

Preparó: Ing. Amb. Rodrigo Schöninger – MP 3585

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

CIENCIA CIUDADANA: CIENCIA CIUDADANA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS

Resumen de la presentación

Parte 0 - Introducción

0.1 El contexto: problemáticas en la gestión del agua

Parte 1 - Ciencia ciudadana en la gestión del agua

1.1 El proyecto MATTEO: ciencia ciudadana como herramienta para la gestión de los recursos hídricos

1.2 Experiencia local

Parte 2 - Aforo de caudales con imágenes

2.1 Técnica de velocimetría por imágenes a gran escala

2.2 Experiencias en la provincia de Córdoba

2.3 Acople de un modelo numérico con mediciones de LSPIV

2.4 Otras aplicaciones

Parte 3 - Cierre y debate

Problemáticas en la gestión del agua

*“El agua es un **recurso vital** para la humanidad: un problema central en la antigüedad; un problema central en la actualidad y, presumiblemente, será un problema central en el futuro (Benítez, 1972).”*

*En la **antigüedad***



Los egipcios, Mayas, Romanos, etc.

*En la **actualidad***



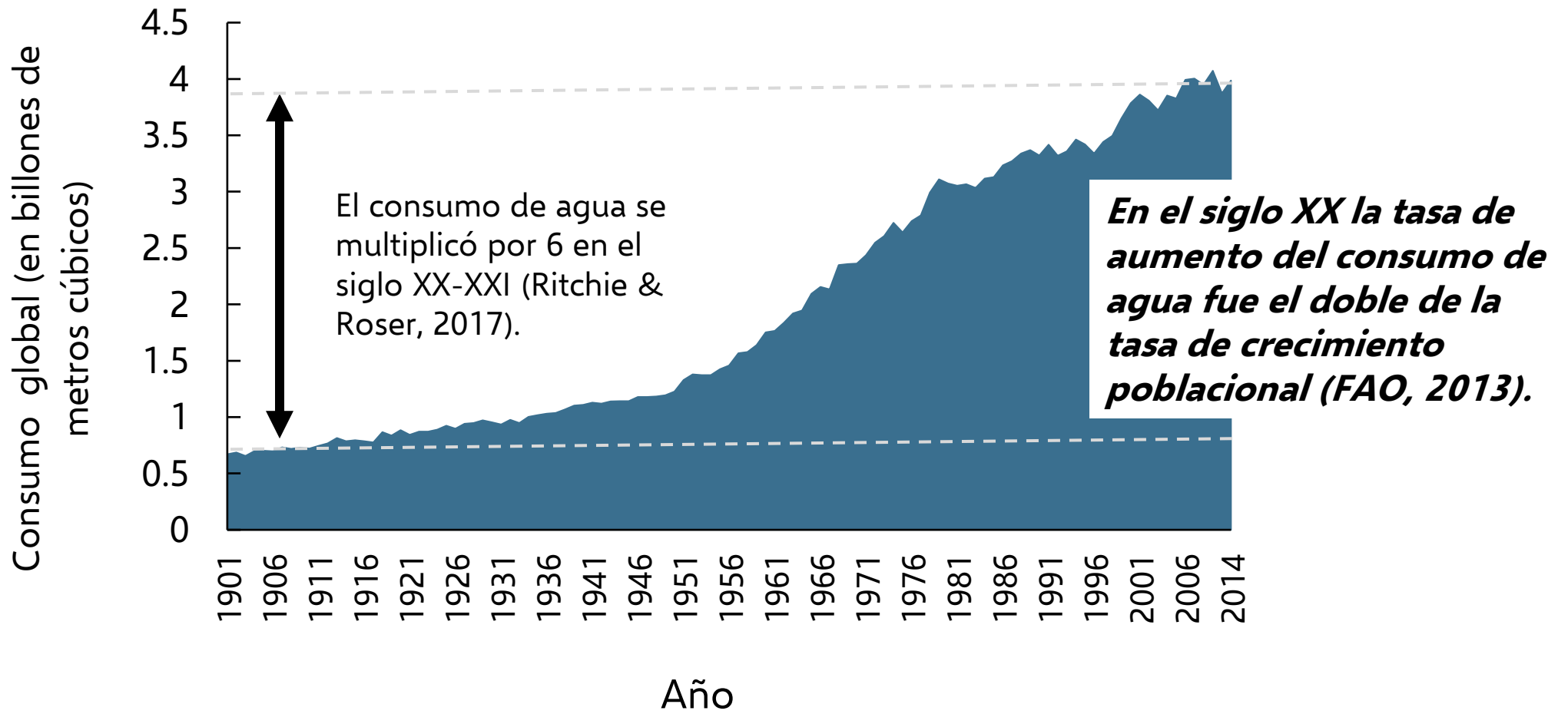
Conflictos, descenso de acuíferos, subsidencia, inundaciones/sequías extraordinarias, problemas de calidad (ej. Contam. Emerg.).

*En el **futuro***



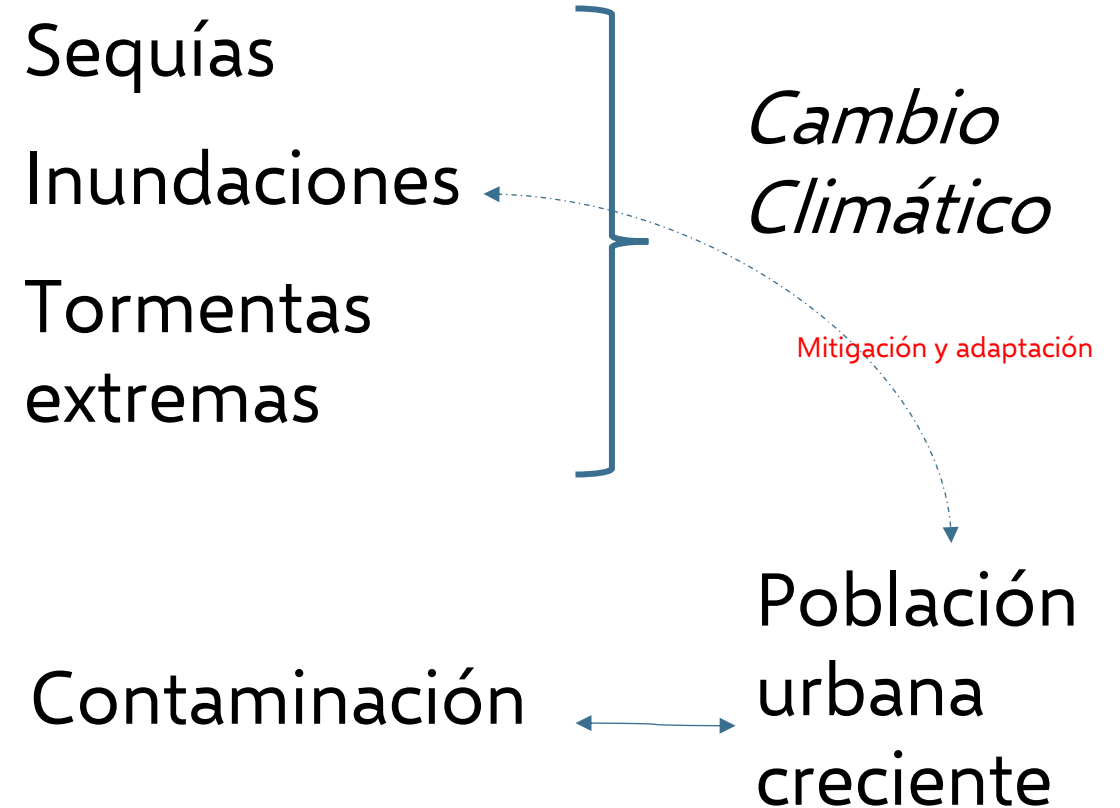
Crecimiento del consumo, Inundaciones (asociadas a la urbanización y Ev.E.), Cambio Climático, Calidad.

Evolución en el consumo



Situación actual

*Escasez de datos
ambientales
locales para la
gestión
sostenible del
agua.*



Situación actual

Comprendiendo la importancia y centralidad del agua para nuestras sociedades resulta imprescindible la **caracterización y medición continua de los recursos hídricos** para la gestión, conocimiento y aprovechamiento de los mismos.

“Sin embargo, a pesar de las mejoras en los datos de observación, África, Sudamérica y Asia siguen estando poco representadas en la recolección de datos hidrológicos, lo que resalta la necesidad de mejorar el monitoreo y el intercambio de información, especialmente en el Sur Global.”



Técnicas y estrategias de monitoreo

Eficientes, al menor costo, validadas

00 Trípode fundamental para la gestión del agua

- 01 Desarrollo científico-tecnológico de vanguardia (inv.),
- 02 Políticas públicas robustas (basadas en evidencia),
- 03 Acción e integración comunitaria,



**Monitoreo y generación de datos
hidrometeorológicos son la base**

Ciencia ciudadana en la gestión del agua

La Ciencia Ciudadana es una manera de **producir nuevo conocimiento científico** a través de un **proyecto estructurado de investigación colectiva, participativa y abierta**, impulsado por distintos tipos de actores, quienes no necesariamente se desempeñan dentro de los ámbitos académicos. **Incluye actividades de investigación de ciencia básica o aplicada de alcance local o global.**

Facilitar la co-creación de soluciones innovadoras

que respondan a las preocupaciones de las personas interesadas o afectadas por ciertos problemas.

Promover las políticas públicas informadas en evidencia

Convertirse en una herramienta de incidencia promoviendo las políticas públicas informadas en evidencia. Es decir, puede ser una fuente de datos para la toma de decisiones que afectan la calidad de vida de muchas personas. Por ejemplo, esta manera colectiva de producir conocimiento puede volverse estratégica para recolectar una gran cantidad de datos en un período corto de tiempo cuando se discute el diseño de una política pública.

Reforzar el activismo presente en los territorios

poniéndose al servicio de comunidades organizadas en torno a ciertas reivindicaciones o preocupaciones locales (como, por ejemplo, la calidad del agua, las inundaciones, la biodiversidad, etcétera). Así pues, puede ser útil para formular preguntas de investigación pertinentes para las personas aquejadas por los problemas, sin imponer la definición de los problemas desde afuera, como así también para recolectar y analizar evidencia de manera colaborativa.

Ciencia ciudadana puede...

Incidir en la incorporación de nuevos temas en la agenda pública local o nacional

La recopilación y visualización de los datos puede ser una manera para llamar la atención a la sociedad o los gobiernos sobre un tema y reconocer la importancia de algunas problemáticas que todavía no hayan capturado la atención en la agenda pública. De ahí que también la ciencia ciudadana puede servir para incidir en la incorporación de nuevos temas en la agenda pública local o nacional. Un primer paso ineludible para empezar a afrontar un desafío de desarrollo.

Generar conciencia sobre una temática o apuntalar cambios de comportamiento

Por ejemplo, permite la identificación de aquello que tenemos naturalizado —como la cantidad de residuos que generamos en nuestros hogares— y que es posible que nos lleve a reflexionar sobre nuestros hábitos, puntos de vista, etcétera.

Promover una ciencia más democrática y participativa

En otras palabras, se fomenta una ciencia que no excluya a la hora de contribuir a la construcción colectiva de conocimiento y una democracia donde haya mecanismos e instancias de interacción para canalizar los intereses, las preocupaciones y las propuestas de la ciudadanía en la gestión pública.

Ciencia ciudadana en la gestión del agua

Mapeo de Proyectos de Ciencia Ciudadana en Argentina

<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact/ciencia-ciudadana/descubri-el-mapeo-de-iniciativas-nivel-nacional>



Ciencia ciudadana en la gestión del agua

¿Como afrontamos los desafíos presentes y futuros para la gestión de los recursos hídricos?

¿Cómo puede participar la sociedad en la solución?

Promover las políticas públicas informadas en evidencia

Convertirse en una herramienta de incidencia promoviendo las políticas públicas informadas en evidencia. Es decir, puede ser una fuente de datos para la toma de decisiones que afectan la calidad de vida de muchas personas. Por ejemplo, esta manera colectiva de producir conocimiento puede volverse estratégica para recolectar una gran cantidad de datos en un período corto de tiempo cuando se discute el diseño de una política pública.

Incidir en la incorporación de nuevos temas en la agenda pública local o nacional

La recopilación y visualización de los datos puede ser una manera para llamar la atención a la sociedad o los gobiernos sobre un tema y reconocer la importancia de algunas problemáticas que todavía no hayan capturado la atención en la agenda pública. De ahí que también la ciencia ciudadana puede servir para incidir en la incorporación de nuevos temas en la agenda pública local o nacional. Un primer paso ineludible para empezar a afrontar un desafío de desarrollo.

Facilitar la co-creación de soluciones innovadoras

que respondan a las preocupaciones de las personas interesadas o afectadas por ciertos problemas.



CIENCIA CIUDADANA

¿Qué es el proyecto MATTEO?

