



El Centro de Estudios y Tecnología del Agua, dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, tiene el propósito fundamental de potenciar y consolidar la actividad científica y tecnológica vinculada a los recursos hídricos de esta Universidad articulando nexos con otras instituciones provinciales, regionales y extranjeras.

El CETA reúne equipos de investigación de extensa trayectoria y experiencia en el campo de los recursos hídricos. Sus líneas de trabajo y su compromiso de gestión apuntan a desarrollar proyectos de I+D+i que favorecen la innovación y contribuyen a dar respuesta a múltiples problemáticas relacionadas al uso y consumo del agua, como también, a la conservación y protección de los recursos hídricos en el contexto local y regional.

Con este propósito el CETA pretende aportar nuevos conocimientos que ayuden desde una perspectiva estratégica a la gestión integrada de los recursos hídricos, posibilitando optimizar de manera sustentable el uso del agua, y a promover el manejo eficiente de este recurso.

En el CETA la formación de recursos humanos es una política prioritaria; y con el Laboratorio de Hidráulica ofrecen un espacio académico de grado y postgrado donde asisten numerosos estudiantes, becarios e investigadores nacionales y extranjeros.



## Universidad Nacional de Córdoba

RECTOR

Dr. Hugo Juri

VICE-RECTOR

Dr. Ramón Pedro Yanzi Ferreira

SECRETARIO GENERAL

Ing. Roberto Terzariol

## Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

DECANO

Mg. Ing. Pablo Recabarren

VICE-DECANA

Mg. Ing. Adriana Ceratto

SECRETARIO GENERAL

Ing. Daniel Lago

SECRETARIO ACADÉMICO (ÁREA INGENIERÍA)

Dra. Magalí Evelin Carro Perez

SECRETARIA ACADÉMICA (ÁREA BIOLOGÍA)

Biol. Analía González

SECRETARIO ACADÉMICO (ÁREA GEOLOGÍA)

Geol. Raúl Eduardo Paredes

SECRETARIA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POST-GRADO (ÁREA CIENCIAS NATURALES)

Dr.a Marcela Cioccale

SECRETARIO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN Y POST-GRADO (ÁREA INGENIERÍA)

Dr. Federico Pinto

PROSECRETARÍA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POST-GRADO (ÁREA DE INGENIERÍA)

Dr. Jorge Finochietto

PROSECRETARÍA ACADÉMICA ÁREA INGENIERÍA

Ing. Lisandro Capdevila

PROSECRETARÍA DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

Ing. Fernando Bianco

SECRETARÍA DE EXTENSIÓN

Ing. Agr. Luis Bosch

Centro de Estudios  
y Tecnología del Agua  
Facultad de Ciencias  
Exactas, Físicas y Na-  
turales, UNC.

