

# Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática

Planning and management of water resources: a review of the importance of climate variability

Planejamento e gestão de recursos humanos: uma revisão da importância da variabilidade climática

Alexa Liliana Ortiz Arenas\*  
Mauricio Ruiz Ochoa\*\*  
Juan Pablo Rodríguez Miranda \*\*\*

## Resumen

El presente artículo expone una revisión de la literatura relacionada con la importancia de incluir en los sistemas de gestión hídrica, el concepto de variabilidad climática. Sigue un enfoque cualitativo de análisis documental. Se encontraron algunas experiencias internacionales, donde los

Dirección Postal: Carrera 5 Este No 15 – 82. Avenida Circunvalar Venado de Oro. Bogotá D.C. Colombia. <http://orcid.org/0000-0002-3761-8221>

avances técnicos y metodológicos hacia la gestión hídrica, a través de la variabilidad climática, han permitido entender y controlar los impactos socio ambiental en la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, en Colombia los ejercicios de ordenamiento y de gestión hídrica no analizan las cuencas desde la óptica de la variabilidad climática. Por consiguiente, en la proyección, planificación y ordenación del recurso hídrico, existe la necesidad de actualizar los programas y proyectos relacionados con la gestión del riesgo, en términos de la variabilidad climática natural. Con lo anterior se podría mejorar la intervención preventiva de la autoridad ambiental en la toma de decisiones.

Fecha de recepción del artículo: 12 de diciembre de 2016

Fecha de aceptación del artículo: 5 de junio de 2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v9i1.401>

\*Ingeniera Ambiental. Magister en Ciencias y Tecnologías Ambientales. Facultad de Química Ambiental. Universidad Santo Tomas (Floridablanca, Santander, Colombia). Correo Electrónico: [ing.alexortiz@outlook.com](mailto:ing.alexortiz@outlook.com). Orcid. <http://orcid.org/0000-0002-0433-373X>

\*\*Ingeniero del Medio Ambiente. Doctor en Ingeniería – Recursos Hidráulicos. Profesor Asociado. Unidades Tecnológicas de Santander. Coordinación de Ingeniería Ambiental. Correo electrónico: [mruiz@correo.uts.edu.co](mailto:mruiz@correo.uts.edu.co). <http://orcid.org/0000-0002-8374-4165>

\*\*\*Ingeniero Sanitario y Ambiental. Magister en Ingeniería Ambiental. PhD (Candidato). Profesor Asociado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del grupo de investigación AQUAFORMAT. Correo electrónico: [jprodriguez@udistrital.edu.co](mailto:jprodriguez@udistrital.edu.co)

**Palabras clave:** Variabilidad climática; gestión del riesgo; cuenca hidrográfica; planificación hídrica.

## Abstract

This paper presents a review of the literature related to the importance of including in the water management systems the concept of climatic variability. Several documentary sources were used. Some international experiences were found, where technical and methodological advances towards water management through climate variability have allowed understanding and control of socio-environmental impacts in the management of water resources. However, in Colombia, water management and management exercises do not analyze basins from the perspective of climate variability. Therefore, in the planning, planning and management of water resources, there is a need to update programs and projects related to risk management in terms of natural climatic variability. With the above it could improve the preventive intervention of the environmental authority in the decision making. Positively impacts the environmental, social, economic and health area.

**Keywords:** Climate variability; risk management; watershed; Water planning.

## Resumo

Este artigo apresenta uma revisão da literatura relacionada à importância de incluir nos sistemas de gestão da água o conceito de variabilidade climática. Várias fontes documentais foram usadas. Algumas experiências internacionais foram encontradas, onde os avanços técnicos e metodológicos para o gerenciamento da água através da variabilidade climática permitiram a compreensão e controle dos impactos socioambientais na gestão dos recursos hídricos. No entanto, na Colômbia, os exercícios de gestão e gestão da água não analisam as bacias na perspectiva da variabilidade climática. Portanto, no planejamento, planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, é necessário atualizar programas e projetos relacionados ao gerenciamento de riscos em termos de variabilidade climática natural. Com o acima mencionado, poderia melhorar a

intervenção preventiva da autoridade ambiental na tomada de decisão. Impacta positivamente a área ambiental, social, econômica e de saúde.

**Palavras-chave:** variabilidade climática; gerenciamento de riscos; bacia hidrográfica; Planejamento de água.

## Introducción

Desde tiempos remotos siempre se ha asociado al término de desarrollo socioeconómico la cercanía de las urbes a los cuerpos de agua superficiales, lo que se traduce en términos de disponibilidad del recurso hídrico para la gente. Sin embargo, se desconoce que a través de dicha interacción, se genera un estrés en los espacios naturales debido al aumento de demanda de servicios ecosistémicos, en especial el caudal para abastecimiento de agua para: consumo humano, y usos agrícolas e industriales (Andrade-Pérez & Navarrete-Le Bas, 2004; Guerrero et al., 2006). La gestión hídrica de una cuenca es un proceso administrativo complejo que induce a la regionalización de actividades económicas, sociales, naturales, políticas entre otras (Gil & Salcedo, 2017). Así, la gestión eficaz debe establecer una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica.