- ***Soñamos con conectar escuelas de Argentina y otros países***, para que juntas desarrollen ciencia y tecnología orientadas al cuidado del agua, nuestra casa común, con compromiso y una mirada puesta en el futuro. Hoy esto es posible gracias a las tecnologías digitales disponibles incluso en contextos remotos.
- ***Soñamos con transformar cada aula en un centro de ciencia viva***, donde el enfoque STEAM —que integra ciencia, tecnología, artes, humanidades, matemática e ingeniería— se articule con los saberes del territorio, en un marco de ciencia ciudadana y aprendizaje significativo.
- ***Soñamos con generar conocimiento que transforme realidades***, con impacto concreto en las comunidades, en el ambiente, en las decisiones cotidianas de niñas, niños y sus familias. ***Los avances científicos y tecnológicos generados serán compartidos con los organismos de gestión para contribuir al diseño de políticas públicas basadas en evidencia.***

¿Qué es el proyecto MATTEO?

El proyecto busca **integrar a diferentes actores sociales**, desde niños estudiantes, hasta profesionales, docentes, comunidad civil y autoridades pertinentes; haciendo que estos sean parte activa del proceso de creación de conocimiento y generando herramientas para la gestión.

Integración con organismos de Gestión de Cuencas



Proyecto MATTEO en Córdoba

El **Proyecto MATTEO** (Monitoreo Automático del Tiempo en Escuelas y Organismos) es una iniciativa de **ciencia ciudadana** e innovación educativa creada en Argentina en 2018. Su nombre y espíritu son un homenaje a **Matteo Ravagli Cáceres**, un joven estudiante del Instituto Dante Alighieri de Villa Carlos Paz, Córdoba, que soñaba con ser científico y falleció trágicamente en septiembre de 2017.



PROYECTO MATTEO

<https://sihm-aprhi.opendata.arcgis.com/>

MATTEO es un proyecto educativo y científico interdisciplinario, que incluye a **estudiantes y docentes** de distintos centros educativos, técnicos, profesionales e investigadores de distintas instituciones. Propone la **Medición Automática del Tiempo** de la Troposfera en Escuelas y Organismos.



[Acceder](#)

01

Proyecto MATTEO en Córdoba

INSTITUCIONES A CARGO DEL PROYECTO



01

Proyecto MATTEO en Misiones



Proyecto MATTEO en Misiones



- 241 docentes participaron de una capacitación con valoración institucional y fueron evaluados
 - 30 escuelas y más de 70 a sumar
- CEIRHA - CPIM**



01 Proyecto MATTEO en Misiones

El 4 y 5 de junio de 2026, el equipo del proyecto y la Fundación M.A.L.E. desarrollaron una agenda intensa que vinculó las aulas con los principales ámbitos de gestión y con el poder legislativo provincial.

CEIRHA - CPIM



01

Proyecto MATTEO en Misiones

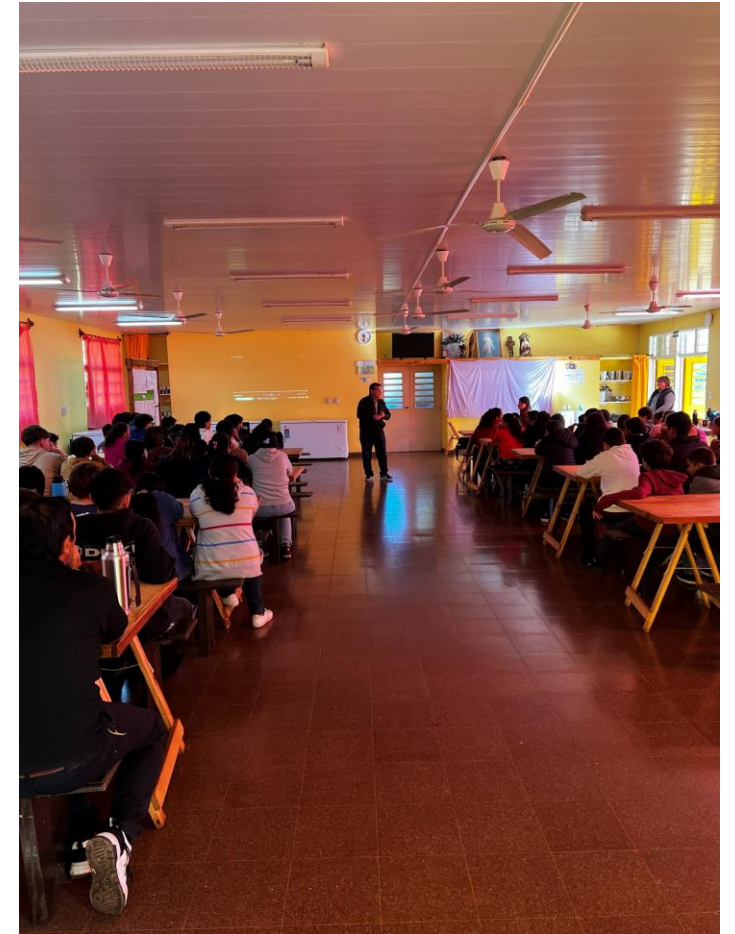


Actividad en la Cámara de Representantes
de la provincia de Misiones

CEIRHA - CPIM



Reunión con el Gobernador de la provincia
de Misiones,



Charla del Dr. Ing. García en la EFA Los
Helechos

Ing. Amb. Rodrigo Schöninger
MP 3585

Instrumental de medición

Estación Meteorológica
Automática de bajo costo
(EMA)



Pluviómetro
comercial



Ecopluviómetro



Pluviómetros
oficiales



Ciencia ciudadana en la gestión del agua

Plan Nacional Federal de Ciencia Ciudadana para el Monitoreo Integrado del Agua.

2026



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
Año de la Grandeza Argentina

Resolución

Número: RESOL-2026-84-APN-SOP#MEC

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Jueves 28 de Mayo de 2026

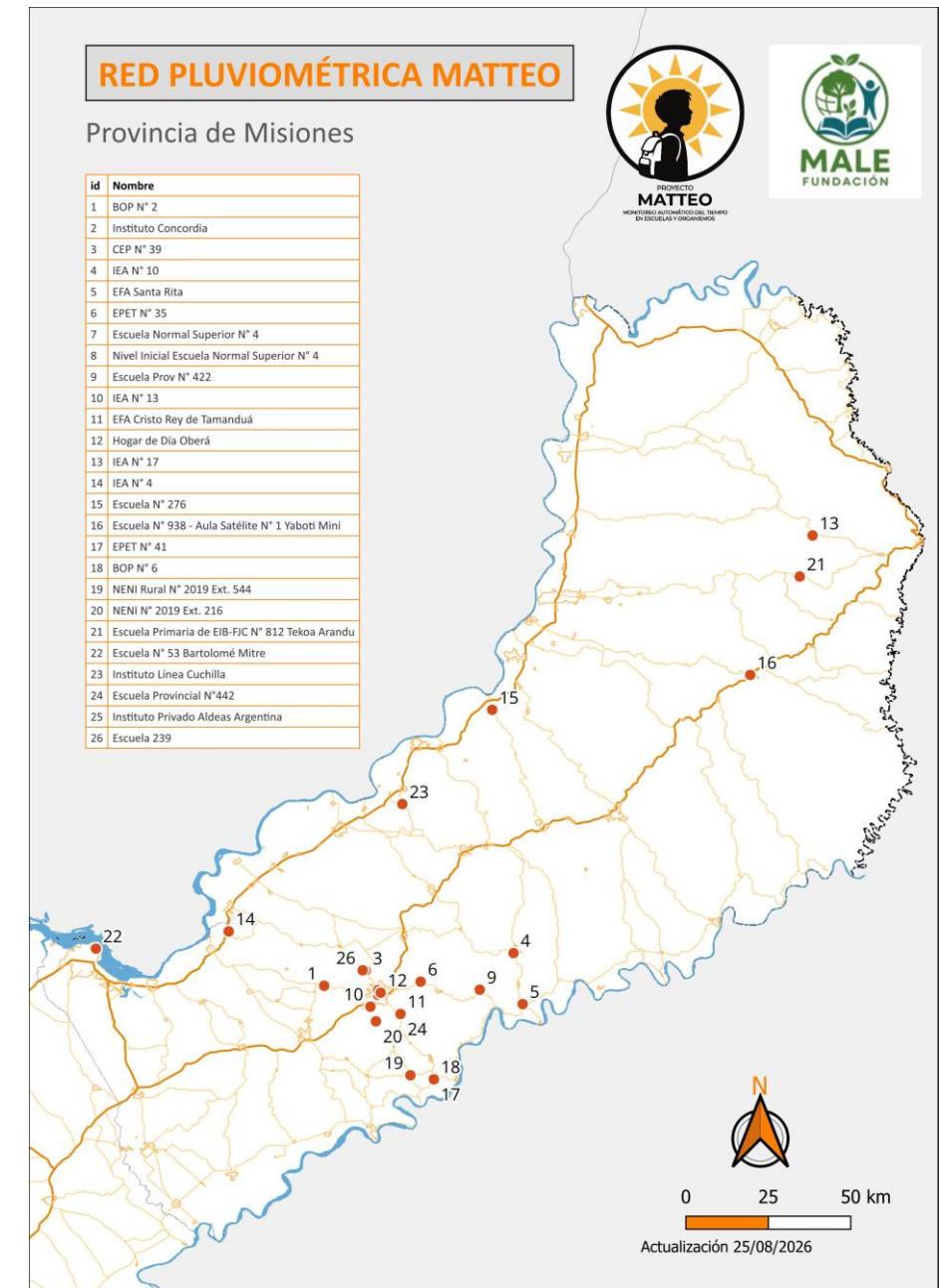
Referencia: EX-2026-48001232- -APN-DGDA#MEC - "Plan Nacional Federal de Ciencia Ciudadana para el Monitoreo Integrado del Agua"

Red pluviométrica

Una red con 26 escuelas (26 pluviómetros) y gran expectativa de crecimiento.

Con base al Plan Nacional Federal de Ciencia Ciudadana Para el Monitoreo Integrado del Agua se incorporarán:

- Nuevas escuelas con pluviómetro;
- Estaciones Automáticas de Bajo costo (EMAs);
- Mediciones de calidad de aguas de consumo de forma piloto (agua de perforaciones).



Preparó: Ing. Amb. Rodrigo Schöninger – MP 3585

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

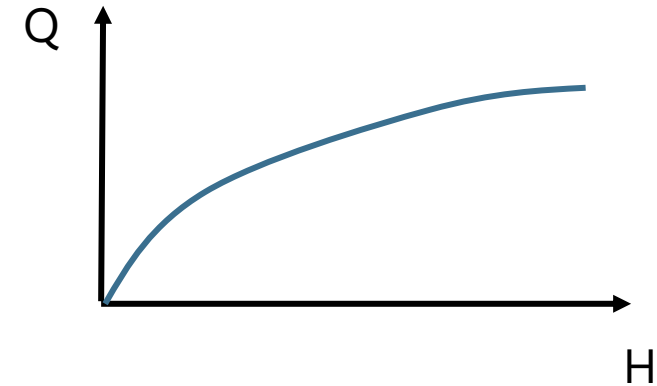
AFORO DE CAUDALES MEDIANTE VELOCIMETRÍA POR IMÁGENES, DESARROLLO Y AJUSTES DE UN MODELO NUMÉRICO

Métodos usuales de aforo de caudales en ríos

- Molinete hidrométrico.
- Aforo por estructuras.
- Mediciones hidroacústicas (ADV y ADCP).
- Velocimetría por imágenes.
- Aforo por dilución.



