



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA  
18 al 21 de septiembre de 2018**



# **PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA ZONAS RURALES COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO: CUENCA MEDIA DEL RÍO SINÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

**Álvaro López Lambráño**

**Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México**

**Álvaro López Ramos, Luisa Martínez Acosta**

**Universidad Pontificia Bolivariana  
Montería, Colombia**

## **Resumen**

Se evaluaron las variables climatológicas que intervienen en el balance hídrico de la cuenca de la quebrada Aguas Blancas, microcuenca de la cuenca media del río Sinú, ubicada en la zona rural del Municipio de Montería, Córdoba, con el objeto de planificar la sostenibilidad del recurso hídrico frente a las necesidades de demanda de la población de influencia. Con los registros históricos de siete estaciones meteorológicas localizadas espacialmente alrededor de la cuenca, se realizó un análisis estadístico y probabilístico de la precipitación, para cuantificar la oferta hídrica de la zona y contrastarla con la demanda requerida para consumo doméstico.

La investigación se centró en desarrollar una metodología para zonas rurales con dificultades de disponibilidad del recurso hídrico, mediante el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y programas de simulación, para generar los escurrimientos mensuales a partir de los datos de lluvia. Los resultados obtenidos para la quebrada Aguas Blancas, indican que es posible resolver la problemática de suministro de agua almacenando la escorrentía superficial en época de lluvia, en pequeños reservorios, para luego utilizarla en los períodos de sequía.

**Palabras clave:** recurso hídrico; modelización hidrológica; balance hídrico

### **Abstract**

*Climatic variables were involved in the water balance of the basin of the creek Aguas Blancas, located in the rural area of the municipality of Montería, Córdoba, in order to plan for sustainability of water resources meet the needs of demand evaluated people of influence. Historical records seven meteorological stations located spatially around the basin, a statistical and probabilistic analysis of the precipitation was performed to quantify the water supply in the area and contrast it with the demand required for domestic consumption. The research focused on developing a methodology for rural areas with difficulty of availability of water resources, using tools such as Geographic Information Systems (GIS) and simulation software to generate the monthly runoff from rainfall data. The results obtained for the broken Aguas Blancas, indicate that it is possible to solve the problem of storing water runoff during the rainy season, in small reservoirs and then use during periods of drought.*

**Keywords:** water resources; hydrological modeling; water balance

## **1. Introducción**

Para una correcta planificación del recurso hídrico, es indispensable analizar el comportamiento del ciclo hidrológico, el cual gobierna la presencia de agua en una determinada región y está condicionado por factores como la latitud, altitud, las actividades humanas, entre otros (Vera Árevalo, et al. ,2006).

Ha sido evidente, a lo largo de los años, que el ciclo hidrológico de las cuencas se ha transformado mundialmente debido al cambio climático y a la actividad humana, siendo ésta última la que más ha aumentado la demanda del recurso hídrico, por el rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como por la expansión de la escala económica (Liu, et al. ,2009).

El equilibrio del ciclo hidrológico se ve afectado por el cambio de uso del suelo, que responde al aumento de la población y a la necesidad de mayor productividad (agrícola, comercial, entre otros) y de requerimientos de vivienda. Lo anterior conlleva a la devastación de los bosques y a la degradación en los suelos, lo que afecta el balance hídrico y propició cambios en él, como el aumento de la escorrentía superficial y su descarga en los ríos, debido a la disminución del tiempo de concentración (Nugroho, et al. ,2013).

El cambio del uso del suelo, especialmente en zonas urbanizadas, donde las superficies naturales pasan a ser impermeables, tienen un impacto significativo y más importante en la escorrentía superficial que en las precipitaciones que se puedan presentar en una cuenca, es por tanto necesario planificar el uso del suelo en las cuencas hidrográficas (Ozdemir & Elbaşı, 2014; Ali, et al., 2011; Roo, et al., 2003).

Sin embargo, los parámetros que intervienen en el ciclo hidrológico tienen un comportamiento muy variado y la ocurrencia de algunos de ellos están en función de factores climatológicos, fisiográficos y antrópicos de las distintas regiones. Existen regiones donde se presenta un desequilibrio en el suceso de las precipitaciones, y, por lo tanto, se tienen períodos secos con poca o nula precipitación y períodos de excesos. Esta variabilidad ocasiona dificultades que van desde la falta del recurso para atender los requerimientos básicos del hombre para su sostenibilidad, hasta eventos catastróficos como inundaciones provocadas por avenidas. En consecuencia, es necesario contar con esquemas de evaluación adecuados y confiables para hacer frente a estos desafíos.

