

# Software de modelación matemática para la distribución de agua superficial en cuencas hidrológicas

> M.I. Javier González La Nuez, M.I. David Maloof Flores, Dr. Humberto Silva Hidalgo, M.I. Norma Leticia Méndez Mariscal

Universidad Autónoma de Chihuahua /Facultad de Ingeniería  
FINGUACH Año 5, Núm. 16, junio - agosto 2018

El agua es el recurso natural de mayor valor vital después del oxígeno, cuya escasez podría ser motivo de grandes conflictos entre personas e incluso entre naciones. De ahí la importancia de hacer tantas investigaciones como sean posibles con el fin de aprovechar las cuencas hidrológicas de cada territorio. Alrededor del mundo existen países que dedican recursos considerables a este aspecto. En el caso de México también es una prioridad nacional, tanto así que existen organizaciones gubernamentales dedicadas al uso racional del agua. También se cuenta con mucho apoyo financiero por parte de CONACYT para proyectos científicos de esta índole.

Bajo este contexto, se realizó un proyecto científico en la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), donde se diseñó un modelo matemático para la determinación conjunta de escurrimientos naturales, retornos de irrigación y volúmenes de pérdidas y ganancias de agua en cuencas (Silva-Hidalgo, 2010).

Con esta modelación son corregidos muchos errores de estudios anteriores y también se tienen en cuenta los diferentes casos que pudieran afectar el resultado volumétrico real de la cuenca en cuestión, ya que arrojan valores que se pueden considerar como óptimos. Este trabajo ha tenido gran aceptación por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y ha influido positivamente en el trabajo hidrológico en México, lo cual se referencia en el informe técnico "Determinación conjunta de escurrimientos naturales restituidos, retornos de irrigación y volumen neto de pérdidas y ganancias en la cuenca del río Bravo (parte mexicana) para el periodo de 1950 al año 2008" (Silva Hidalgo, López Corzo, García Servín, & Verduzco Cedeño, 2014) se realizaba el control de los datos históricos de medición de aguas sobre documentos de *Microsoft Excel*, lo que constituía un trabajo muy tedioso para las personas que se relacionan con lo mismo: errores de entrada de datos, demasiada complejidad para el entendimiento por parte del personal que los trabaja y numerosas hojas de cálculo sobre las cuales hay que trabajar para obtener el resultado requerido; son de las causas que provocaban que la solución informática que existía en el momento fuera poco funcional para usuarios no expertos.

De las dificultades anteriormente expuestas surgió la necesidad de la existencia de un *software* para llevar el control de los datos necesarios y la realización de los cálculos propuestos por la modelación matemática previamente mencionada. Este *software* debe presentar una interfaz gráfica basada en SIG (Sistemas de Información Geográfica) que permita el diseño de cuencas hidrográficas a partir de los elementos que las componen y sus respectivas relaciones e información.

Al tomar como referencia las soluciones informáticas existentes relacionadas a esta temática como el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua o WEAP (*Water Evaluation and Planning*) (B.J.M Goes, S.E. Howarth, R.B. Wardlaw, I.R. Hancock, & U.N. Parajuli, 2015), así como el Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS, *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) las cuales son utilizadas en diferentes investigaciones para la planificación y distribución de agua y simulación de los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas dendríticas (Ashok, Chandranath, Prachi Pratyasha, R, & Arun, 2015), se procedió al desarrollo del *Software* de Modelación Matemática para la Distribución de Aguas (SMMDA).

Se realizó un minucioso análisis del estado del arte de *software* existente en el contexto de la problemática (NA, Shah Alam, PM, ARA, & ZM, 2014) y fueron identificados los problemas existentes. Se identificaron de igual manera los requisitos que debía cumplir el *software*, así como la propuesta inicial de prototipo de interfaz no funcional principal. Se garantizó la persistencia en el tiempo de los proyectos realizados en el *software*, que permita guardarlos en archivos XML, los cuales son portables y de fácil distribución. También se logró la generación de gráficas dinámicas para el análisis estadístico de los escurrimientos naturales calculados, así como su internacionalización, logrando la robustez y amigabilidad esperada.