Curvas altura-caudal



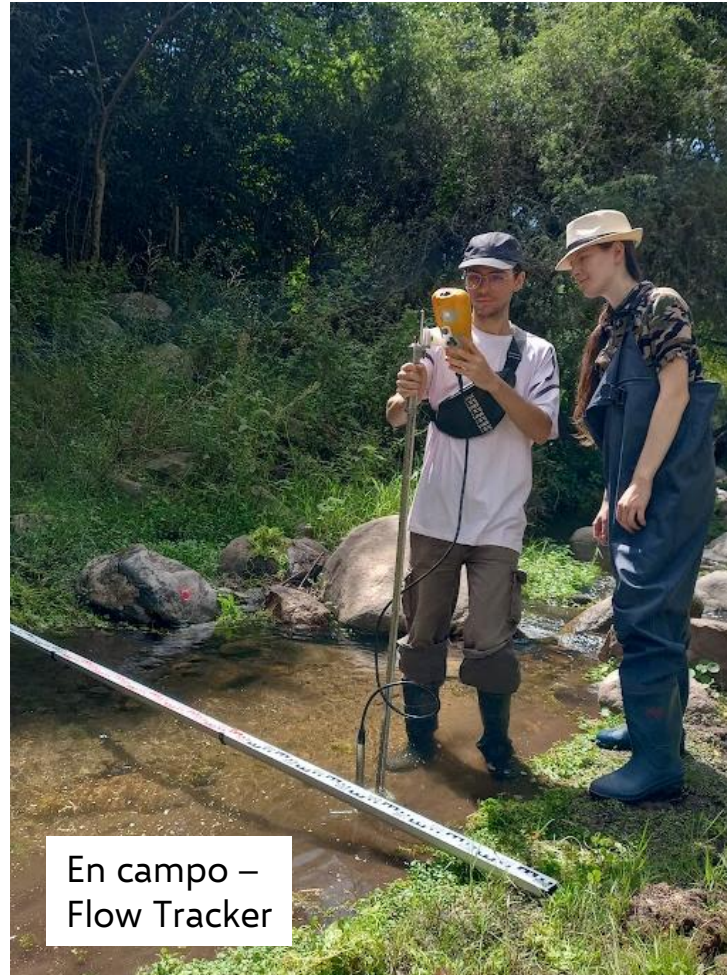
$$Q = a(h - h_0)^n$$



02 Velocímetro Acústico Doppler



En canal de laboratorio



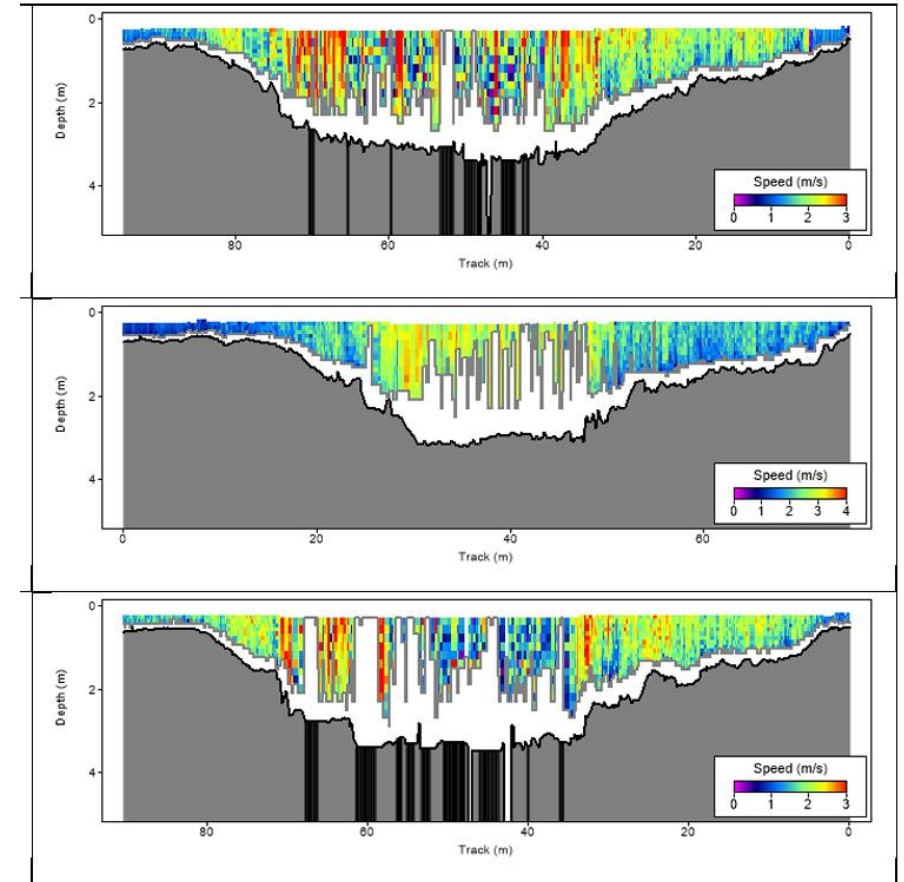
En campo –
Flow Tracker



En campo –
Flow Tracker

02

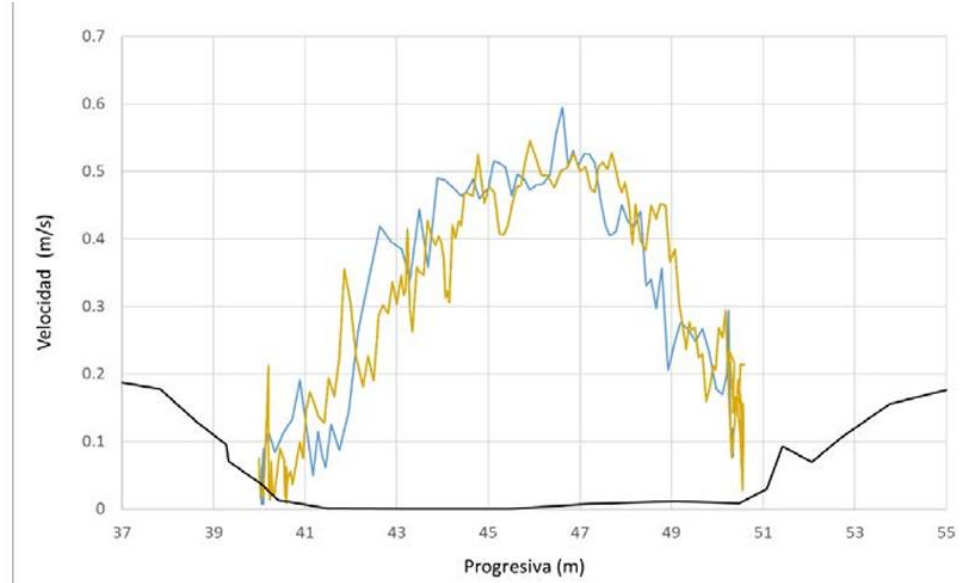
Perfilador Acústico Doppler



Perfilador Acústico Doppler

Se envían pulsos con cierta frecuencia lo cual permite caracterizar las velocidades del flujo considerando las frecuencias de la señal emitida y receptada (efecto Doppler).

Se obtiene un perfilado de las velocidades en celdas. El aparato releva la batimetría de fondo. Módulo GPS integrado.



Velocimetría por imágenes

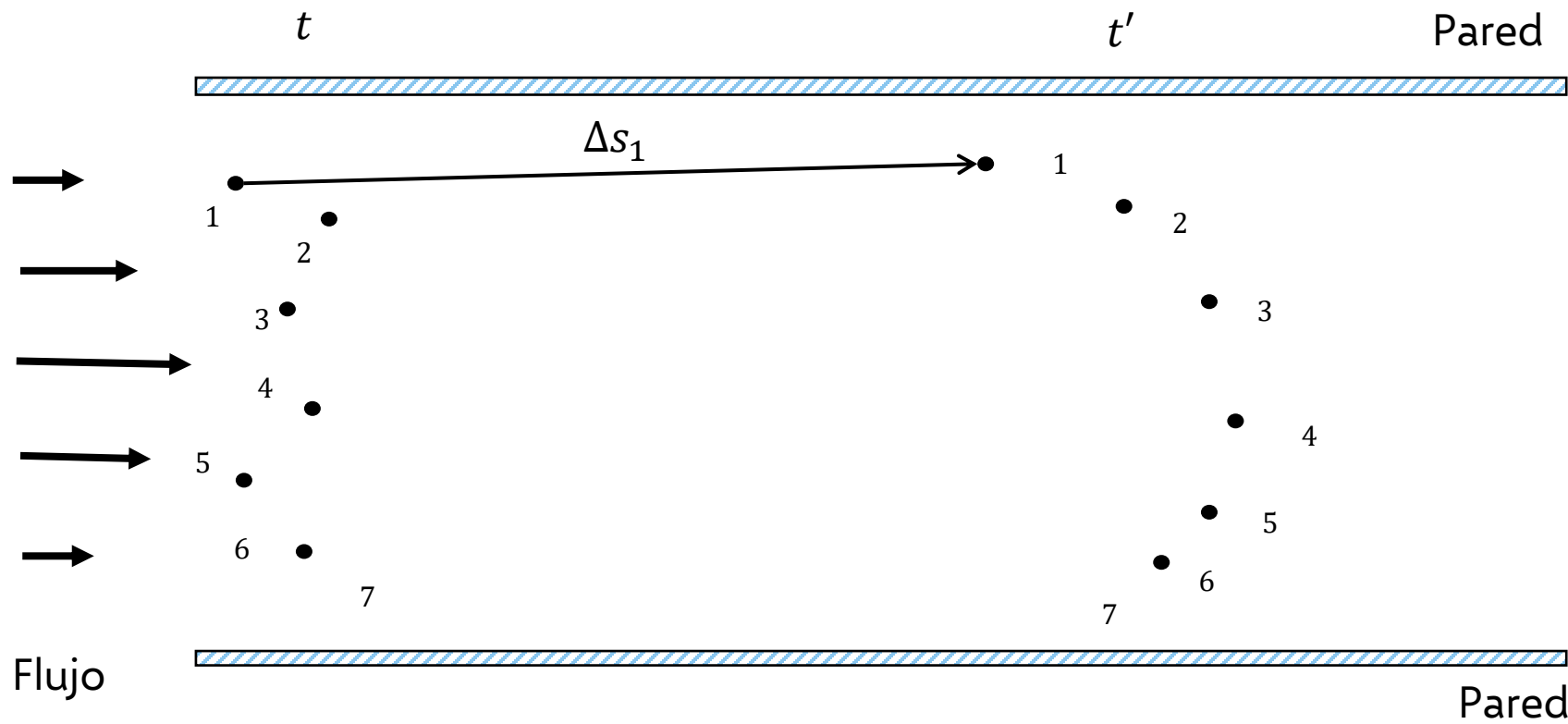
- Velocimetría de imágenes de partículas (PIV).
- Velocimetría por seguimiento de partículas (PTV).
- Otras técnicas por imágenes.



Aplicaciones
en laboratorio

Velocimetría por imágenes

Principio básico (PTV)