DIRECCIÓN

Dr. Carlos M. García

SECRETARÍA

Mg. Gerardo Hillman

Revista del CETA

DIRECTOR

Dr. Andrés Rodríguez

EDICIÓN CIENTÍFICA

Dr. Carlos M. García

COORDINACIÓN CIENTÍFICA

Ing. Ricardo Ingaramo

COORDINACIÓN EDITORIAL

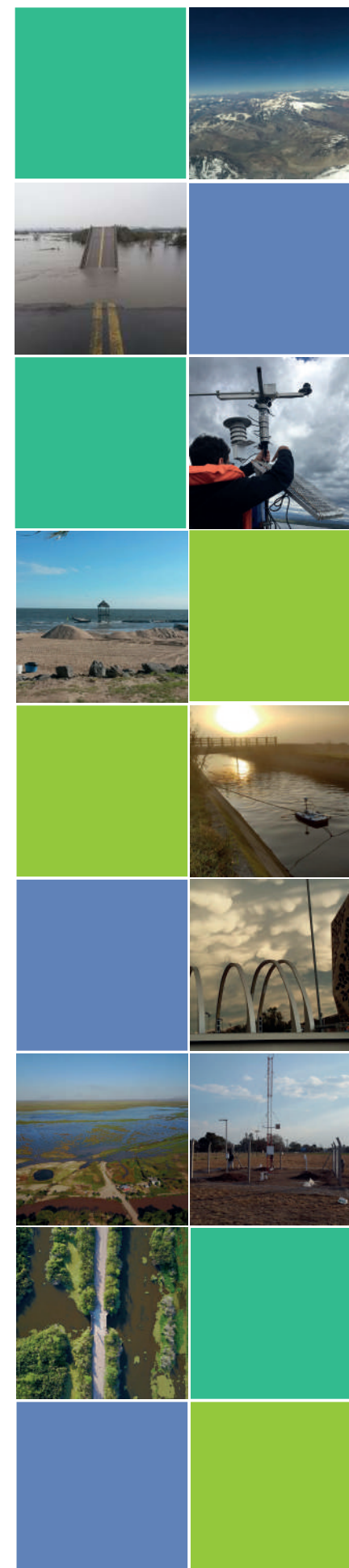
Lic. Zusana Boneu

DISEÑO

Agustina Sastre

Vol. 1, N° 3 - 2017

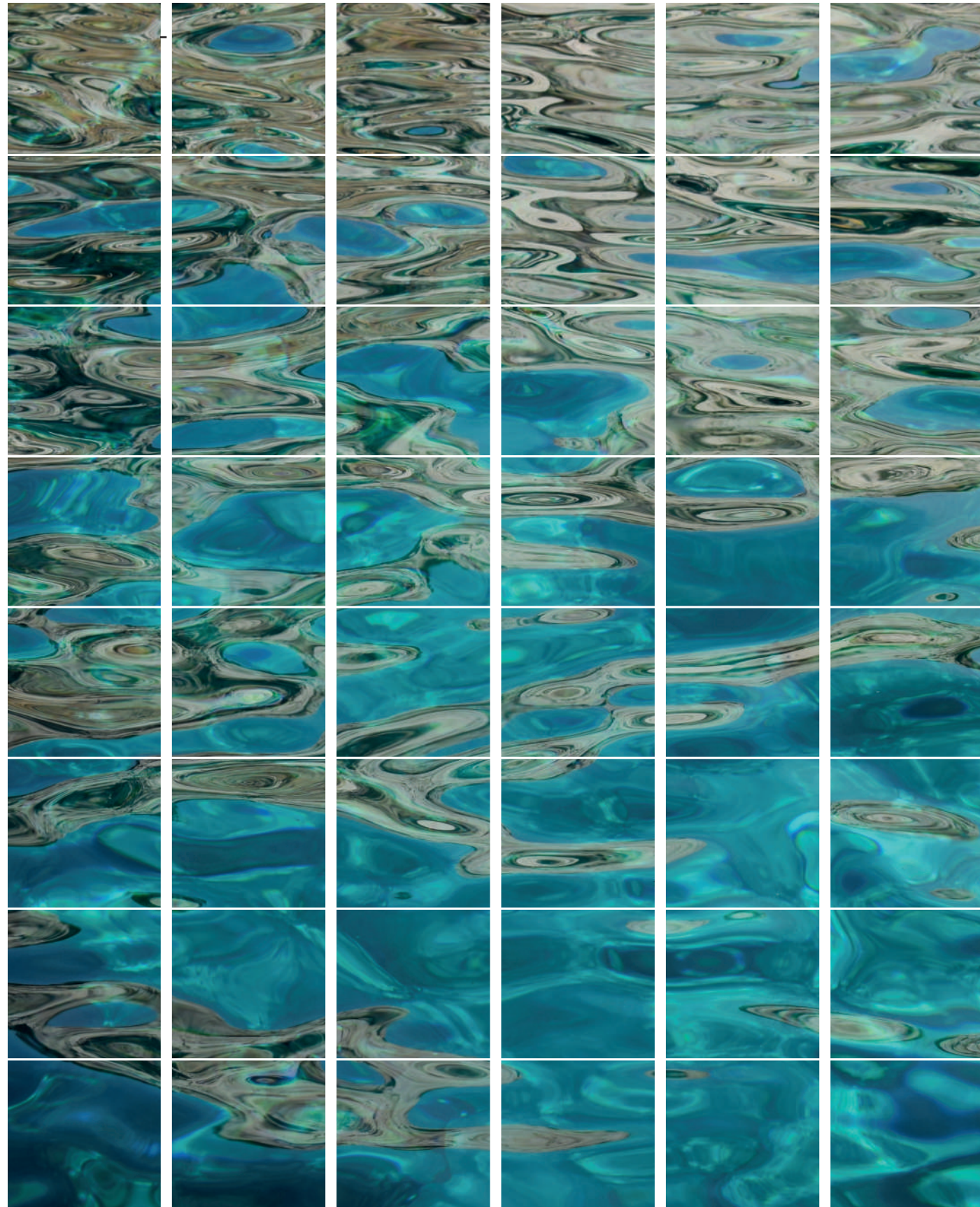
ISSN 2525-0582



## Sumario

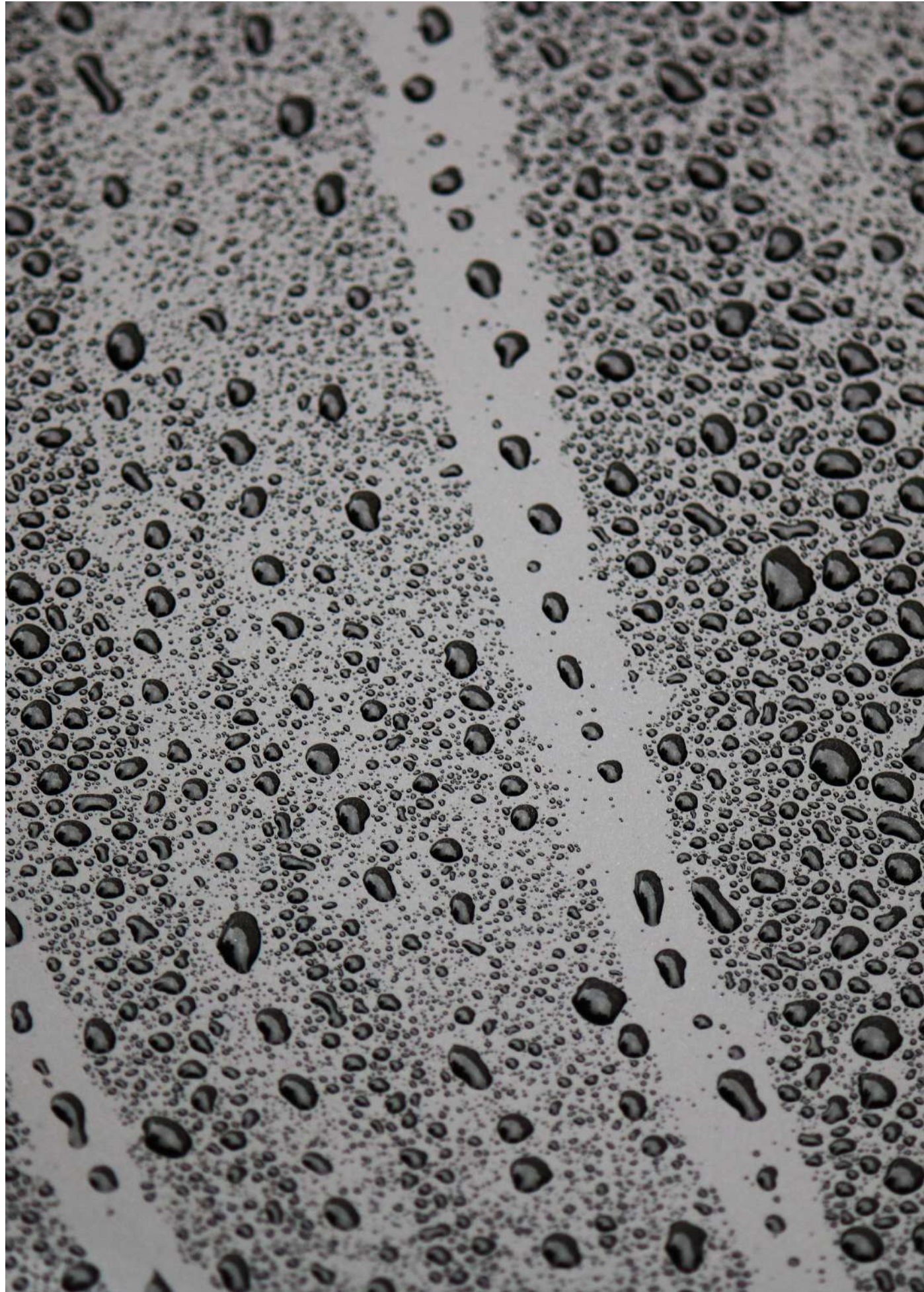
- 7** *Editorial*
- 9** *Observatorio Meteorológico de Córdoba (OMHM) de Córdoba. Integración de sensores hidro-meteorológicos para monitoreo y alerta en la Región Centro de Argentina*
- 15** *Recursos humanos e integración*
- 17** *Aniversario. 80 años de gestión del agua en la Provincia de Córdoba*
- 19** *XXVI Congreso Nacional del Agua 2017*
- 20** *Premio INA en CONAGUA*
- Artículos científicos de CONAGUA 2017*
- 21** *Coeficientes de decaimiento areal de la lluvia en el gran San Miguel de Tucumán según la escala de la tormenta.*  
F. BAZZANO, G. CAAMAÑO NELLI, J. L. MINETTI, G. RAJMIL
- 28** *Evaluación de wetlands de flujo subsuperficial horizontal para el tratamiento de efluentes de un tambo robot.*  
M. C. SCHIERANO, M. A. MAINE, M. C. PANIGATTI
- 36** *Análisis de estadística inferencial de información pluviométrica histórica en presencia de efectos de cambio y variabilidad climática.*  
M. M. BARAQUET, N. F. GUILLÉN, C. M. GARCÍA
- 46** *Efecto de la afluencia incremental de la chi en la planificación de sistemas hidrotérmicos.*  
L. ACOSTA ZUÑIGA, R. J. DE ANDRADE
- 53** *Detección y caracterización de floraciones algales en el Embalse San Roque a partir de sensores remotos.*  
A. GERMÁN, A. FERRAL, D. ROMERO ARIJON, I. BERNASCONI
- 59** *VIII Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos.*
- 60** *Premio Fundación INMAC*
- Artículos científicos Ríos 2017*
- 61** *Influencia de las corrientes secundarias sobre el sedimento suspendido en meandros de un grande cauce. Validación de modelo numérico Telemac 2D.*  
R. DOMÍNGUEZ, R. SZUPIANY, P. TASSI, G. PETKOVSEK





