



## APORTES AL BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA DE LLANURA DE LOS BAJOS SUBMERIDIONALES

**Espinosa, Edna**

*Centro de Estudios Hidro-Ambientales FICH-UNL*

*Director: Scioli, Carlos*

*Codirectora: Rodríguez, Leticia*

*Área: Ciencias Naturales*

Palabras claves: balance hídrico, precipitación, teledetección

### INTRODUCCIÓN

El sistema hidrológico de llanura de los Bajos Submeridionales (BBSS) cubre aproximadamente 54.280 km<sup>2</sup> en parte de las provincias de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero (Figura 1), alberga numerosos humedales de gran importancia y una intensa actividad agrícola-ganadera. A nivel regional funciona como un inmenso colector de agua suministrando valiosos bienes y servicios a la sociedad (FVSA y FUNDAPAZ, 2007). Forma parte de la cuenca media e inferior del río Salado, el arroyo Golondrina-Calchaquí es el colector de drenaje principal (Sosa, 2012).

Como sistema hidrológico de llanura, se caracteriza por la predominancia del movimiento vertical del agua sobre el horizontal, no tener divisorias de agua bien definidas y la existencia de interrelaciones complejas entre cuerpos de agua superficial y el sistema hidrogeológico (Sallies, 1999). A esta complejidad se suma la susceptibilidad de la dinámica hídrica a perturbaciones antrópicas, de tal forma que las canalizaciones y las obras hidráulicas distorsionan fuertemente el escurrimiento natural (Kruse y Zimmermann, 2002).

Los estudios hidrológicos integrales de la zona son escasos y el análisis cuantitativo de variables hidrológicas es fragmentado (Fertonani y Scioli, C., 2004; Sosa, 2012, entre otros). En base a ello esta investigación aporta al conocimiento integral de la cuenca como sistema. La aplicación de un modelo de balance hídrico concentrado, así como el análisis espacial y temporal de las variables hidrometeorológicas que lo componen, se convierten en una valiosa herramienta para la gestión del recurso hídrico y uso del suelo, tanto para organismos públicos como el sector productivo. El estudio es una etapa previa a la modelación hidrológica distribuida.

Título del proyecto: Contribución al conocimiento hidrológico e hidrogeológico de los Bajos Submeridionales (Chaco Argentino) para su aprovechamiento sostenible y la preservación de su patrimonio natural

Instrumento: PICT

Año convocatoria: 2016

Organismo financiador: ANPCyT

Director/a: Rodríguez, Leticia

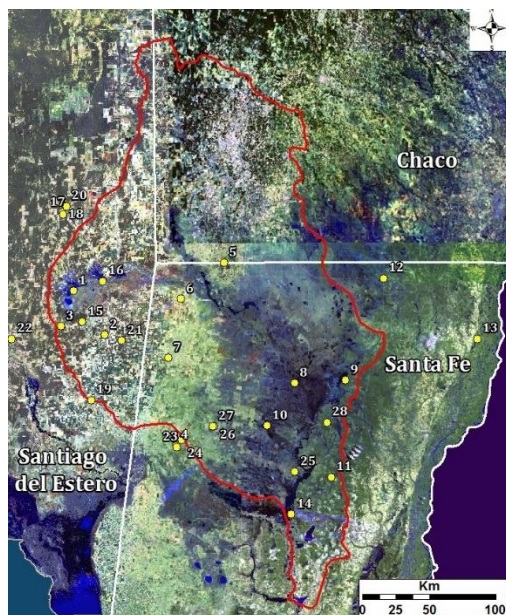


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

## OBJETIVOS

Objetivo general: Contribuir al estudio del comportamiento hidrológico del sistema de llanura BBSS.

Objetivos específicos: a) Analizar el comportamiento temporal y espacial de las distintas componentes del balance hídrico; b) Aplicación de modelo de balance hídrico y análisis de la distribución volumétrica relativa de las diferentes componentes hidrológicas.