En la actualidad, la seguridad del recurso hídrico, aún no definida claramente, tiene implicaciones del orden social, económico y en la seguridad ecológica, entre otros aspectos. Dado lo anterior es importante encontrar un equilibrio del recurso (análisis de la oferta y la demanda) que permita evaluar la seguridad del agua (Liu, et al. ,2009).

La oferta hídrica en una zona viene condicionada por la oferta y la demanda de agua y se estudia con el fin de cumplir con sus necesidades. Así mismo, la oferta puede estar condicionada por el área donde es requerido el recurso, si es en escala pequeña (local), pero puede ser satisfecha si se estudia a gran escala (regional). Se recalca entonces, que la escasez de agua se convierte en un asunto local, mientras que la demanda tiene una implicación mayor, y se debe considerar toda la cuenca (Boithias, et al. ,2014). En el estudio de la demanda de agua se debe tener en cuenta factores como el consumo agrícola de la región y la conducta de consumo de los habitantes de la zona de estudio (Vanham, D., 2013).

Estudios previos han demostrado que el aumento de las precipitaciones en algunas zonas y el calentamiento global (cambio climático), son factores importantes a considerar en el análisis de la escorrentía, como es el caso de la cuenca del río Manasi, localizado al suroeste de la Cuenca Junggar en Xinjiang (República Popular China). El estudio concluyó que es de gran importancia hacer un uso racional y sostenible del recurso hídrico, así como una correcta planificación integral del mismo (Tang, et al. ,2012).

El hombre durante años ha utilizado diversas técnicas para recoger agua en las zonas áridas y semiáridas para permitir la conservación del recurso y aprovecharla para consumo humano, el riego de cultivos o para abrevadero de animales. Ésta recolección de agua comienza a ser imprescindible debido a la escasez que se viene presentado por los procesos de desertificación (Mongil Manso, et al. ,2007).

En ciertas épocas del año, regiones del departamento de Córdoba, sufren por la dificultad de obtener agua, a pesar de contar con fuentes hídricas diversas como pozos, quebradas, ríos y lagunas, entre otros. La mala planificación del recurso hace que estas poblaciones sufran escasez hídrica o en el sentido opuesto, toleren desplazamientos forzados por inundación. Esta situación se convierte en un problema en el ámbito de la salud, de lo socioeconómico, lo político y lo ambiental.

Colombia, a pesar de ser rico en recursos hídricos, estos no se encuentran distribuidos homogéneamente, y el problema se acentúa por la falta de gestión (Costa Posada, et al. ,2007), como el caso de la microcuenca seleccionada para este estudio, que representa la problemática generalizada del recurso hídrico en la zona rural del departamento de Córdoba.

En este trabajo, se aplicó una metodología de planificación del recurso hídrico superficial para una pequeña cuenca hidrográfica, con el fin de plantear un balance hídrico entre la oferta y la demanda, que permita garantizar la sostenibilidad del recurso a lo largo del año.

## **2. Materiales y métodos**

La microcuenca Aguas Blancas pertenece a la cuenca media del río Sinú y está localizada en la zona rural del municipio de Montería (CVS, 2004).

La información para el proyecto fue adquirida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Se obtuvieron las series de tiempo correspondientes a la precipitación, evaporación, escurrimiento, temperatura, entre otros. Se utilizaron imágenes de satélite para estimar la información referente a cobertura vegetal, capa de suelo, información hídrica y modelo digital de elevaciones.

### **2.1 Análisis hidrometeorológico**

Se seleccionaron las siguientes estaciones meteorológicas a partir de su influencia en la cuenca, entre ellas tenemos: Universidad de Córdoba, Aeropuerto Los Garzones, Carrillo, Montería, Santa Lucía, Cristo Rey y Canalete. La precipitación fue analizada mes a mes, y posteriormente se determinó el hietograma de precipitación a partir del método del bloque alterno y considerando las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) (Chow, et al. ,2004).

Para determinar el escurrimiento superficial, se empleó el método del Número de Curva (CN) del SCS, el cual ha sido utilizado ampliamente (Mack, M. J., 1995; Das & Paul, 2006). El CN considera la relación existente entre la cobertura del suelo y la respuesta que se presenta en la esorrentía en una cuenca durante un evento de lluvia, que es afectado por la condición de humedad antecedente (AMC): condición seca, normal y húmeda (Lin, et al. ,2014). El valor del número de curva comprende un rango de valores que van desde cero (0) a cien (100), donde 0 implica un área sin escurrimiento y 100 es una zona que genera esorrentía, y por lo tanto se considera impermeable (Deshmukh, et al. ,2013; Knebl, et al., 2005). Se utilizó el modelo (HEC – HMS) para la obtención de los hidrogramas de cada subcuenca y posteriormente estimar los volúmenes de escurrimiento directo.

