

PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA GRAVEDAD DE EVENTOS REGIONALES DE SEQUÍA – CUENCAS SUMAPAZ Y LEBRIJA, COLOMBIA

Laura P. Torres R. y Mario A. Díaz-Granados O.

Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental CIIA, Universidad de los Andes, Colombia.
E-mail: lp.torres1937@uniandes.edu.co, mdiazgra@uniandes.edu.co

Introducción

Para aplicaciones prácticas y operativas, las sequías deberían ser estudiadas como eventos regionales con el fin de desarrollar planes de contingencia adecuados. Sin embargo, la descripción del avance espacial de estas ocurrencias puede resultar desafiante dadas las características particulares, y extensivamente variables, de las zonas de estudio que determinan si efectivamente, se está presentando un evento regional seco. De esta forma, los estudios puntuales de sequías han sido los procedimientos preferidos y aplicados debido a su efectividad y simplicidad de interpretación. Típicamente, estos análisis se llevan a cabo utilizando índices de sequía (IS) (Palmer, 1965; McKee *et al.*, 1993; Torres, 2017).

Regionalmente hablando, las sequías generan enormes impactos económicos y sociales. En el período 1980-2003, aproximadamente el 42% de las pérdidas monetarias relacionadas con el clima en Estados Unidos fueron causadas por sequías (Ross & Lott, 2003). En 1995, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA) estimaba que las pérdidas anuales relacionadas con sequías eran las más altas de todas las generadas por eventos climáticos y se encontraban, en promedio, entre 6,000 y 8,000 millones de dólares (de 1995). En el caso de Latinoamérica, de los 6.9 millones de personas afectadas por diferentes eventos extremos en el año 2011, el 29% fue causado por sequías; la mayoría de esta población se concentró en el sur de Ecuador, donde las autoridades reportaron un total de 1.39 millones de damnificados (UNISDR & Corporación OSSO, 2013).

Los análisis de frecuencia son una de las aplicaciones más comunes de la estadística en la hidrología. Estas herramientas son particularmente valiosas en el caso del estudio regional de sequías dado que permiten establecer la severidad, duración y frecuencia de los eventos. Para analizar la distribución espacial de eventos futuros, aplicando análisis estadísticos, se han desarrollado instrumentos como las curvas Severidad-Área-Frecuencia (SAF), Severidad-Área-Duración (SAD) y Severidad-Duración-Frecuencia (SDF) (Rahmat *et al.*, 2015). Debe mencionarse que estas últimas curvas suelen construirse para estaciones puntuales y no para grandes áreas por la razón que se expone a continuación.

La principal limitación para el desarrollo de estudios regionales de sequía, utilizando las metodologías convencionales, es el hecho de que la calidad del análisis depende fuertemente de la densidad y distribución espacial de la red de estaciones en la zona (Brown *et al.*, 2008). En contraste, los índices de condición de la vegetación, derivados a partir de información satelital, son una de las herramientas más útiles para determinar el nivel de estrés en la vegetación durante eventos de sequía, especialmente de tipo agrícola. Sin embargo, a pesar de que la información satelital ha mostrado ser eficaz en la detección de anomalías en la vegetación, las causas de éstas deben ser identificadas utilizando información adicional. Un número importante de eventos (sequías, inundaciones, incendios, plagas, heladas, etc.) pueden generar desviaciones similares. De esta forma, la integración de información climática de resolución gruesa (IS calculados para estaciones en tierra) y observaciones satelitales de vegetación, con resolución más fina, podría proveer un enfoque alternativo para caracterizar mejor la extensión espacial, intensidad y variabilidad local de eventos de sequía.

En este trabajo se presentan los resultados de análisis regionales de sequía desarrollados para dos cuencas colombianas: Sumapaz y Lebrija. Los objetivos de los procedimientos aplicados fueron, en primer lugar, ensayar una serie de técnicas que pudieran facilitar el análisis regional de eventos de sequía. Dado lo anterior, se construyeron curvas SDF regionales utilizando diferentes metodologías de cálculo de IS y se ubicaron algunos eventos históricos (diagnosticados como regionales) con el fin de establecer su gravedad. En segundo lugar, se buscó caracterizar la relación existente entre los eventos secos y la condición de la vegetación en la zona de estudio. Por esta razón, se realizaron comparaciones entre series regionales generadas de IS y de Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) con el fin de establecer la existencia de correlaciones de algún tipo entre éstas. A partir de los resultados obtenidos en este último proceso, se realizó un análisis de espectros de coherencia wavelet entre las series, para caracterizar más profundamente, en tiempo y frecuencia, las relaciones identificadas preliminarmente.

Métodos

En primer lugar, las curvas SDF regionales se construyeron utilizando información de análisis de frecuencias realizados en estaciones puntuales de las dos cuencas estudiadas. Contando con los datos anteriores, se llevó a cabo un proceso de interpolación espacial mediante el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW) para obtener un valor regional promedio de severidad, asociado con una determinada duración y periodo de retorno. Posteriormente, a partir de series históricas puntuales de IS, se utilizó un procedimiento que permitió identificar eventos secos históricos regionales. Una vez establecidas las ocurrencias, se determinaron las características regionales (severidad y duración) y se ubicaron en las curvas SDF regionales desarrolladas.

En segundo lugar, se realizaron comparaciones entre series regionales de IS y NDVI. El primer paso consistió en procesar las coberturas satelitales de NDVI recolectadas, con el fin de regionalizarlas, compatibilizarlas (debido a que se utilizó información de 2 sensores diferentes) y obtener series en escala mensual (para que fueran comparables con las series de IS). El segundo paso consistió en buscar establecer relaciones directas entre las dos series analizadas; sin embargo, se observó una variabilidad muy alta para NDVI por lo que se optó por aplicar un proceso de Descomposición Modal Intrínseca (DMI) para suavizar el comportamiento de las dos señales analizadas, obteniendo aproximadamente 9 modos por serie. Una vez desarrollado este procedimiento, se llevaron a cabo comparaciones gráficas y numéricas (utilizando el coeficiente de correlación de Pearson) y se aplicaron rezagos para mejorar el comportamiento.

Finalmente, dados los resultados obtenidos en el paso anterior, se optó por analizar detalladamente las relaciones encontradas entre IS y NDVI. Por esta razón se utilizó un análisis de coherencia wavelet de las dos series para identificar espacios en tiempo y frecuencia para los cuales las señales mostraran concentraciones concordantes de energía. Adicionalmente, se estudió la dirección y magnitud de los ángulos de desfase obtenidos entre las señales, con el fin de establecer la existencia de una relación general de causalidad entre ambas.

