

INFORME TÉCNICO

Aforo de Caudal Líquido en los ríos de la cuenca del embalse San Roque

Octubre | 2024



ÍNDICE

I.	Objetivo	2
II.	Zona de estudio.....	2
III.	Instrumentos utilizados.....	3
III. A.	OTT ADC	3
III. B.	FlowTracker 2.....	4
IV.	Resultados.....	5
IV. A.	Río Cosquín.....	5
IV. B.	Arroyo Las Mojarras.....	7
IV. C.	Arroyo Los Chorrillos.....	8
IV. D.	Río San Antonio	10
ANEXO A.....		13
Fotografías de secciones de medición de caudal el 29/10/2024		13

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24
	Emisión:	07 de noviembre de 2024
	Revisión:	01
Página 1 de 14		
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

I. OBJETIVO

El objetivo del presente informe es detallar los resultados de los aforos de caudal líquido superficial escurrido en los ríos afluentes al embalse San Roque: el río Cosquín, el arroyo Las Mojarras, el arroyo Los Chorrillos y el río San Antonio, realizados el día 29 de octubre de 2024 en el marco de la Actividad Permanente "Monitoreo del Embalse San Roque, gestión de información de calidad de aguas y cianobacterias en la región semiárida" conducida por INA-CIRSA en convenio con la empresa ACSA.

II. ZONA DE ESTUDIO

En la Figura 1 se muestra los tributarios del embalse San Roque recorridos en la campaña del día 29 de octubre de 2024. En color rojo están indicados los sitios de medición:

- en el río Cosquín Lat. 31°17'50"S Long. 64°27'35"O;
- el arroyo Las Mojarras Lat. 31°20'26"S Long. 64°29'15"O;
- el arroyo Los Chorrillos Lat. 31°24'0"S Long. 64°30'35"O; y
- el río San Antonio Lat. 31°2'54"S Long. 64°30'38"W.

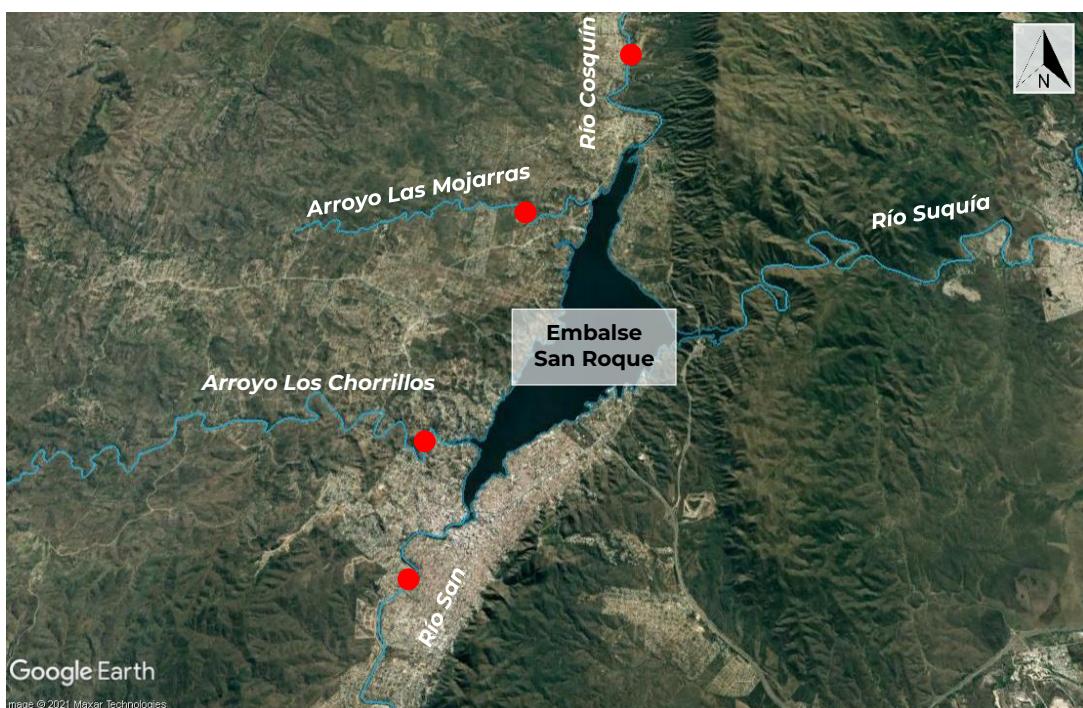


Figura 1.- Zona de estudio y sitios de medición de campaña del 29/10/2024.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 2 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

III. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Los instrumentos utilizados para la medición de velocidad del flujo y determinación del caudal líquido superficial son del tipo acústico Doppler (AD). Con estos instrumentos se mide localmente velocidades bidimensionales 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 AD para determinar el cambio de frecuencia debido al efecto Doppler.