- 65** **Evaluación de un modelo hidrodinámico bidimensional en un tramo del cauce principal del río Paraná.**  
F. PERUZZO, G. RICCARDI, P. A. BASILE, M. GARCÍA
- Artículos científicos del CETA*
- 67** **Modelo físico del vertedero de descarga del dique Los Alazanes**  
M. EDER, Y. FERRER LÓPEZ, J. MUCHIUT, I. M. RAGESSI, C. JOAQUÍN, M. DAGATTI, L. TARRAB, A. RODRÍGUEZ, A. PATALANO, L. MASSO, C. MONTANARI, H. MURATORE, G. MOYA, M. PAGOT, A. DÍAZ, R. ROMERO, G. PLENCOVICH, E. CASTELLÓ, F. LÓPEZ
- 73** **Bases del Plan Director del Carcarañá.**  
P. GYSSEL, C. M. GARCÍA, J. ÁLVAREZ, M. M. BARAQUET, J. M. DÍAZ LOZADA, S. GRANDE, E. JORQUERA, S. MENAJOVSKY, M. PACHER, A. PATALANO, G. PETROLI, C. POZZI, L. TARRAB, A. TESTA TACCHINO, T. VASCHALDE, G. MOYA, R. BAZÁN, A. MONTESINO, O. BARBEITO, S. AMBROSINO, A. L. RYDZEWSKI, M. BONANSEA, M. J. G. ALBO, A. CABRERA, E. MATTEODA, F. BECHER QUINODOZ, L. MALDONADO, V. LUTRI, K. ECHEVARRÍA, H. HERRERO
- 77** **Estudio integral de la Laguna Mar Chiquita.**  
M. PAGOT, P. GYSSELS, A. RODRÍGUEZ, C. POZZI, L. TARRAB, A. PATALANO, A. TESTA, G. HILLMAN, C. VARGAS, S. GRANDE, M. PACHER, C. M. GARCÍA, J. M. DÍAZ LOZADA, H. MURATORE, G. MOYA, C. MONTANARI, E. DÍAZ, I. BORNASCONI, G. PLENCOVICH.
- 82** **Cazadores de crecidas.**  
A. PATALANO, C. M. GARCÍA, N. F. GUILLÉN, L. MASSO, J. LE COZ
- 85** **Avances en el monitoreo y modelado hidroecológico de embalses en Córdoba: caso Lago San Roque.**  
J. MUCHIUT, M. DAGATTI, F. PRYSTUPCZUK, R. GLEZ. REYES, S. RODRÍGUEZ GLEZ, A. RODRÍGUEZ, M. CORRAL, P. GYSSELS, L. A. MURGIO, H. HERRERO, N. GUILLÉN, M. I. RODRÍGUEZ, L. MENGÓ, D. S. ARÁN, A. L. RUIBAL CONTI, M. RUÍZ
- 91** **Implementación operativa de un pronóstico numérico de alta resolución del Laboratorio de Hidráulica.**  
A. LIGHEZZOLO, E. NIEVAS LIO, G. ZIGARÁN, I. ASINARI, I. MONTAMAT, A. MARTINA, J. SAFFE, A. PÉREZ HORTAL, M. SCAVUZZO, A. RODRÍGUEZ
- 95** **Calibración del Radar Meteorológico RMA-1**  
I. MONTAMAT, J. SAFFE, D. POFFO, A. MATINA, G. CARANTI, A. RODRÍGUEZ, R. COMES, P. SONNA, S. RODRÍGUEZ GLEZ., T. HARTMAN, C. LACUNZA
- 100** **Calibración Hidrológica del Radar Meteorológico Argentino (RMA-1).**  
G. PETROLI, R. INGARAMO, C. FURBATO, A. RODRIGUEZ, I. MONTAMAT, A. MARTINA, J. SAFFE, D. POFFO, R. COMES, G. CARANTI, S. RODRÍGUEZ GLEZ., J. C. BERTONI, S. MENAJOVSKY, L. VICARIO, A. VILLA URÍA, C. DASSO
- Extensión académica y de investigación*
- 105** **Regata de medición de caudales de flujo en Córdoba, Argentina.**  
C. M. GARCÍA, K. OBERG, R. SZUPIANY, A. PATALANO, J. M. DÍAZ LOZADA, A. HEREDIA LIGORRIA
- 106** **Articulación con diferentes niveles educativos.**  
C. M. GARCÍA, J. DÍAZ LOSADA, J. ALVAREZ, BIBILONI, P. FERRARIS, M. BARAQUET, F. FLORES NIETO, A. I. HEREDIA, A. LIGORRIA





## Editorial

Este tercer número de la revista del CETA renueva el propósito de difundir temáticas vinculadas a proyectos de investigación y de gestión del centro, ampliando tópicos y enfoques relacionados a la actividad hídrica de nuestra región.

Los trabajos que integran el contenido de la publicación hacen foco principalmente en temas estratégicos relacionados a la Provincia de Córdoba y a la Región Centro. En particular, se incluyen 8 artículos sobre proyectos de investigación del CETA que han sido seleccionados considerando que representan líneas de trabajo prioritarias para la provincia de Córdoba.

Es un honor para la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de nuestra Universidad tener el privilegio y la responsabilidad de llevar adelante estas inversiones. Lograr que el financiamiento del Estado, sostenido por políticas públicas, se traduzca en proyectos, tesis, contratos y publicaciones, es decir, en hechos concretos, conlleva el cumplimiento de nuestra misión como institución pública. Esto implica también una muy grata sensación de realización profesional.

Desde la perspectiva de la proyección científica del CETA nuestro horizonte continúa siendo la defensa del recurso hídrico ante su escasez y su amenaza, producto de su uso intenso y el deterioro de su calidad. Por cierto, es un recurso escaso y vulnerable.

La Región Centro, en general, y Córdoba, en particular, no están exentos de períodos de severas sequías, períodos que muchas veces no forman parte de la agenda de los tomadores de decisiones políticas.

Las sequías se mueven en oscilaciones de décadas y arrasan civilizaciones teniendo consecuencias históricas catastróficas. No tenemos memoria reciente de esto. El Imperio Maya cayó por una intensa y persistente sequía de 25 años y el Imperio Mongol se desplazó hasta las puertas de China y de Europa por una sequía severa en sus estepas.

En nuestro país no somos conscientes de los efectos de la sequía. Vivimos muy pendientes de una coyuntura exigente, destacada por los medios de comunicación, y no advertimos la gravedad de este problema, ni escuchamos la reflexión académica al respecto.

Esta revista es un medio de difusión del CETA, resultado del trabajo de muchas personas, que pretende contribuir a esa reflexión.

Andrés Rodríguez  
Director



# Calibración Hidrológica del Radar Meteorológico Argentino (RMA1)

- \*1. GASTÓN PETROLI  
RICARDO INGARAMO  
CELINA FURBATTO  
ANDRÉS RODRIGUEZ  
ALBERTO VILLA URIA
- 2. JUAN CARLOS BERTONI  
SERGIO MENAJOVSKY  
LETICIA VICARIO  
CLARITA DASSO
- 3. RAÚL COMES  
GIORGIO CARANTI
- 4. IGNACIO MONTAMAT  
JORGE SAFFE
- 2. 4. AGUSTÍN MARTINA  
SANTIAGO RODRÍGUEZ GLEZ.
- 4. 5. DENIS POFFO

## Introducción

La determinación de la distribución espacial y temporal de la precipitación con un elevado nivel de precisión es un requerimiento clave para numerosas aplicaciones, en particular la modelación hidrológica para el análisis y prevención de eventos extremos en cuencas urbanas y rurales.

