

EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL Y LA HUMEDAD DEL SUELO EN UN ÁREA DE LLANURA

Ninoska Briceño ^{1,2} (*), Guillermo Collazos ^{1,2}

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Bs. As. (CIC)

²Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (IHLLA). República de Italia 780, Azul, Argentina. Teléfono: +54 2281 569126.

Mail de contacto: nbriceno@faa.unicen.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En cuencas con pendientes pronunciadas el almacenamiento superficial suele ser poco significativo (tanto en volumen como en tiempo de residencia); por el contrario, en zonas de llanura es significativo. La permanencia del agua en acumulaciones superficiales propicia que se produzcan otros procesos de evaporación e infiltración a lo largo del tiempo, y tiene efectos importantes para las actividades humanas (producción, tránsito, etc.).

La zona de estudio se caracteriza por su baja pendiente topográfica y porque el terreno se encuentra cubierto de depresiones, sin que exista un sistema de drenaje natural desarrollado y claramente definido. La energía para mover el agua, proporcionada por la pendiente del terreno es muy baja, dando lugar a flujos lentos. Por otro lado, las precipitaciones que llegan a la superficie se almacenan en las depresiones mencionadas, formando encharcamientos temporales poco profundos, denominados bajos o lagunas según su tamaño y permanencia en el tiempo.

La respuesta de la cuenca (caudal de salida) está dada por la interacción de múltiples factores, entre los que se destaca la distribución espacial de las tormentas, la intensidad de las precipitaciones y el estado inicial de humedad del suelo. Este último valor está relacionado con el tiempo transcurrido desde la última precipitación, la evapotranspiración durante ese período y las propiedades edáficas del mismo.

En la cuenca del arroyo Santa Catalina, la micro-topografía del terreno y el contenido arcilloso del suelo, hace que ante lluvias abundantes el agua se acumule en depresiones superficiales o bajos, que concentran pequeñas cuencas endorreicas. Estos bajos se agrandan o reducen conforme la evolución de ciclo hidrológico, en épocas lluviosas comienzan a conectarse, dando lugar a áreas de desagüe temporales. En épocas secas el agua desaparece y el productor agropecuario siembra allí de igual forma que en el resto del lote o potrero, quedando cubierto por la vegetación.

Una dinámica similar se repite, de manera algo más acentuada, en las banquetas de las rutas, (con la diferencia de que allí no se siembra). Las banquetas presentan, respecto a las cubetas naturales, ventajas y desventajas para observar la acumulación de agua: si bien está

garantizada la accesibilidad por la ruta asfaltada, la cuenca de aporte superficial puede ser alterada por el movimiento de suelos en los accesos a los campos.

Fertonani y Prendes (1983) postulan que, en zonas de bajo relieve, el agua sobre el terreno se mueve en forma poco definida, escurriendo en forma de manto. Por lo que el concepto clásico de convergencia hacia una red de drenaje no resulta del todo aplicable, ya que depende fuertemente del estado de humedad del sistema y otros factores. Por ejemplo, se sospecha que el viento puede tener relevancia en el escurrimiento del agua en ciertas condiciones de anegamiento generalizado. Por otra parte, como en todas las cuencas de llanura, los movimientos verticales de agua son cruciales en el cierre del balance de agua, y deben de tener un tratamiento cuidadoso.

El comportamiento de los bajos antes descritos termina teniendo un efecto notable en el caudal de salida de la cuenca: en un primer momento constituyen un área que no contribuye a la escorrentía superficial, pero que se va cargando de agua. Superado un cierto umbral (desconocido) esta área empieza a contribuir de forma efectiva, incrementando notablemente el volumen de escurrimiento respecto a lo previsible.

En varias ocasiones en el pasado reciente la ciudad de Azul se ha visto afectada por inundaciones, las cuales producen pérdidas económicas importantes a bienes públicos y privados. Por ello la mejora de los modelos hidrológicos (por la mejor estimación de la humedad inicial), ayudará a predecir más ajustadamente el caudal de aporte de esta cuenca al arroyo del Azul, presentando un beneficio derivado a la comunidad extra-académica.