Ambos instrumentos se emplean para medir caudal conforme al procedimiento clásico de verticales con barras convencionales (vdeo). Las mediciones fueron prácticamente en simultáneo, seleccionando las mismas verticales y un tiempo de 40 seg por punto. Cabe mencionar que con ambos instrumentos se utilizó el método MID Section para calcular el flujo de la sección, y las mediciones fueron realizadas por diferentes operarios (ADC OTT: Ing. Giuliana Elcano, y FlowTracker2: Dr. Ing. José Manuel Díaz Lozada; e Ing. Victoria Furlani asistiendo a ambos instrumentos).

III. A. OTT ADC

El OTT ADC (Acoustic Digital Current Meter) de OTT Hydromet (Figura 2), mide tanto las velocidades en la vertical de medición como la profundidad del agua y la respectiva profundidad de inmersión del sensor.

- Rango de velocidad de flujo a medir: -0,2 m/s a 2,4 m/s (precisión: $\pm 1\%$ del valor medido $\pm 0,25$ cm/s).
- Rango de profundidad de trabajo: 0,02 a 10,0 m

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 3 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			



Figura 2.- ADC de OTT Hydromet.

III. B. FLOWTRACKER 2

El ADV (Acoustic Doppler Velocity) "FlowTracker2", fabricado por la compañía YSI/Sontek® (Figura 3), cuenta con la barra graduada cada 2cm. Sus principales características son:

- 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 0,01 m)
- Frecuencia acústica: 10 MHz



Figura 3.- FlowTracker2 de SonTek.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 4 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

IV. RESULTADOS

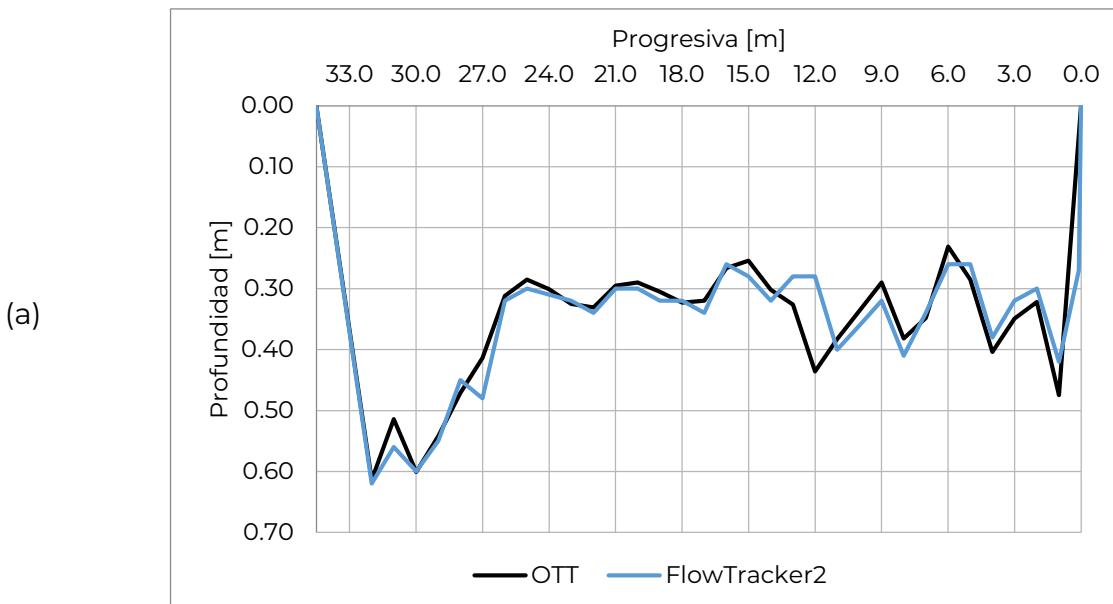
IV. A. RÍO COSQUÍN

El aforo con OTT ADC resultó en un caudal líquido de $1,71 \pm 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$; mientras el aforo con FlowTracker2 fue de $1,76 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre de $5,20\% \quad (+/- 0,09 \text{ m}^3/\text{s})$. La medición se realizó entre las 09:00 hs y 9:55 hs. En la Figura 1 del Anexo A se puede ver la sección de aforo y la condición del río Cosquín al momento del aforo.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los parámetros hidráulicos determinados en el aforo con OTT ADV y con FlowTracker2; y en la Figura 4 se comparan la sección transversal, el perfil de velocidades y caudal aforado con cada instrumento.

Tabla 1.- Caudal y parámetros hidráulicos del río Cosquín, determinados el 29/10/2024.