## METODOLOGÍA

### **Análisis del comportamiento temporal y espacial de las distintas componentes del balance hídrico**

La información pluviométrica se obtuvo de 33 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, la Subsecretaría de Recursos Hídricos, la Administración Provincial del Agua del Chaco y particulares, que fue complementada con información de la base de datos del Climate Research Unit (CRU). Se realizó el análisis de consistencia de las series recopiladas y se construyeron mapas de isohietas para precipitación media anual para el periodo 1980-2016, 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010, y mapas de la precipitación media mensual para el periodo 1980-2016. Mediante la construcción de polígonos de Thiessen, se obtuvo la serie de precipitación media mensual ponderada por área de la cuenca. Para el mismo período, se identificaron los periodos húmedos y secos por medio del índice estandarizado de precipitación-SPI.

La evapotranspiración real mensual ETR de la cuenca se estimó por medio de información detectada remotamente dada por el producto MOD16 derivado de MODIS. Como es sabido que MOD16 subestima la ETR (Moreira et al., 2018), en base a información de temperatura mensual CRU, se estimó la evapotranspiración potencial (ETP) siguiendo el método propuesto por Thornthwaite y Mather (1995), a fin de compararla.

Los caudales observados a la salida de la cuenca se obtuvieron de la estación hidrométrica El Bonete, situada sobre el arroyo Golondrina-Calchaquí. Se cuenta con un periodo de observación de caudales comprendido entre mayo del 2013 y octubre de 2017.

### Aplicación de balance hídrico

La ecuación 1 representa un balance hídrico simplificado para una cuenca:

$$P - ETR - Q = \Delta S/\Delta t \quad \text{Ec. 1}$$

Donde P es la precipitación media (mm/mes), ETR es la evapotranspiración real media (mm/mes), Q es el caudal medio observado en la sección de salida de la cuenca (mm/mes) y  $\Delta S/\Delta t$  es la variación de almacenamiento (mm/mes). Con las series antes obtenidas se aplicó la ecuación de balance y se obtuvo la variación del almacenamiento. Este resultado se comparó con las variaciones de almacenamiento proporcionadas por la misión satelital GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), que brinda las variaciones en el campo de gravedad terrestre, las cuales pueden ser atribuidas a las variaciones del almacenamiento integrado de agua (superficial y subterránea) (Moreira et al., 2018).

## RESULTADOS/CONCLUSIONES

Existe un gradiente de la precipitación media anual y mensual predominantemente en dirección O-E. La precipitación media anual de la cuenca para el periodo 1980-2016 es de 964 mm, con una precipitación máxima de 1273 mm y una precipitación mínima de 653 mm. El SPI de 12 meses permitió identificar los periodos de sequía más importantes, uno comprendido entre agosto de 1988 y diciembre del 1989, y otro entre marzo de 2008 y febrero de 2010. Asimismo, se identificaron los periodos húmedos más importantes, uno de ellos comprendido entre enero del 2000 y febrero del 2004 y otro entre marzo de 2014 y diciembre de 2016.

La ETR provista por MOD16 permitió obtener una media de la cuenca para el periodo 2003-2014 de 28.27 mm/mes. Para ese mismo periodo, se obtuvo un promedio de ETR anual de 339.35 mm/año, una ETR máxima anual de 490.7 mm/año y una ETR mínima de 282.26 mm/año, valores muy bajos para la zona, donde la ETP media anual estimada es de 1084 mm/año.

La Figura 2a muestra P(t), ETR(t), Q(t), y  $\Delta S/\Delta t$  para el periodo abril-2013 a diciembre-2014). Las diferencias entre la variación de almacenamiento obtenido a partir del balance hídrico y GRACE fueron significativas para los meses comprendidos entre octubre y abril, como se muestra en el recuadro de la Figura 2b. Entre abril a septiembre el orden de magnitud y los comportamientos temporales de  $\Delta S/\Delta t$  tienen mayor correspondencia. Esto se debe a que el producto MOD16 no brinda valores ETR representativos para los meses cálidos, por ende, no representa de forma adecuada las variaciones anuales de ETR, por lo tanto, es preciso recurrir a una estimación alternativa durante esos meses.

Ante la discontinuidad temporal y espacial de información de campo, la teledetección muestra gran potencial para evaluar los distintos componentes del balance, su evolución temporal y espacial. Esto representa un gran aporte al conocimiento del sistema hidrológico y de las

variables hidrometeorológicas intervinientes en el balance hídrico de la zona de estudio. De todas maneras, la información satelital debe contrastarse con fuentes de información terrestres.

