

# ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA POR DÉFICIT HÍDRICO EN ACUEDUCTOS MUNICIPALES CON PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO EN CALDAS

Alejandro Marulanda Aguirre, Olga Lucía Ocampo López y Jorge Julián Vélez Upegui

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Colombia.

E-mail: amarulanda@unal.edu.co, olocampol@unal.edu.co, jjvelezu@unal.edu.co

## Introducción

La región tropical andina suele estar expuesta a diferentes oscilaciones climáticas que condicionan su dinámica bimodal bajo dos escenarios; temporada invernal y seca. La anomalía generada sobre dos de los componentes fundamentales en el ciclo hidrológico, temperatura y precipitación, genera gran impacto en todas las actividades sociales, agrícolas, culturales, ambientales, productivas, entre otras. Los escenarios de sequía generados por la presencia del ENOS (El Niño Oscilación del Sur) se ven acentuados por condiciones de cambio climático, cambios en las condiciones físicas y efectos de actividades antrópicas en algunas regiones contribuyen a incrementar la amenaza por desabastecimiento hídrico de poblaciones.

El departamento de Caldas se encuentra localizado en el centro occidente de la región andina Colombiana, se encuentra bañado por los ríos Magdalena y Cauca en sus costados occidental y oriental respectivamente y cuenta con la cadena montañosa andina central sobre la cual se localiza el Parque Nacional Natural Los Nevados.

De acuerdo al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, es de esperar, en promedio una vez cada 5 años, una sequía que cubra más del 50% del territorio.

Es vital comprender conceptualmente la dinámica que se genera en el ciclo hídrico de los diferentes elementos y procesos, la importancia de ciertos procesos sobre otros en escenarios de sequía y generar confiabilidad mediante un proceso de calibración de cuencas acertado para dichas condiciones.

El objetivo de esta investigación es estimar la amenaza en acueductos municipales con déficit hídrico en el departamento de Caldas bajo el contexto de cambio y variabilidad climática.

La amenaza se analiza desde dos puntos de vista: el déficit hídrico en las áreas abastecedoras de acueductos municipales bajo variabilidad climática y los posibles efectos futuros por cambio climático en la oferta hídrica mediante modelación.

## Antecedentes

El clima en la región andina está condicionado por diferentes factores. Colombia está localizado en la Zona de Confluencia Inter-Tropical que cruza dos veces en el año y determina el régimen bimodal, sin embargo los eventos extremos están influenciados por el ingreso de frente húmedos del este (Amazonía y Orinoquía) y del oeste desde el pacífico; éste último de gran importancia. A nivel orográfico está determinado por la presencia de la cadena montañosa Andina. (Corpocaldas, 2015) (IDEAM, 1997) (IDEAM, 2009) (NOAA, 2015). Existe gran correlación entre los eventos extremos y la anomalía de la temperatura superficial del mar (IDEAM, 2007). De otro lado el incremento en los Gases de Efecto Invernadero han generado incremento en la temperatura de atmósfera y océanos, lo que ha acelerado diferentes procesos relacionados con el agua, acentuado los eventos extremos. Sus efectos se evidencian con el retroceso glaciar y aumento en niveles del mar (IPCC, 2013) (IPCC, 2014) (IDEAM, 2005).

De otro lado la sequía ha sido ampliamente estudiada en todo el mundo y se han planteado diferentes índices para el monitoreo de su evolución (OMM & GWP, 2016) (OMM, 2012) (UNESCO, 2002). Es relevante reconocer los tipos de sequía y

la interacción entre componentes y procesos para comprender su evolución en el tiempo. Al inicio se presenta la sequía meteorológica con un déficit de precipitaciones, aumento en temperaturas, fuertes vientos, baja humedad relativa, mayor radiación solar y menor nubosidad. Posteriormente se presenta la sequía agrícola que se caracteriza por el déficit de agua en el suelo, que genera estrés hídrico en plantas con reducción de biomasa y disminución del rendimiento. Finalmente se presenta sequía hidrológica, que se refiere al descenso de los caudales sobre fuentes hídricas y reducción en volumen en cuerpos de agua, como se aprecia en la Figura 1. (Wilhite, 2000).