Instrumento	OTT ADC	FlowTracker2
Cantidad de Estaciones	34	35
Caudal [m^3/s]	1,71	1,76
Velocidad media [m/s]	0,14	0,15
Ancho [m]	34,50	34,50
Profundidad media [m]	0,35	0,35
Área [m^2]	12,09	12,20
Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	-	21,22
Incertidumbre [m^3/s]	0,06	0,09



Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24
	Emisión:	07 de noviembre de 2024
	Revisión:	01
Página 5 de 14		
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

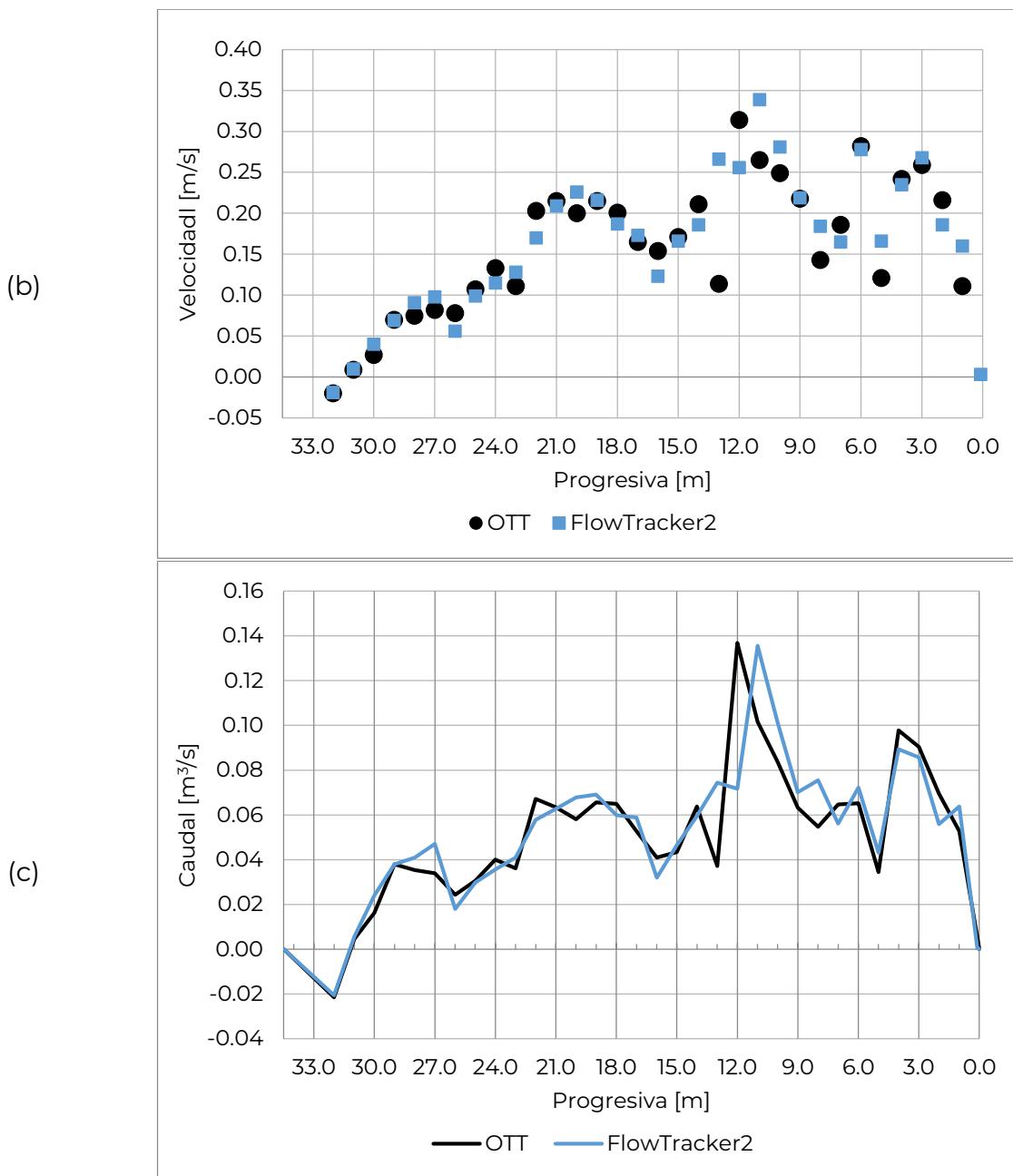


Figura 4.- (a) Sección transversal del río Cosquín en el sitio de medición, (b) perfil de velocidades medido y (c) caudal aforado. La progresiva 0.00 se corresponde con la margen derecha.

La altura registrada por el sensor del SGA 2903-Villa Caeiro fue **$H_{2903}= 0,37 \text{ m}$** ; mientras que la distancia al agua registrada por el sensor de APRHI – 30348 Rio Cosquín Villa Caeiro fue de **$H_{caeiro}= 6,59 \text{ m}$** que corresponde a un nivel del río de **$1,11 \text{ m}$** en la sección del sensor.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 6 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