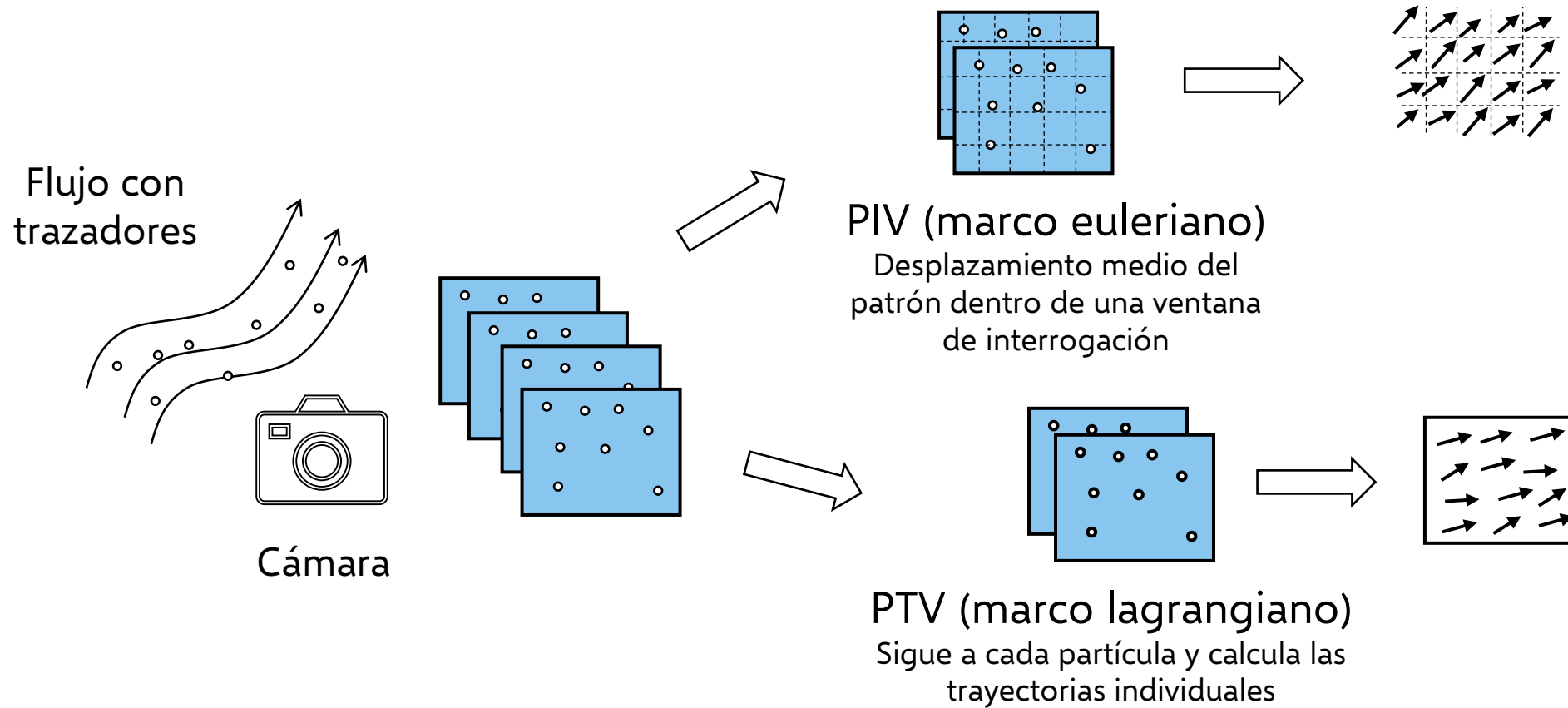


$$\Delta t = t' - t$$

$$\Delta s_i = s'_i - s_i$$

$$u_i = \frac{\Delta s_i}{\Delta t}$$

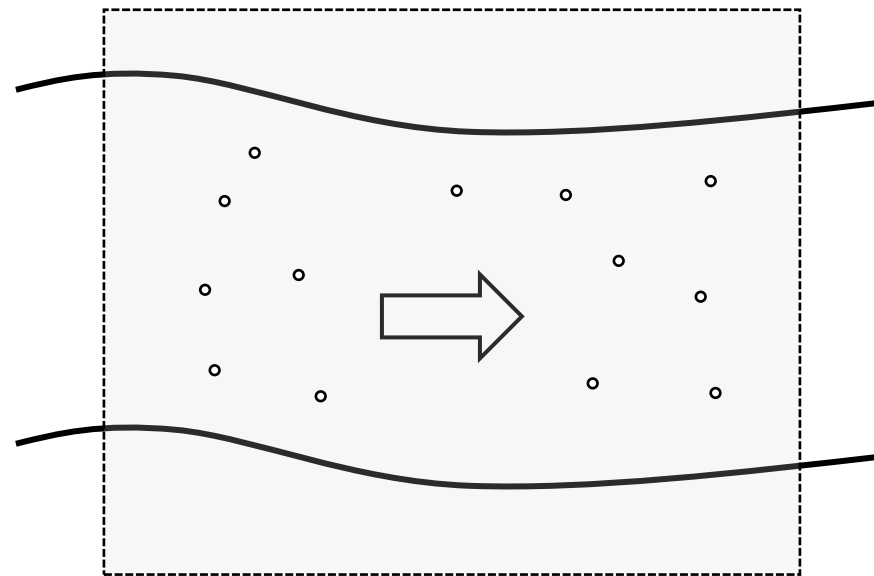
Velocimetría por imágenes



Velocimetría por imágenes a gran escala

Trazadores:

- Sembrado.
- Sedimentos, ramas, troncos.
- Espuma, hielo.
- **Patrones en la superficie del agua.**



Región de interés, vista cenital

Mayor complejidad...

- Cambio de escala y condiciones no controladas.
- **Vistas no ortogonales**



Un resumen sobre RIVeR

Evolución de la técnica y del software

- **Velocimetría por imágenes desde 2011** (inicio del doctorado del Dr. Patalano).
- Desarrollo de **RIVeR**, primera versión en *Matlab* distribuida en 2017.
- RIVeR utilizado por **USGS (EE.UU.)** y **ECCC (Canadá)** como referencia.

Proyecto WMO – HydroHub (2024)

- Ganadores del **Innovation Call para América Latina y el Caribe**.
- Objetivo: facilitar la adopción de técnicas innovadoras de hidrometría en los **SMHNs** de la región.
- Trabajo conjunto entre **INA – UNC – ORUS**.

Productos desarrollados

- **Software:**
 - Migración de RIVeR a **Python** con interfaz en **React**.
 - Rediseño completo del flujo de trabajo para usuarios **sin experiencia previa** en la técnica.

Un resumen sobre RIVeR

Documentación

- Creación del **primer manual integral de la técnica**.
- Incluye: introducción teórica, recomendaciones de campo, guía de procesamiento.
- Lenguaje simple, enfoque gráfico y **anexos** para profundización técnica.

Validación y adopción internacional

- Técnica en **rápido crecimiento** a nivel mundial.
- Grandes instituciones comienzan a adoptarla oficialmente.
- RIVeR es **libre, gratuito y de código abierto**.

Capacitación internacional

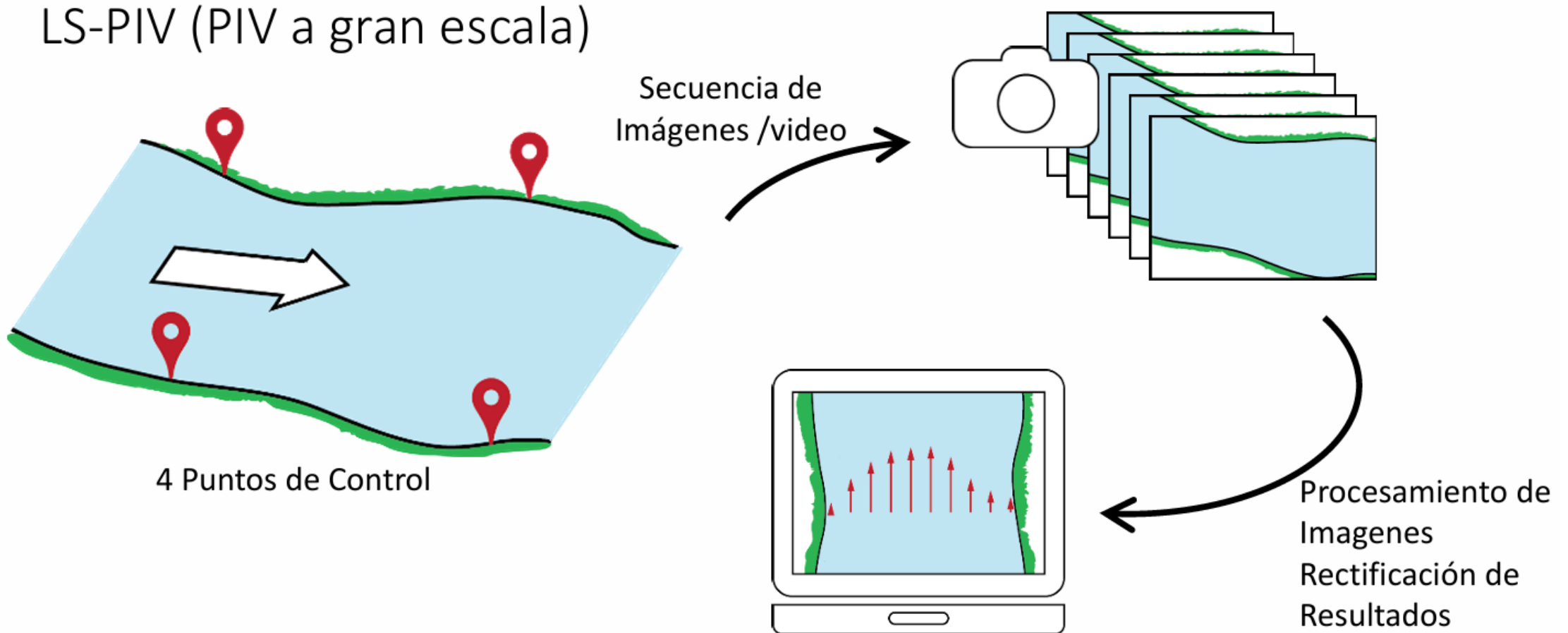
3 talleres junto a la WMO:

- **Costa Rica:** SMHNs de América Latina y el Caribe.
- **Buenos Aires:** países de la Cuenca del Plata (incluyó personal Yacyretá y Salto Grande).
- **Rwanda:** países del Gran Cono de África (cuenca del Río Nilo).

02

Velocimetría por imágenes a gran escala

LS-PIV (PIV a gran escala)



Velocimetría por imágenes a gran escala

Estimación del caudal:

Velocidad media $\rightarrow U_m = \alpha U_s$

Velocidad superficial (LSPIV) $\rightarrow U_s$

$\alpha \approx 0.85$

Caudal $\rightarrow Q = U_m A_m$

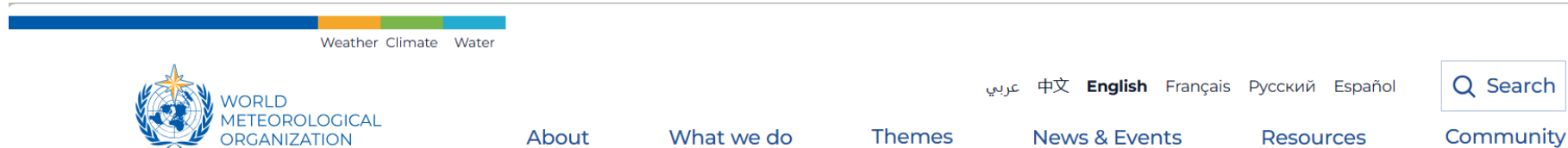
Área de la sección transversal (batimetría) $\rightarrow A_m$

02

Una de las ventajas de la técnica...



Velocimetría por imágenes a gran escala



[Home](#) / RIVeR-LAC Project Concludes with New Open-Source Surface Velocimetry Tool and Guidelines for River Monitoring

RIVeR-LAC Project Concludes with New Open-Source Surface Velocimetry Tool and Guidelines for River Monitoring

● UPDATE

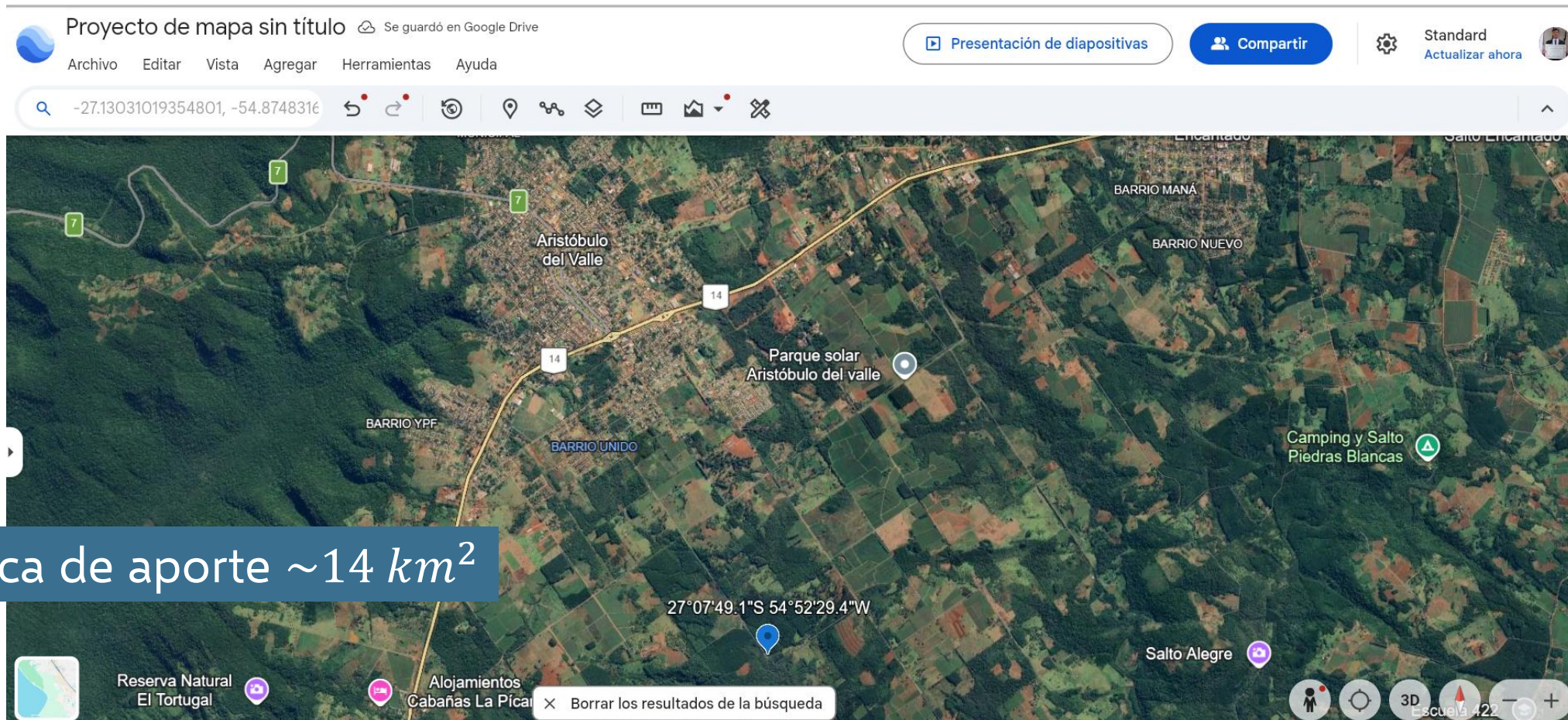
7 May 2025

Conclusion and Final report of the project under the WMO HydroHub Innovation Call – Latin America and the Caribbean