Para reproducir el comportamiento de la cuenca y de los bajos, se emplearán modelos matemáticos existentes o a desarrollar para representar de forma simplificada los procesos físicos que ocurren en el sistema hídrico considerando los componentes del ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, infiltración, almacenamiento superficial y subterráneo, entre otros.

Este trabajo estará enfocado a mejorar el conocimiento del balance hídrico de las áreas endorreicas y comprender la relación de estas con las áreas adyacentes bien drenadas, para lo cual se tomará como punto de partida principal los trabajos de Varni et al., 2003 y 2004 realizados por el IHLLA y posteriormente mejorar o correlacionar estos resultados con el parámetro de humedad inicial en los modelos lluvia-escorrentía a escala de cuenca. Las actividades se completarán con la observación de otras variables como el nivel freático en piezómetros ubicados cerca de la zona de estudio, con lo cual según algunos autores (Ali et al., 2011, 2012), permitiría entender como estos llenan (y vacían) y cómo se vinculan (y se aíslan) para producir (e interrumpir) los flujos conectores.

En esta investigación se plantea también utilizar una herramienta con gran potencial en la zona de interés: un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y/o globos de helio para la toma de imágenes aéreas, que posteriormente serán procesadas con técnicas de fotogrametría. Los vuelos del UAV serán subcontratados.

ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del arroyo del Azul se ubica en la zona central de la provincia de Bs. As., en la vertiente norte de las sierras de Tandilia. La cuenca aguas arriba de la ciudad de Azul, hasta la estación de aforo de Seminario, comprende una superficie aproximada de 1050 km², con altitudes desde los 200 msnm a los 140 msnm, con una pendiente media del orden del 5 %.

El arroyo del Azul tiene dos afluentes principales por margen derecha: los arroyos Videla y Santa Catalina. En la cuenca de este último se localiza el área de estudio (Figura 1), cerca de la confluencia, en una zona de pendientes muy suaves (aprox. 0,5 %). El área de estudio tiene una superficie menor a 100 ha y es accesible desde la Ruta Nacional 3.