La variabilidad climática corresponde a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc) del clima en todas las escalas temporales y espaciales. Por su parte, la variabilidad climática permite explicar las causas de los eventos extremos, con lo cual se podría reconocer la respuesta de la naturaleza sobre la presión ejercida por la industrialización y en general los procesos antropogénicos (Bernex, 2006). De este modo, la variabilidad climática tendrá dos señales, una interna asociada a los procesos naturales del sistema climático, y otra externa, relacionada con la variaciones debidas al forzamiento antropogénico (Peixoto & Oort, 1992; Bigg, 1996). Según Rodríguez et al. (2016a; 2016b), es importante establecer que la planificación del recurso hídrico el clima no varía, y por lo tanto se requiere información

climatológica, hidrológica y de calidad del agua, integrada en el contexto de la perspectiva del análisis en una cuenca hidrográfica. Así, en este artículo se presenta una revisión del estado del arte relacionada con la importancia de incluir en los sistemas de gestión hídrica, la variabilidad climática.

Para el caso de Colombia, la variabilidad climática se encuentra determinada por: "(1) su situación tropical, bajo la influencia de los vientos alisios y la oscilación meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), (2) su vecindad con los Océanos Pacífico y Atlántico, fuentes muy importantes de humedad que penetran hacia el interior, y (3) su conformación fisiográfica que incluye la presencia de la Cordillera de los Andes cruzando el país de suroeste a noreste, con valles interandinos y vertientes de cordillera con marcadas diferencias climáticas"; la influencia de estas características se pueden comprender mejor si se observan desde una perspectiva más particular, de acuerdo con las dinámicas de variabilidad climática de cada región (Pabón et al., 2001; Poveda, 2004; García, 2012).

### Método

El método aplicado en la construcción de este manuscrito, según el análisis y alcance de los resultados, fue del tipo explicativo, dado que se tuvo como objetivo determinar los orígenes o causas de un determinado conjunto de fenómenos (Campanelli, et.al, 2014). A su vez, para la búsqueda bibliográfica se utilizaron varias fuentes documentales, y se usaron varios descriptores asociados a la temática de interés.

### Desarrollo

#### Sistemas de gestión hídrica

El agua es entendida como un recurso económico para el cual existe una oferta limitada y una demanda creciente, que por lo general tiende a superar la disponibilidad del recurso. Una de las condiciones necesarias pero no suficientes para que el mercado opere, es la asignación de derechos de propiedad mediante los títulos de concesión de aguas superficiales,

lo cual es potestad de la autoridad ambiental competente. Sin embargo, la propiedad se establece en función de los intereses económicos humanos, y no sobre las necesidades de garantizar los flujos de materiales y energía de los sistemas naturales (Garcés, 2011).

Por lo general, el recurso hídrico se ha aislado de los ecosistemas de los cuales forman parte, y se ha percibido en forma independiente de los otros componentes. El concepto de ecosistema se desarrolla con el aporte de disciplinas como la teoría general de sistemas y la ecología (Bertalanffy, 2000). La teoría de los sistemas abiertos, permite la definición de los ecosistemas como sistemas que experimentan la entrada y salida constante de materia y energía, aun cuando sus aspectos generales y funciones, permanezcan constantes por periodos prolongados (Odum, 1985; Alcibar, 2003). Los ecosistemas en general, y los asociados al agua en particular, entregan servicios ecosistémicos, que debido a que no son incorporados en las transacciones del mercado, estos se han desconocido. Así, el proceso de dividir el todo en cada una de sus partes conduce a la fragmentación del concepto del ciclo hidrológico (Leff, 2006). Dependiendo de los límites que se establezcan, en función del objetivo de estudio, el agua puede ser concebida como un elemento articulador de diferentes ecosistemas, o como parte integrante de un ecosistema mayor, como una cuenca hidrográfica (Rojas et al., 2013).

La gobernabilidad del agua cubre así mismo un conjunto de temas íntimamente ligados al agua, desde la salud y la seguridad alimentaria hasta el desarrollo económico, el uso de la tierra y la preservación del entorno natural (Araral & Wang, 2013). De este modo, la administración del agua va a estar asociada al área de jurisdicción de la autoridad ambiental competente, y la estructura ecológica principal de la cuenca hidrográfica. Asimismo, la gestión integrada de los recursos hídricos requiere un enfoque sectorial diferencial que responda a las necesidades de la sociedad, a través de la construcción de una nueva gestión

multipropósito basada en acciones comunes de planificación, gestión integrada de cuencas hidrográficas, y usos múltiples (Rodríguez et al., 2016a).