The project titled “RIVeR-LAC” implemented by the [National University of Córdoba \(UNC\)](#) through the [Hydraulics Linkage Center of the Faculty of Exact, Physical, and Natural Sciences \(FCEEyN\)](#) of Argentina, in consortium with [National Water Institute of Argentina \(INA\)](#) and the company [ORUS](#), concluded in April 2025. The RIVeR-LAC project, supported by the WMO HydroHub and the [Inter-American Development Bank \(IDB\)](#), has contributed to improving

02 Velocimetría por imágenes a gran escala

Arroyo Pajarito (toma municipal, A. Del Valle)



Cuenca de aporte $\sim 14 \text{ km}^2$



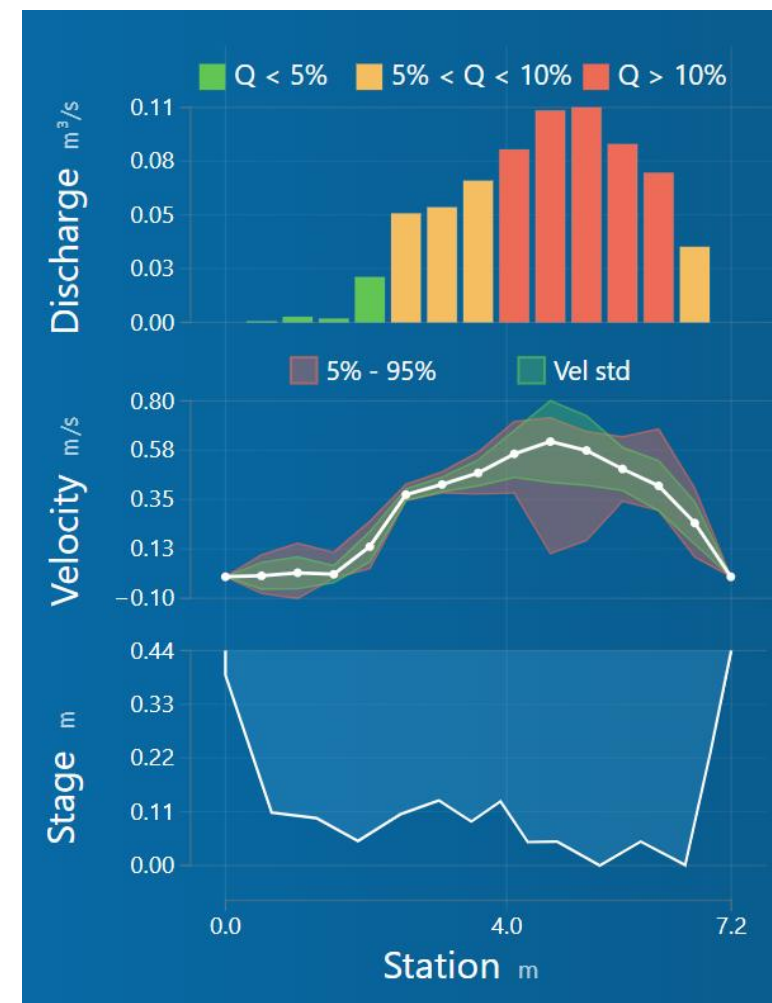
02 Velocimetría por imágenes a gran escala

Arroyo Pajarito (toma municipal, A. Del Valle)



RIVeR
Rectification of Image Velocity Results

$$Q = 0.71 (\pm 0.18) m^3/s$$

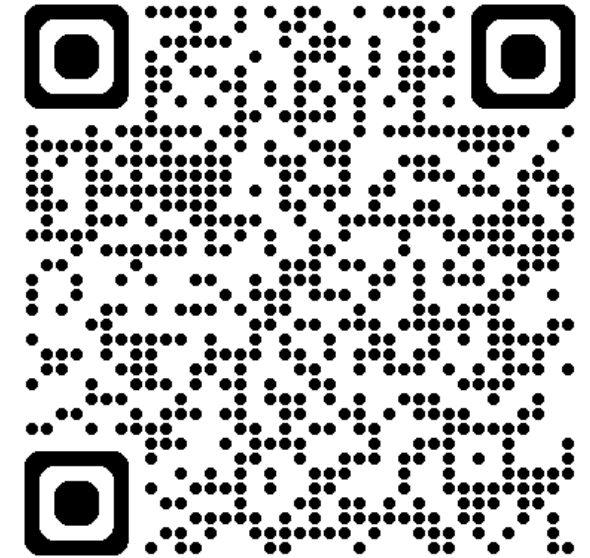


02

Velocimetría por imágenes a gran escala

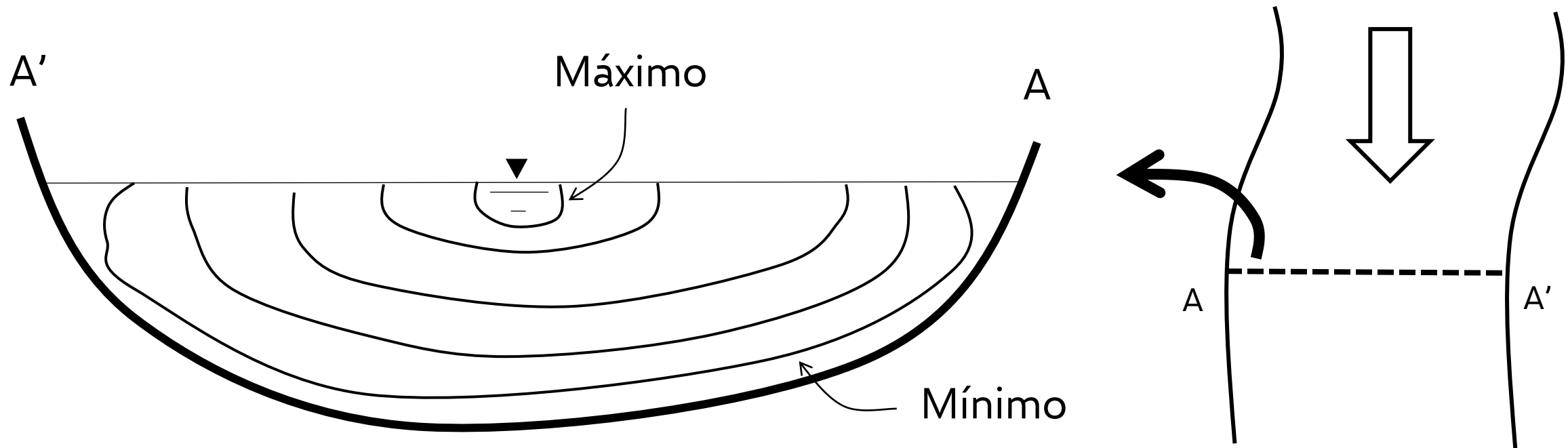


<https://github.com/oruscam/RIVeR/releases>

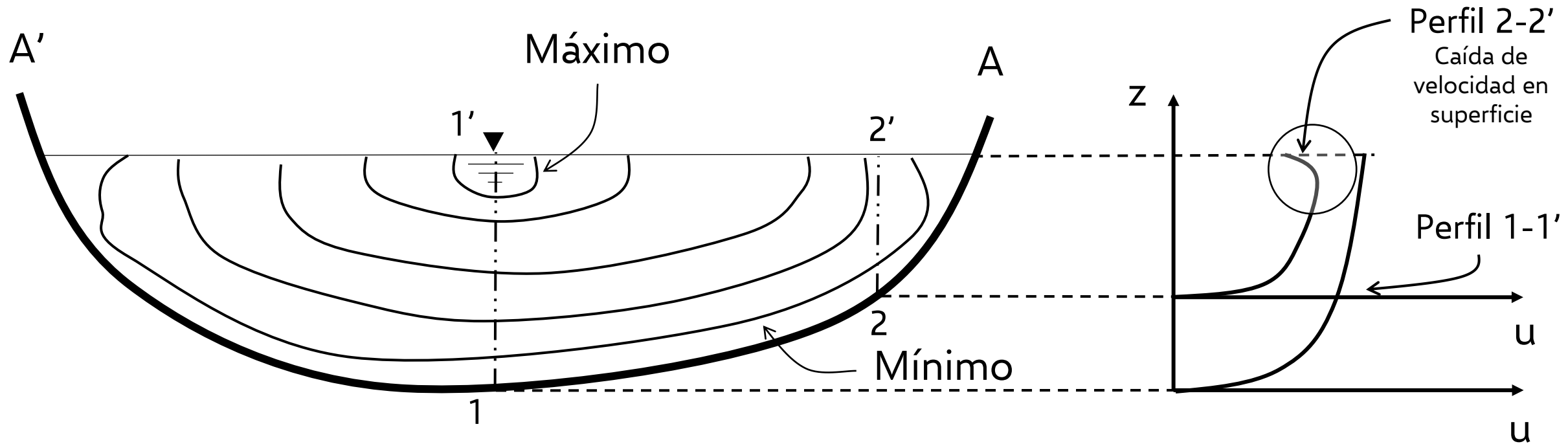


<https://www.oruscam.es>

2.3 Distribución de velocidades en canales abiertos



2.3 Distribución de velocidades en canales abiertos

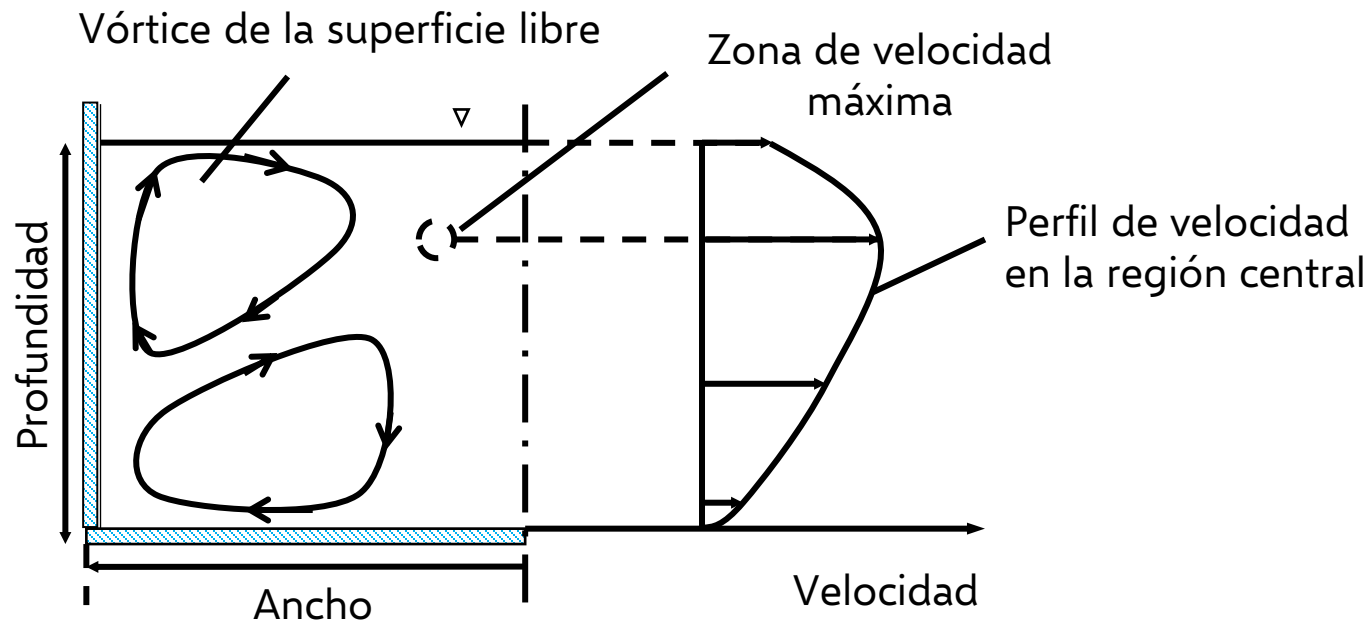


¡El coeficiente α no es uniforme a lo largo de la sección transversal!

2.3

Velocimetría por imágenes a gran escala

¿En qué condiciones se produce la caída de velocidad en superficie?



Definiendo

$$Ar = \frac{B}{H}$$

Cuando:

- $Ar < 5$ hay caída de velocidad en la superficie en la región central.
- $Ar > 5$ no hay caída de velocidad en la superficie.

