101. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



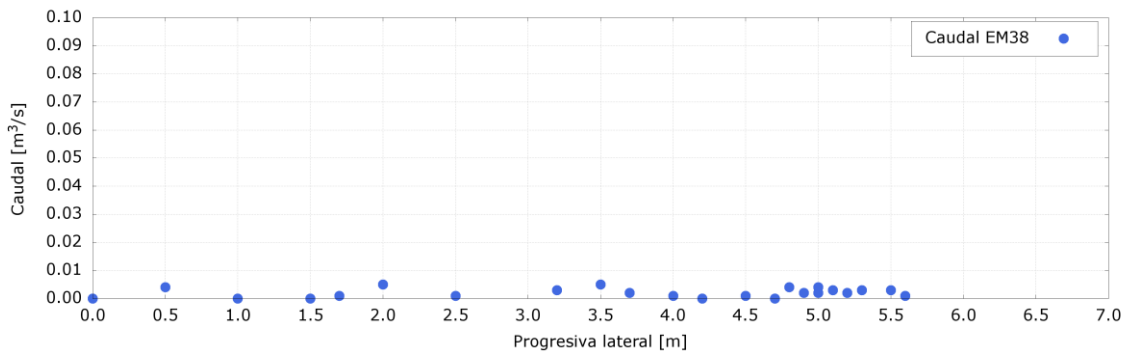
Figura A.102. Aforo con ADV en la EM38.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.103. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM38 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus coordenadas fueron relevadas con un GPS Diferencial (Figura A.104). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente vial del camino rural. La Figura A.105 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,3 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,083 m³/s.



Figura A.104. Disposición de los puntos fijos para implementar la técnica LSPIV.

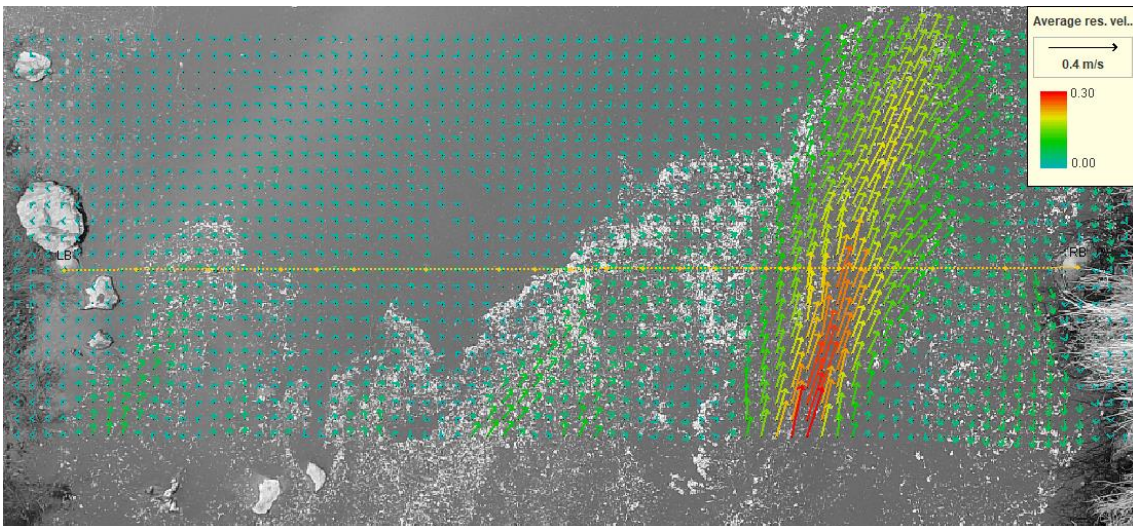


Figura A.105. Campo de velocidades superficiales en la EM38 obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.106 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM38 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

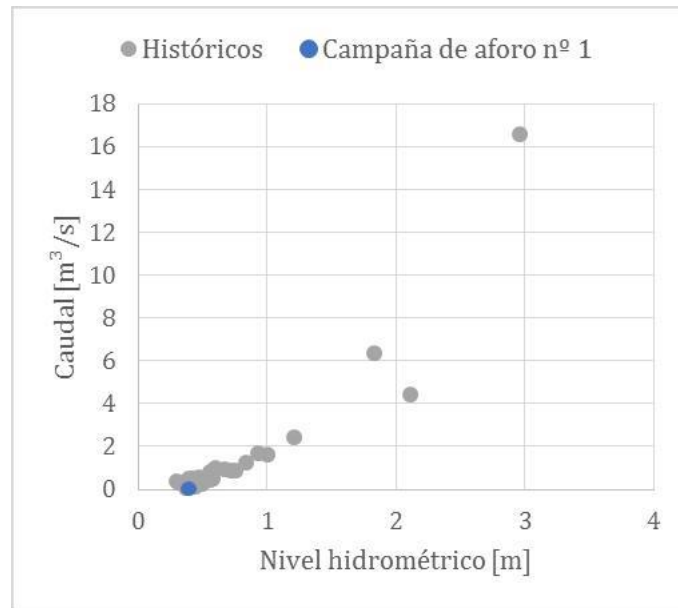


Figura A.106. Registros históricos de niveles y caudales en la EM38.

A.19. EM39

El día 23/02/2021 a las 09:00 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 1° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con ADV y con la técnica LSPIV en la sección del A° Cebey ubicada aguas arriba del puente vial de la Ruta Nacional N° 205. (Figura A.107).



Figura A.107. Secciones de aforo en la EM39.

El curso del A° Cebey se encontraba en una situación de aguas bajas pero con una fuerte velocidad del flujo, debido a las precipitaciones ocurridas los días anteriores. En la Figura A.108 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura no se pudo realizar pues faltaba el primer tramo de la regla hidrométrica. La cota de la superficie del agua fue registrada mediante el GPS Diferencial siendo la misma de $25,20 \pm 0,03$ m IGN.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.109) se realizó desde las 09:30 hasta las 10:05. Se obtuvo un caudal de 0,33 m³/s con una incertidumbre del 5,5%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.110.

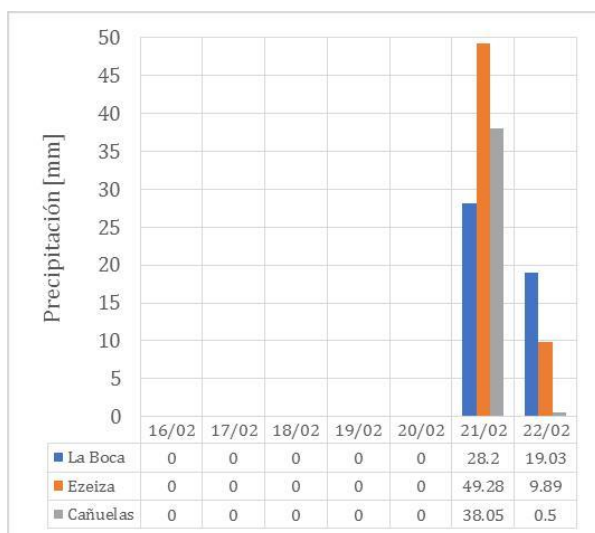


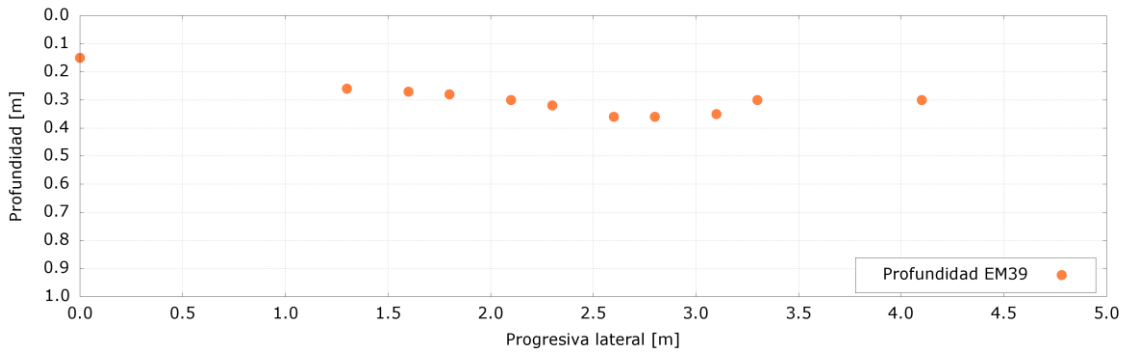
Figura A.108. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



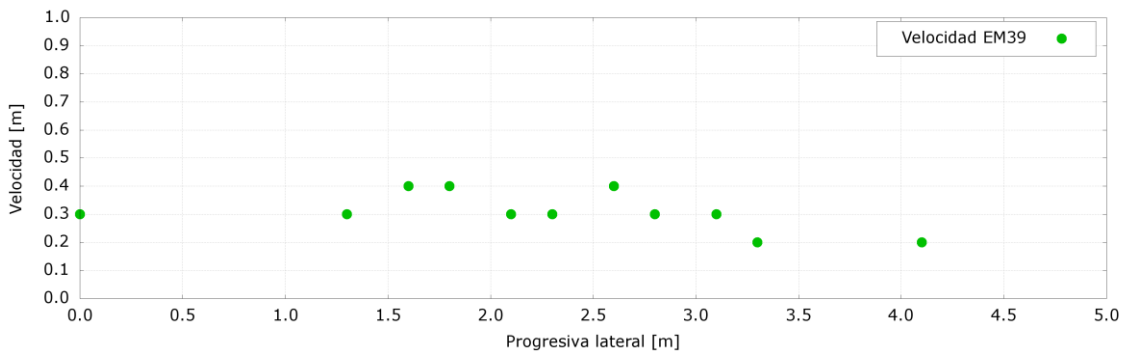
Figura A.109. Aforo con ADV en la EM39

Aforo mediante la técnica LSPIV

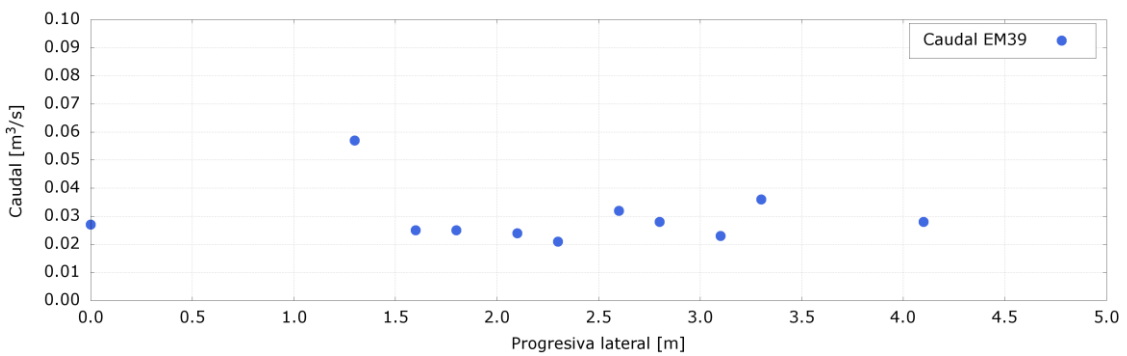
Para llevar adelante la técnica se midieron con el GPS diferencia las cotas y coordenadas de 4 puntos fijos dispuestos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua (ver Figura A.111). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cebeý, 10 metros aguas arriba de la sección de aforo (Figura A.111). El aforo se realizó a las 10:10. La Figura A.112 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,38 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,26 m³/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.110. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM39 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.111. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM39. Se observan los 4 puntos fijos y el sembrado de trazadores.

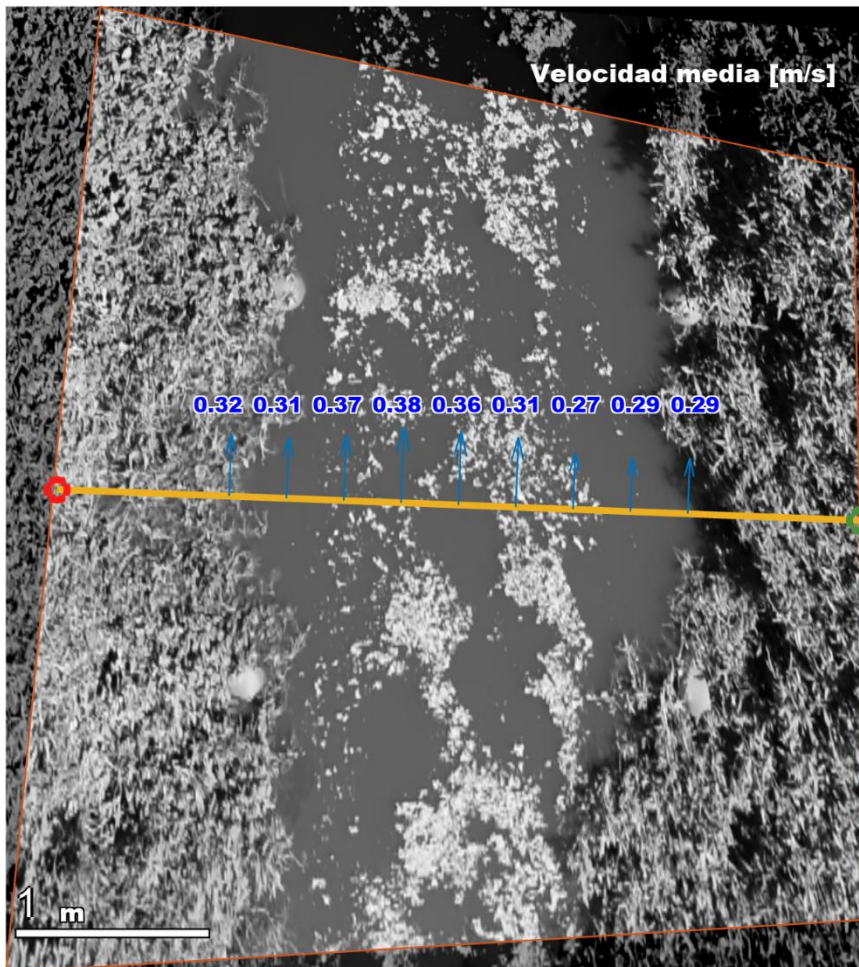


Figura A.112. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER.