En cuento a la estimación de la demanda hídrica, se utilizó la metodología avalada por el Ministerio de Ambiente (Ministerio de Media Ambiente y Desarrollo Sostenible. ,2004), que consiste en estimar los volúmenes de producción sectorial y compararlos con los factores de consumos de agua por tipo de producto o servicio, utilizando (1):

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP \text{ (Ecuación 1)}$$

**PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA ZONAS RURALES COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO: CUENCA MEDIA DEL RÍO SINÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

donde, DT es la demanda total de agua; DUD es la demanda de agua para uso doméstico; DUI, la demanda de agua para uso industrial (que en este caso es cero por no existir industrias); DUS, demanda de agua para uso del sector servicios (cero, por no presentarse este uso); DUA, demanda de agua para uso agrícola y DUP es la demanda de agua para uso pecuario.

### 3. Resultados y discusión

Los valores máximos de la precipitación se presentaron en el mes de julio y también se pudo determinar que la mayoría de los eventos de lluvia comprenden los rangos de magnitudes desde los 123 mm a los 165 mm, lo que representa grandes volúmenes de escurrimiento directo a lo largo de la cuenca cada vez que ocurre un evento de precipitación como se puede observar en la figura 1.



**Figura 1:** Cauce principal de la quebrada Aguas Blancas después de un evento de precipitación

A partir de la información cartográfica, topográfica y mapas de cobertura vegetal, tipo y uso de suelo la cuenca se subdividió en siete subcuencas a las cuales se les estimaron sus características fisiográficas y sus respectivos números de curvas para estimar el valor de la abstracción inicial (ver tabla 1).

**Tabla 1:** Valores de CN y abstracción inicial para cada subcuenca

<b>Sub-cuencas</b>							
	<b>Longitud (m)</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Pendientes (m/m)</b>	<b>Tc mín (Kirpich)</b>	<b>Tc (HMS)</b>	<b>CN</b>	<b>I<sub>a</sub> (mm)</b>
Subbasain 1	7247	141	0,0195	83,38	50,03	82	11,151
Subbasain 2	5242	121	0,0231	60,84	36,50	80	12,700
Subbasain 3	3268	45	0,0138	51,59	30,95	79	13,504
Subbasain 4	5813	119	0,0205	69,00	41,40	79	13,504
Subbasain 5	8980	180	0,0200	97,23	58,34	78	14,328
Subbasain 6	7071	144	0,0204	80,39	48,24	80	12,700
Subbasain 7	14005	97	0,0069	206,10	123,66	80	12,700

## PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA ZONAS RURALES COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO: CUENCA MEDIA DEL RÍO SINÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

A partir de la información anterior se obtuvo el modelo de cuenca de la figura 2 y su respectiva esquematización hidrológica para el análisis y modelación de los escurrimientos superficiales utilizando el modelo (HEC – HMS). Ver Figura 3.

