



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA



Instituto Javeriano del Agua  
JAVERIANA  
Bogotá

Instituto Javeriano del Agua

UCASAL

FACULTAD DE  
INGENIERÍA

## Reflexiones sobre la validación de datos satelitales con datos de terreno

Rafaelli Silvia y Mazzón Rosana

[srafaelli@ina.gob.ar](mailto:srafaelli@ina.gob.ar) y [rmazzon@ina.gob.ar](mailto:rmazzon@ina.gob.ar)

*Instituto Nacional del Agua (INA) de Argentina*

### Resumen

*Los satélites proporcionan un espectro creciente de información sobre variables del ciclo hidrológico. Se puede acceder a datos relevantes como precipitación, caudal, temperatura, humedad del suelo y nivel freático, áreas ocupadas por agua y tiempo de permanencia, entre otros. Estas variables se obtienen con diferentes resoluciones espaciales y temporales que permiten disponer de una enorme cantidad de información de utilidad para la gestión del recurso hídrico.*

*Basado en el trabajo realizado desde el Instituto Nacional del Agua, esta presentación tiene como objetivo compartir experiencias y reflexiones sobre el desafío crítico asociado a la interpretación de la información derivada de datos satelitales y a su validación con mediciones en terreno.*

### Abstract.

*Satellites provide a growing range of information on hydrological variables. Relevant data such as precipitation, discharge, temperature, soil moisture and water table, water-occupied areas and duration, among others, can be accessed through satellites. These variables are obtained at different spatial and temporal resolutions, providing a wealth of useful information for water resource management.*

*Based on a study conducted by the National Water Institute, this presentation aims to share experiences and reflections on the critical challenge associated with understanding satellite-derived information and validating it with field measurements.*

**Palabras Clave:** sensores remotos, variables hidrológicas, GLDAS, SWOT.

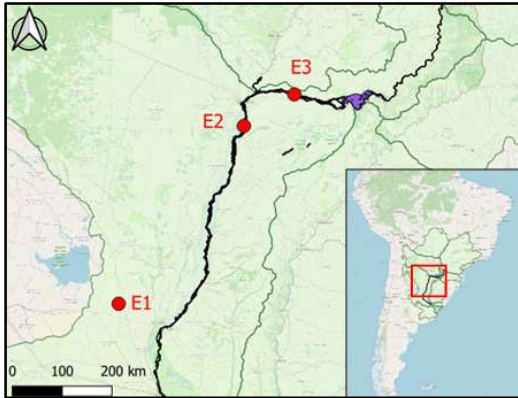
### Introducción

Desde el Instituto Nacional del Agua, se analiza y valora toda la nueva información satelital existente desde distintas fuentes, avanzando en el aprendizaje sobre su disponibilidad y manejo, así como en el conocimiento de nuevos desarrollos. Sin embargo, para utilizar estas herramientas y productos, es necesario tomar conciencia de los aspectos positivos y negativos como factores clave para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Esta presentación tiene como objetivo compartir experiencias y reflexiones sobre el desafío crítico asociado a la interpretación de la información derivada de datos satelitales y a su validación con mediciones en terreno.

Se presentan tres experiencias de análisis, referenciadas gráficamente en la Figura 1:

- E1: Niveles freáticos en el oeste de la provincia de Santa Fe (Piezómetro Rafaela del INTA)
- E2: Caudales en el sistema Paraná-Paraguay (Estación Corrientes de la Red Hidrológica Nacional)
- E3: Áreas ocupadas por agua en un tramo del río Paraná (ubicado entre la Central Hidroeléctrica Yacuyretá-Apipé y la Confluencia Paraná-Paraguay)



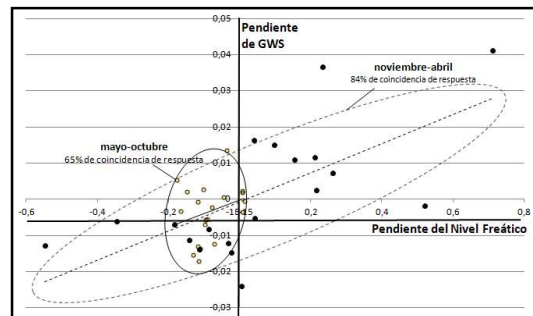
**Figura 1.-** Esquema con ubicaciones de las experiencias E1 (Rafaela) E2 (Corrientes) y E3 (Tramo del río Paraná entre Central Hidroeléctrica Yacretá-Apipé y Confluencia)