2.3 Modelo matemático

Ecuaciones RANS
Dir. x

$$\frac{DU}{Dt} = g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu(\nabla^2 U) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(-\rho \overline{u' u'_i} \right)$$

ecuación de continuidad + efectos viscosos
despreciables + hipótesis de Boussinesq + corrientes
secundarias despreciables

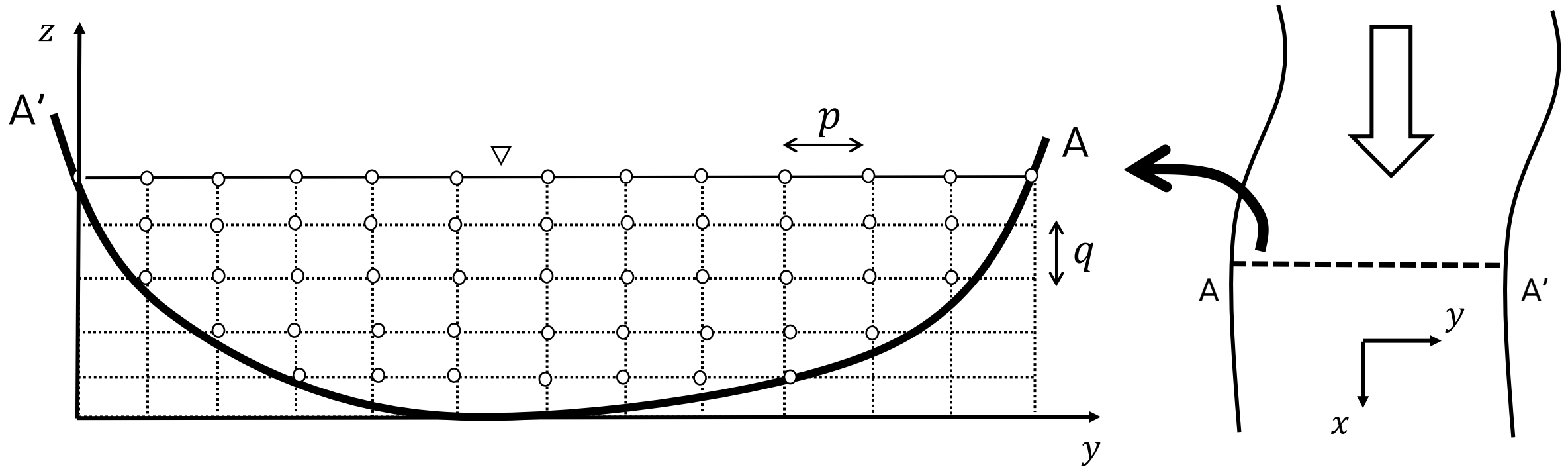
$$\epsilon_{yx} = U_c \kappa y \left(1 - \frac{y}{B} \right)$$

$$\epsilon_{zx} = U_c \kappa z \left(1 - \frac{z}{H} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_{yx} \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_{zx} \frac{\partial U}{\partial z} \right) = -gS$$

2.3 Velocimetría por imágenes a gran escala

MÉTODO DE DIFERENCIAS FINITAS (MDF)



2.3 Velocimetría por imágenes a gran escala

CONDICIONES DE BORDE

I Condiciones mixtas

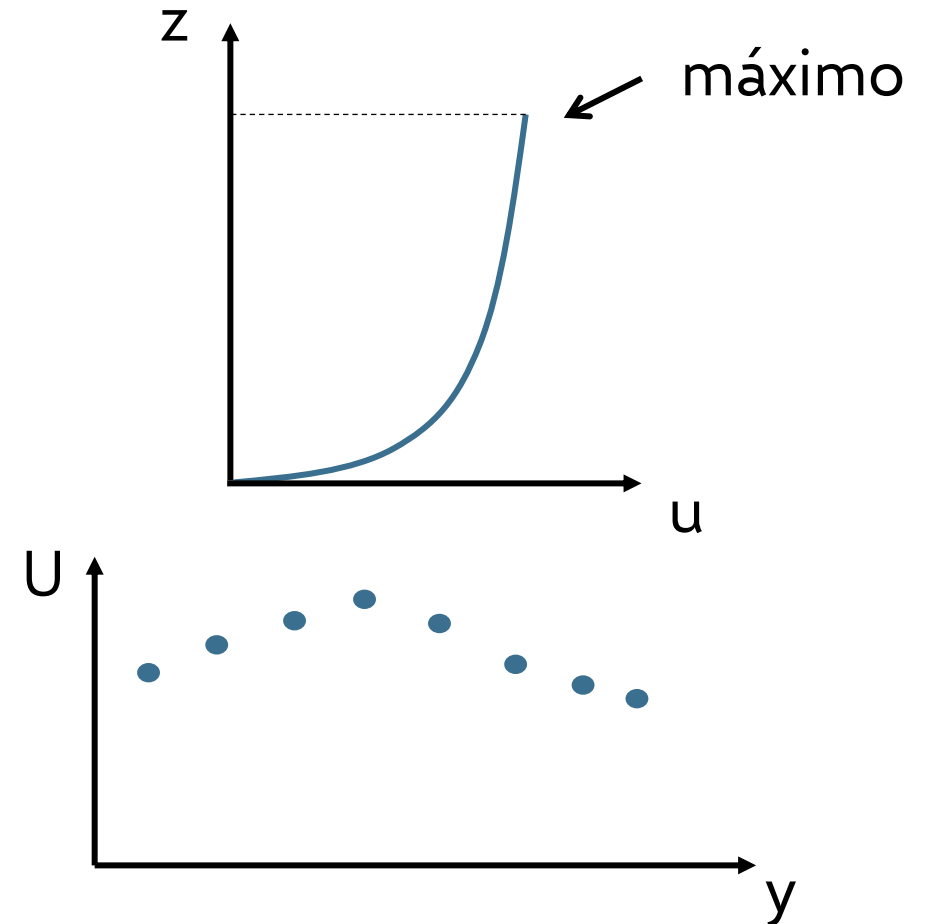
$$U_{\text{contorno}} = f(k_s, z^+)$$

$$\frac{\partial U}{\partial z}_{\text{superficie libre}} = 0$$

II Condiciones esenciales

$$U_{\text{contorno}} = f(k_s, z^+)$$

$$U_{\text{superficie libre}}: LSPIV - LSPTV$$



2.3 Implementación computacional



matplotlib



2.3 Aplicaciones

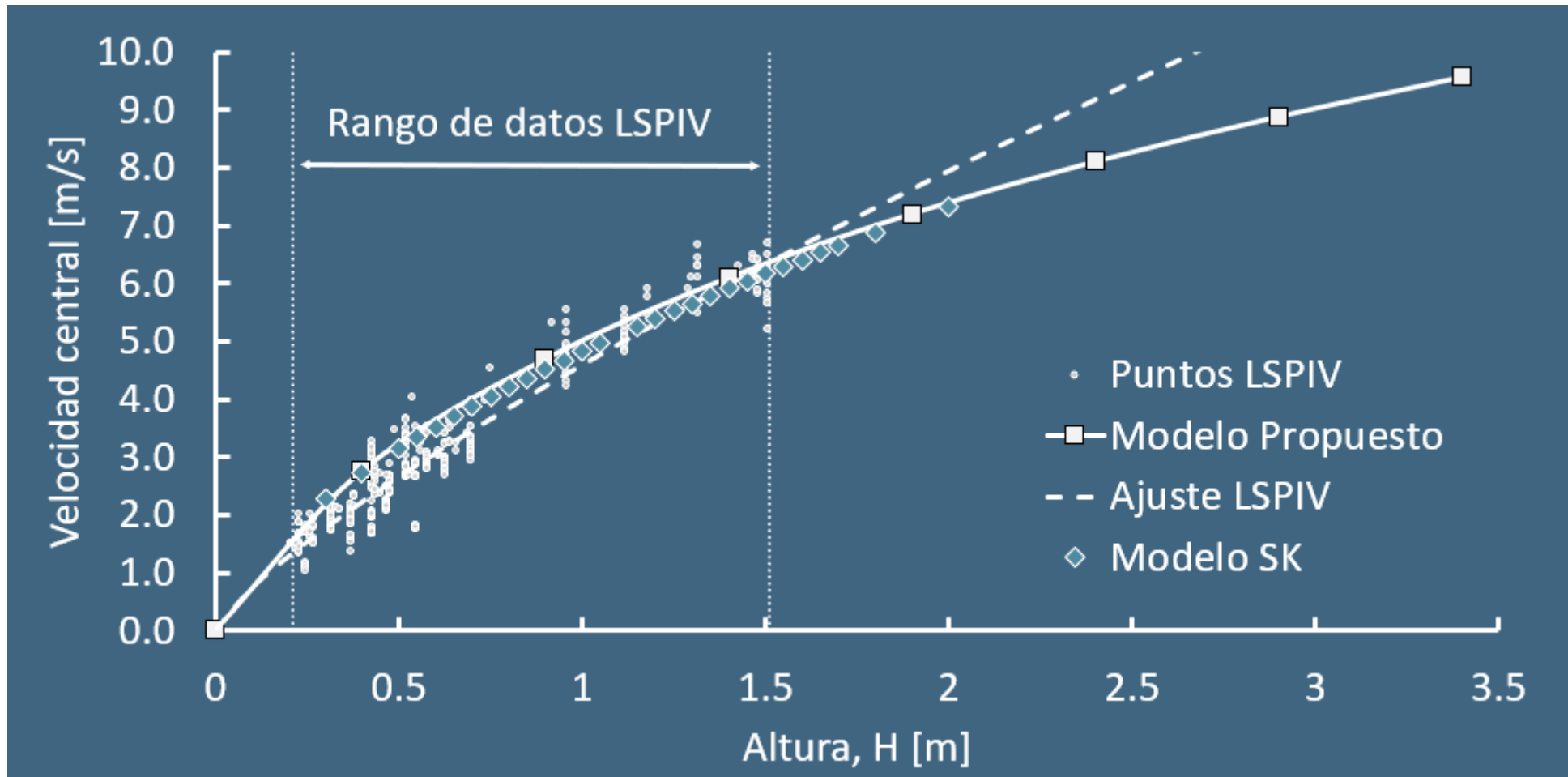


2.3

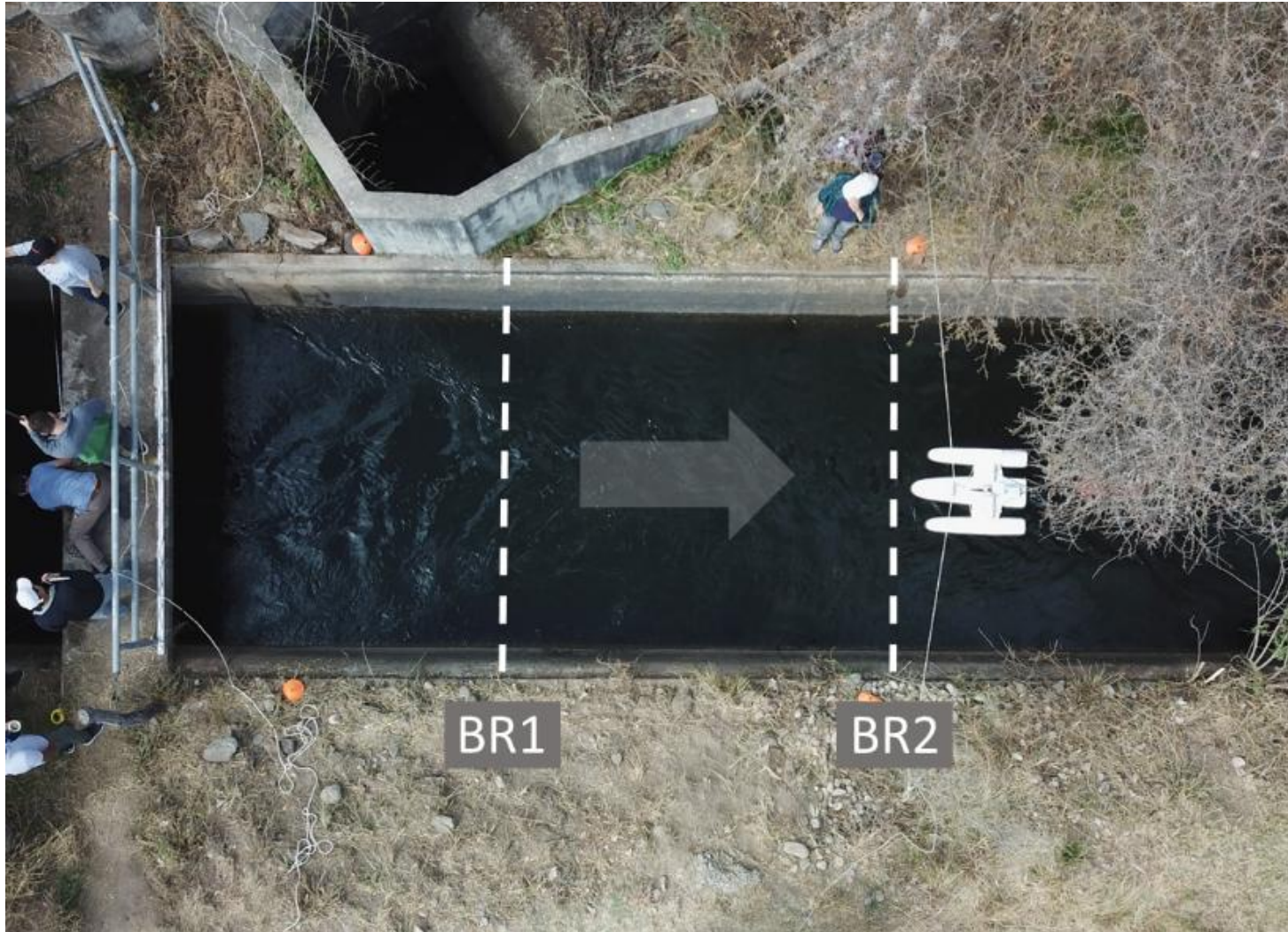
Velocimetría por imágenes a gran escala

2.3 Aplicaciones

Curva HV



2.3 Aplicaciones



**Canal Boca
de Río**

2.3 Aplicaciones

Datos

Mediciones con ADCP

$$Q = 3.74 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$U_m = 0.88 \text{ m} / \text{s}$$