Los registros puntuales de lluvias mediante pluviómetros y pluviógrafos, en redes de escasa densidad e irregular distribución, no reflejan adecuadamente la variabilidad espacial de la lluvia. Este tipo de sensores, miden la precipitación a nivel de superficie con bastante precisión (Calheiros y Zawadski, 1986) y en forma puntual, pues el dato es tomado en forma directa (Arkin y Meisner, 1986), pero no permiten obtener un campo continuo de medidas que cubran todo un territorio (German et al, 2006). Los radares meteorológicos en cambio ofrecen la capacidad de generar información espacial detallada, con la posibilidad adicional de integrarla temporalmente. Permiten además cubrir grandes áreas y sus datos son de rápido acceso para aplicaciones hidrológicas a tiempo real. Las ventajas de obtener datos de precipitación mediante radar son múltiples (Collier, 1986), como está ampliamente documentado en la literatura específica.

Córdoba dispone del primer radar meteorológico de origen nacional, denominado RMA1, equipado con tecnología Doppler, en Banda C de

doble polarización simultánea, con un alcance de 480 km en modo vigilancia, 240 Km en Doppler y 120 Km en alta resolución. El radar está ubicado en un predio de la Universidad Nacional de Córdoba desde el año 2015.

En la actualidad se está trabajando en la calibración hidrológica del radar, mediante la integración de los datos medidos por el radar (reflectividad Z) con datos de lluvia registrados en superficie a través de una red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs), operadas por distintos organismos provinciales y nacionales, públicos y privados de la Provincia de Córdoba (Ingaramo et al., 2017).

## Calibración hidrológica

Para estimar la precipitación en base a la reflectividad medida por el radar, se usa la conocida relación de Marshall y Palmer (Marshall et al, 1947):

$$Z = aR^b$$

La metodología de trabajo propuesta contempla la definición de nueve celdas alrededor de cada estación, a la altura del haz considerado, siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 1.

En la Figura 2 se muestran como ejemplo los datos de reflectividad medidos en las nueve celdas consideradas alrededor de la Estación ubicada en la localidad de Ascochinga, para el evento ocurrido el 8 de marzo de 2016 entre las 1:30 UTC y las 4:20 UTC.

Para establecer la relación en-

tre las variables Reflectividad (Z) e Intensidad de Precipitación (R) contemplando un desfase temporal, se considera que las variables están correlacionadas de la siguiente manera:  $\rho[Z_i(t), R(t+\tau)]$ . De esta manera se busca el desfase que produce la mejor correlación, valor que está relacionado con la física del fenómeno, en particular el tiempo que demora el volumen de agua medido en la nube en llegar a la superficie.

A su vez se busca la mejor correlación entre la reflectividad medida en las nueve celdas y la precipitación medida en superficie, donde el desfase espacial está relacionado con el movimiento de la tormenta.

De esta manera se llega a establecer la mejor relación Z-R de Marshall y Palmer, donde los coeficientes a y b son estimados a partir de regresión lineal entre la reflectividad del radar y las mediciones de intensidad de precipitación.

La metodología descrita permite analizar un gran número de estaciones automáticas emplazadas en el área de cobertura del RMA1, y eventos de mayor duración al considerado en el ejemplo.

La calibración hidrológica permitirá disponer de una valiosa herramienta para contar con datos más precisos de precipitación y posibilitar la elaboración de alertas confiables.

## Red Telemétrica SINARAME

El dato fundamental para la calibración hidrológica del radar es la precipitación, en este caso medida en superficie a través de una red de estaciones meteorológicas automáticas. Estas estaciones permiten medir y registrar diversas variables meteorológicas sin requerir la presencia de un observa-

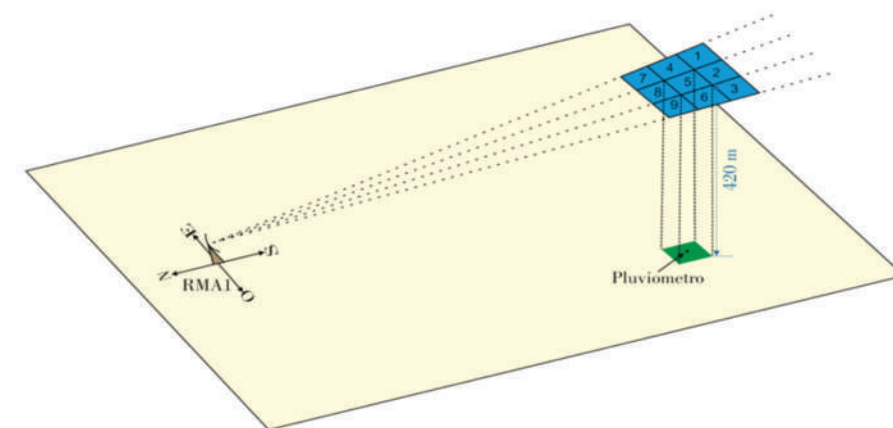


Figura 1. Esquema del emplazamiento relativo de los instrumentos de observación de la precipitación y de las celdas de F.