IV. B. ARROYO LAS MOJARRAS

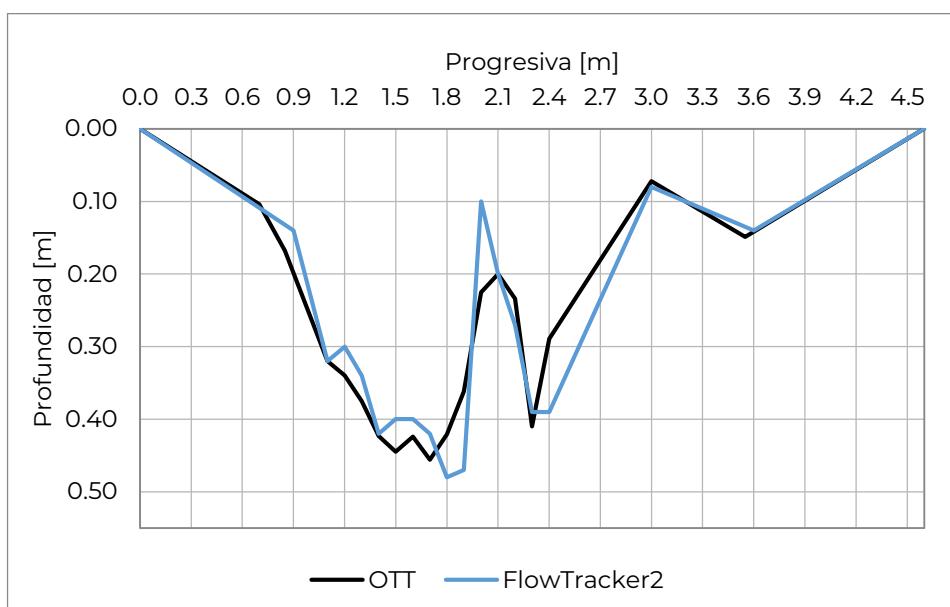
El aforo con OTT ADC resultó en un caudal líquido de $0,21 \pm 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$; mientras el aforo con FlowTracker2 fue de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre de 18,00% ($\pm 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$). La medición se realizó entre las 10:40 hs y 11:25 hs. En la Figura 2 del Anexo A se puede ver el personal del instituto iniciando el aforo y la condición del arroyo Las Mojarras en ese momento.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los parámetros hidráulicos determinados en el aforo con OTT ADV y con FlowTracker2; y en la Figura 4 se comparan la sección transversal, el perfil de velocidades y caudal aforado con cada instrumento.

Tabla 2. Caudal y parámetros hidráulicos del arroyo Las Mojarras, determinados el 29/10/2024.

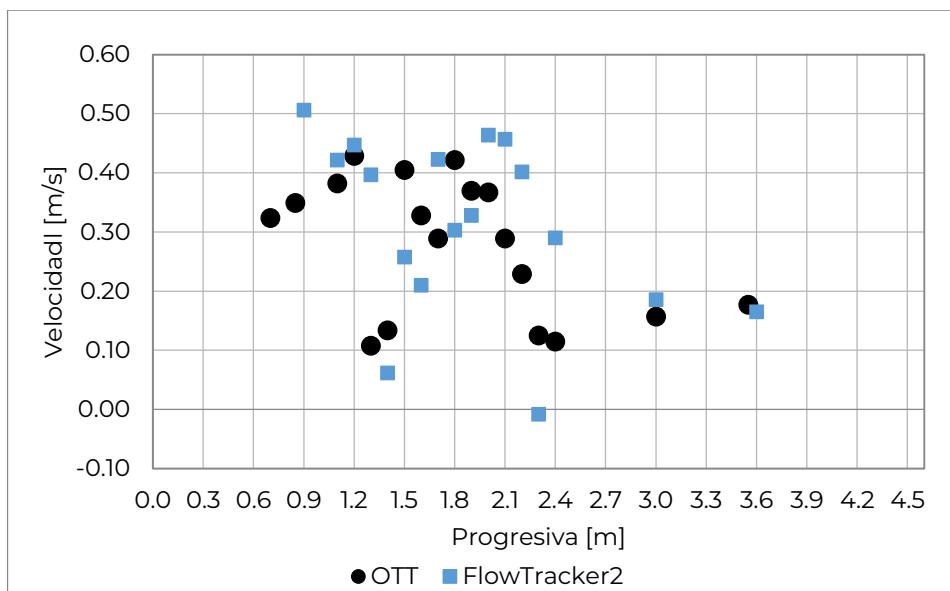
Instrumento	OTT ADC	FlowTracker2
Cantidad de Estaciones	20	19
Caudal [m³/s]	0,21	0,25
Velocidad media [m/s]	0,26	0,29
Ancho [m]	4,60	4,60
Profundidad media [m]	0,18	0,18
Área [m²]	0,83	0,84
Temperatura [°C]	-	21,59
Incertidumbre [m³/s]	0,01	0,04

(a)



Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 7 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bº Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

(b)



(c)