### Desarrollo

La **primera experiencia (E1)** se realiza en la zona oeste de la Provincia de Santa Fe y está asociada al agua subterránea [1]. Se incorpora información del “Sistema Global de Asimilación de Datos Terrestres” (GLDAS<sup>1</sup>) sobre el almacenamiento de agua subterránea (GWS) en la caracterización del comportamiento de los niveles freáticos (NF) relevados en la Estación Experimental Rafaela del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se consideran medias mensuales de ambas series en el período 2003-2020, calculando los valores acumulados para el período húmedo de noviembre-abril y el período seco de mayo-octubre. El método de análisis tiene en cuenta la relación entre datos de campo de nivel freático en un piezómetros y datos satelitales de GWS a nivel de un píxel. El análisis realizado incluye la comparación de pendientes entre las citadas variables. En la Figura 2 se refleja la relación de pendientes de NF versus pendiente de

GWS, considerando períodos húmedos y secos.

Los resultados permiten observar que en los dos períodos, la comparación de la pendiente de nivel freático versus la pendiente de los datos satelitales de almacenamiento de agua subterránea, indica un patrón de acompañamiento de las señales del satélite a las fluctuaciones del acuífero libre (74% considerando todos los períodos y del 84% para la serie noviembre-abril).



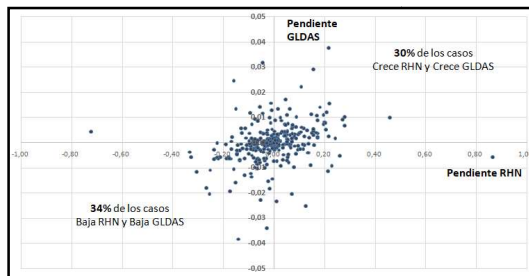
**Figura 2.-** Pendiente nivel freático vs Pendiente de almacenamiento GWS. Períodos húmedos de nov-abr(•) y secos de may-oct (◦)

La **segunda experiencia (E2)** está asociada a caudales en el Sistema Paraná-Paraguay en la Estación de Corrientes ubicada en la confluencia de ambos ríos [3]. En este caso se considera como dato satelital la escurrentía mensual superficial proveniente de GLDAS desde enero de 2000 hasta agosto de 2024<sup>2</sup>. Los datos de GLDAS fueron analizados y comparados con la serie mensual de caudales en la estación hidrométrica Corrientes (N<sup>ro</sup> 3805 de Red Hidrológica Nacional RHN). Nuevamente se realizó el análisis comparado las pendientes de los mencionados datos y evaluando la

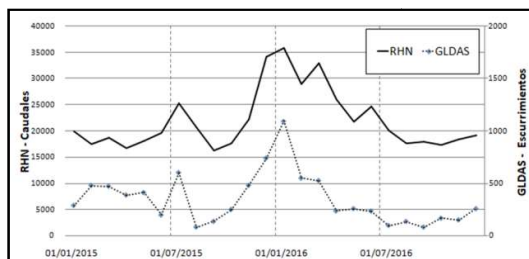
<sup>1</sup> GLDAS procesa productos de datos observacionales satelitales y terrestres mediante técnicas avanzadas de modelado y asimilación de datos de la superficie terrestre [2].

<sup>2</sup> Datos de escurrentía mensual (superficial y subterránea) en Corrientes provenientes de GLDAS (Noah Land Surface Model L4 monthly 0.25x0.25 degree V2.1 monthly data).

coincidencia a nivel porcentual. Se verificó que en el 64 % de los casos, el satélite refleja igual tendencia que los valores observados (Figura 3). También se realizó un análisis comparativo durante la crecida 2015-2016 y en la bajante 2020-2022, observando tendencia general de coincidencia durante los valores extremos. Como ejemplo se presenta en la Figura 4 la comparación gráfica para la creciente 2015-2016.