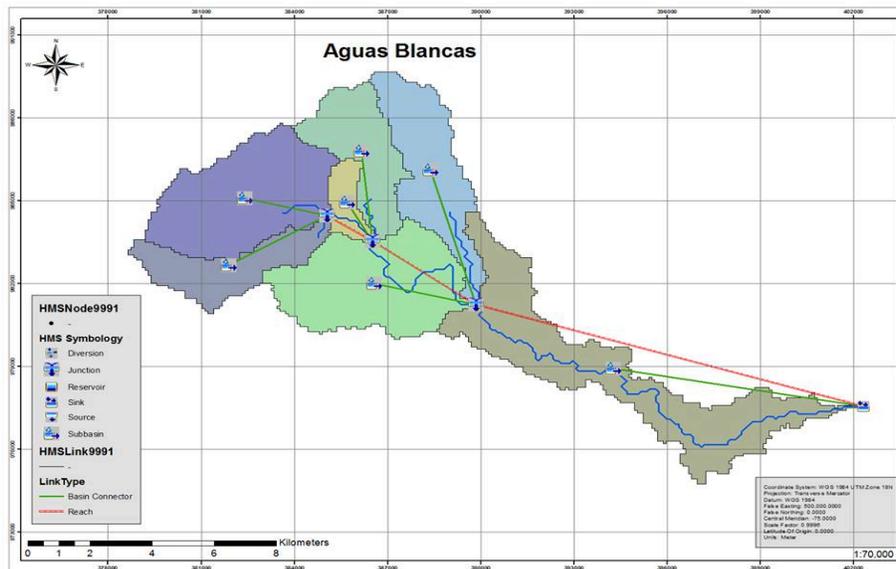


Figura 2: Modelo de cuenca y subcuencas

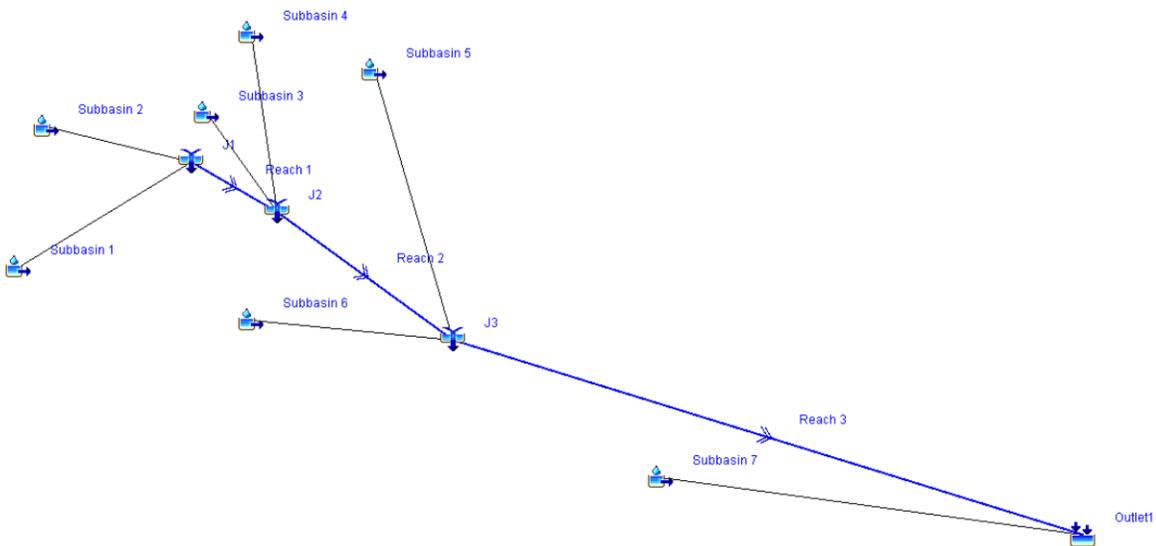


Figura 3: Esquematización de la cuenca utilizando el HEC-HMS

Del análisis de las series de precipitaciones se obtuvo un valor promedio anual multianual que varía en el rango de los 1272 a 1664 mm y promedio mensual multianual de 37 mm, con un ciclo de verano o de sequía que se inicia en el mes de diciembre y finaliza en el mes de marzo y el otro ciclo de lluvias que se inicia en el mes de abril y finaliza en el mes de noviembre. La

**PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA ZONAS RURALES COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO: CUENCA MEDIA DEL RÍO SINÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

humedad relativa promedio mensual multianual es de 83%, que corresponde a una zona muy húmeda, típica del valle del Sinú. La temperatura promedio mensual multianual, varía en un rango desde una mínima de 20.6°C hasta una máxima de 34.8, con promedio mensual multianual de 32.6°C. Para un periodo de retorno (Tr), igual a 20 años, típico para el diseño de pequeñas obras hidráulicas, la intensidad de la precipitación varía desde 210 mm/h con duración de 5 minutos hasta de 50 mm/h en 180 minutos. La evapotranspiración mensual, calculada por el método de García – López, es del orden de los 48,95 mm, presentando como valor máximo 54,33 mm correspondiente al mes de febrero y 45,49 como valor mínimo en el mes de noviembre. De la simulación hidrológica se obtienen los gastos mensuales por cada subcuenca, así los totales mensuales a la salida de la cuenca quebrada Aguas Blancas (Tabla 2).