A.20. EM41

El día 23/02/2021 a las 12:15 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la 1° campaña de aforos. El aforo en esta sección se realizó con ADV y con la técnica LSPIV en la sección del A° Cebey ubicada aguas arriba del puente vial de la calle Rubén Darío (Figura A.113).



Figura A.113. Secciones de aforo en la EM41.

El curso del A° Cebey se encontraba en una situación de aguas bajas pero con una fuerte velocidad del flujo, debido a las precipitaciones ocurridas los días anteriores. En la Figura A.114 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura no se pudo realizar pues faltaba el primer tramo de la regla hidrométrica. La cota de la superficie del agua fue registrada mediante el GPS Diferencial siendo la misma de $14,12 \pm 0,03$ m IGN.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.115) se realizó desde las 12:45 hasta las 13:40. Se obtuvo un caudal de $0,69 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,3%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.116.

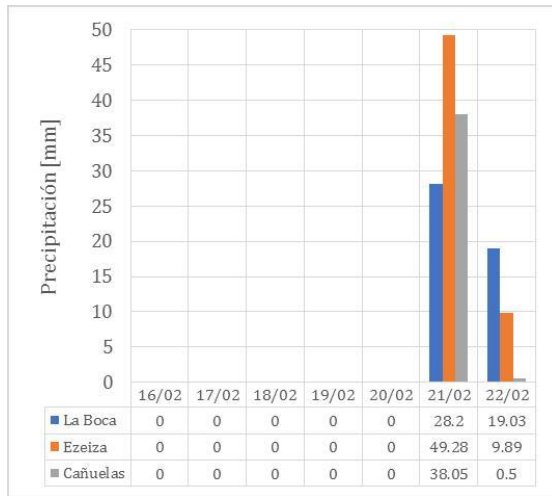


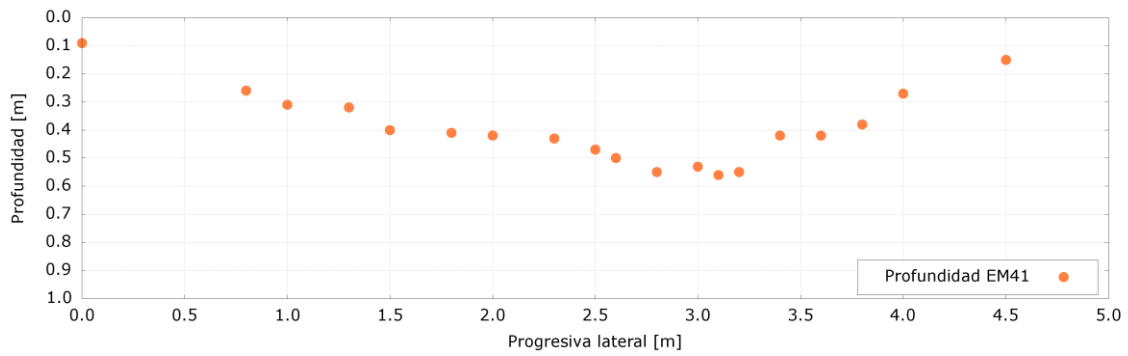
Figura A.114. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo



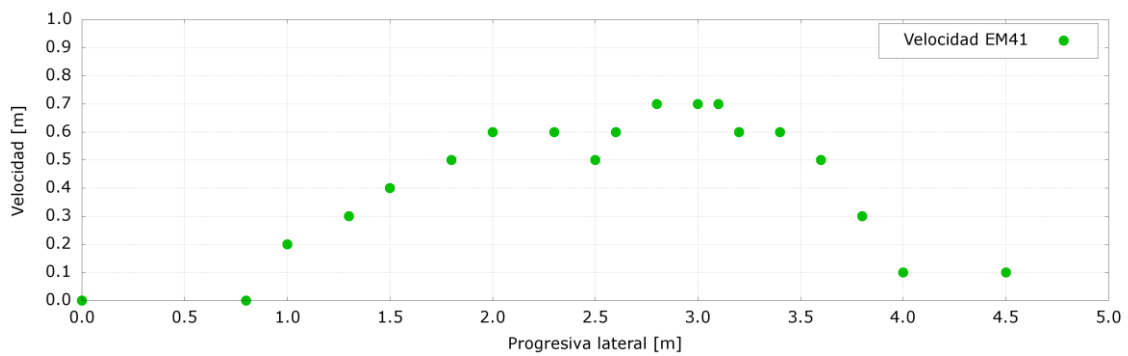
Figura A.115. Aforo con ADV en la EM41

Aforo mediante la técnica LSPIV

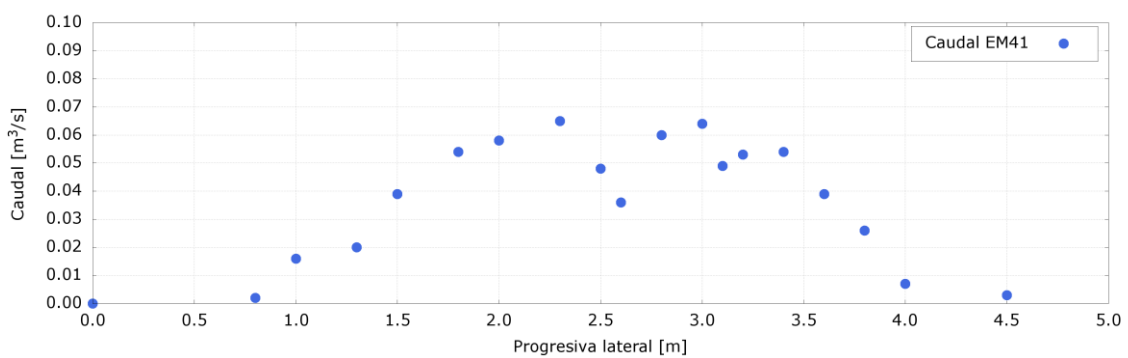
Para llevar adelante la técnica se midieron con el GPS diferencia las cotas y coordenadas de 6 puntos fijos dispuestos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua (ver Figura A.117). Los puntos fijos fueron materializados con conos plásticos. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cebey, 10 metros aguas arriba de la sección de aforo. El aforo se realizó a las 13:45. La Figura A.118 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,80 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,64 m³/s.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.116. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM41 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.



Figura A.117. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM41. Se observan los 6 puntos fijos.

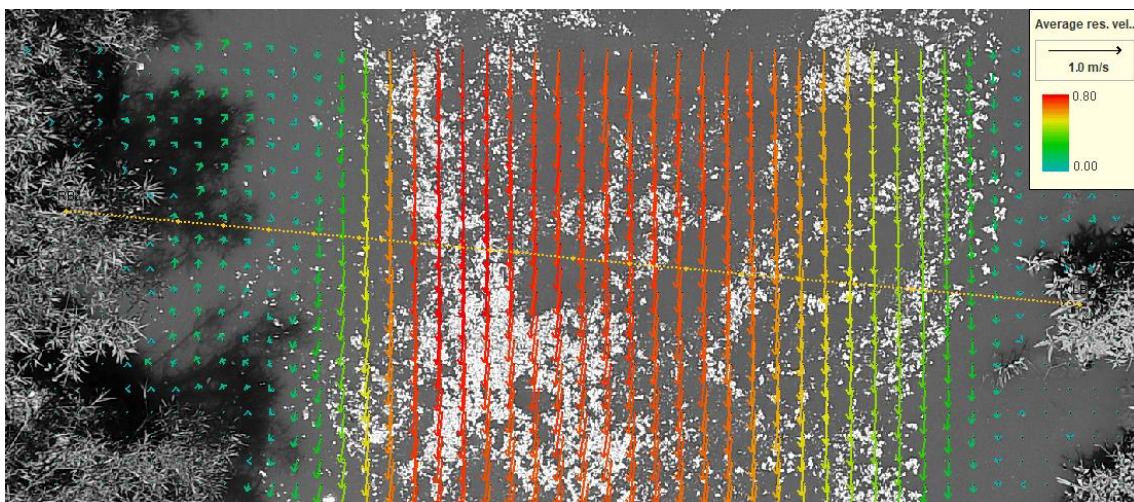


Figura A.118. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR.

A.21. EM47

El aforo en esta estación se realizó el día 25/02/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo de un puente peatonal ubicado en el predio del CEAMSE (Figura A.119). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañada Pantanosa presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.120 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,50 \pm 0,01$ m a las 09:45 (correspondiente a una cota $7,16 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.120 derecha).

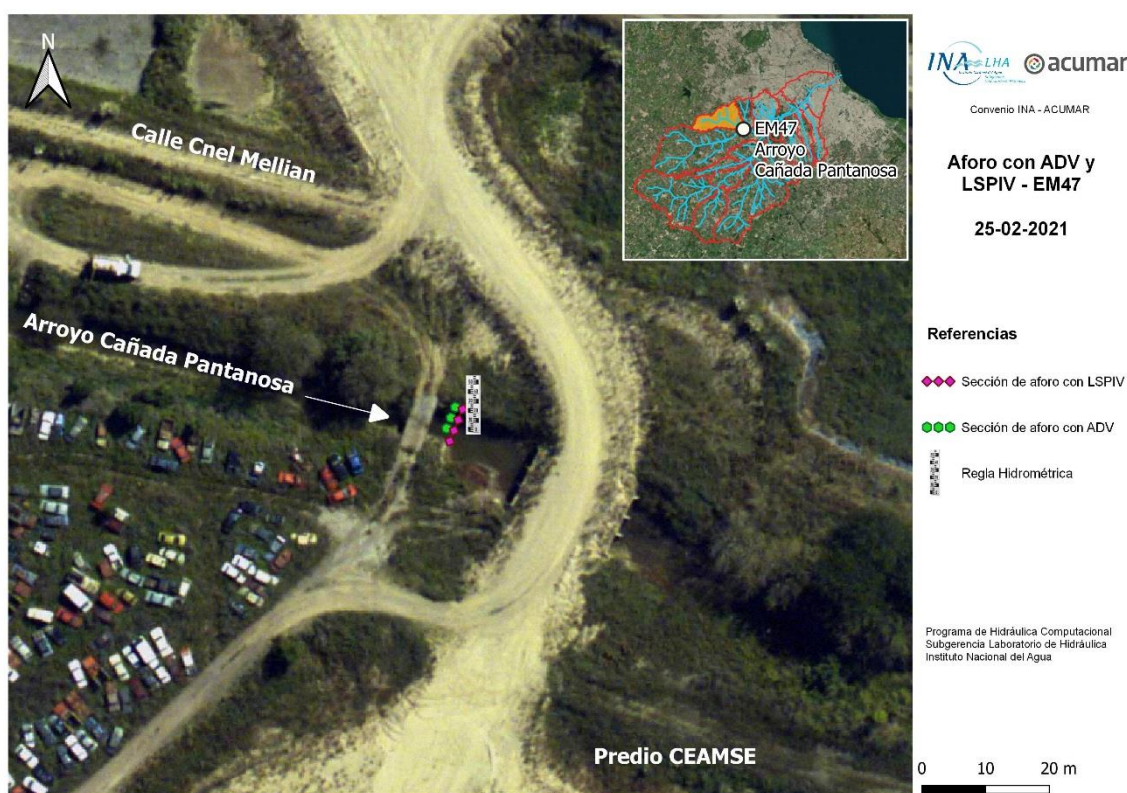


Figura A.119. Sección de aforo en la EM47.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.121) se realizó desde las 09:30 hasta las 10:30. Se obtuvo un caudal de $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.122.