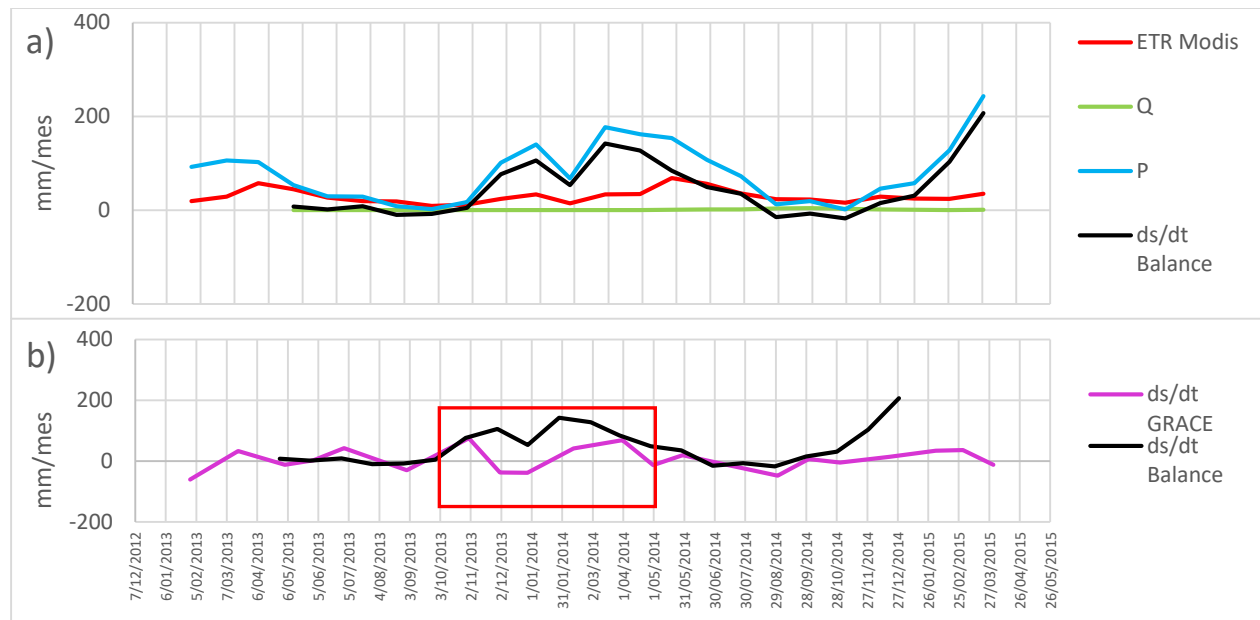


Figura 2a. Variables intervinientes en el balance hídrico. Figura 2b.  $\Delta S/\Delta t$  obtenido por balance y GRACE.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**Fertonani, y Scioli C.** 2004. Evaluación del comportamiento de las variables hidrológicas de sistemas hidrológicos no típicos (área bajos submeridionales), con la implementación de obras de sistematización a nivel predial, tendiente al manejo de los déficits y excedentes hídricos. Inédito.

**Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA) y Fundación para el Desarrollo en Justicia y Paz (FUNDAPAZ).** 2007. Zonificación de los Bajos Submeridionales del Norte Santafesino. Una Herramienta para la Planificación del Desarrollo Productivo y la Conservación de la Biodiversidad del Humedal. Bs. As.

**Kruse, E. y Zimmermann, E.** 2002. Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). Groundwater and Human Development, 2025-2038.

**Moreira, A. A., Fassoni-Andrade, A. C., Ruhoff, A. L., y de Paiva, R. C. D.** 2018. Balanço hídrico no Pantanal: uma abordagem por sensoriamento remoto. Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 695-704.

**Thornthwaite, C. W. y Mather, J. R.** 1955. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104p. Publications in climatology, 8(1).

**Sallies, A.R.** 1999. Clima e Inundaciones en la Pampa Deprimida. Floodplain Management Association – 17th Semiannual Conference, Sept-Oct 1999. Sacramento, California, U.S.A.

**Sosa, D.** 2012. El agua, excesos y déficits, en la producción agrícola de secano y pecuaria dentro de la cuenca inferior del río salado (Tesis Doctoral). Universidad de La Coruña, España.