

MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRODINÁMICA DEL RÍO URUGUAY

Guizzard Santiago y Martin Sabarots Gerbec

INA, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: santiaguoguizzard@gmail.com, msabger@gmail.com

Introducción

El Río Uruguay, con un módulo de aproximadamente 4.620 m³/s, es un río de gran envergadura, conforma el límite del territorio nacional con Brasil y Uruguay. Por él se propagan crecidas de magnitud, generadas por intensas precipitaciones en la alta cuenca en Brasil, y engrosadas principalmente por los tributarios de margen izquierda.

En los últimos años, la gran cantidad de inundaciones que afectaron a las poblaciones ribereñas, motivó al desarrollo de un modelo hidrológico e hidrodinámico con el objetivo de contar con una herramienta operativa de pronóstico de niveles y caudal en las principales localidades de ese río.

Objetivos

El trabajo consistió en el desarrollo, la calibración y validación de un modelo numérico de toda la cuenca del Río Uruguay con fines de pronóstico.

El modelo hidrológico utilizado es el Sacramento Soil Moisture Accounting (NWS-EEUU- Burnash, 1973), del cual se deriva la versión simplificada (Georgakako & Baumer, 1996). Es un modelo determinístico, agregado, conceptual y continuo. El paso del modelo se fijó, de acuerdo con los objetivos del estudio y la escala espacial de análisis, en diario. La estructura del modelo utilizado consta de parámetros de calibración para modelar la secuencia de procesos de precipitación-escorrentía y traslación del hidrograma.

El modelo hidrodinámico se desarrolló mediante el software HEC-RAS del USACE en base a secciones transversales del río existentes y complementada con el modelo digital de elevación (SRTM). La calibración de la modelación hidrológica-hidráulica se realiza teniendo en cuenta el acoplamiento de ambos modelos.

Materiales y métodos

Para fijar los parámetros del modelo, se trabajó sobre la caracterización de las subcuencas, del clima, del suelo y sus usos, utilizando distintas fuentes de datos de acceso libre.



Figura 1.- Subcuencas Río Uruguay y estaciones hidrometeorológicas.

Caracterización de las cuencas hidrográficas: Se delimitaron la cuenca y las subcuencas (figura 1) a partir del modelo digital de elevación SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 90m de resolución horizontal y 1m de resolución vertical. Se utilizó el software libre GRASS 6.4 para definir las subcuencas.

Características geomorfológicas: A partir de la información topográfica, utilizando distintas herramientas del software QGIS, se calcularon características de las subcuencas que permitirán a la calibración del mismo.

Las características geomorfológicas de una cuenca (superficie y pendiente media de cuenca, longitud y pendiente media del cauce principal, tiempo de concentración, entre otros) dan una idea de las propiedades particulares de cada cuenca. A partir de estos parámetros y utilizando distintas expresiones se puede vincularlas y relacionar sus respuestas.

Caracterización del suelo: A partir de la base de datos sobre suelos elaborada por el Centro Internacional de Referencia e Información sobre Suelos de los Países Bajos para el proyecto "Inventario Mundial de Potenciales de Emisión de Suelos" (WISE), se clasificó a los suelos en función de la clase de drenaje. Se utilizó el criterio de la FAO, que clasifica a los suelos en siete clases desde 'muy mal drenado' hasta 'excesivamente drenado'.

Siguiendo esta clasificación se adoptó un rango de conductividad hidráulica. El mismo se refiere a la cantidad de agua que se movería verticalmente a través de una unidad de tiempo bajo un gradiente hidráulico unitario.

Por último se integró la información a nivel subcuenca, es decir, se adoptó un único valor de drenaje para cada subcuenca.

Caracterización del uso del Suelo: Se trabajó sobre la base de datos de la Global Land Cover Classification (Referencia: Hansen, M., 2000: Global land cover).

La información se encuentra en una grilla de una región rectangular con una resolución de 13 km aproximadamente. Cada elemento de la grilla tiene la cantidad de tipos de vegetación y el porcentaje de cada tipo. A su vez, cada tipo de vegetación contiene el espesor de la zona de raíces en función de la cantidad de capas sub-superficiales.

Al igual que para el valor de drenaje, se agregó esta información a nivel subcuenca y se obtuvo un único valor de profundidad para cada una.

Caracterización del almacenamiento superficial: Para estimar el almacenamiento superficial se trabajó sobre dos características de las subcuencas, la pendiente media y el tipo de cobertura.

Para calcular la pendiente media de la cuenca se trabajó sobre el SRTM. Mediante el software QGIS-GRASS se calcula la pendiente para cada pixel y luego se toma el promedio de toda la subcuenca para obtener una pendiente media. Con esta pendiente se asigna un valor de almacenamiento.

Trabajando sobre la base de datos de la Global Land Cover Classification. Se adoptó un valor máximo de almacenamiento en follaje en función del tipo de cobertura.

El almacenamiento máximo superficial adoptado surge de la suma de estos dos almacenamientos (figura 2).

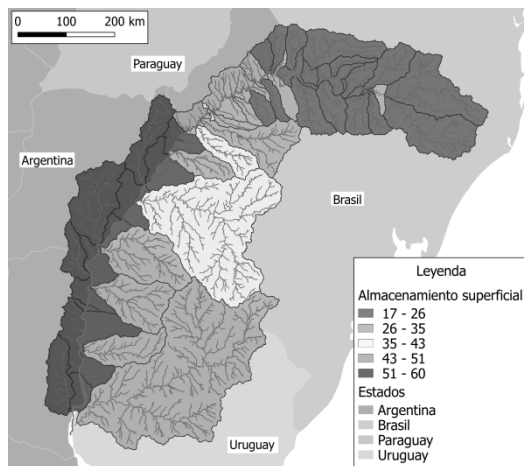


Figura 2.- Almacenamiento superficial.