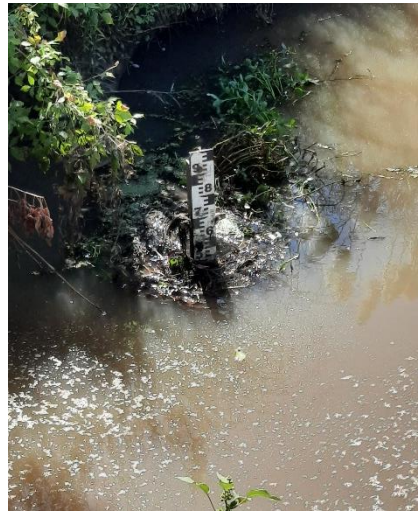
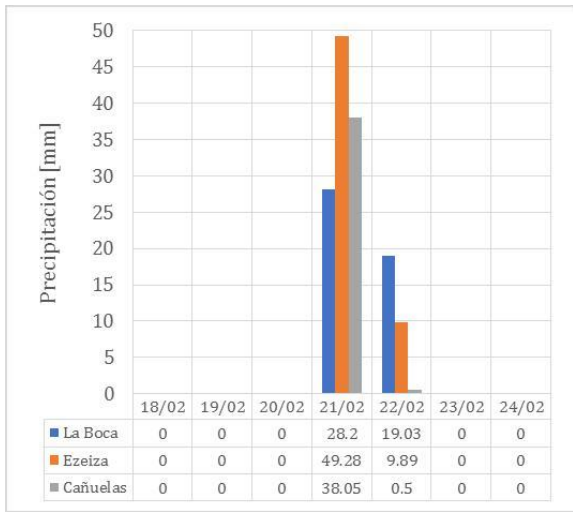
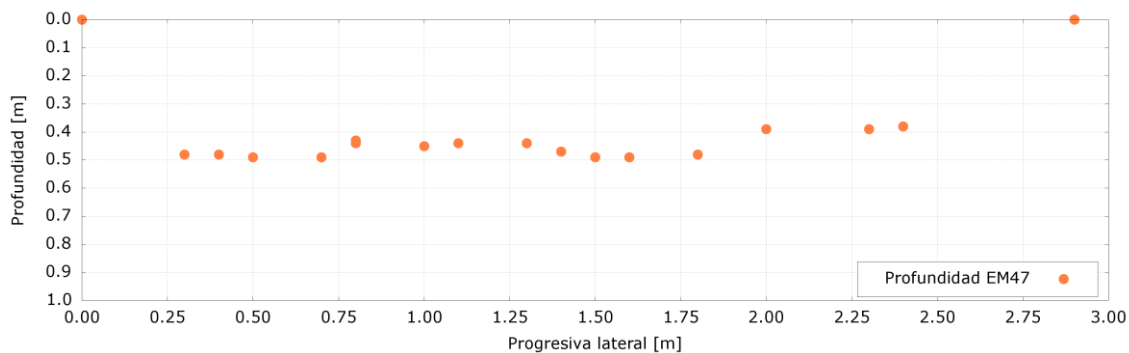


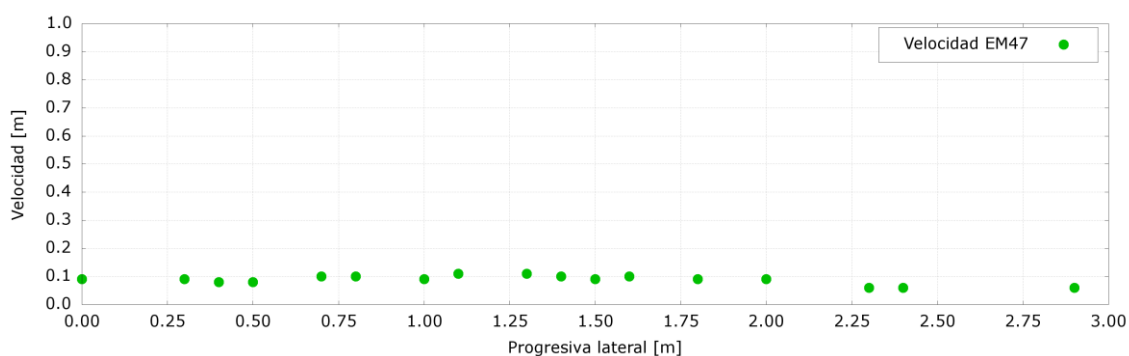
Figura A.120. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



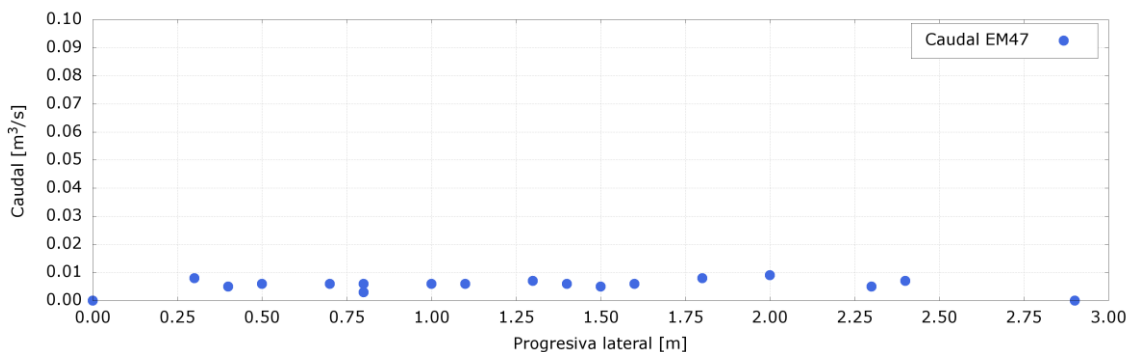
Figura A.121. Aforo con ADV en la EM47.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.122. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM47 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie de agua. Los mismos fueron materializados con dos conos plásticos y su distancia fue determinada con una cinta métrica de agrimensor (Figura A.123). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.124 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,08 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,15 m³/s.



Figura A.123. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM47. Se observan los 2 puntos fijos y el sembrado de trazadores.

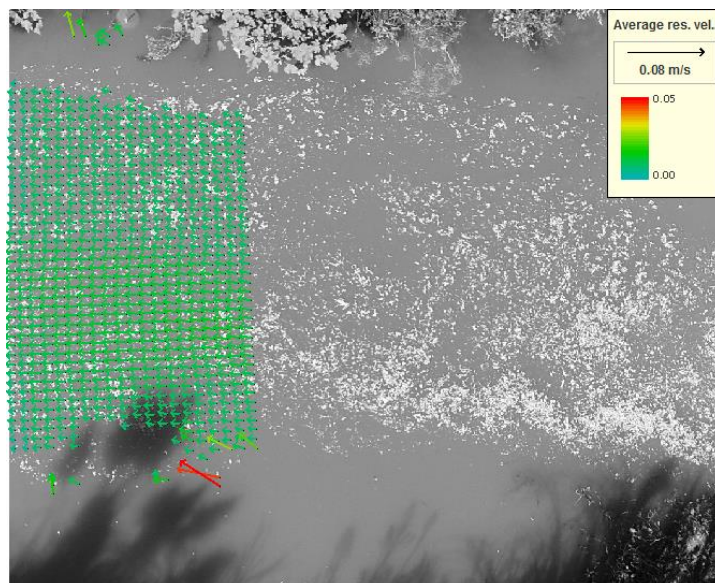


Figura A.124. Campo de velocidades superficiales en la EM47 obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.125 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM47 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

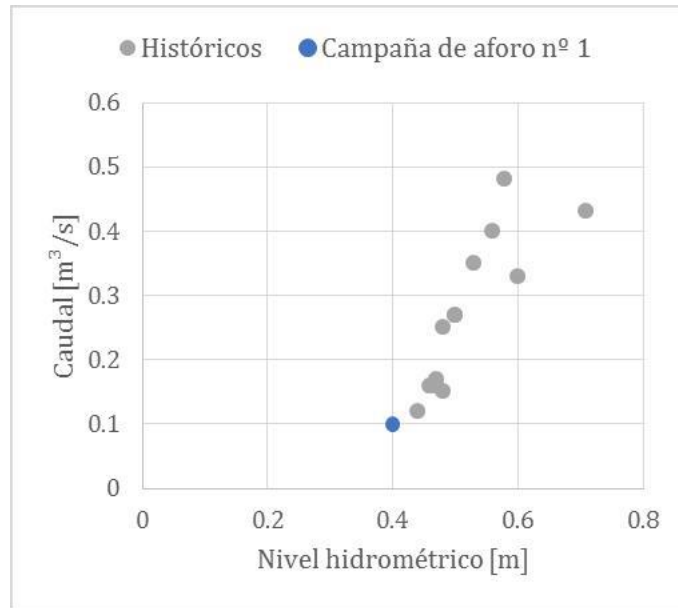


Figura A.125. Registros históricos de niveles y caudales en la EM47.

A.22. EM56

El aforo en esta estación se realizó el día 24/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la toma de la Estación de Monitoreo Continuo perteneciente a ACUMAR (Figura A.126). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Cañuelas presentaba una situación de aguas medias bajas. En la Figura A.127 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,33 \pm 0,01$ m a las 11:00 hs (correspondiente a una cota $9,81 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.127 derecha).

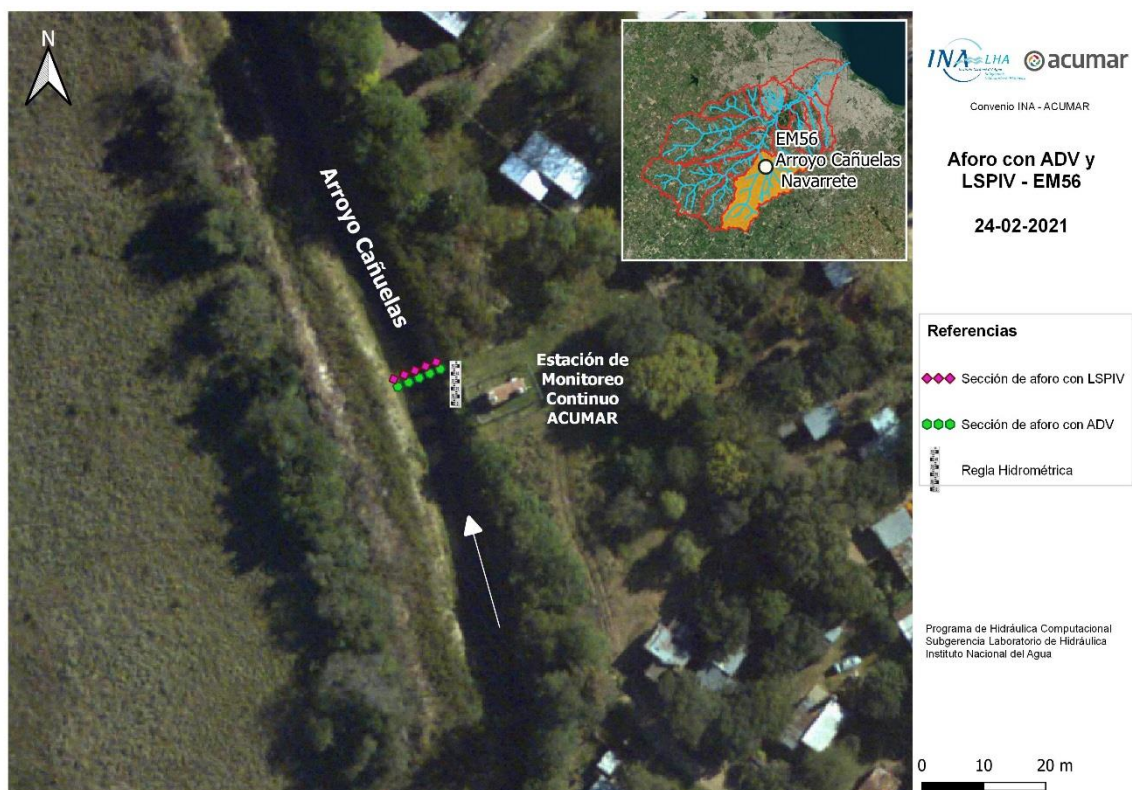


Figura A.126. Sección de aforo en la EM56.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.128) se realizó desde las 10:40 hasta las 11:40. Se obtuvo un caudal de $0,58 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,8%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.129.

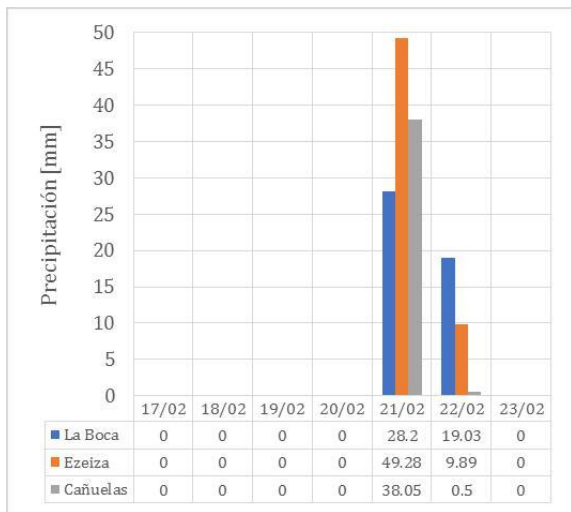


Figura A.127. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.128. Aforo con ADV en la EM56.

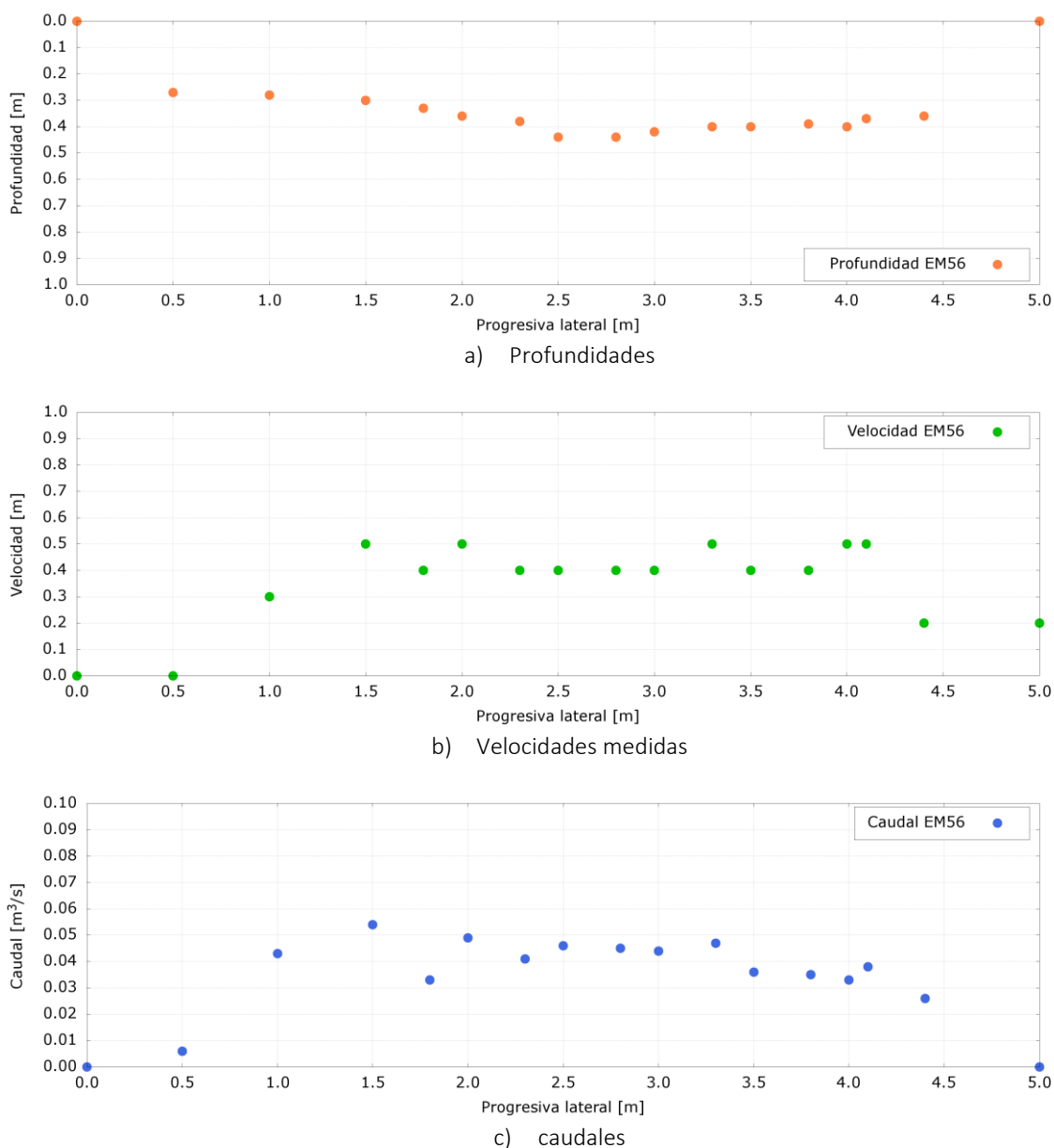


Figura A.129. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM56 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos en la sección de aforo a la altura de la superficie del agua. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus coordenadas fueron relevadas con un GPS Diferencial (Figura A.130). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Cañuelas 15 metros aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.131 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,60 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,58 m³/s.