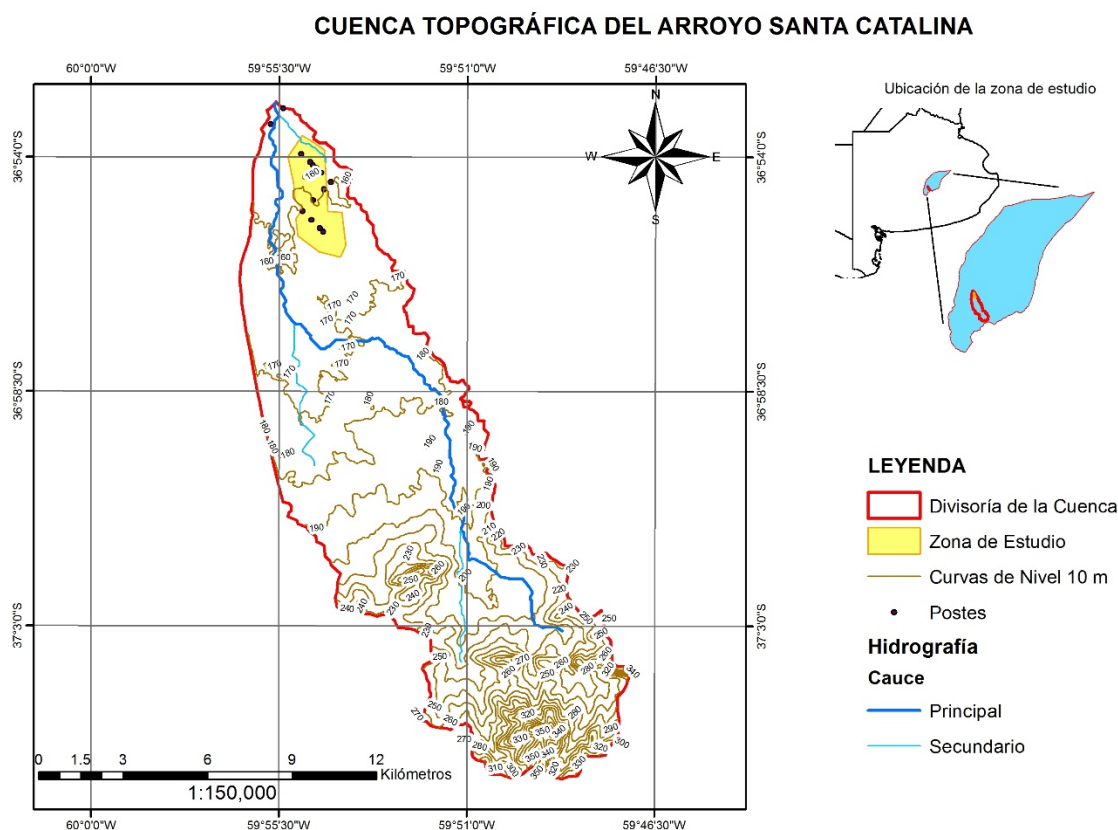


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, en la cuenca del arroyo Santa Catalina, afluente del arroyo del Azul.

En la parte de la cuenca del arroyo Santa Catalina que comprende el área de trabajo, se han realizado estudios en los que se ha analizado la topografía y su participación en distintos procesos hidrológicos (Scioli, 2010, 2013; Ares, 2014; Guevara Ochoa, 2015), los cuales servirán de valiosos antecedentes para esta investigación.

OBJETIVO GENERAL

Predecir la evolución del almacenamiento superficial y la humedad del suelo para apoyar la modelación lluvia-escorrentía en un área de llanura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estimar adecuadamente el estado de humedad inicial de la cuenca para un modelo lluvia-escorrentía de evento, en base a la observación del almacenamiento superficial en determinados sectores de la cuenca.
2. Predecir la evolución de la superficie ocupada por el agua en los bajos (depresiones semipermanentes) de la zona de estudio y el tiempo de residencia.

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizará la siguiente metodología:

1. Revisión bibliográfica de antecedentes y estudios.
2. Recopilación de información de interés hidrológico en el área de estudio:
 - i) Datos hidrometeorológicos: precipitación, caudal, evapotranspiración, etc.
 - ii) Cobertura vegetal, y su evolución a lo largo del tiempo.
 - iii) Tipos de suelo y sus propiedades hidráulicas (permeabilidad del suelo, etc.)
 - iv) Topografía de detalle (a relevar).
3. Experimentación con los equipos para la captura de imágenes y el programa de procesamiento a emplear.
4. Realización del balance hídrico en los bajos elegidas, que se realizará individualmente a cada uno de los bajos que se identifiquen como propicios. Se tomará como referencia los trabajos realizados por el IHLLA sobre la laguna "El Cuco" ubicada en otro sector de la cuenca del Azul. Una recomendación de dicho trabajo a implementar se refiere a la necesidad de cuantificar las entradas superficiales de agua, para lo cual habrá proponer y probar formas de medición de estos flujos.
5. Construcción y calibración del modelo lluvia-escorrentía de evento de toda la cuenca del arroyo Santa Catalina. En principio se utilizará el HEC-HMS, pero si este modelo no resultara adecuado se empleará un modelo distribuido de celdas.

Para desarrollar esta investigación se requiere el siguiente trabajo de campo:

1. La delimitación de las cuencas de cada bajo se realizará mediante la captura y procesamiento mediante software específico de fotos aéreas mediante un UAV o globos de helio, apoyado por puntos fijos relevados en el terreno mediante GPS diferencial.
2. Seguimiento periódico terrestre o aéreo de la evolución de los bajos. Cada campaña de seguimiento incluirá una recorrida a pie, medición de humedad del suelo, toma de muestras de suelo para pruebas fisicoquímicas, tomas de muestras de agua y

mediciones de escalas. Estas campañas se programarán para antes y después de los eventos de pluviometría importante.