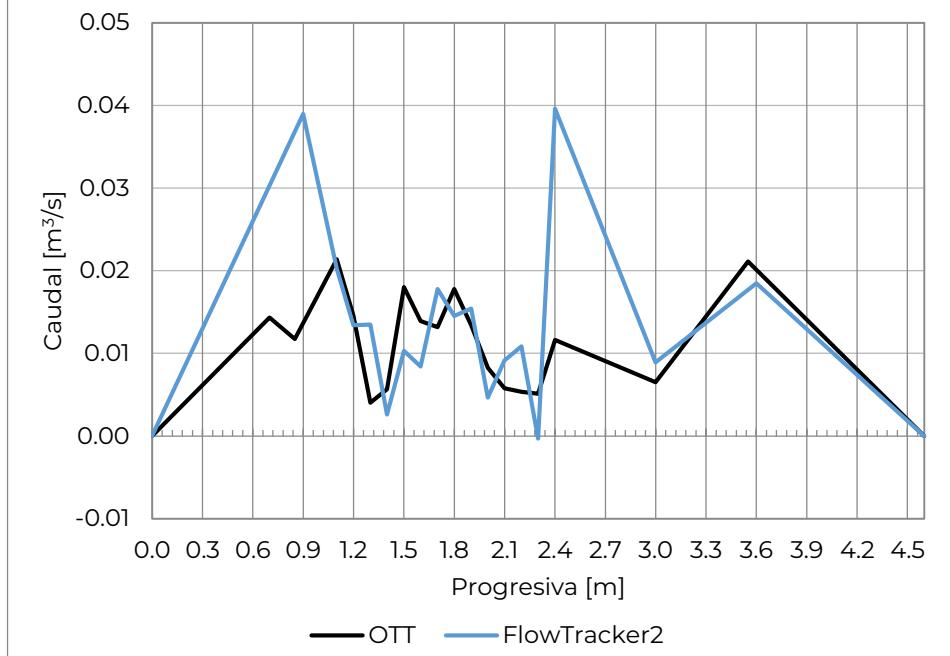


Figura 5.- (a) Sección transversal del arroyo Las Mojarras en el sitio de medición, (b) perfil de velocidades medido y (c) caudal aforado. La progresiva 0.00 se corresponde con la margen izquierda.

IV. C. ARROYO LOS CHORRILLOS

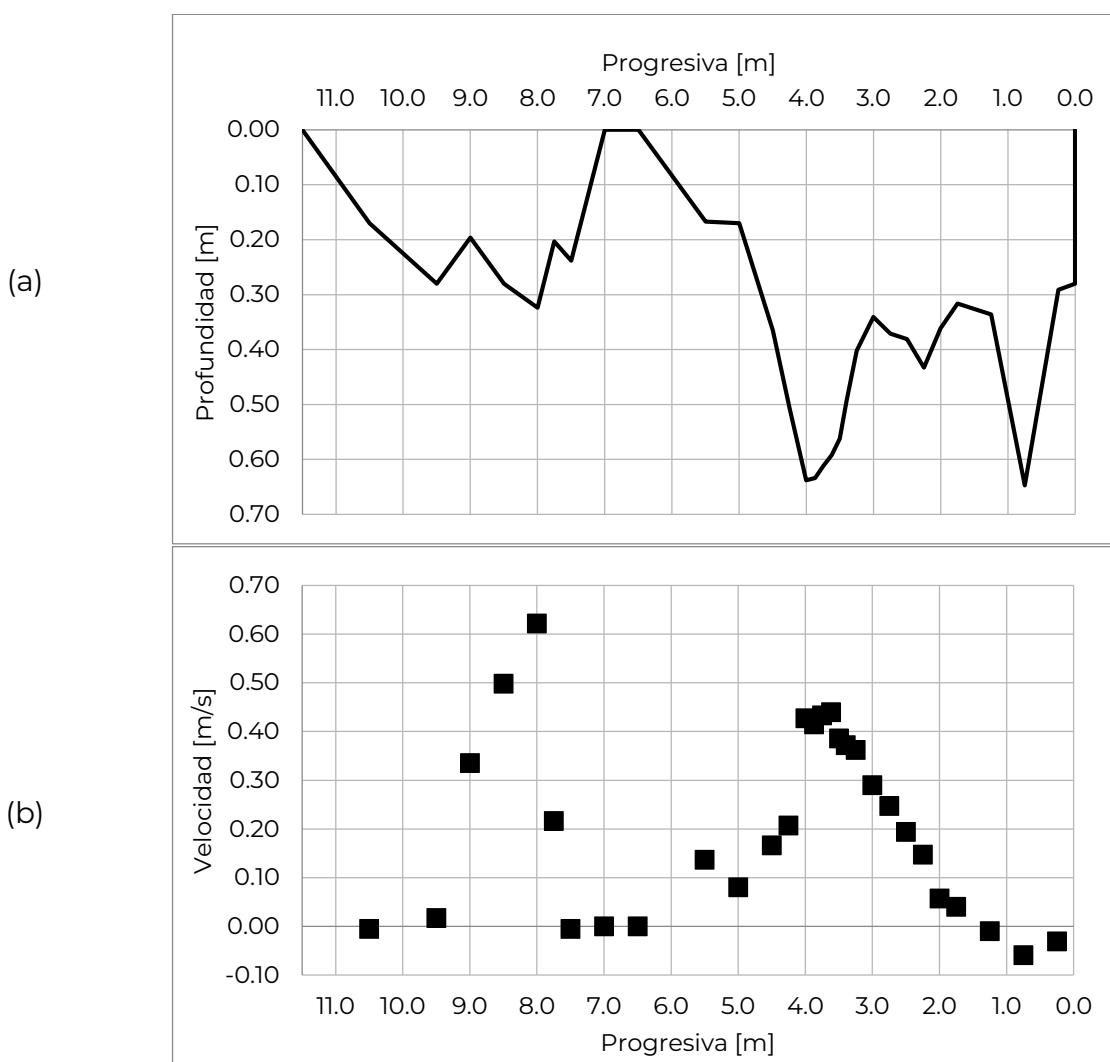
El aforo en el arroyo Los Chorrillos se realizó con el ADC-OTT, comenzando a las 12:35 hs. Resultó un caudal líquido de $0,56 \pm 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$. En la Figura 3 del Anexo A se puede ver la condición del arroyo en ese momento.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 8 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirma@ina.gob.ar			