Figura A.130. Aplicación de la técnica LSPIV en la EM56. Se observan los 2 puntos fijos y el sembrado de trazadores.

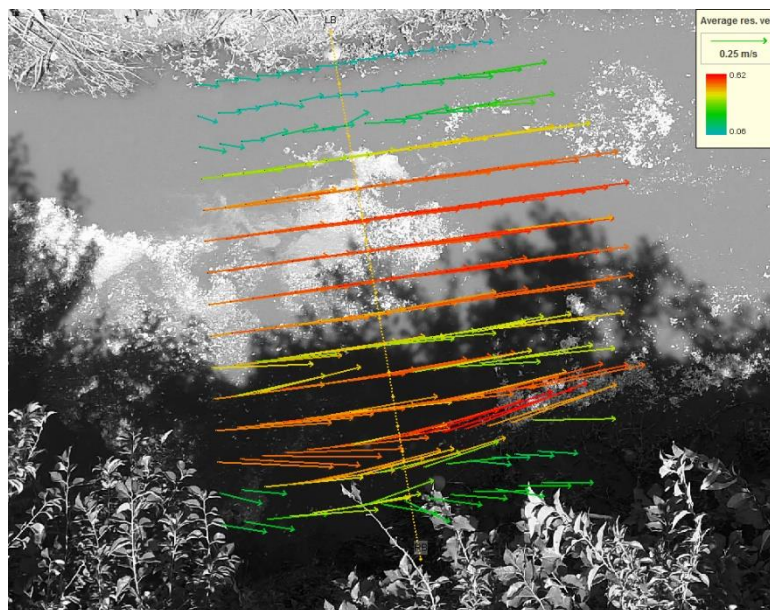


Figura A.131. Campo de velocidades superficiales en la EM56 obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.132 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM56 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

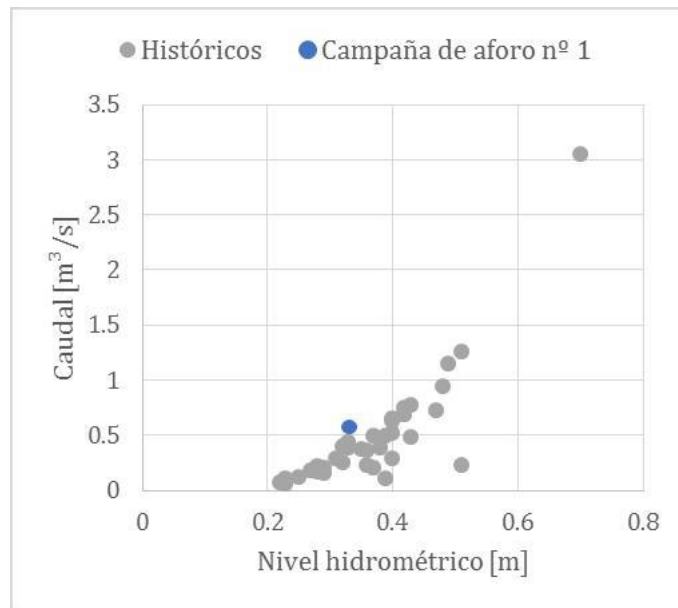


Figura A.132. Registros históricos de niveles y caudales en la EM56.

A.23. EM63

El aforo en esta estación se realizó el día 03/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas abajo del puente peatonal ubicado en forma paralela al puente vial de la calle Uruguay (Figura A.133). El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Ortega presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.134 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,00 \pm 0,01$ m a las 09:45 (correspondiente a una cota $11,87 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.134 derecha).

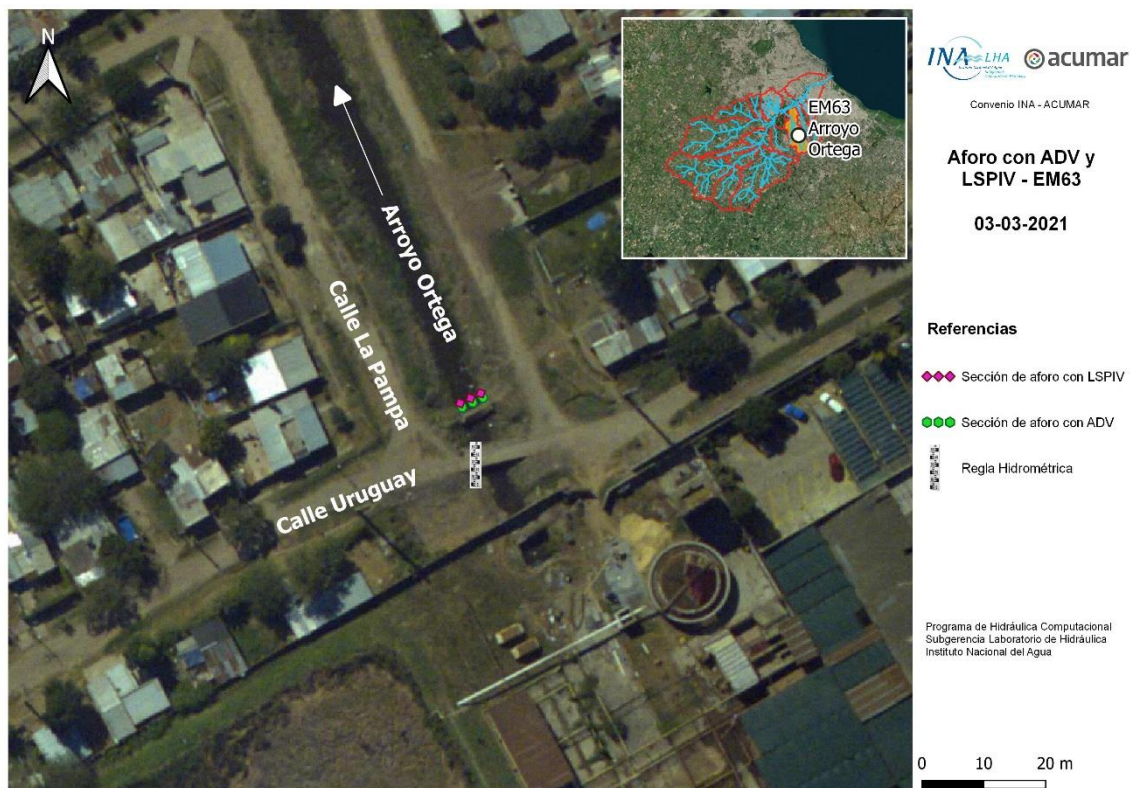


Figura A.133. Sección de aforo en la EM63.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.135) se realizó desde las 09:25 hasta las 10:25. Se obtuvo un caudal de $0,024 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,4%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.136.

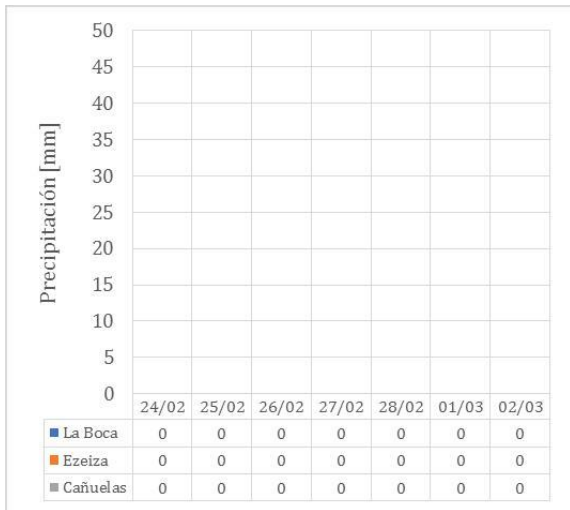


Figura A.134. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



Figura A.135. Aforo con ADV en la EM63.

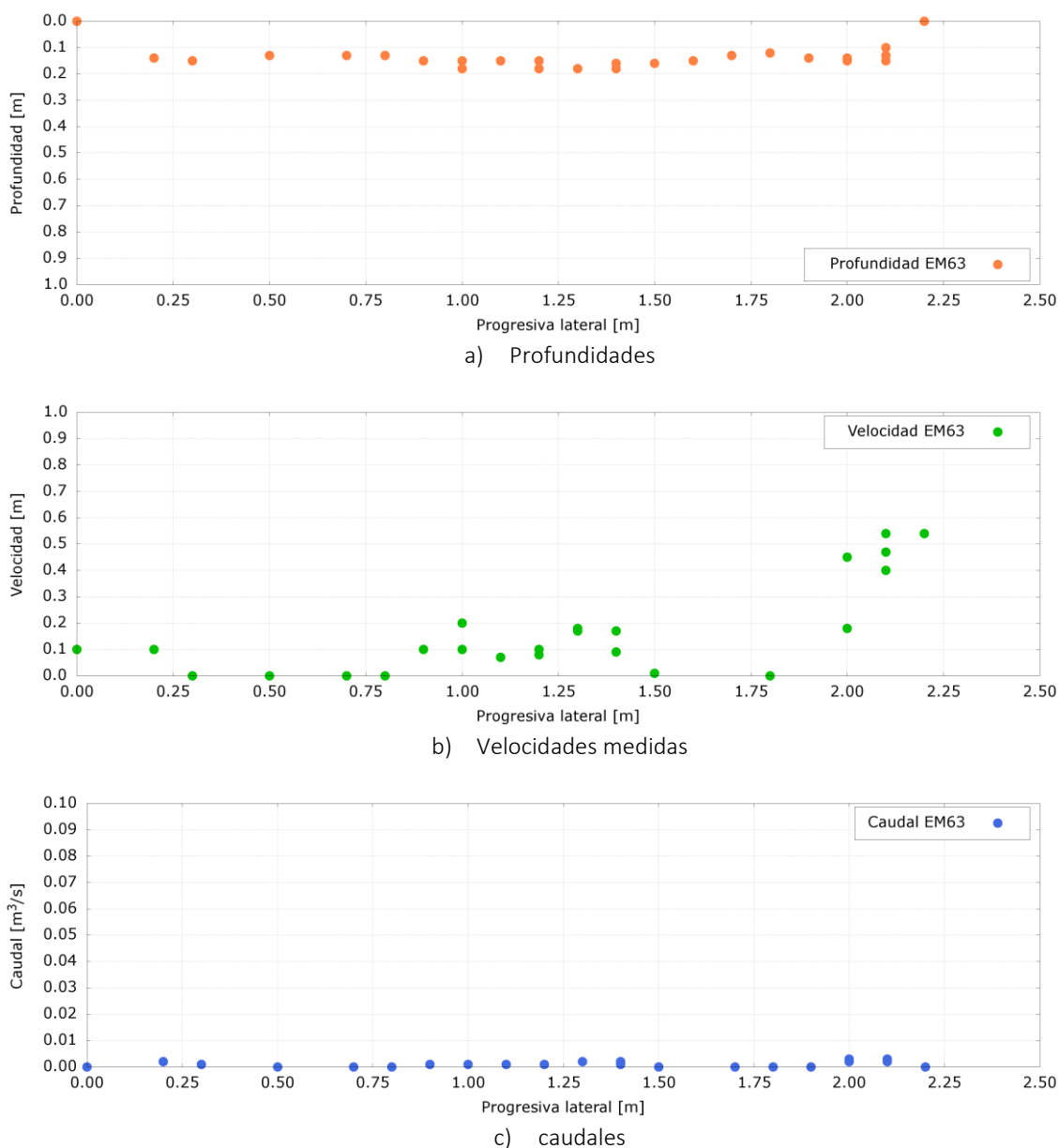


Figura A.136. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM63 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron seis puntos fijos en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus coordenadas fueron relevadas con un GPS Diferencial (Figura A.137). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el puente vial de la calle Uruguay. La Figura A.138 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,35 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,023 m³/s.



Figura A.137. Disposición y relevamiento de coordenadas de los puntos fijos para implementar la técnica LSPIV.