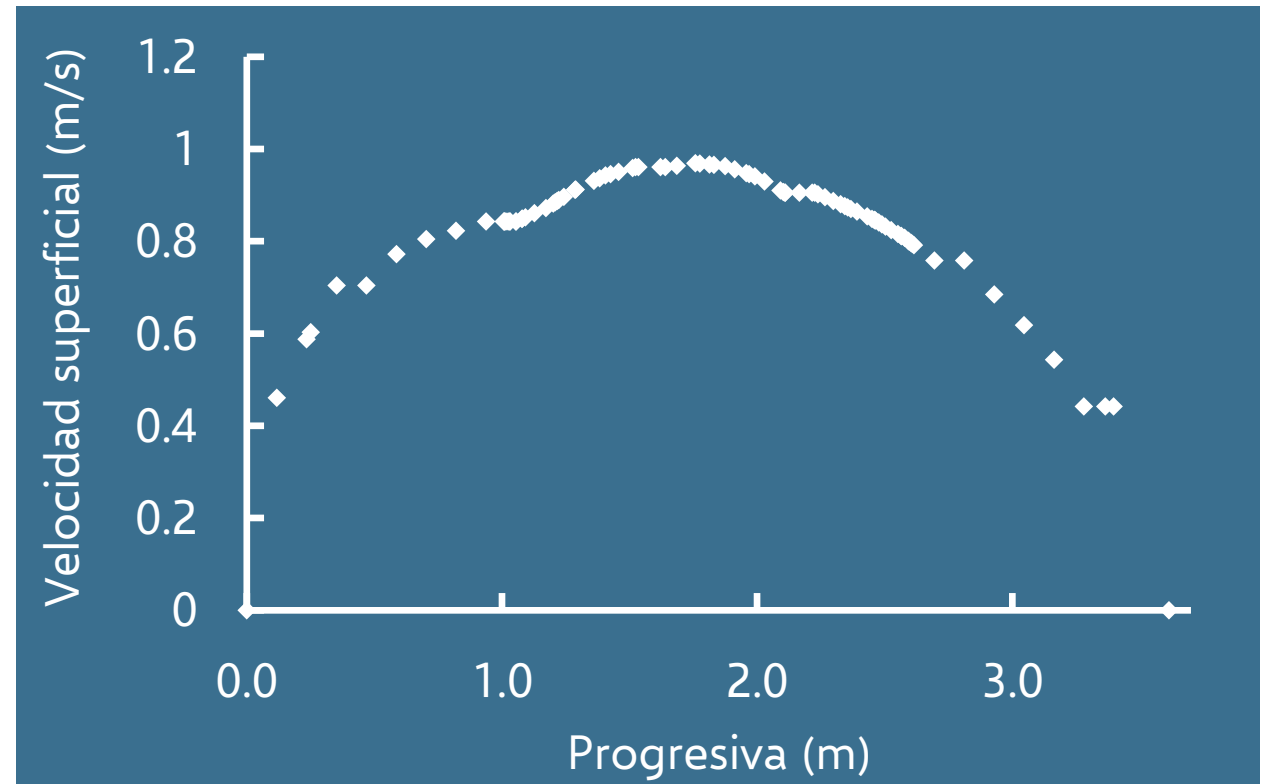
LSPIV (con sembrado de trazadores)

$$Q = 3.18 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\alpha = 0.89$$

ADV (Flow Tracker)

Canal Boca de Río

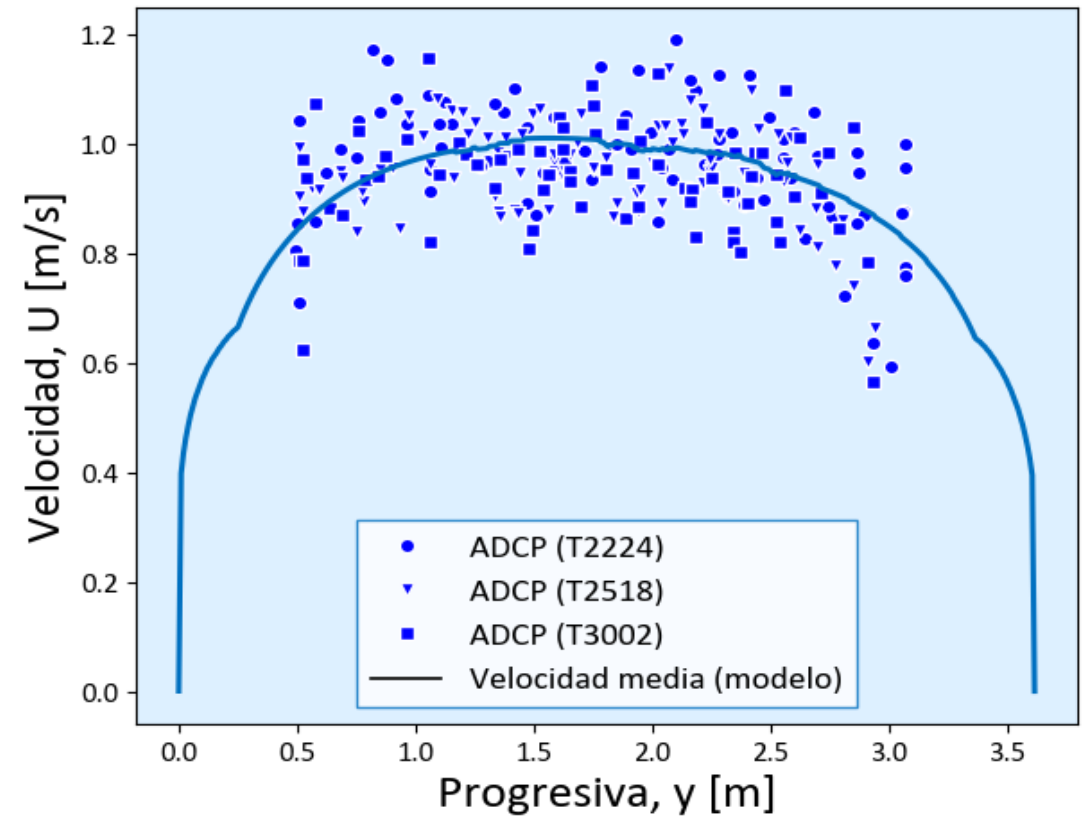
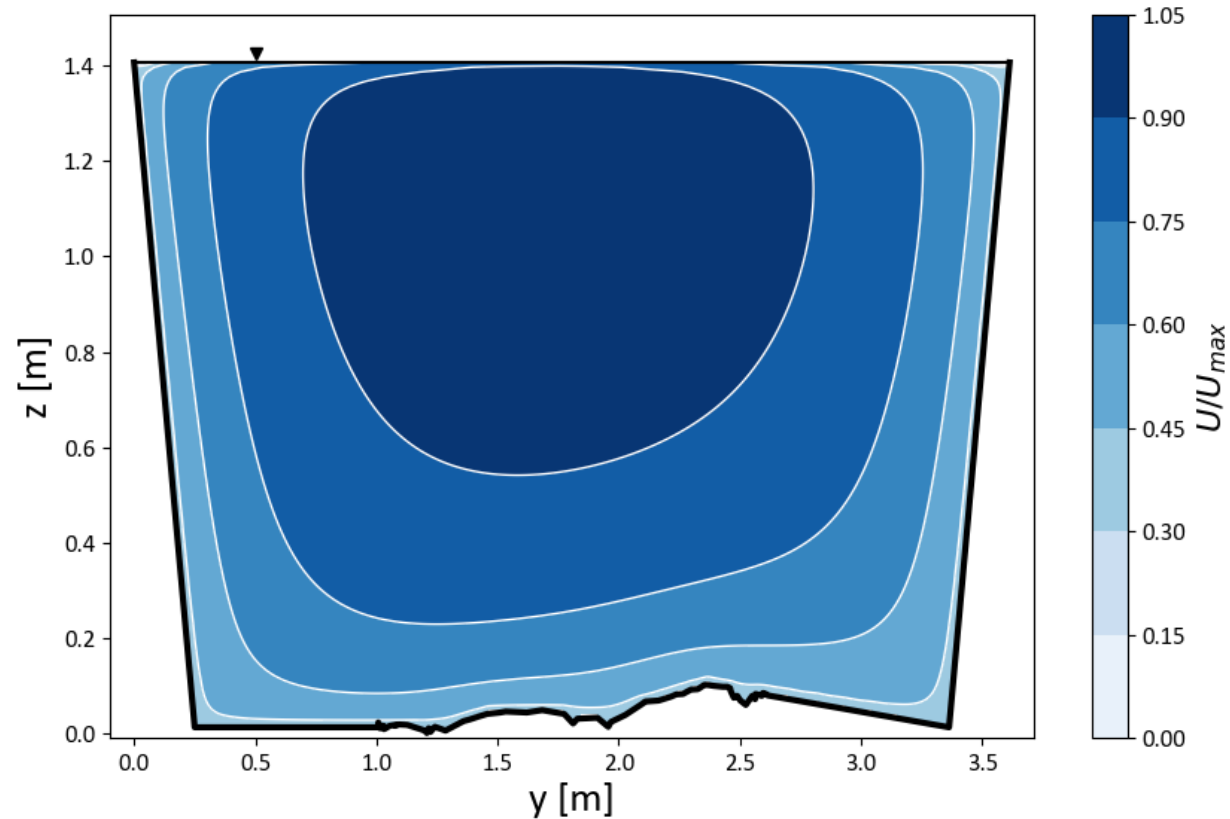