3. Instalación de escalas para lectura de nivel en los bajos seleccionados, incluida su nivelación. Instalación de pluviómetros y otro instrumental en campo.

CONSIDERACIONES FINALES

Actualmente este trabajo de investigación se encuentra en una fase inicial y para cumplir con los objetivos planteados se han desarrollado las siguientes actividades:

- Búsqueda y revisión de información bibliográfica de antecedentes.
- Recopilación de información de serie de datos de estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio.
- Selección de la zona de estudio, tomando en consideración algunas características como la relación área – costo de vuelo, es decir se eligió un área adecuada para el estudio que fuera económicamente accesible al momento de realizar la toma de imágenes de la zona con UAV, que a su vez sea representativa para el cálculo de las condiciones antecedentes de humedad.
- Para la toma de imágenes con el UAV, fue necesario realizar previamente la toma de puntos de control de la zona de estudio en campo y posteriormente procesar estos datos en gabinete, los cuales están identificados como postes en la Figura 2.



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio, con los puntos de control (Postes)

- Se han realizado pruebas para la toma de imágenes aéreas, usando una pértiga de 5 m de altura y una cámara Sony, posteriormente para el procesamiento se utiliza el software Agisoft PhotoScan Professional, obteniendo resultados aceptables.
- Procesamiento de imágenes satelitales de reflectividad de la misión AQUA, para detectar agua en superficie y suelo con exceso de agua en un área más amplia que la zona de estudio, pero que la incluye. De esta forma se podrá comparar los resultados trabajando con diferente resolución espacial sobre el mismo territorio y las mismas condiciones hidrológicas.

REFERENCIAS

Ares, M. G. 2014. *Lluvia, escurrimiento y producción de sedimentos en una microcuenca agrícola del sistema de Tandilia*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

Ali, G. A., L'Heureux, C., Roy, A. G. Turmel, M. C., Courchesne, F. 2011 *Linking spatial patterns of perched groundwater storage and stormflow generation processes in a headwater forested catchment*. Hydrological Processes 25 (25), 3843-3857.

Ali, G. A., Tetzlaff, D., Soulsby, C., McDonnell, J. J. 2012. *Topographic, pedologic and climatic interactions influencing streamflow generation at multiple catchment scales*. Hydrological Processes 26 (25) 3858-3874. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.8416>.

Fertonani, M.E. y Prendes, H. 1983. *Hidrología en área de llanura. Aspectos conceptuales, teóricos y metodológicos*. En: M.C. Fuschini Mejía (Ed.) Hidrología de las Grandes Llanuras. Coloquio de Olavarría. UNESCO. Secretaría Nacional de Recursos Hídricos. Vol. 3: 787-864.

Guevara O. C. 2015. *Una metodología para el manejo integral de extremos hídricos en una cuenca rural en zona de llanura. Caso de Estudio: Cuenca Arroyo Santa Catalina, Provincia de Buenos Aires*. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Ciencias Naturales y Museo (UNLP).

Scioli, C. 2010. *Modelación del escurrimiento superficial en áreas de llanura: implementación y calibración de un modelo distribuido de grilla*. Tesis Maestría, Universidad Nacional de Rosario

Scioli, C., Pedraza R., Burgos G y Zimmermann E., 2013. *Identificación y Evaluación de Áreas Fuente Variables en Sistemas Hidrológicos de Llanura*. CONAGUA2013, San Juan, Argentina.

Varni, M. et. al. 2003. *Interacción de un cuerpo de agua superficial con el agua subterránea en la llanura pampeana*, Información Tecnológica Vol. 14 nro. 6.

Varni, M. y Rivas R. 2004. *Relación entre aguas superficiales y subterráneas en un cuerpo de agua en la llanura bonaerense*, Información Tecnológica Vol. 14 nro. 6.