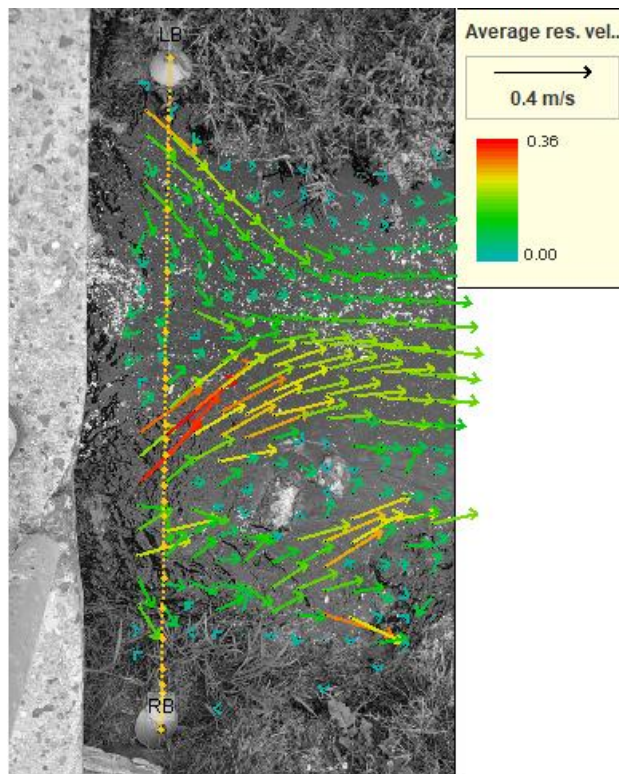


Figura A.138. Campo de velocidades superficiales en la EM63 obtenido con el software Fudaa.

Comparación con registros históricos

La Figura A.139 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM63 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

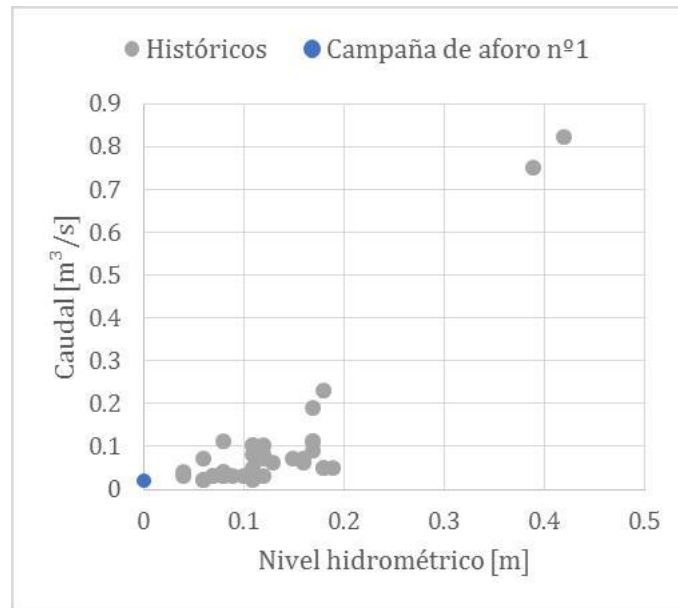


Figura A.139. Registros históricos de niveles y caudales en la EM63.

A.24. EM68

El aforo en esta estación se realizó el día 11/03/2021. La sección de aforo sobre el arroyo Rodríguez se muestra en la Figura A.140. El aforo se realizó con el equipo ADV y utilizando la técnica LSPIV. El arroyo Rodríguez presentaba una situación de aguas bajas. En Figura A.141 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,15 \pm 0,01$ m a las 14:15 (correspondiente a una cota $14,75 \pm 0,03$ m IGN) (Figura A.141 derecha).

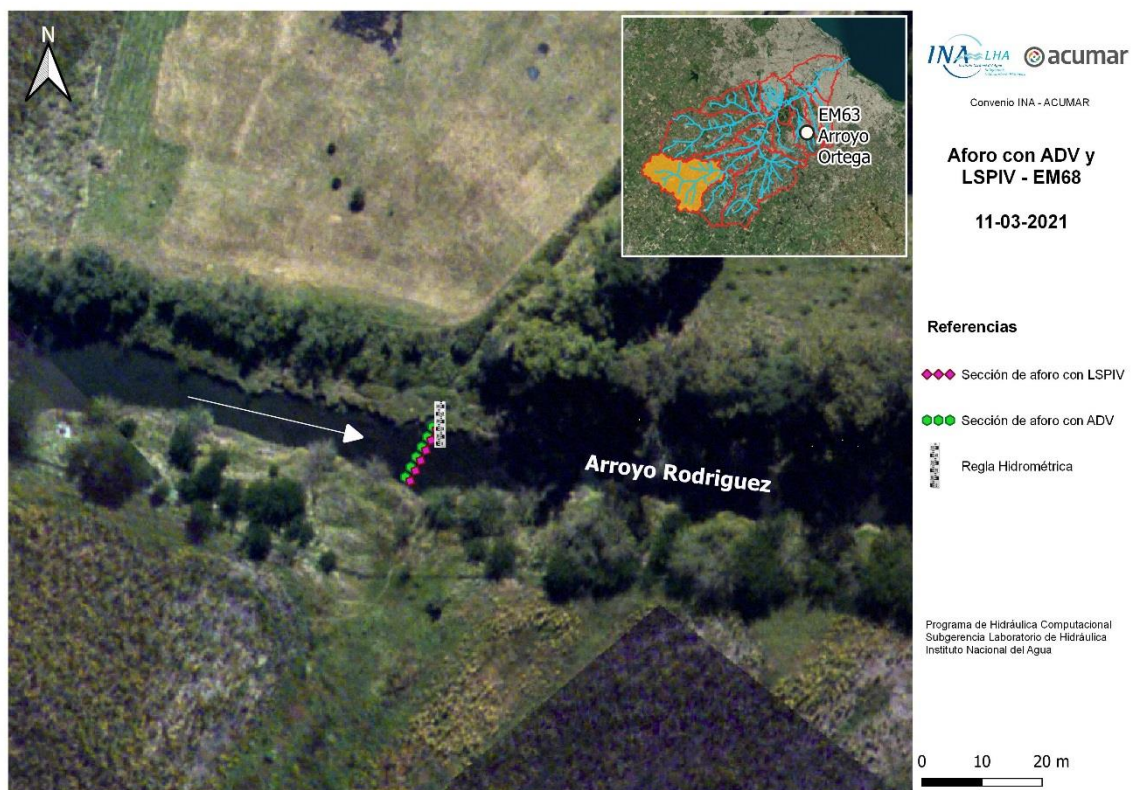


Figura A.140. Sección de aforo en la EM68.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.142) se realizó desde las 13:10 hasta las 14:05. Se obtuvo un caudal de $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,1%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.143.

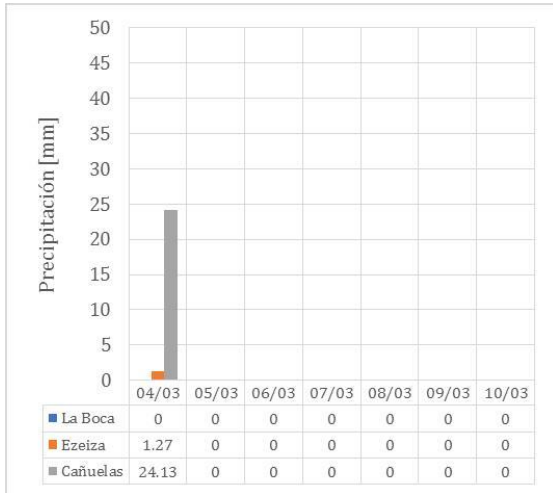
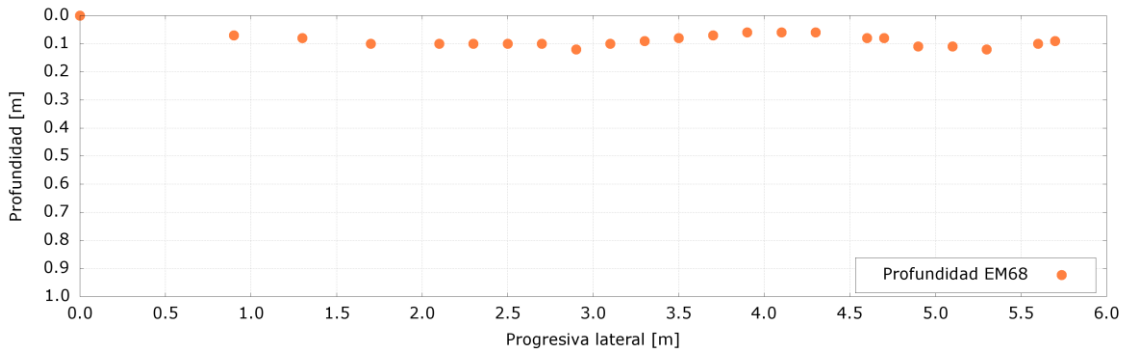


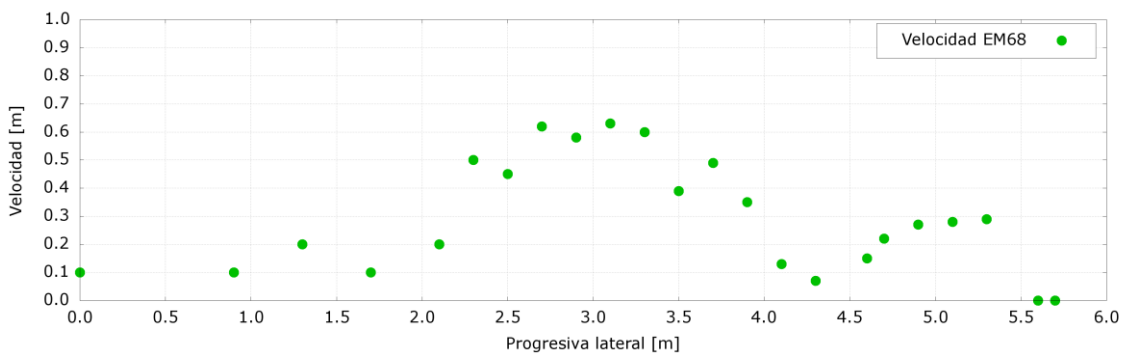
Figura A.141. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica previa limpieza de la misma (derecha).



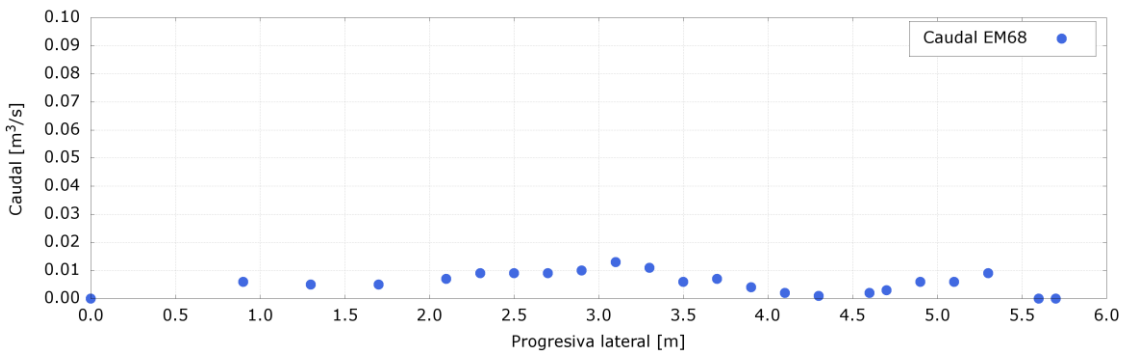
Figura A.142. Aforo con ADV en la EM68.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.143. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM68 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y su distancia fue relevada utilizando una cinta métrica de agrimensor (Figura A.144). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo A° Rodríguez 20 metros aguas arriba de la sección de aforo. La Figura A.145 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,93 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,09 m³/s.



Figura A.144. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV.

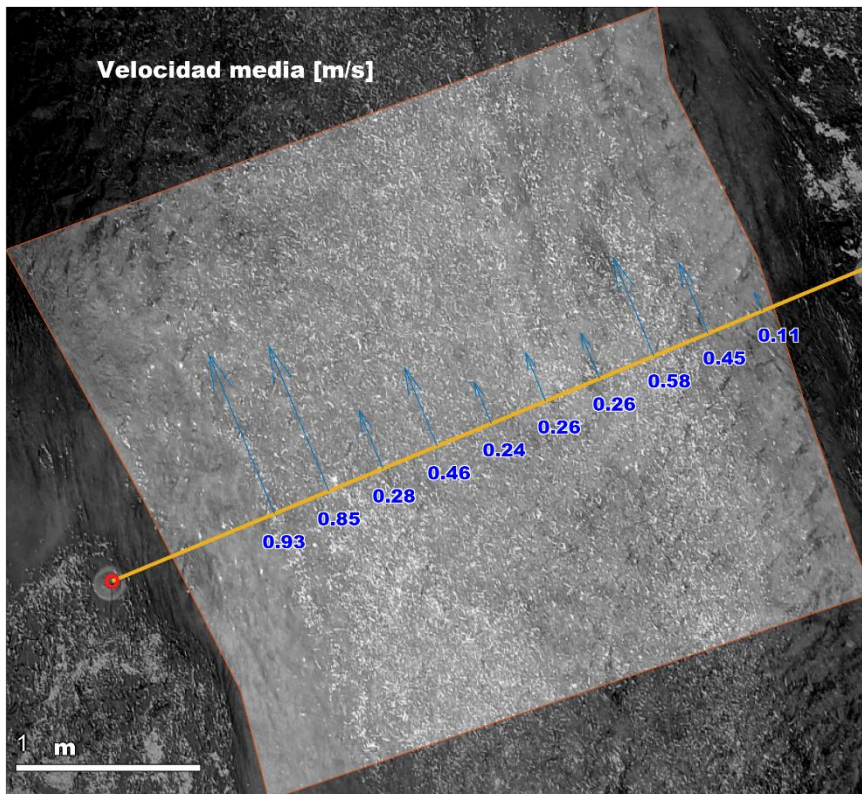


Figura A.145. Campo de velocidades superficiales en la EM68 obtenido con el software RIVeR.