Por lo tanto, de manera generalizada las autoridades ambientales trabajan lo correspondiente a la gestión del agua, pero desde los atributos de una macrocuenca, lo cual debería definirse desde un escenario más locativo, es decir, para cada microcuenca la situación en campo tendría que estar relacionada con el establecimiento de un modelo de relaciones que soporte la toma de decisiones en tiempo real. Muchas veces se analizan los inventarios del recurso hidráulico superficial, influidos por la población que presiona la cuenca hídrica por las actividades socioeconómicas de los municipios, las zonas de protección de los bosques en los nacimientos de agua, las acciones de protección de la cuenca hidrográfica, y la oferta y demanda del recurso hídrico (Rodríguez et al., 2014). Así, al interpretar las prioridades de las estructuras sustentables en los territorios se evidencia un desequilibrio en las dimensiones: equilibrio social, crecimiento económico y sostenibilidad ambiental, con lo cual se da una desarticulación entre las instituciones del Estado y las necesidades ambientales, produciendo una inestabilidad entre la ordenación del territorio y los bienes ambientales, lo que implica redefinir el modelo de relaciones teniendo en específico la representación y la transformación del estado inicial del territorio (Rodríguez et al., 2016b).

### Sistemas de gestión hídrica en Colombia

La gestión hídrica en Colombia se enfoca en la administración de la oferta-demanda del caudal que existe sobre los sistemas de agua dulce superficiales. Por lo tanto, la gobernabilidad del recurso hídrico no presenta una conceptualización específica demarcada por la normatividad vigente (Rodríguez et al., 2014). Sin embargo, a través de instrumentos de planificación del orden nacional, se pueden entender los lineamientos en que se contextualiza la política pública del agua, y a partir de ella generar proyectos normativos,

administrativos y técnicos que intentan establecer parámetros comunes entre las autoridades ambientales regionales, a través de los lineamientos del orden nacional.

En este sentido, el Decreto 3600 de 2007 artículo 1 menciona que la "...Estructura Ecológica Principal: corresponde a un conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones". Refiriéndose de esta manera a un desarrollo socioeconómico sostenible, considerado en la Ley orgánica 388 de 1997, que relaciona las normas a considerarse por los entes territoriales en sus planes de ordenamiento territorial.

Por su parte, Zamudio (2012) realizó una revisión general sobre la gestión del agua en Colombia, y menciona que se debe enfatizar en la gobernabilidad como un elemento fundamental en este tipo de procesos. Por lo tanto, a partir de la recopilación y análisis de información secundaria, se identificó la evolución de la gestión del agua en el país y, en esa medida, los aspectos que permiten evidenciar una crisis de gobernabilidad en esta materia.

Variabilidad climática como apoyo de los sistemas de la gestión hídrica en Colombia

La variabilidad climática afecta la función y operación de la infraestructura hídrica existente, así como las prácticas de gestión integral de los recursos hídricos (Thornton et al., 2014). Con el calentamiento del sistema climático existe probabilidad de alteración en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos con consecuencias adversas para los sistemas naturales y humanos (Poveda, 2004); la severidad de esos fenómenos dependerá no solamente de su naturaleza sino de la exposición y de la vulnerabilidad de la población.

Los fenómenos de variabilidad climática cada vez tienen mayor intensidad sobre los recursos

hídricos en el territorio nacional. Así, a partir del 2010 la variabilidad climática adquiere mayor importancia, generando el interés institucional por comprender el comportamiento sistémico local y regional en las cuencas hidrográficas. En esta medida, la variabilidad climática se ha vuelto un tema fundamental para encaminar los recursos hacia las demandas de esta problemática, lo cual requiere alta complejidad, y por lo tanto está sujeto a altos niveles de incertidumbre. No obstante, existe la necesidad de generar políticas que permitan dar respuestas inmediatas a las afectaciones del recurso hídrico asociadas a la variabilidad climática, además de orientar la planificación del uso del agua y de la ocupación del territorio con una visión a largo plazo (García et al., 2012). Según Zamudio (2012) pese a los avances en la gestión del agua en el país, todavía es incipiente un enfoque integral que considere múltiples criterios para facilitar la gobernabilidad sobre el recurso hídrico.