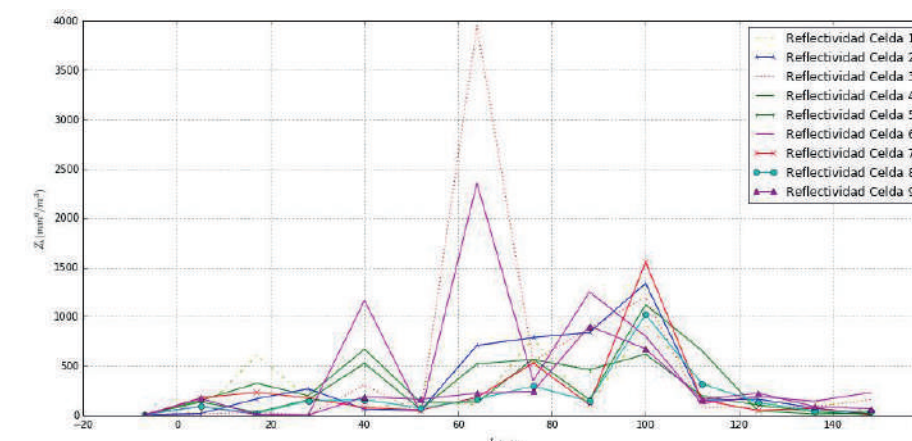


Figura 2. Valores de reflectividades de RMA1 en las 9 celdas asociadas a la estación meteorológica Ascochinga, para una duración de 160 minutos.

dor *in situ* que reporte periódicamente los datos.

Junto con el radar RMA1 se han instalado 5 Estaciones Meteorológicas Automáticas. Las estaciones cuentan con sensores de temperatura, humedad, presión, viento, radiación y obviamente precipitación.

La selección de los sitios para la instalación de las estaciones fue definida a partir del análisis de numerosos factores, entre ellos la proximidad al radar, la infraestructura de comunicaciones y seguridad disponibles, la altitud del sitio y la necesidad de cubrir áreas sin mediciones. Los sitios finalmente elegidos fueron el Observatorio Astrofísico de la Universidad Na-

cional de Córdoba en Bosque Alegre (Figura 3), el Centro espacial Teófilo Tabanera de la CONAE en Falda del Cañete, el Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional de la localidad de Pilar, el Aeropuerto de Villa María y la Sede de Guardaparques de la Reserva Natural Provincial Mar Chiquita en Miramar. Estas estaciones comenzaron a transmitir datos en Octubre de 2017.

Una de las estaciones (la de la CONAE) está equipada con un Disdrómetro Óptico, mientras que la Provincia de Córdoba ha adquirido otro más que será instalado a la brevedad.

El disdrómetro es modelo OTT-Parsivel2 (Figura 4), que



emplea un sensor óptico por láser para medir la precipitación. La unidad de emisión del sensor genera un rayo de luz liso y horizontal que la unidad de recepción transforma en una señal eléctrica. Funciona conforme al principio de extinción y mide las partículas de las precipitaciones por medio de la sombra que provocan cuando atraviesan una banda láser en algún lugar del margen de medición (54 cm<sup>2</sup>). El grado de sombra de la luz es la medida del tamaño de la partícula y la velocidad de caída se deduce de la duración de la señal de la extinción (Löffler-Mang et al. 1999).

El disdrómetro registra el tamaño y la velocidad de caída de cada hidrometeoro y los clasifica dentro de una diversidad de 32 clases, que conduce a una distribución de densidad almacenada como una matriz de dimensión 32 × 32 (Licznar y Krajewski, 2016). Mediante el equivalente integral del volumen de todos los tamaños de partículas clasificados por unidad de tiempo, el aparato calcula la cantidad y la intensidad de la precipitación caída, teniendo asimismo en cuenta ciertos aspectos físicos como los modelos de gotas y las densidades diferenciadas de las precipitaciones (Poffo et al., 2017).

### Empleo del disdrómetro

Debido a todas las características mencionadas anteriormente, el disdrómetro es un instrumento fundamental para facilitar la calibración hidrológica del radar.

La medición de la precipitación con radar se basa en la cantidad de energía que retorna al radar reflejada por los hidrometeoros sobre los cuales incidió la radiación emitida a través de la antena. Cuando el pulso de energía choca con un blanco, una parte de la energía in-



Figura 3. Estación Meteorológica-Observatorio Astrofísico de Bosque Alegre.



Figura 4. Disdrómetro OTT-Parsivel2.

cidente es reflejada de vuelta siendo recibida por la antena, donde es detectada y de inmediato enviada a procesamiento (Pardo Gómez y Martínez Rodríguez, 2010). Esta energía recibida es representada por, entre otros parámetros del radar, el denominado Factor de Reflectividad Horizontal (Zh).

Para la lluvia, la interacción de la onda electromagnética emitida por el radar con gotas de agua esféricas, se establece la proporcionalidad:  $\sigma \propto D^6$ , donde D es el diámetro de las gotas de lluvia en mm y  $\sigma$  representa la sección transversal del rayo reflejado que retorna al radar.

El factor de reflectividad horizontal Zh en mm<sup>6</sup>/m<sup>3</sup>, puede escribirse como:

$$Z_h = \int_0^{D_{max}} D^6 * N(D) * |f_h(D, \epsilon_r)|^2 dD$$

Donde, D es el diámetro de la gota y N(D) es la distribución de tamaño de gota, es decir, la concentración del número de gotas de lluvia con el diámetro D en un volumen dado de

aire. Debido a los complejos procesos involucrados en la formación de la precipitación, la función N(D) es muy variable y no puede ser especificada de forma simple.