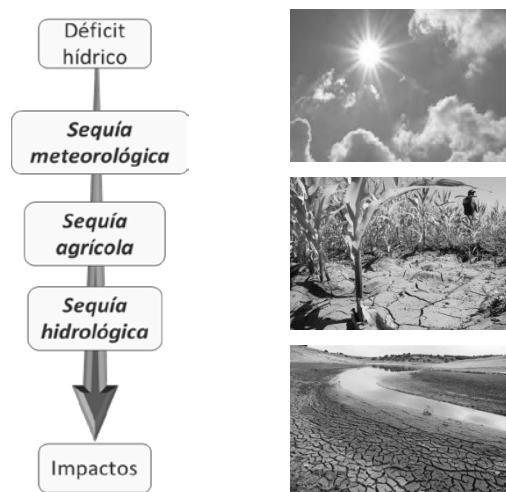


Figura 1.- Relación tipos de sequía. (Wilhite, 2000).

Entre los índices más utilizados a nivel mundial destacan el Índice de Precipitación estandarizado (SPI), Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI), Índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI), entre otros. Las bondades y debilidades se relacionan con la complejidad y disponibilidad de sus insumos, complejidad en su estimación y operatividad.

## Metodología

La metodología propuesta se muestra en la Figura 2, en donde se siguen las siguientes de actividades para poder lograr los objetivos del proyecto:

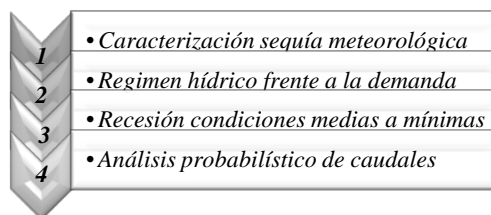


Figura 2.- Metodología por actividades.

## Resultados

Se realiza un análisis estadístico, de homogeneidad y consistencia a todas las series climáticas de temperatura y lluvia

disponibles para la zona de estudio, el análisis se realiza a nivel diario, mensual y anual para caracterizar la sequía meteorológica. Con la información climatológica disponible se procede a estimar el SPEI para intervalos de 1, 3, 6, 12, 24 y 48 meses, los resultados se presentan en la Figura 2, en donde se destacan los periodos de sequía observados para la estación XXX (1981-2010).

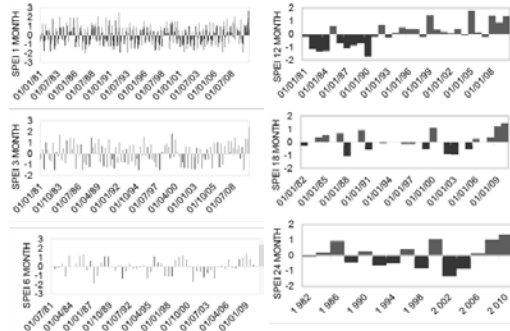


Figura 2.- SPEI 1, 3, 6, 12, 18 y 24 meses para la estación XXX (1981-2010).

Se hace uso de la modelación hidrológica de cuencas, mediante el modelo de tanques en su versión agregada para realizar la calibración y validación modelo hidrológico en cuencas aforadas, para luego aplicar el modelo calibrado y validado en cuencas no aforadas como son las cuencas abastecedoras de agua. Los resultados se aprecian en la Figura 3, en donde se aprecia la buena calibración y validación obtenida.

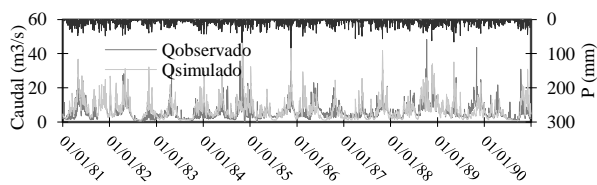


Figura 3.- Resultados de la calibración-validación del modelo hidrológico en La Merced (Caldas).

Con los resultados de la modelación se obtiene la oferta hídrica disponible en la zona, la cual se contrasta con la demanda, tal como se aprecia en la Figura 4, en donde se muestran los resultados para la cuenca abastecedora del acueducto del municipio de La Merced, con problemas de abastecimiento durante un 40% del tiempo de caudales diarios.