Comparación con registros históricos

La Figura A.146 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM68 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

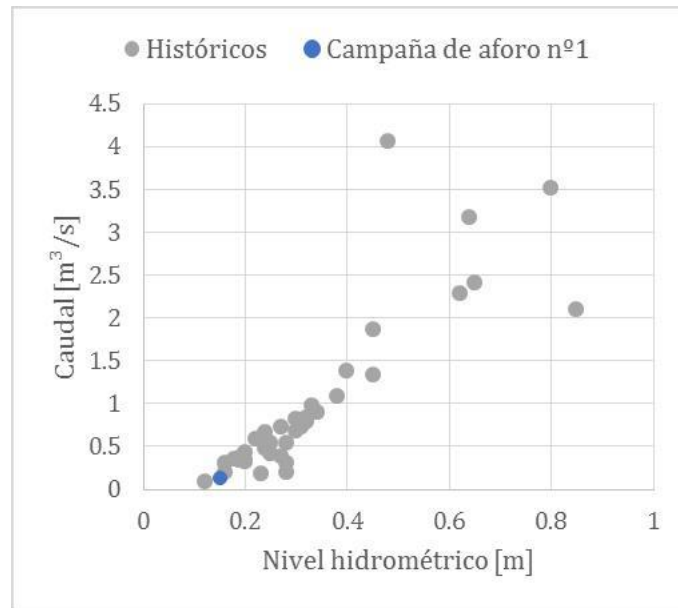


Figura A.146. Registros históricos de niveles y caudales en la EM68.

A.25. EM72

El día 03/03/2021 a las 11:10 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°1. La sección de aforo sobre la descarga de la Laguna de Rocha se muestra en la Figura A.147. En la Figura A.148 izquierda se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. La lectura de la regla hidrométrica fue de $0,35 \pm 0,01$ m a las 12:00 (Figura A.148 derecha). Dado que la dinámica hídrica en esta sección puede llegar a estar afectada por los niveles del Río de la Plata, se muestran en la Figura A.149 los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.



Figura A.147. Sección de aforo en la EM72.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.150) se realizó desde las 12:05 hasta las 13:00. Se obtuvo un caudal de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,6%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.151.

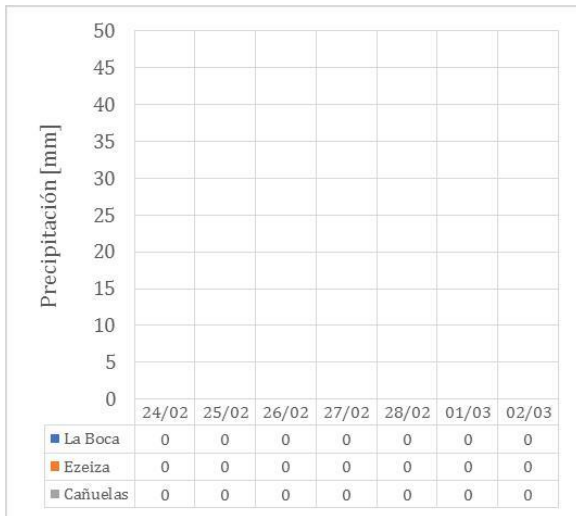


Figura A.148. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).

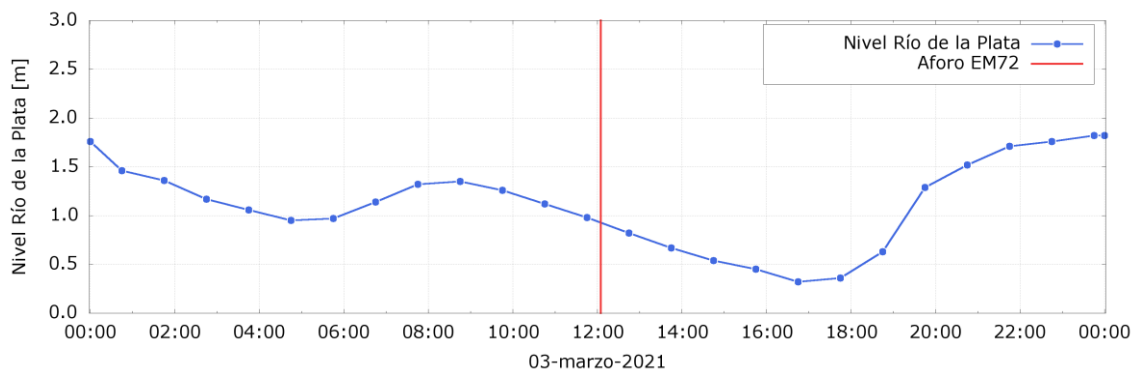


Figura A.149. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM72.



Figura A.150. Aforo con ADV en la EM72.

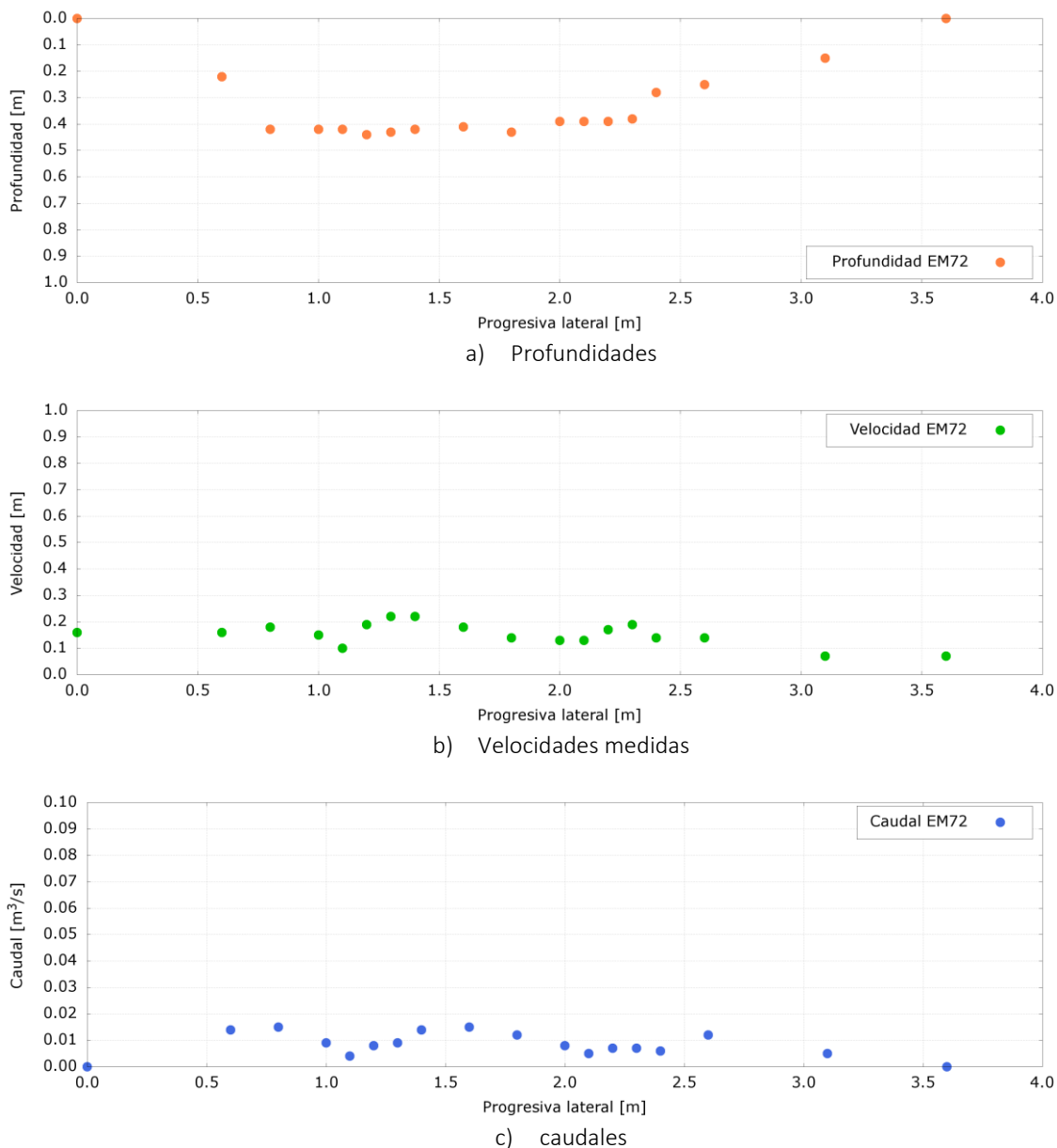


Figura A.151. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM72 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron cuatro puntos fijos sobre el nivel del agua en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus distancias fueron relevadas con una cinta métrica (Figura A.152). Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo curso de agua 10 metros aguas arriba de la sección de aforo (ver Figura A.152). La Figura A.153 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVeR, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,30 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,16 m³/s.



Figura A.152. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV.

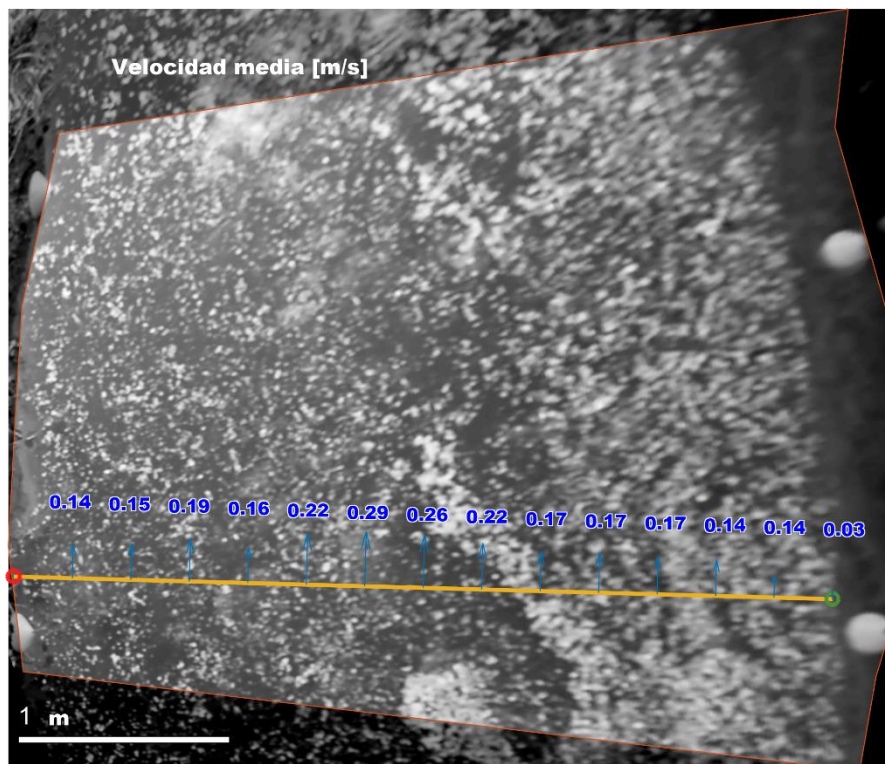


Figura A.153. Campo de velocidades superficiales en la EM72 obtenido con el software RIVER.

Comparación con registros históricos

La Figura A.154 muestra los registros históricos de niveles y caudales en la EM72 y la comparación con el nuevo registro obtenido en la presente campaña. Se corrobora que la situación hidrológica aforada se corresponde a una situación de aguas bajas.

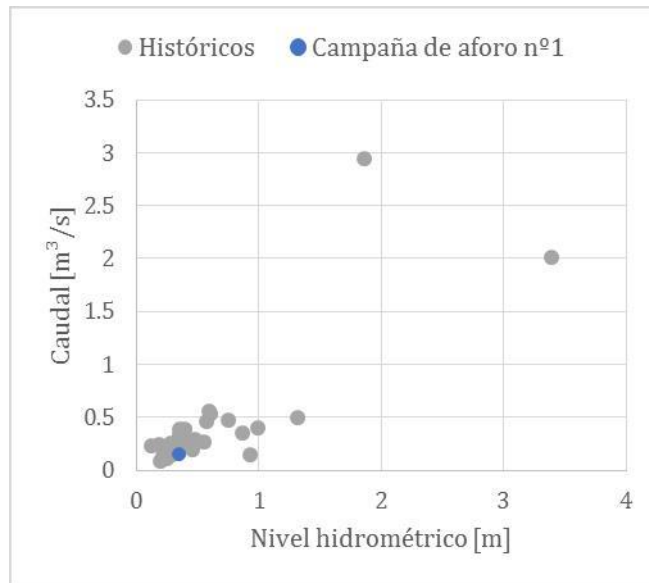


Figura A.154. Registros históricos de niveles y caudales en la EM72.

A.26. EM76

El aforo en esta estación se realizó el día 02/03/2021 a las 13:50 hs. La sección de aforo sobre el arroyo Susana se ubicó aguas abajo del puente vial de la calle Concejal P. Gómez, como se muestra en la Figura A.155. El aforo se utilizó la técnica LSPIV. El arroyo Susana presentaba una situación de aguas bajas. En la Figura A.156 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa.