A diferencia de las esferas, para las cuales el factor es puramente geométrico, para las partículas no esféricas, Zh combina geometría con propiedades dieléctricas a través del factor fh (Poffo et al., 2017).

La intensidad de precipitación R (mm/h), puede ser expresada en términos de N(D) y la velocidad terminal de caída la gota v (D), generalmente expresada con  $v = KD_c$ , como el flujo descendente de agua por unidad de superficie:

$$R = 6\pi * 10^{-4} \int_0^{D_{max}} D^3 * v(D) * N(D) dD$$

Se puede observar una gran dependencia del tamaño de las gotas de lluvias, tanto del factor de reflectividad como la intensidad de precipitación.

El desarrollo de instrumentos capaces de hacer el análisis automático de los tamaños de las gotas de lluvia, en particular el espectrómetro llamado disdrómetro, hizo posible el análisis de un gran número de distribuciones de gotas en varios lugares del mundo. A través de numerosos estudios teóricos y experimentales, se verificó que cuando son ejecutadas medias en un gran número de distribuciones en un minuto, las fluctuaciones causadas por los procesos físicos que varían aleatoriamente en las distribuciones, son eliminadas. La distribución media del tamaño de gotas obtenida refleja solamente los factores físicos que existen persistentemente sobre la lluvia que cae (Pardo Gómez y Martínez Rodríguez, 2010).

En este contexto el disdrómetro empleado para medir gotas de lluvia consiste básicamente de un

transductor, un procesador y un sistema de registro de esos datos. El transductor transforma el momento mecánico del impacto de una gota en un pulso eléctrico. La amplitud del pulso es directamente proporcional al momento mecánico transmitido. La señal así obtenida es procesada suministrando el espectro de las gotas. A partir de este espectro es posible determinar tanto la reflectividad equivalente del radar como la intensidad de lluvia. Seed et. al., (1996) afirman que la calibración hecha con el disdrómetro suministra resultados más consistentes y argumentan que una de las causas sea el hecho de que tanto el disdrómetro como el radar presentan resultados directamente relacionados con el diámetro de las partículas (Pardo Gómez y Martínez Rodríguez, 2010).

Así, a partir de un conjunto de datos de distribución de tamaño de gotas colectadas en un determinado intervalo de tiempo, se puede disponer de la relación Z-R correspondiente a esa lluvia.

Esas relaciones han sido determinadas para varios lugares bajo diferentes condiciones de los sistemas precipitantes y se ha demostrado que son dependientes de la geografía y del tipo de precipitación. De particular relevancia se pueden mencionar las ecuaciones Z-R encontradas por Marshall y Palmer (1948) para lluvias de naturaleza estratiforme en Canadá, clásicos en la meteorología radar.

### Conclusiones

La incorporación de toda la tecnología descrita permite un avance importante en el proceso de calibración hidrológica del RMA1 y refuerza el monitoreo hidrometeorológico de la región.

Además de satisfacer la necesidad de contar con información

pluviométrica en la Provincia de Córdoba, las estaciones meteorológicas instaladas junto con el RMA1, debido a su alta tecnología proporcionan una cuantificación confiable de la precipitación líquida sobre la superficie terrestre. Por otro lado, el disdrómetro provee una información valiosa para inferir la relación entre las mediciones del radar y la lámina de agua caída en la superficie, puesto que registra el tamaño de las gotas de lluvia precipitada, factor altamente influyente en las mediciones de reflectividad del radar.

La experiencia internacional indica que la calibración hidrológica de un radar meteorológico es un proceso prolongado, de varios años de duración, a lo largo de los cuales se deben monitorear diferentes tipos de eventos que varían en duración, intensidad y características físicas del fenómeno. Lo expresado en este artículo corresponde a la etapa inicial de este proceso, que se desarrolla de manera ininterrumpida en el LH-CETA para el OMHM-CBA.

### Agradecimientos

Al Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba, al INVAP Sociedad del Estado y al SiNaRaMe.

### Referencias bibliográficas

Bertoni, J.C., Caranti, G., Catalini, C., Cioccale, M., Comes, R., Furbatto, C., Ingaramo, R., Martina, A., Menajovsky, S., Poffo, D., Rodríguez, A., Saffe, J., Smrekar, M., Vicario, L. y Villa Uría, A. (2015). Puesta en marcha del primer Radar Meteorológico Argentino RMA1 en la Universidad Nacional de Córdoba. *XXV Congreso Nacional del Agua - CONAGUA 2015*.

Bertoni, J.C., Caranti, G., Comes, R., Furbatto, C., Ingaramo, R., Martina, A., Montamat, I., Menajovsky, S., Petroli, G., Rodríguez, A. y Saffe, J. (2017) Estimación de Precipitación a partir de datos del Radar Meteorológico RMA1-Córdoba, Argentina. *XXV Congreso Nacional del Agua - CONAGUA 2017*. Córdoba, Argentina.

Calheiros, R.V. y Zawadzki, I. (1986). Reflectivity-Rain Rate Relationships for Radar Hydrology in Brazil. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 26. pp. 118-132.

Collier, C. (1986) Accuracy of rainfall estimates by radar, Part I: Calibration by telemetering rain gauges. *Journal of Hydrology*. 83. pp 207-223.

Comes, R., Ingaramo, R., Poffo, D., Furbatto, C., Saffe, J., Vicario, L., Dasso, C., Rodríguez, A., Bertoni, J.C., Caranti, G., Catalini, C., Martina, A., Menajovsky, S., Montamat, I., Rico, A., Rodríguez González, S., Serra, J. y Villa Uría, A. (2016) Empleo del Radar Meteorológico Argentino RMA1 para la detección de un evento severo. *XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Perú.