Aplicaciones

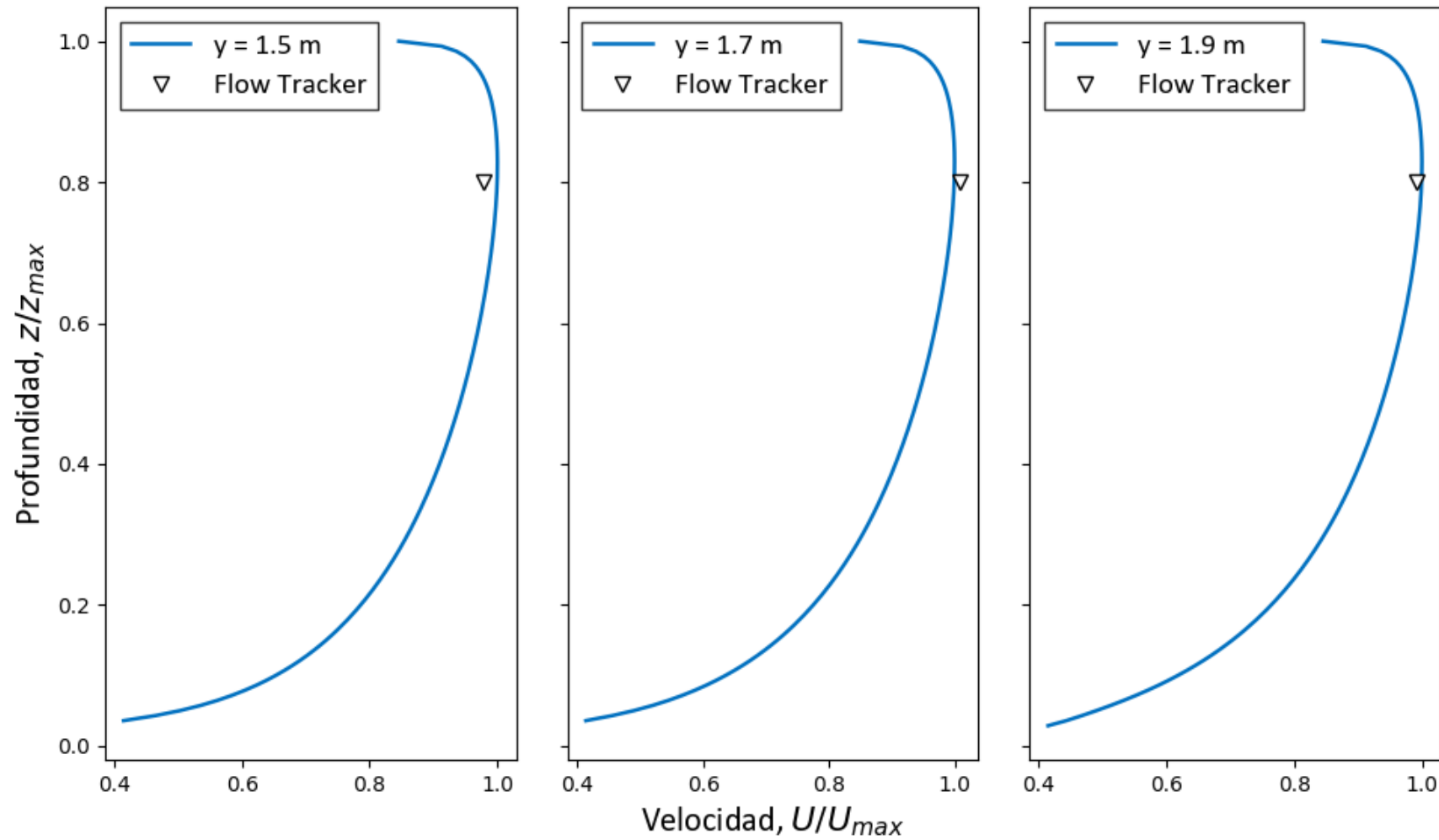
Sembrado de
trazadores



Aplicaciones



Aplicaciones

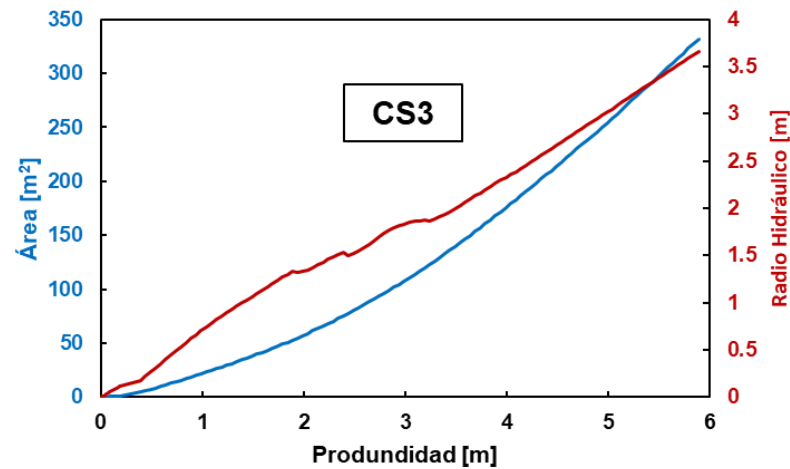
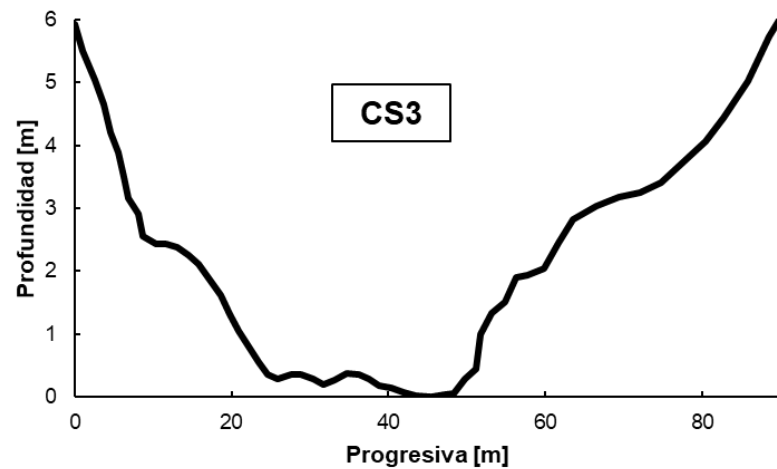
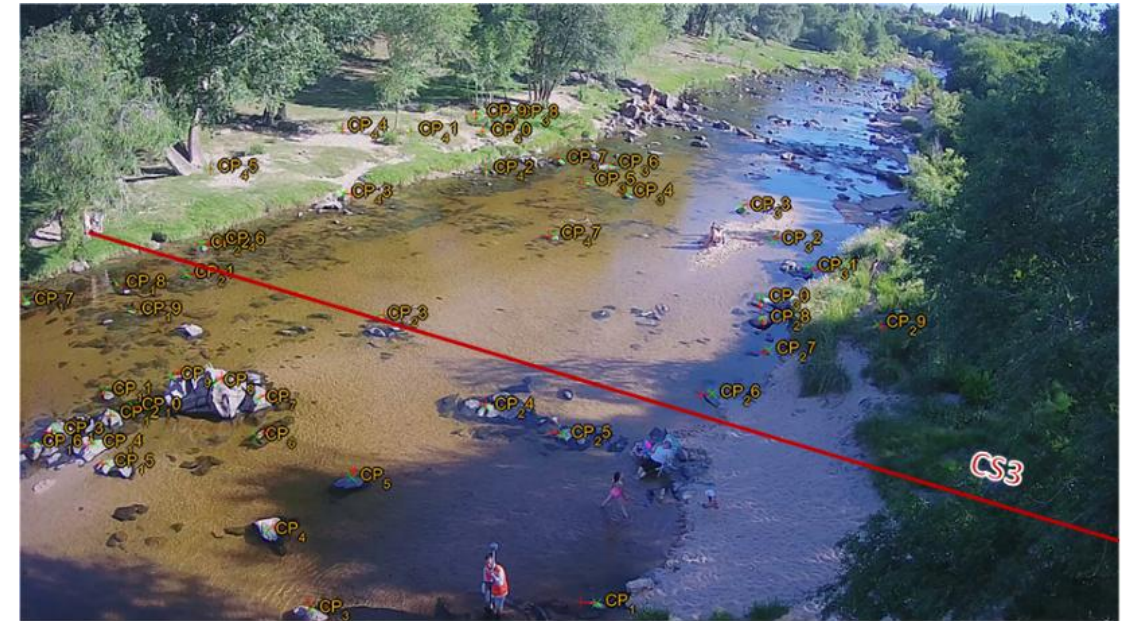
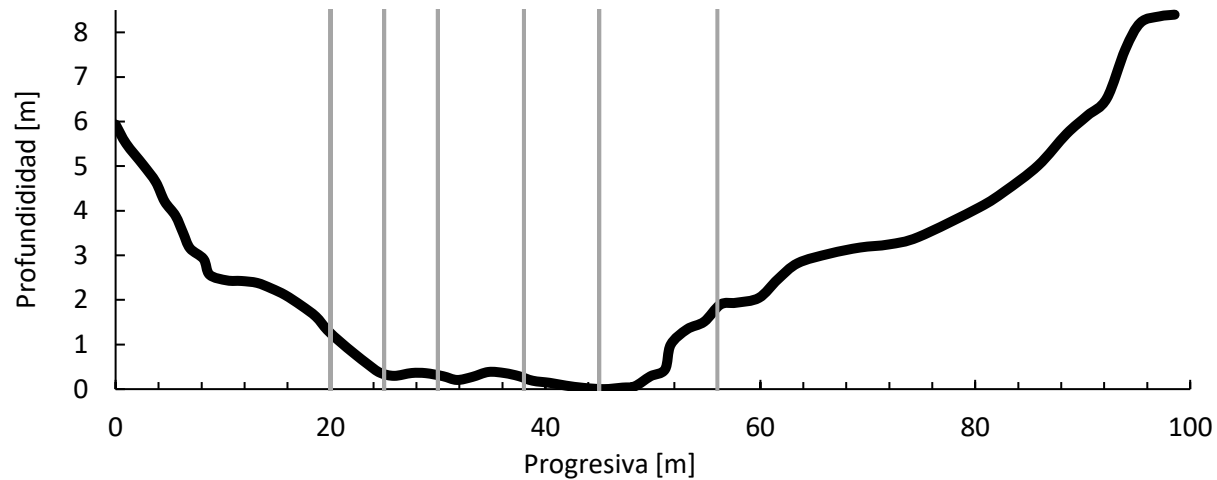


Aplicaciones

Río San Antonio: PUENTE JUNCAL

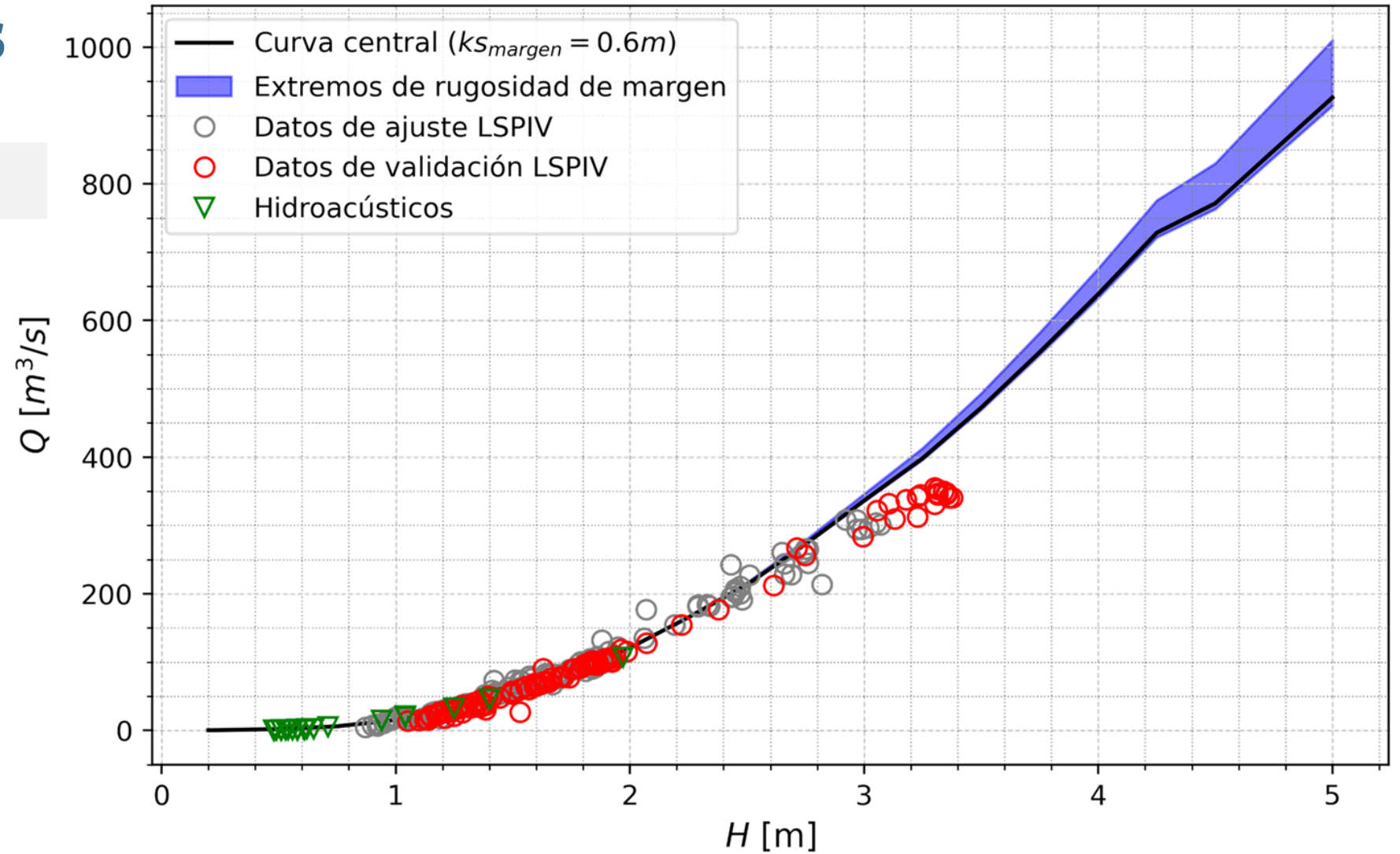


Aplicaciones



Aplicaciones

$$Q_m = Q_{LSPIV} \times 0.90$$



<https://amcaonline.org.ar/ojs3/index.php/mc/article/view/132>

Aplicaciones

Las mediciones con LSPIV se pueden integrar con otros modelos numéricos hidrodinámicos como **HEC-RAS** o con modelos hidrológicos. Esto permitiría:

- 1. Calibrar modelos hidrológicos e hidráulicos,**
- 2. Generar curvas HQ con modelos calibrados de retroalimentación permanente con nuevos datos,**
- 3. Estudiar distribución de velocidades en secciones de interés.**

¡MUCHAS GRACIAS!

Ing. Rodrigo Schöninger (FCEyN-UNC)

Dipl. en Hidroinformática (UTN-FRC)

Especializado en Recursos Hídricos



RNS

Ingeniería Ambiental
& Recursos Hídricos

www.consultorarns.com