El *software* permite importar registros históricos en formato XLS y permite que opcionalmente el usuario cargue una imagen de fondo satelital o mapa que muestre la sub-cuenca en análisis, para que el diseño se traslape sobre ella y se logre una representación fidedigna y amigable, como se muestra en la Figura 1. Al finalizar, el *software* genera gráficas o hidrogramas donde se muestra el comportamiento del escurrimiento natural a lo largo del espacio de tiempo de los registros de entrada, como resultado final del proceso de cálculo, para que el usuario lo analice y pueda tomar decisiones o llegar a conclusiones, como se muestra en la Figura 2, permitiendo también guardar el proyecto en formato XML.

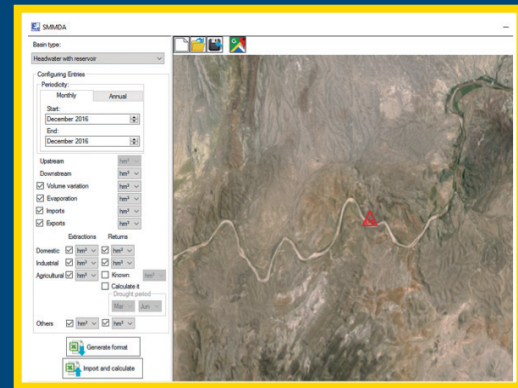


Figura 1. Interfaz gráfica amigable para el análisis.

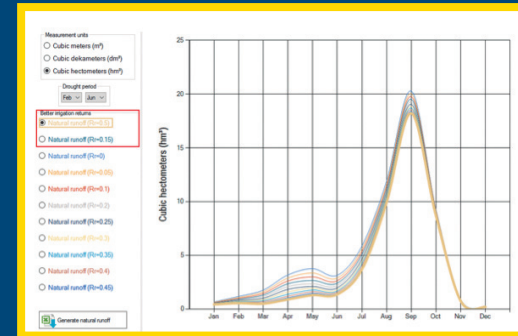


Figura 2. Hidrograma de salida. Esta gráfica contiene en el eje horizontal los 12 meses del año y en el eje vertical de manera dinámica un rango de valores en hectómetros cúbicos ( $\text{hm}^3$ ), que abarca todos los promedios mensuales obtenidos de la aplicación del modelo matemático del Dr. Silva. Claramente son apreciables las temporadas de estiaje y de lluvia en este ejemplo. Se le brinda la posibilidad al usuario de cambiar la unidad de medida de  $\text{hm}^3$  a  $\text{dm}^3$  o  $\text{m}^3$  según sea su preferencia.

Se recomienda hacer uso de este *software* para el cálculo de escurrimientos naturales en cuencas superficiales, fundamentalmente en las que cuentan con extracciones para actividades agrícolas, ya que es en este tipo de casos donde existe la tendencia a ser imposible de calcular resultados infalibles, debido a la dificultad de medir el retorno de irrigación al cauce.

Es trascendental mencionar que en aquellas cuencas donde existan pocos registros o no se realicen extracciones, este producto no será de gran utilidad, por lo que se aconseja hacer uso del mismo en cuencas de las cuales se cuente con registros que daten con más de 20 años, ya que a mayor cantidad de históricos, más preciso es el modelo matemático en obtener un resultado.

## Referencias

- Ashok, M., Chandranath, C., Prachi Pratyasha, J., R, S., & Arun, K. (2015). Identification of the best multi-model combination for simulating river discharge. *ScienceDirect*, 313-325.
- B.J.M Goes, S.E. Howarth, R.B. Wardlaw, I.R. Hancock, & U.N. Parajuli. (2015). Integrated Water Resources Management in an Insecure River Basin: *A case study of Helmand River Basin, Afghanistan*. *International Journal of Water Resources Development*, doi:10.1080/07900627.2015.1012661.
- NA, A., Shah Alam, M., PM, A., ARA, R., & ZM, Y. (2014). Climate variability and anthropogenic impacts on a semi-distributed monsoon catchment runoff simulations. *IEEE Explorer*, 178-183.
- Silva Hidalgo, D., López Corzo, M., García Servín, M., & Verduzco Cedeño, M. (2014). Determinación conjunta de escurrimientos naturales restituidos, retornos de irrigación y volumen neto de pérdidas y ganancias en la cuenca del río Bravo (parte mexicana), para el periodo de 1950 al año 2008. Nuevo León