Germann, U., Galli, G., Boscacci, M. and Bollinger, M. (2006) Radar precipitation measurement in a mountainous region. *QJR Meteorol. Soc.* 132. pp. 1669-1692.

Gunn, R. and Kinzer, D.G. (1949) The Terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air. *Journal of Meteorology*. 6. pp. 243-248.

Ingaramo, R., Petroli, G., Mon-



tamat, I., Martina, A., Díaz, E., Menajovsky, S., Montamat, I., Lighezzolo, A., Pagot, M. (2017) Integración de redes de monitoreo hidrometeorológico en la Provincia de Córdoba. *XXVI Congreso Nacional del Agua (CONAGUA 2017)*, Córdoba, Córdoba, Argentina.

Löffler-Mang, M. and Jürg, J. (1999). An Optical Disdrometer for Measuring Size and Velocity of Hydrometeors. *Journal of atmospheric and oceanic technology*. 17.pp. 130-139.

Licznar, P. and Krajewski, W.F. (2016) Precipitation Type Specific Radar Reflectivity-rain Rate Relationships for Warsaw, Poland. *Acta Geophysic*. 64 (5).pp. 1840-1857.

Marshall, J.S., Langille, R.C. and Palmer, W.M. (1947). Measurement of Rainfall by Radar. *Journal of Meteorology*. 4. pp. 186-192.

Marshall, J.S. and Palmer W.M. (1948). Shorter Contributions. *Journal of Meteorology*. 5. pp. 165-166.

Pardo Gómez, R., Martínez Rodríguez, J. (2010). El empleo del radar meteorológico en los sistemas de alerta temprana para la predicción de inundaciones. Centro de investigaciones hidráulicas. Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. ISBN 978 – 959 – 261 – 322 – 5.

Poffo, D., Saffe, J., Caranti, G., Comes, R. and Rodríguez, A. (2017). Comparison Between Two Attenuation Models and Precipitation Evaluation With Ground Vali-

ation. *Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*. 10 (2). pp. 417-427.

Extensión académica y de investigación

## Regata de medición de caudales de flujo en Córdoba, Argentina

### RESPONSABLES

CARLOS MARCELO GARCÍA  
KEVIN OBERG  
RICARDO SZUPIANY  
ANTOINE PATALANO  
JOSÉ MANUEL DÍAZ LOZADA  
ANA INÉS HEREDIA LIGORRIA

Desde principios de siglo, paulatinamente se han implementado nuevas técnicas de medición de caudales de flujo en ríos en Argentina. Sin embargo, existen áreas de vacancia tecnológica relacionadas al desarrollo de protocolos de medición estandarizados por todas las instituciones y a los métodos de estimación de incertidumbre de los valores determinados experimentalmente. Para superar esta problemática, en los últimos años se han desarrollado en distintos países regatas de medición de caudales de flujo, las cuales consisten en que diferentes instituciones, con distintos instrumentos, técnicas y operadores, se concentren en un lugar, midiendo bajo las mismas condiciones de flujo, con el objeto de: 1) Capacitar técnicos y profesionales, 2) Generar y forta-

lecer los vínculos interinstitucionales entre los principales organismos que están dedicados a la medición de caudales de flujo, 3) verificar que los instrumentos funcionan correctamente y que los operadores midan adecuadamente, de acuerdo con los demás participantes. En la actividad no se realizó ninguna calibración, ni verificación o validación de conformidad real, pero muchos participantes están felices de pasar la prueba para defender su instrumentación y procedimientos.

**Las mediciones se realizaron el 5 de diciembre de 2017 en un tramo del Río Tercero (Ctalamochita), aguas abajo del Puente Alberdi en la ciudad de Villa María, provincia de Córdoba, Argentina.**

### Instituciones organizadoras

- Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA) y Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (CETA-FCEfYn-UNC).
- Centro Internacional de Estudios de Grandes Ríos (CIEGRI) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (CIEGRI-FICH-UNL).
- Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos del Gobierno de la Provincia de Córdoba (MAAySPCba).
- Colaboran en la organización: Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua (CIRSA-INA).
- Oficina de Agua Superficial del Servicio Geológico (OSW- USGS) de los Estados Unidos. Supervisa las mediciones: Kevin Oberg, Hidrólogo



### Instituciones participantes

- Universidad Nacional de Córdoba (UNC) a través del Centro de Estudios y Tecnología del Agua y el Laboratorio de Hidráulica de la facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (CETA-LH- FCEfYn-UNC).
- Universidad Nacional del Litoral a través del Centro Internacional de Estudios de Grandes Ríos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (CIEGRI-FICH-UNL).
- Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos del Gobierno de la Provincia de Córdoba (MAAySPCba).
- Instituto Nacional del Agua (Centro de la Región Semiárida – CIRSA),
- Instituto Nacional del Agua (Centro de Ezeiza).
- Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Santa Fe (SRH),
- Evaluación de Recursos Hídricos S.A (EVARSA).
- Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) «Dr. Eduardo Jorge Usunoff», centro de investigación y servicios de triple dependencia (Comisión de Investigaciones Científica de la Prov. de Bs. As. -CIC-, Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Bs. As. -UNCPBA- y Municipalidad de Azul).
- Instituto de Clima y Agua, CIRN, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Castelar.
- Aguas Cordobesas S.A.
- Además participaron de esta jornada alrededor de 40 estudiantes de grado y posgrado de la FCEfYn-UNC.