### Conclusiones

La gestión hídrica para Colombia ha realizado avances importantes con respecto a procesos que antes no eran considerados, definiendo como unidad de interés hídrico, la cuenca hidrográfica. De este modo, es prioridad que la gobernabilidad hídrica en el país, asuma nuevos paradigmas hacia la integralidad de procesos técnicos, normativos, administrativos y científicos; que permitan que la información de las investigaciones, y la contextualización de la cuenca hidrográfica en términos del riesgo y la vulnerabilidad se integren transversalmente a través de la variabilidad climática. La variabilidad climática es un proceso natural que depende de las condiciones orográficas y de la localización geográfica de la región en estudio. Sin embargo, los procesos que actualmente se direccionan en Colombia dificultan la obtención de registros de información climatológica en diferentes periodos de tiempo.

Se debe priorizar en la actualización de las políticas que incluyan nuevos modelos de gestión hídrica desarrollados por investigaciones aplicadas en diferentes regiones del país, evitando con ello aplicar procesos desarrollados

con éxito en países cuyas características naturales y climáticas son totalmente diferentes. De esta manera, se minimizan los riesgos e impactos en términos de la pérdida de calidad de los servicios ecosistémicos.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) por el suministro de los datos de campo, para la Subcuenca Río de Oro. Igualmente, se agradece al programa de Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga.

### Referencias bibliográficas

- Alcibar, M. (2003). La metáfora cibernética y los ecosistemas. *Argumentos de Razón Técnica*, 6(0) 183-191.
- Andrade-Pérez, A., & Navarrete-Le Bas, F. (2004). *Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. México D.F: Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Red de Formación Ambiental 111.
- Araral, E., & Wang, Y. (2013). Water governance 2.0: a review and second generation research agenda. *Water Resources Management*, 27(11): 3945-3957.
- Bernex, N., (2006). Abriendo las puertas al desarrollo social y al crecimiento económico: de que manera puede contribuir un enfoque más integrado acerca del agua. *Espacio y Desarrollo*, (18), 147-157.
- Bertalanffy, L. (2000). *Teoría General de Sistemas*, Bogotá: Fondo de cultura económica. 311 p.
- Bigg, G. (1996). *The oceans and climate. First published*. Cambridge University Press. Great Britain. 266 p.

- Campanelli, N., Frías Armenta, M. E., & Martínez Morales, J. L. (2014). Rings of graphs. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 46(1), 51-56. doi:10.1016/j.endm.2014.08.008
- Garcés, J. A. (2011). Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. *Revista Virtual REDESMA*, 5(1): 29-41.
- García, M. C., Botero, A. P., Quiroga, F. A. B., & Robles, E.A. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 60-64.
- Gil Salcedo, J. J., & Salcedo Andrade, C. E. (2017). *Formulación del plan de desarrollo estratégico de las asociaciones de usuario de acueducto, de la cuenca hidrográfica media del río Tuluá periodo 2016-2020*. Maestría en Administración. Facultad de Ciencias de la Administración. Universidad del Valle, sede Tuluá. 165 p.
- Guerrero, E., De Keizer, O., & Córdoba, R. (2006). *La Aplicación del Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos*. Quito: UICN, Ecuador. 78 p.
- Leff, E. (2006). Ética por la vida. Elogio de la voluntad de poder. Polis, *Revista de la Universidad Bolivariana*, 5(13), 12.
- Odum, E.P. (1985). *Fundamentos de ecología*. México: Editorial interamericana.
- Pabón, J.D. (2003). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. Cuadernos de Geografía: *Revista Colombiana de Geografía*, (12), 111-119.
- Peixoto, J. & Oort, A. (1992). *Physics of climate*. New York: American Institute of Physics. 520 p.
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 28(107), 201-222.
- Pérez, Á. A., & Le Blas, F. N. (2004). *Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico*. España: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Red de Formación Ambiental.
- Rodríguez, J.P., Bolaños, S.J., & García, C.A. (2014). Software engineering as a vehicle for water resources environmental planning. *Tecnura*, 18(spe), 150-159. DOI: <https://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.DSE1.a13Turbay, S., Nates, B.,>
- Rodríguez, J.P., García, C.A., & Ruiz-Ochoa, M. (2016). Integration of the stationality climate variability to a model of hidric environmental planning. *International Journal of ChemTech Research*, 9(12), 278-284.
- Rodríguez, J.P., García, C.A., & Santiado, F.A. (2016). Model of water environmental planning seasonal. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 11(5), 1105-1118.
- Rojas-Padilla, J.H., Pérez-Rincón, M.A., Malheiros, T.F., Madera-Parra, C.A., Guimarães Prota, M., & Dos Santos, R. (2013). Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. *Ambi & Agua, Taubaté*, 8(1): 73-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.971>.
- Thornton, P.K., Ericksen, P.J., Herrero, M., & Challinor, A.J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global Change Biology*, 20(11): 3313-3328.
- Zamudio, C. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos. *Revista Gestión*. 12(1), 10.