**Tabla 2:** Gastos totales mensuales en m<sup>3</sup>/s por subcuenca

	Subbasin 1	Subbasin 2	Subbasin 3	Subbasin 4	Subbasin 5	Subbasin 6	Subbasin 7	Salida Q <sup>total</sup> (m <sup>3</sup> /s)
<b>Enero</b>	0,1	0,1	0	0	0	0,2	0,2	0,5
<b>Febrero</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Marzo</b>	0,2	0,8	0,3	0,9	1,1	2,4	3,3	7,4
<b>Abril</b>	8,7	18,7	2,8	9,6	12,5	18,9	25,7	89,2
<b>Mayo</b>	17,7	39	4,8	17,2	22,8	32,4	43,7	168,3
<b>Junio</b>	14,9	32,3	4,1	12,3	16,2	29,4	36,9	137,1
<b>Julio</b>	13,7	30,2	4,8	15	19,8	30,9	43,7	149,2
<b>Agosto</b>	16,2	35,7	5,3	17,9	23,7	34,8	47,9	172,2
<b>Septiembre</b>	14,8	32,4	5,2	17,5	23,2	35,4	47,2	166,5
<b>Octubre</b>	15,6	34,2	4,2	14,7	19,5	28,1	38,6	145,9
<b>Noviembre</b>	11,7	25,6	3,8	8	10,5	21,3	34,9	107,9
<b>Diciembre</b>	2,9	5,9	0,9	1,6	2	5,2	8,1	22,6

Con la población proyectada y teniendo en cuenta lo recomendado por el RAS, se realizaron los cálculos, tales como: la demanda de agua para uso agrícola (DUA); la demanda de agua para uso pecuario (DUP); por tanto, la demanda total calculada (DT), usando la ecuación (1) fue de 2.348.385 m<sup>3</sup>. En la microcuenca Aguas Blancas, el índice de escasez fue de 0,007% y según el Estudio Nacional del Agua, se ubica dentro del rango de escasez no significativa (IDEAM, 2015). Por otra parte, el IDEAM clasificó como zona de disponibilidad normal de agua al departamento de Córdoba, en particular, la Cuenca del río Sinú.

Una vez estimados los escurrimientos superficiales mensuales de la quebrada Agua Blancas, se procedió a confrontarlos con la demanda del recurso para definir el volumen de almacenamiento útil que debe ser almacenado para que el recurso sea sostenible en todo tiempo. Se encontró que la demanda proyectada a 25 años (4.94 l/s), es inferior a los escurrimientos mensuales, con excepción del mes de febrero, por consiguiente, se requiere de un volumen mínimo mensual de almacenamiento de 12.804,5 m<sup>3</sup> para demanda de uso doméstico, adicionando los demás usos, sería un valor de 195.698,75 m<sup>3</sup>. El dato anterior es importante para planificar la disponibilidad del recurso para sus diferentes usos en la cuenca.

#### 4. Conclusiones

Una microcuenca bien instrumentada y con más de 25 años de registros como la seleccionada, permite caracterizar la climatología y por consiguiente realizar análisis útiles para la planificación del recurso hídrico.

Al correlacionar la información climatológica con la información cartográfica, se pueden obtener diseños de pequeñas obras hidráulicas confiables para el aprovechamiento de los recursos hídricos, especialmente en zonas rurales, donde la escasez del recurso es determinante para las actividades económicas de la población y para satisfacer sus necesidades básicas. Los resultados permiten establecer que es posible realizar una gestión integral del recurso hídrico al proponer almacenar los excesos de agua en el período lluvioso para atender los requerimientos en el período seco, de tal manera que se tenga la curva de masa de la cuenca.

La modelación hidrológica permitió establecer que el recurso hídrico en la cuenca es suficiente para atender la demanda de los usos doméstico, agrícola y pecuario actual, así como también las demandas futuras.

Finalmente es recomendable considerar en el análisis de la oferta hídrica los fenómenos climatológicos del niño y de la niña.