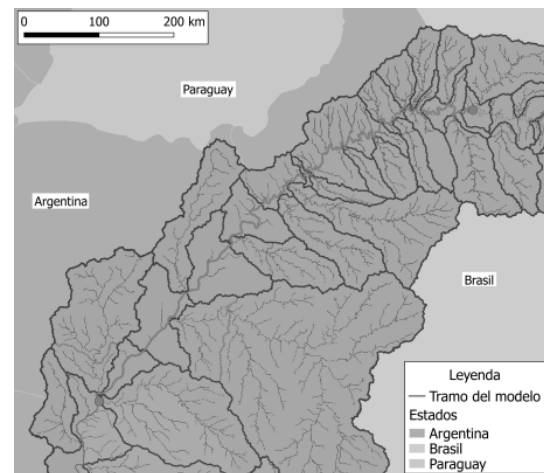


Figura 3.- Tramo del río modelado.

Precipitación media areal: En cuando a los datos de entrada a los modelos, se recopiló y organizó información de distintas fuentes como la agencia Nacional de Aguas (ANA) en Brasil, la subsecretaría de los recursos hídricos (SSRH) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en Argentina y la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) en Uruguay.

Se cuenta con información en 170 puntos de la cuenca (figura 1) con distintos tipos de información como caudal, altura limnimétrica, precipitación y datos climáticos como temperatura, presión, heliofanía y humedad.

Solo de lluvias se recolectaron más de 5.850.000 registros en distintos puntos de la cuenca y ventanas de tiempo.

A partir de estos datos se calculó la precipitación media areal diaria, es decir, se cuantificó a partir de valores puntuales de precipitación las lluvias promedio de un área en un determinado intervalo de tiempo. El área que se adoptó fue el de cada subcuenca y el paso de tiempo en diario.

Para realizar esta tarea se utilizó la librería Gdal (un conjunto de herramientas para tratamiento de datos Geoespaciales. Es libre y de código abierto.) y la base de datos Postgis.

Evapotranspiración Potencial: Se estimó la evapotranspiración potencial a paso diario mediante la ecuación de Penman-Monteith siguiendo la metodología de la FAO.

Para calcular a paso diario la ET_0 , la ecuación FAO Penman-Monteith requiere: localización del sitio, temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación, velocidad del viento.

La gran cantidad de datos que demanda la ecuación limitó al cálculo en 12 estaciones, distribuidas en la cuenca, donde se contaba con dicha información.

Luego, se tomó un promedio diario de las 12 estaciones para cada día del año y se adoptó una única serie de ET_0 para toda la cuenca.

Modelo hidrodinámico

Se implementó un modelo hidrodinámico, en régimen impermanente, unidimensional, desde la salida de la presa Foz do Chapecó (Santa Catarina, Brasil) hasta la localidad de Monte Caseros (provincia de Entre Ríos), cercana a la cola del embalse de Salto Grande, mediante la utilización del programa HEC-RAS, del US Army Corps of Engineers. La longitud total del tramo modelado es de 860 km (figura 3).

Se utilizaron 126 batimetrías, la mayoría corresponden al Modelo Hidrodinámico realizado para el Proyecto Garabí por el consorcio Hidroservice- Hidrened en la década del 80. Esta información se complementa con el modelo digital de elevación (SRTM).

A lo largo del tramo se cuenta con datos de caudal y/o nivel en 20 estaciones de aforo.

Aplicaciones

El desarrollo de un modelo de pronóstico integral de toda la cuenca, maximiza el tiempo de aviso a los ocupantes de la planicie de inundación y posibilita la atenuación del daño por inundaciones. Además permite contar con una estadística actualizada de las principales variables hidrométricas que permiten una mejor caracterización del régimen hidrológico del Río Uruguay.

Conclusiones

Se resalta la importancia de contar con una buena densidad espacial de registros de lluvias para poder calibrar el modelo. A medida que se incorporan registros, la respuesta del sistema (especialmente los picos de caudal) son captados adecuadamente. Esto implica una mejoría sustancial de las condiciones de borde para el modelo hidrodinámico.

Se destaca el libre acceso a información de distintos aspectos físicos de la cuenca. Dicha información permitió estimar algunos de los parámetros del modelo y reducir los grados de libertad para calibrarlo. Este punto fue fundamental para subcuencas donde no se tenían datos suficientes para calibrarlas y se tuvieron que extrapolar algunos parámetros.

Referencias

- Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56)*. Food & Agriculture Org.
- Batjes, N. H. (2005). ISRIC-WISE global data set of derived soil properties on a 0.5 by 0.5-degree grid (Version 3.0). ISRIC-World Soil Information, Wageningen.
- Bentancor, L., Silveira, L., & García Petillo, M. (2014). "Incidencia de la intensidad de lluvia en el tiempo de concentración de microcuencas del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*", 18(2), 106-116.
- Caro, A. S., & Bianchi, J. (2014). "Modelación hidrológica a paso diario de la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires". *Actas del Ido Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos*.
- García, P.E., Re, M., Latessa, G. (2014). "Modelo hidrodinámico del río Paraná para pronóstico hidrológico: evaluación de performance, actualización y extensión de su aplicación. Evaluación de performance del modelo", Informe INA 02-336-14
- Ginzburg, R. G, Menéndez, A N, Torrella, S. A, Sabarots Gerbec, M, Adámoli, J M (2014) "La cuenca del río Miriñay. Estudio para definir los parámetros y criterios ambientales". Instituto Correntino de Agua y del Ambiente
- Hansen, M. C., DeFries, R. S., Townshend, J. R., & Sohlberg, R. (2000). Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International journal of remote sensing*, 21(6-7), 1331-1364.