**Figura 3:** Relación de pendientes entre escurrimiento (GLDAS) y caudales medidos (RHN)

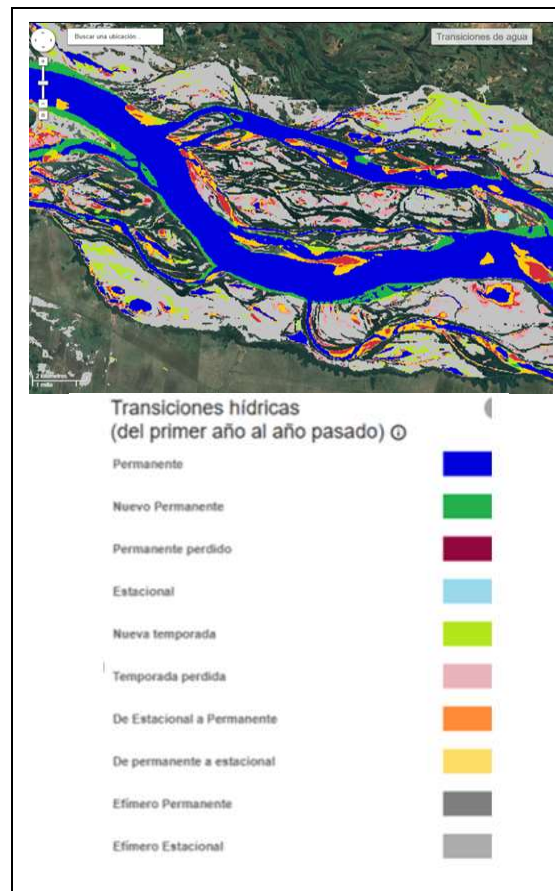


**Figura 4:** Escurrecimiento (GLDAS) en  $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$  y caudales (RHN) en  $\text{m}^3/\text{s}$

La síntesis presentada en las dos primeras experiencias permite visualizar la base metodológica que ha surgido para validar datos satelitales con mediciones in-situ, mediante la comparación de pendientes de las observaciones satelitales y los datos medidos in-situ.

La **tercera experiencia (E3)** presenta el análisis realizado en el tramo compartido entre Argentina y Paraguay, aguas debajo de la Central Hidroeléctrica Yacyretá-Apipé hasta confluencia de los ríos Paraná y Paraguay [4]. Se incluye la referencia del Explorador de Aguas Superficiales (GSWE

del inglés Global Surface Water Explorer). El GSWE es una herramienta web creada por la Comisión Europea que proporciona mapas y estadísticas detalladas sobre la presencia y cambios de las aguas superficiales en la tierra a lo largo del tiempo. Utiliza datos de satélite Landsat y la plataforma Google Earth Engine para crear una "máquina del tiempo virtual" que muestra la ubicación y distribución del agua en la superficie terrestre desde 1984.



**Figura 5:** Información del Explorador de Aguas Superficiales GSWE – Mapa Transición Hídrica

En la Figura 5 se ilustra una vista del mapa con transiciones hídricas en un tramo del río Paraná que documenta los cambios en el estado del agua entre el primer y el último año de observación publicado (1984-2021). Se observan distintas zonas:

agua permanente (azul), estacional (celeste), de permanente a estacional (amarillo), efimero estacional (gris claro), entre otros. Este análisis de la información satelital histórica nos permite observar la máxima áreas ocupadas por agua y las mínimas (en crecidas y bajantes respectivamente) y los estados intermedios, pudiendo además generar gráficos temporales de esta información en sitios puntuales. (identificando años con y sin agua).

Dentro de esta última experiencia se analizan además los recientes productos del Observatorio de Aguas Superficiales y Topografía Oceánica (SWOT) que brindan datos e información sobre océanos y agua superficial terrestres, como lagos, ríos y humedales, desde el año 2022.



**Figura 6:** Tramo definido por SWOT con información de referencia

En la Figura 6 se presenta la ubicación de uno de los tramos relevados por el satélite y los parámetros estimados tales como:

ubicación del tramo (*Longitude-Latitude*), ID del tramo (*Reach ID*), longitud del tramo (*Reach lenght*), ancho promedio (*Average width*) pendiente media de la superficie del agua (*Average reach slope*) entre otros.