Figura A.155. Sección de aforo en la EM76.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para implementar la técnica se lanzaron trazadores, compuestos por partículas de madera, desde el puente vial de la calle Concejal P. Gómez (ver Figura A.157). Se utilizaron ocho puntos fijos establecidos en la Campaña de Reconocimiento Inicial de este proyecto¹³. Estos puntos fueron marcados con aerosol en la canalización del A° Susana y sus coordenadas se relevaron con el GPS Diferencial (Figura A.158). La Figura A.159 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,35 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,03 m³/s.

¹³ INA, 20201. Aforos de ríos y arroyos en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe 02 – Campaña de reconocimiento inicial. Proyecto INA 397. Informe LHA 02-397-21. Ezeiza, marzo de 2021

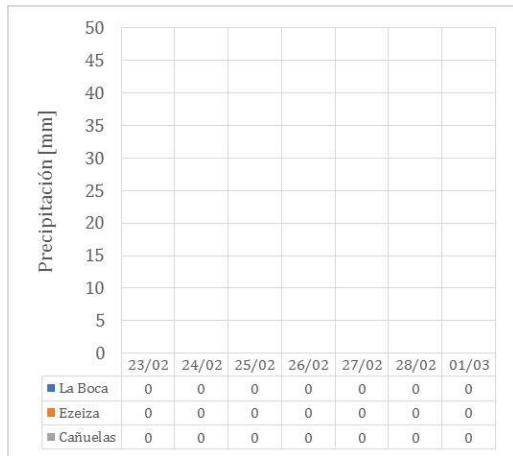


Figura A.156. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.

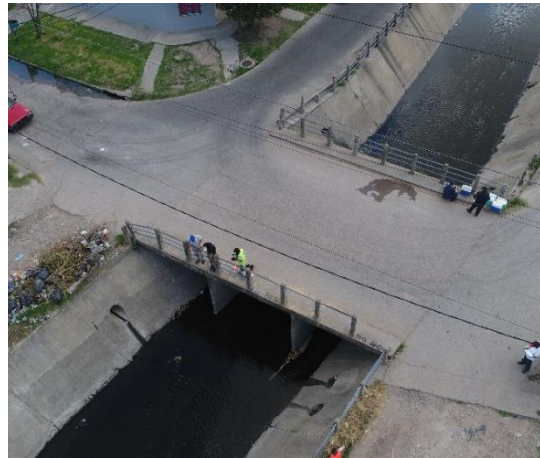


Figura A.157. Puente vial sobre la calle Concejal P. Gómez desde donde se arrojaron los trazadores para aplicar la técnica LSPIV

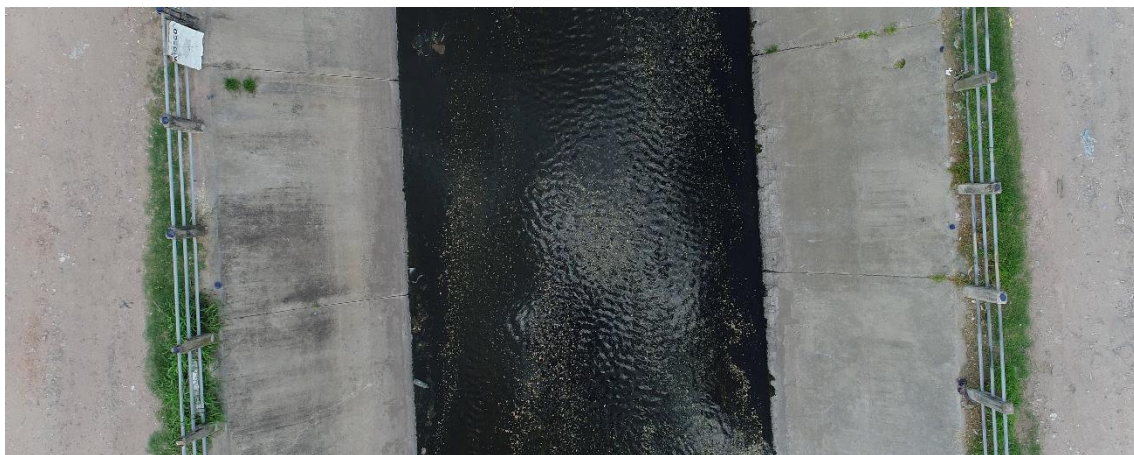


Figura A.158. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV en la EM76.

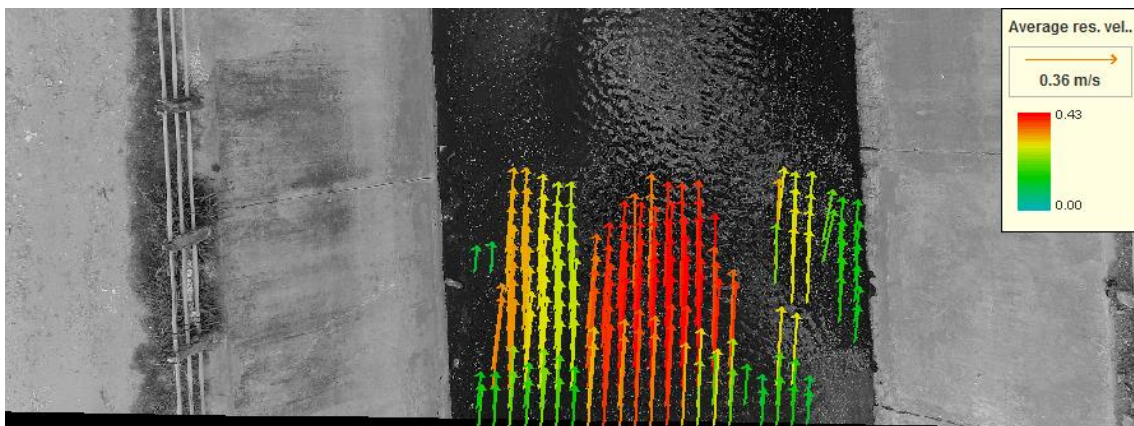


Figura A.159. Campo de velocidades superficiales en la EM76 obtenido con el software Fudaa.

A.27. EM77

El día 02/03/2021 a las 12:40 hs se arribó a esta estación con el objetivo de realizar el aforo correspondiente a la campaña N°1. La sección de aforo se ubicó aguas arriba del puente vial de la calle Luis Van Beethoven tal como se muestra en la Figura A.160. El arroyo Dupuy se encontraba en situación de aguas bajas. En la Figura A.161 se presentan las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El nivel de la superficie de agua a las 11:10 fue de $3,92 \pm 0,03$ m IGN y se determinó con el GPS diferencial al no encontrarse la escala hidrométrica de la sección.

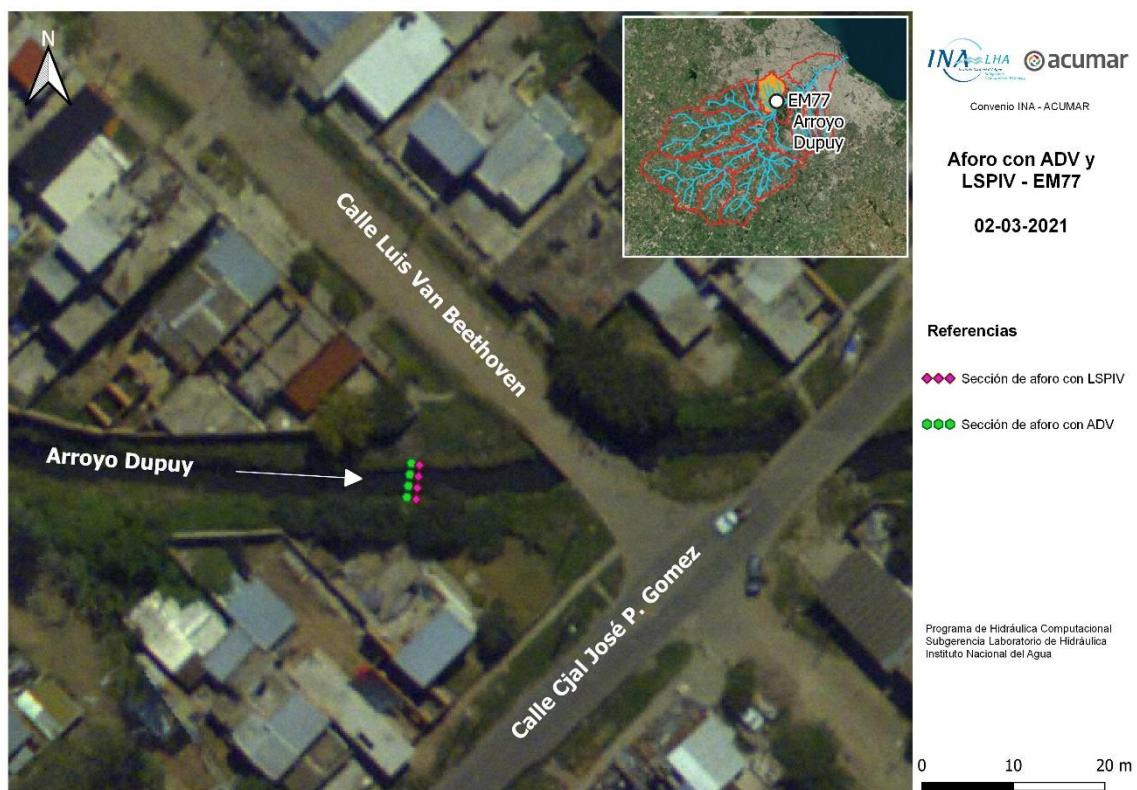


Figura A.160. Sección de aforo en la EM77.

Aforo con ADV

El aforo con ADV (Figura A.162) se realizó desde las 12:45 hasta las 13:20. Se obtuvo un caudal de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre del 3,8%. Los perfiles de profundidades, velocidades y caudales obtenidos en la sección de aforo se muestran en la Figura A.163.

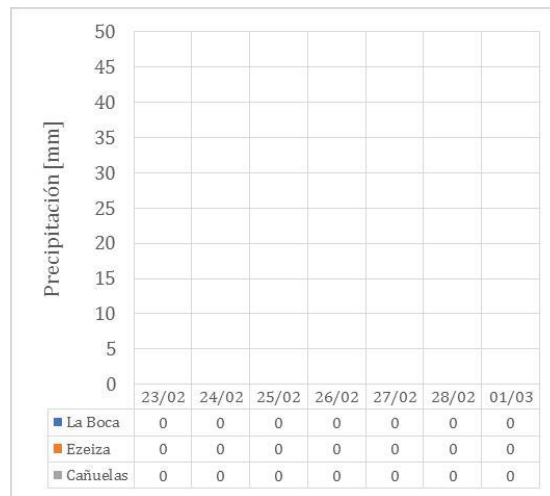
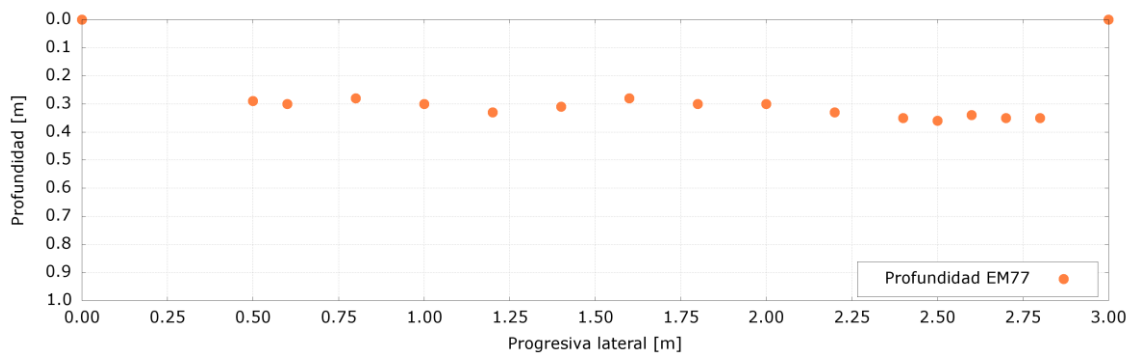


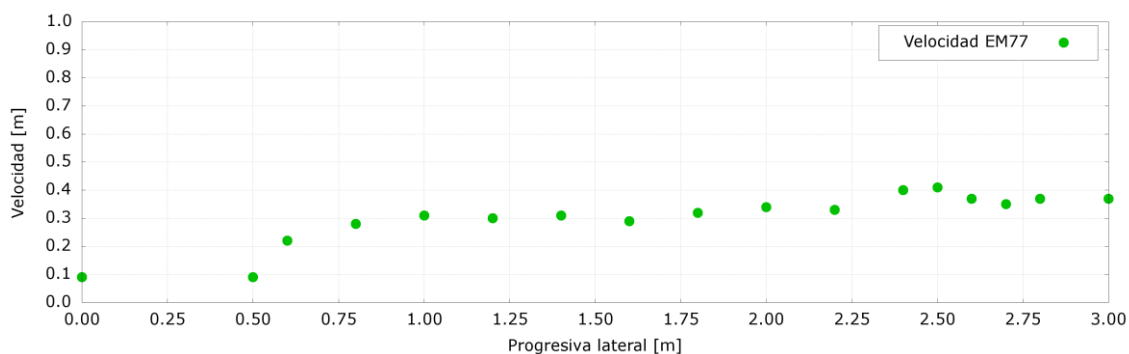
Figura A.161. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo (izquierda) y nivel del curso registrado por la regla hidrométrica (derecha).