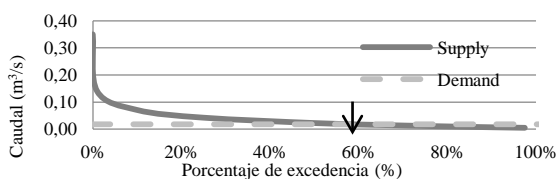


Figura 4. Oferta y demanda para el acueducto municipal de La Merced.

Otro factor de estudio son las recesiones y el tiempo entre  $Q_{medio}$  y  $Q_{mínimo}$  bajo sequía, en la Figura 5 se aprecia en escala logarítmica un análisis de este tipo para la cuenca XXX, en donde se aprecia un coeficiente de recesión estable.

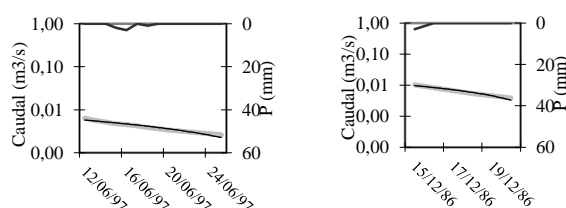


Figura 5.- Curvas de recesión en la cuenca XXX

Finalmente, se realiza la estimación probabilística de caudales mínimos mediante el ajuste de una Función de Distribución de Probabilidad que permita establecer los periodos de retorno para las sequías, los resultados para la estación XX se aprecian en la Figura 6.

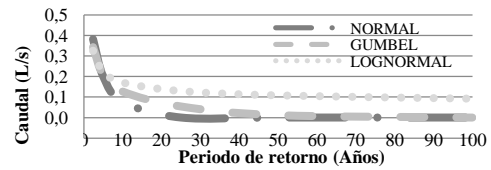


Figura 6.- Caudales mínimos/periodo de retorno.

## Conclusiones

Es posible estimar la amenaza por desabastecimiento mediante el entendimiento de los procesos hídricos involucrados.

La regulación y retención hídrica no sólo depende de condiciones físicas como vegetación y suelos sino que está determinada por el clima.

La característica relevante frente a un evento de sequía es la duración. Ella refleja los efectos acumulados a lo largo del tiempo que representan mayores impactos sobre el abastecimiento en general.

La incorporación de Cambio Climático no busca pronosticar el comportamiento futuro de las fuentes hídricas sino que busca dar robustez a los análisis realizados, simulando posibles escenarios y estableciendo efectos e impactos.

La vulnerabilidad no solo depende de la oferta hídrica, también de la calidad de las aguas que limitan el aprovechamiento, de la demanda hídrica y de la infraestructura utilizada para el sistema hidráulico.

Todo el régimen de caudales es importante para el abastecimiento enfocado en una gestión que contemple medidas de adaptación y mitigación.

Es importante romper el ciclo hidro-ilógico a través de la gestión integral del riesgo (prevención y adaptación) dando fin a la reactiva gestión de crisis.

## Referencias bibliográficas

- CORPOCALDAS** (2015). Aplicación de la estrategia para la implementación de la Evaluación Regional del Agua - ERA en jurisdicción del departamento de Caldas. Manizales, Colombia.
- IDEAM** (1997). Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en el periodo 1997-1998 en Colombia. Bogotá D.C..
- IDEAM**. (2005). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá D.C.:
- IDEAM**. (2007). Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. Bogotá D.C.: Centro de Documentación IDEAM.
- IDEAM** (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Bogotá D.C.: IDEAM, Subdirección de Meteorología.
- IPCC** (2013). Cambio climático. WGI Technical Support Unit (pág. 2). Berna: University of Bern.
- IPCC** (2014). Cambio climático 2014 - Informe de síntesis. Berna.
- NOAA** (2015). Climate Prediction Center. Washington D.C.: National Weather Service.
- OMM & GWP** (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices. Geneva: Integrated Drought Management Programme.
- OMM** (2012). Índice normalizado de precipitación. Guía de usuario. Ginebra, Suiza: OMM-No 1090.
- UNESCO** (2002). Coping with water scarcity. Paris: IHP-VI, Technical Documents in Hydrology.
- Wilhite, D.** (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. Lincoln: DigitalCommons@University of Nebraska.