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los parámetros hidráulicos determinados en el aforo, y en la Figura 6 se muestran la sección transversal, el perfil de velocidades y caudal aforado con el ADC OTT en el arroyo Los Chorrillos.

Tabla 3.- Caudal y parámetros hidráulicos del arroyo Los Chorrillos, determinados el 29/10/2024.

Cantidad de Estaciones	31
Caudal [m³/s]	0,56
Velocidad media [m/s]	0,18
Ancho [m]	11,50
Profundidad media [m]	0,27
Área [m²]	3,13
Temperatura [°C]	-
Incertidumbre [m³/s]	0,04



Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24
	Emisión:	07 de noviembre de 2024
	Revisión:	01
Página 9 de 14		
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bº Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar		

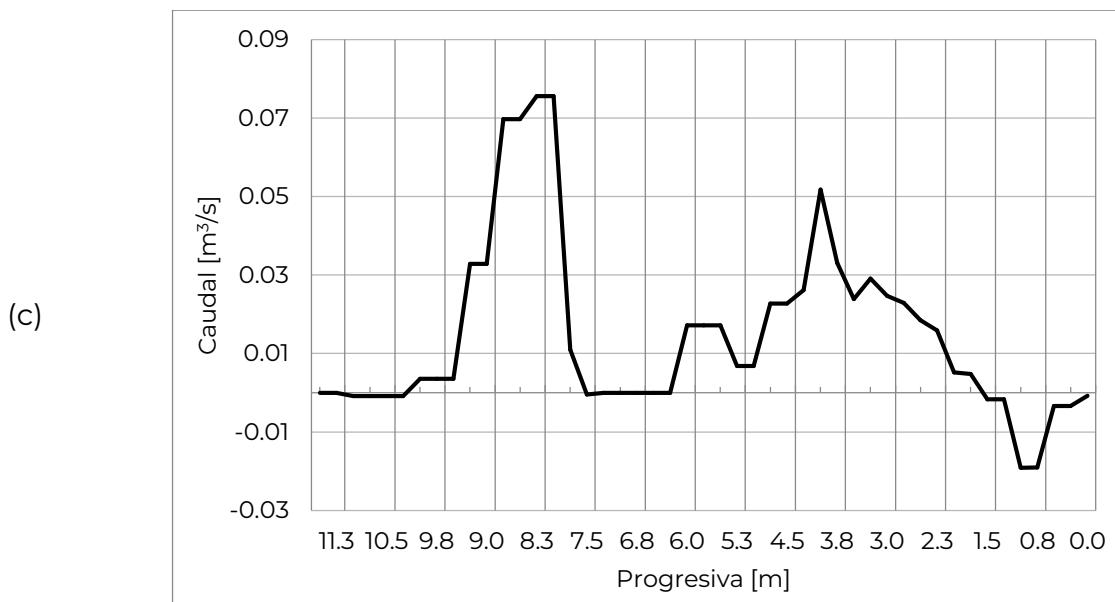


Figura 6.- (a) Sección transversal del arroyo Los Chorrillos en el sitio de medición, (b) perfil de velocidades medido y (c) caudal aforado. La progresiva 0.00 se corresponde con la margen derecha.

IV. D. RÍO SAN ANTONIO

El aforo con OTT ADC resultó en un caudal líquido de $2,10 \pm 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$; mientras el aforo con FlowTracker2 fue de $2,24 \text{ m}^3/\text{s}$ con una incertidumbre de 5,00% ($\pm 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$). La medición se realizó entre las 14:00 hs y 14:50 hs. En la Figura 4 del Anexo A se puede ver la sección de aforo y la condición del río San Antonio al momento del aforo.