#### 5. Referencias

- D. Roo, G. Schmuck, V. Perdigao y J. Thielen, «The influence of historic land use changes and future planned land use scenarios on floods in the Oder catchment,» *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 1, n° 28, pp. 1291-1300, 2003.
- Costa Posada, E. Domínguez Calle, H. G. Rivera y R. Vanegas Sarmiento, «El índice de escasez del agua ¿Un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión del recurso hídrico?,» *Revista de Ingeniería*, vol. 22, pp. 104-111, 2005.
- CVS, «Proyecto Plan de Ordenamiento y Manejo de Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú,» CVS, Montería, 2004.
- Vanham, «An assessment of the virtual water balance for agricultural products in EU river basins, » *Water Resources and Industry*, vol. 1, n° 1-2, pp. 49-59, 2013.
- S. Deshmukh, U. C. Chaube, A. E. Hailu, D. A. Gudeta y M. T. Kassa, «Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope,» *Journal of Hydrology*, vol. 492, pp. 89-101, 2013.
- H. Ozdemir y E. Elbaşı, «Benchmarking land use change impacts on direct runoff in ungauged urban watersheds,» *Physics and Chemistry of the Earth*, Vols. %1 de %279-82, pp. 100-107, 2014.
- H. Vera Árevalo, J. Acuña A. y J. Yerrén S., «Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú,» 2006. [En línea]. Available: [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/Paper\\_BHSTUZA.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/Paper_BHSTUZA.pdf). [Último acceso: 15 04 2015].
- IDEAM, «Estudio Nacional del Agua 2014,» Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, 2015.

- J. Mongil Manso y A. Martínez de Azagra Paredes, «Técnicas de recolección de agua y de Oasificación para el desarrollo de la agricultura y la restauración forestal en regiones desfavorecidas,» *Cuadernos Geográficos*, pp. 67-80, 2007.
- K. Lin, F. Lv, L. Chen, V. P. Singh, Q. Zhang y X. Chen, «Xinanjiang model combined with Curve Number to simulate the effect of land use change on environmental flow,» *Journal of Hydrology*, vol. 519, n° D, pp. 3142-3152, 2014.
- K. K. Liu, C. Li, X. L. Yang, J. Hu y X. Xia, «Water Resources Supply-Consumption (Demand) Balance Analyses in the Yellow River Basin in 2009,» *Procedia Environmental Sciences*, vol. 13, n° 1, pp. 1956-1965, 2012.
- L. Boithias, V. Acuña, L. Vergoñós, G. Ziv, R. Marcé y S. Sabater, «Assessment of the water supply: demand ratios in a Mediterranean basin under different global change scenarios and mitigation alternatives,» *Science of the Total Environment*, Vols. %1 de %2470-471, pp. 567-577, 2014.
- M. Ali, S. J. Khan, I. Aslam y Z. Khan, «Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan,» *Landscape and Urban Planning*, vol. 1, n° 102, pp. 271-279, 2011.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 865 de 2004, Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2004
- M. J. Mack, «HER-Hydrologic evaluation of runoff; the Soil Conservation Service Curve Number technique as an interactive computer model,» *Computers & Geoscience*, vol. 21, n° 8, pp. 929-935, 1995.
- M. Knebl, Z.-L. Yang, K. Hutchison y D. Maidment, «Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event,» *Journal of Environmental Management*, vol. 75, n° 4, pp. 325-336, 2005.
- P. Nugroho, D. Marsono, P. Sudira y H. Suryatmojo «Impact of land-use changes on water balance,» *Procedia Environmental Sciences*, vol. 17, pp. 256-262, 2013.
- V. T. Chow, D. R. Maidment y L. W. Mays, Hidrología aplicada, Bogotá: McGraw-Hill, 1994. [14] M. Coskun y N. Musaoglu, «Investigation of rainfall-runoff modelling of the Van Lake catchment by using remote sensing and GIS integration,» de *Twentieth International Society for Photogrammetry and Remote*, Istanbul, 2004.
- S. Das y D. P. Paul, «Selection of Site for Small Hydel Using GIS in the Himalayan Region of India,» *Journal of Spatial Hydrology*, vol. 6, n° 1, pp. 18-28, 2006.
- X. L. Tang, J. F. Li y H. L. Long, «Analysis of the Characteristics of Runoff in Manasi River Basin in the past 50 years,» *Procedia Environmental Sciences*, vol. 13, pp. 1354-1362, 2012.

## Sobre los autores

- **Álvaro López Lambrano:** Ingeniero Civil, Magister en Recursos Hídricos y Ambiental, Doctor en Ingeniería. Profesor-Investigador, Coordinador del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Baja California, México. [altoti@gmail.com](mailto:altoti@gmail.com)

**PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA ZONAS RURALES COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO DE ESTUDIO: CUENCA MEDIA DEL RÍO SINÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

- **Álvaro López Ramos:** Ingeniero Civil, Magíster en Recursos Hidráulicos, docente Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. [alopezramos@hotmail.com](mailto:alopezramos@hotmail.com)
- **Luisa Martínez Acosta:** Ingeniero Civil, Magister en Ingeniería Civil, énfasis en ambiental, docente Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. [ingluisamartinez@gmail.com](mailto:ingluisamartinez@gmail.com)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)