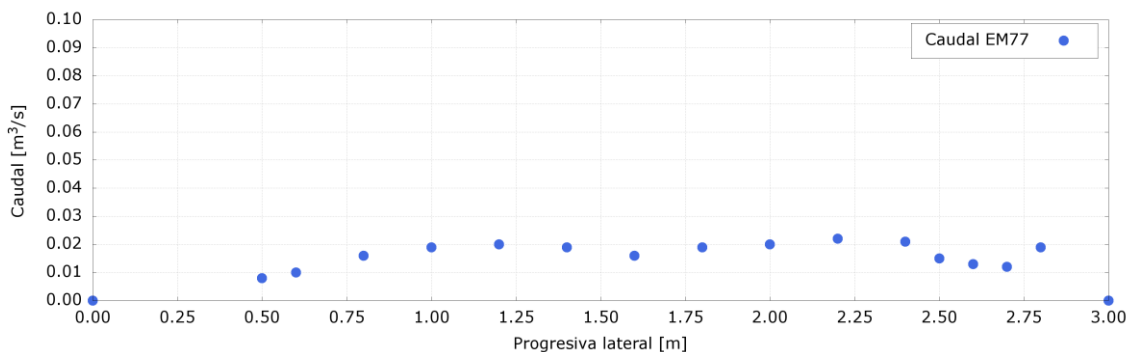
Figura A.162. Aforo con ADV en la EM77.



a) Profundidades



b) Velocidades medidas



c) caudales

Figura A.163. Distribución de profundidades, velocidades medidas y caudales en la sección de aforo de la EM77 obtenida con ADV. La progresiva lateral 0 se corresponde con la margen izquierda.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se dispusieron dos puntos fijos sobre el nivel del agua en la sección de aforo. Los mismos fueron materializados con conos plásticos y sus distancias fueron relevadas con una cinta métrica. Los trazadores, compuestos por partículas de madera, fueron lanzados desde el mismo arroyo Dupuy de agua 10 metros aguas arriba de la sección de aforo (ver Figura A.164). La Figura A.165 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software RIVER, donde las velocidades máximas alcanzan los 0,38 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,23 m³/s.



Figura A.164. Disposición de los puntos fijos y sembrado de trazadores para implementar la técnica LSPIV.

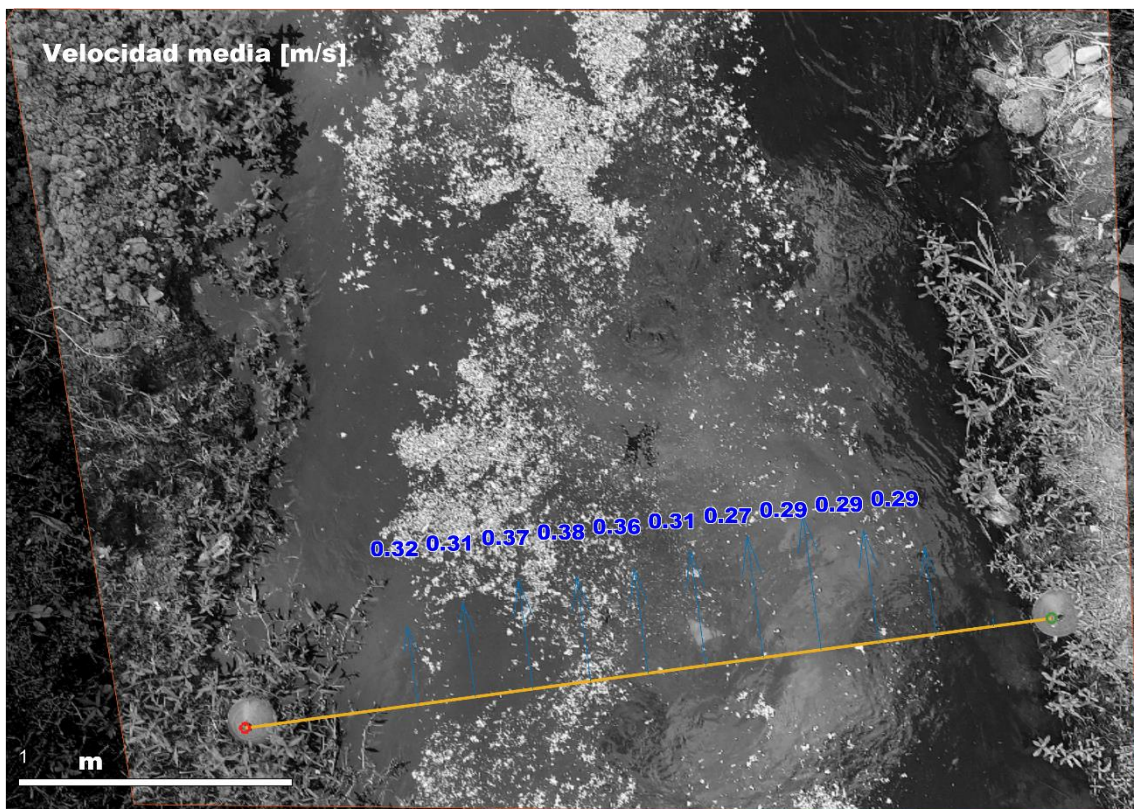


Figura A.165. Campo de velocidades superficiales en la EM77 obtenido con el software RIVER.

A.28. EM78

El aforo en esta estación se realizó el día 05/03/2021. La sección de aforo se ubicó aguas debajo de la descarga del aliviador del arroyo Cildañez (Figura A.166). La dinámica del flujo en esta sección está fuertemente afectada por los niveles del Río de la Plata. En la Figura A.167 se muestran los niveles registrados el día del aforo por el mareógrafo del Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ubicado en el muelle del Club de Pescadores (Palermo) frente a Aeroparque.

La Figura A.168 presenta las precipitaciones registradas en tres estaciones meteorológicas representativas de la cuenca durante la semana previa. El aforo se realizó utilizando la técnica LSPIV

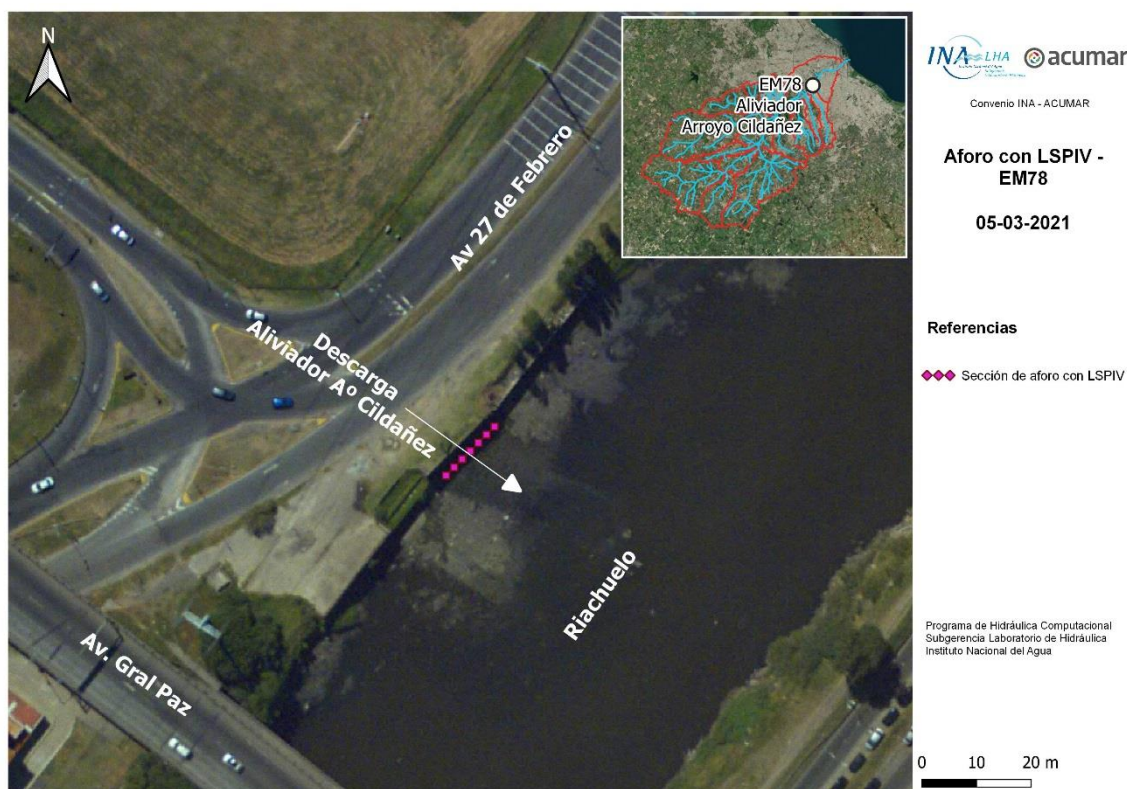


Figura A.166. Sección de aforo en la EM78.

Aforo mediante la técnica LSPIV

Para llevar adelante la técnica se midieron con una cinta métrica las distancias entre los 2 puntos fijos dispuestos en la estructura de descarga. Las filmaciones se realizaron con dron, tal como se muestra en la Figura A.169. El aforo se realizó a las 10:45. La Figura A.170 muestra el campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa, donde las velocidades superficiales máximas alcanzan 0,04 m/s en la sección de aforo. El caudal medio obtenido fue de 0,073 m³/s.

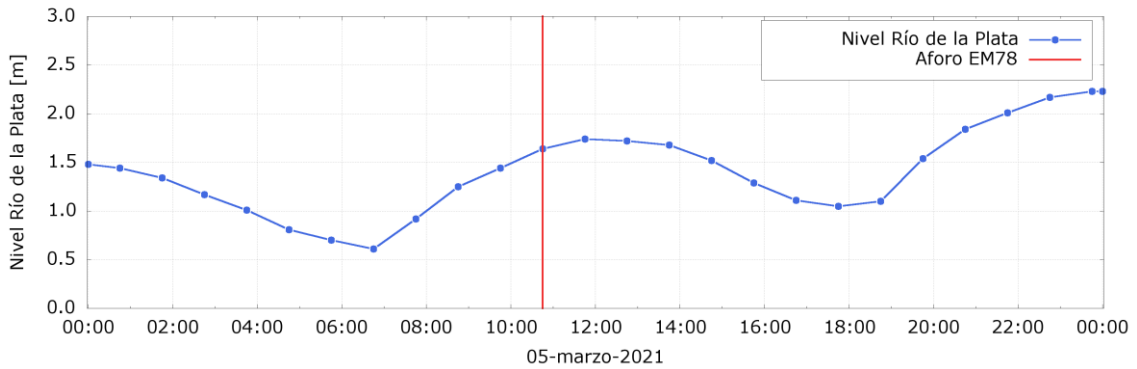


Figura A.167. Niveles del Río de la Plata al momento de realizarse el aforo en la EM78.

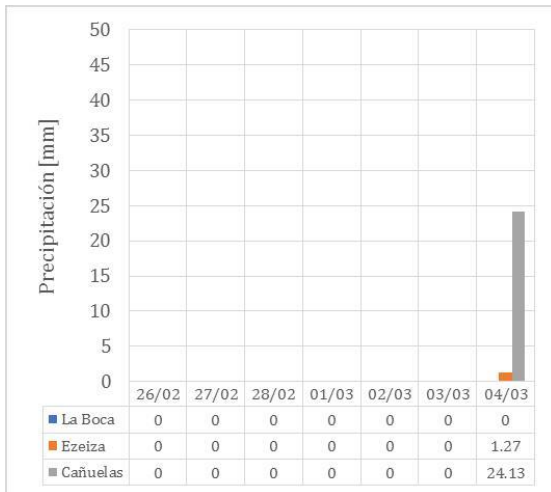


Figura A.168. Precipitaciones en la cuenca en la semana previa al aforo.



Figura A.169. Filmación con dron para aplicación de técnica LSPIV en la EM78.

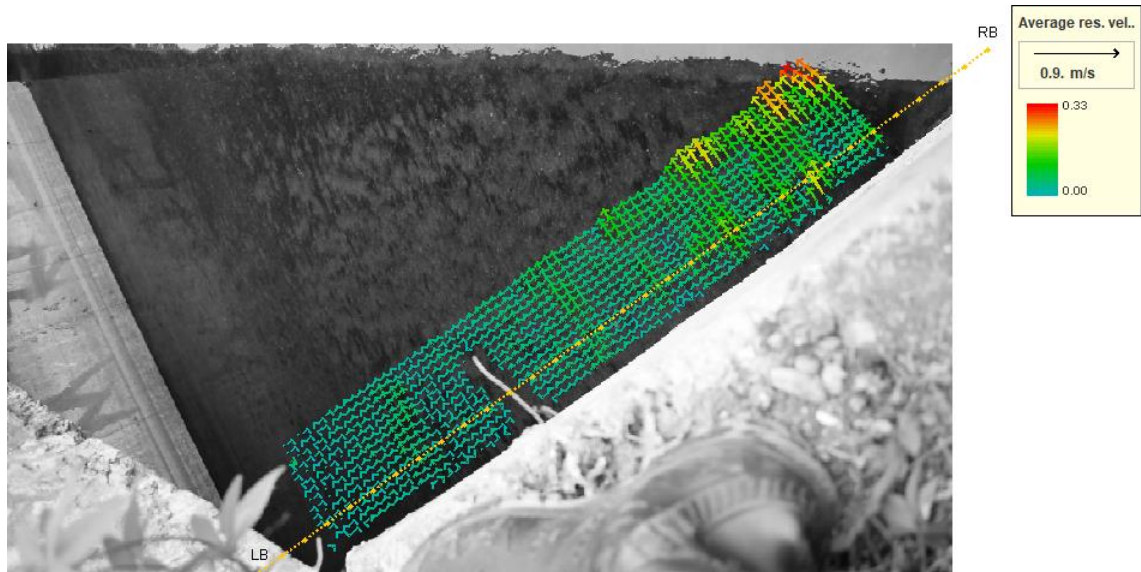


Figura A.170. Campo de velocidades superficiales obtenido con el software Fudaa en la EM78.