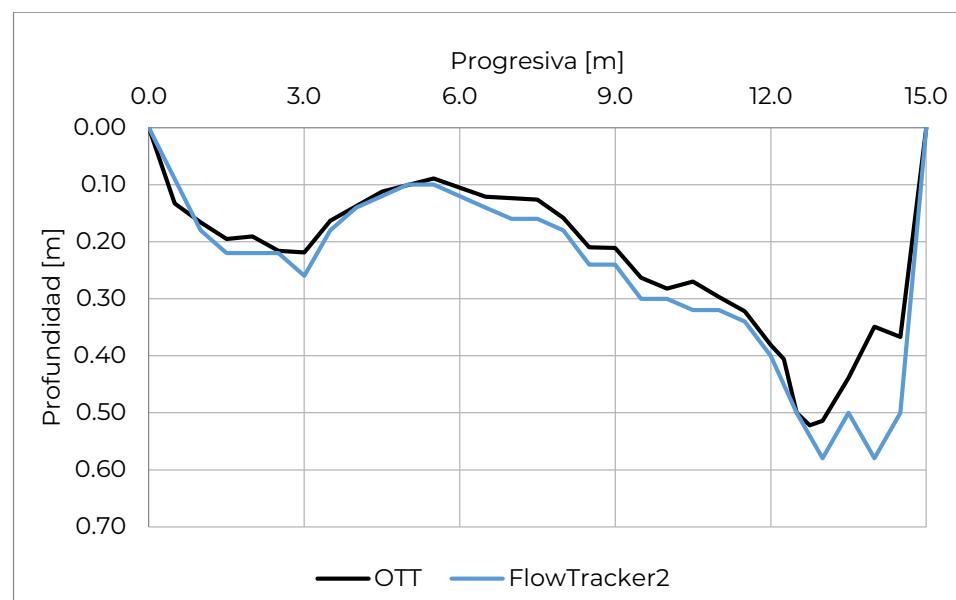
En la Tabla 4 se presenta un resumen de los parámetros hidráulicos determinados en el aforo con OTT ADV y con FlowTracker2; y en la Figura 8 se comparan la sección transversal, el perfil de velocidades y caudal aforado con cada instrumento.

Tabla 4.- Caudal y parámetros hidráulicos del río San Antonio, determinados el 29/10/2024.

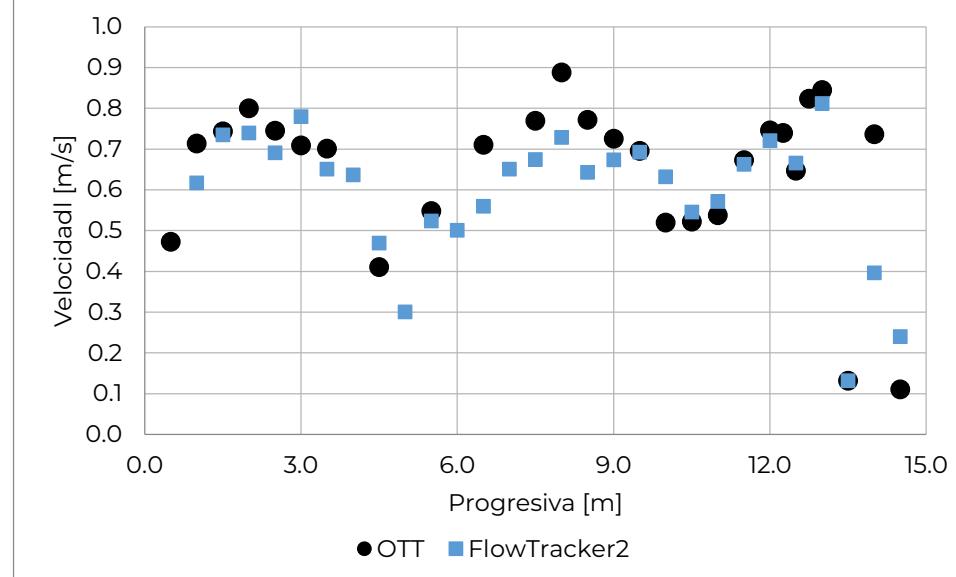
Instrumento	OTT ADC	FlowTracker2
Cantidad de Estaciones	29	30
Caudal [m³/s]	2,10	2,24
Velocidad media [m/s]	0,62	0,58
Ancho [m]	15,00	15,00
Profundidad media [m]	0,23	0,26
Área [m²]	3,38	3,86
Temperatura [°C]	-	24,71
Incertidumbre [m³/s]	0,04	0,11

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 10 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirma@ina.gob.ar			

(a)



(b)



Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 11 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