Se avanza en la validación de esta información satelital con datos de terreno y junto a datos biológicos, mejorar el análisis integrado del comportamiento la fauna íctita frente a eventos hidrológicos extremos.

En la actualidad y como nueva experiencia de investigación aplicada, se avanza en el desarrollo del proyecto “Identificación de cambios en la masa hídrica en cuencas de la Provincia de Santa Fe mediante sensores remotos y su relación con eventos ENSO” de la Universidad Nacional de Rosario y el Instituto Nacional del Agua con financiamiento de la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación. (Proyecto PEIC I+D-2023-040).

### Conclusiones - Reflexiones

Se ha avanzado en el análisis de datos satelitales y se continúa profundizando la investigación para validar la información de sensores remotos con mediciones de terreno, con vistas a optimizar la utilización de esta información integrada como herramientas para la gestión.

A partir del trabajo realizado se han identificado aspectos positivos y negativos relacionados a la utilización de datos satelitales en la gestión de recursos hídricos, organizados como:

- Fortalezas asociadas a la cobertura global de los satélites (incluso en aéreas remotas), monitoreo continuo y dinámico con actualizaciones regulares sobre el estrado de los recursos hídricos e información valiosa para la modelación de los sistemas hidrológicos.



- Oportunidades relacionadas con la mejor gestión y planificación de los recursos hídricos basados en la existencia de información satelital de detalle, continua y en constante actualización e innovación.
- Debilidades que incluyen la necesidad de validación con datos de terreno, los costos asociados al procesamiento y necesidad de resolución espacial para estudios específicos por ejemplo involucrando pequeños cuerpos de agua.
- Amenazas por el uso inadecuado de los datos o su interpretación que pueden generar conclusiones erróneas y/o decisiones equivocadas.

Se concluye que los datos satelitales ofrecen una visión global y continua de los recursos hídricos, superando las limitaciones de las estaciones de monitoreo terrestre, especialmente en áreas remotas y brindando información para modelación, planificación y gestión. Sin embargo, la validación de esta información con datos in-situ, el conocimiento de sus avances e interpretación, así como la capacitación son esenciales para maximizar su uso apropiado.

### Referencias Bibliográficas

[1] “Incorporation of Satellite Data to the Characterization of Water Table Level in the Santa Fe plains. Argentina”. Laguet A., Rafaelli S., Venencio M. (2023). *Modern Environmental Science and Engineering*. 9 (7-9) 146-149. Doi 10.15341/mese(2333-2581)/07-09.09.2023/006.

Online:<http://www.academicstar.us/journal/sshow.asp?ArtID=397>

[2] “The Global Land Data Assimilation System”. Rodell M., Houser P., Jambor U., Gottschalek J., Mitchell K., Meng J., Arsenault K., Cosgrovr B., Radakovich J., Bosilovich M., Entin J., Walker J., Lohmann D., Toll D. (2004). *The Bulletin*

of the American Meteorological Society BAMS 85. 381-394. 10.1175/BAMS-85-3-381. Online:[https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/85/3/bams-85-3-381.xml?tab\\_body=pdf](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/85/3/bams-85-3-381.xml?tab_body=pdf)

[3] “Incorporación de información satelital al análisis hidrológico de eventos extremos en los ríos Paraná y Paraguay”, Rafaelli S., Mazzón R., Obregón Gómez, A. (2024). Informe técnico del Instituto Nacional del Agua.

Online:<https://repositorio.ina.gob.ar/handle/123456789/757>

[4] “Estudio de eventos hidrológicos extremos con vistas a evaluar el impacto en la fauna íctica en los tramos compartidos entre Argentina y Paraguay”, Mazzón R., Rafaelli S. (2025). Informe técnico del Instituto Nacional del Agua.

### Datos de Contacto:

#### **Autoras:**

*Silvia Rafaelli y Rosana Mazzón.*

#### **Institución:**

*Instituto Nacional el Agua.*

*Subgerencia Centro Regional Litoral.*

*Santa Fe.*

#### **Correos:**

[srafaelli@ina.gob.ar](mailto:srafaelli@ina.gob.ar)

[rmazzon@ina.gob.ar](mailto:rmazzon@ina.gob.ar)