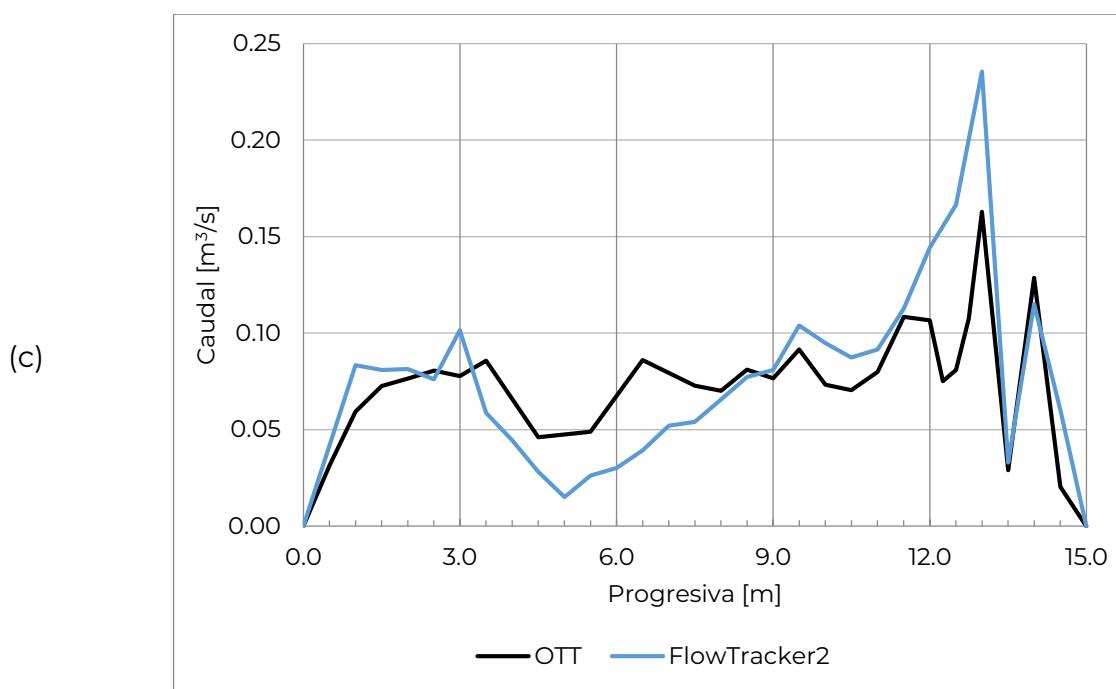


Figura 7.- (a) Sección transversal del río San Antonio en el sitio de medición, (b) perfil de velocidades medido y (c) caudal aforado. La progresiva 0.00 se corresponde con la margen izquierda.

La altura registrada por el sensor de APRHI – 30391 Rio San Antonio - Puente Juncal fue de **$H_{Juncal} = 5,87 \text{ m}$** que corresponde a un nivel del río de **$0,43 \text{ m}$** en la sección del sensor.

A modo de síntesis, en la Figura 8 se representan los caudales aportados por cada uno de los ríos tributarios al embalse San Roque durante la campaña de monitoreo.

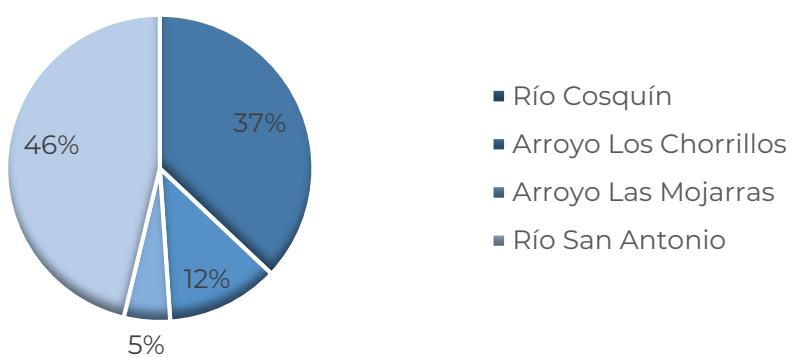


Figura 8. Caudales aportados por ríos tributarios al embalse San Roque, el día 29/10/2024.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 12 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			

ANEXO A

FOTOGRAFÍAS DE SECCIONES DE MEDICIÓN DE CAUDAL EL 29/10/2024

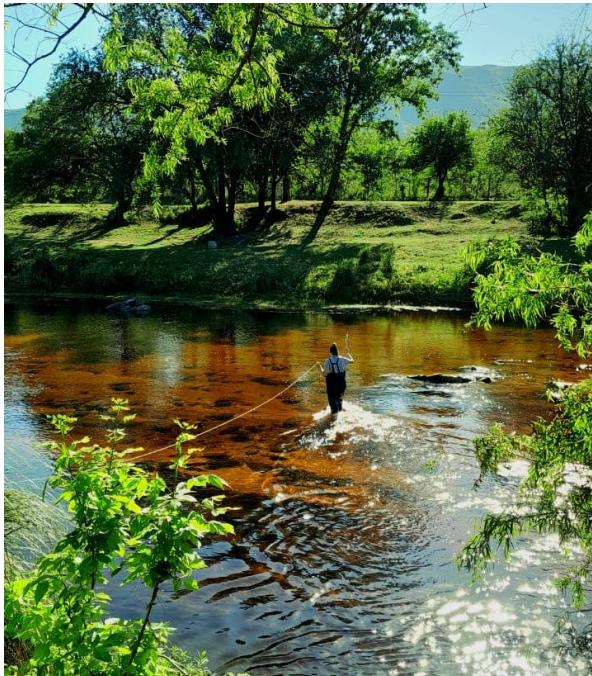


Figura 1.- Aforo de río Cosquín en Villa Caeiro.



Figura 2.- Aforo del arroyo Las Mojarras, aguas abajo del azud.



Figura 3.- Arroyo Los Chorrillos, aguas arriba de la sección de aforo.

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 13 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiarida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			



Figura 4.- Aforo de río San Antonio, con FlowTracker2 (izq) y con OTT ADC (der).

Elaboró INA- CIRSA - Área Hidrología	Código:	INA-CRS-IT-132-24	
	Emisión:	07 de noviembre de 2024	
	Revisión:	01	Página 14 de 14
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar			