

ANÁLISIS DE LLUVIAS SINTÉTICAS DIARIAS EN LA CUENCA DEL ARROYO SAN ANTONIO. VALLEDUPAR - CESAR

Héctor Alfonso Rodríguez Díaz¹ y Andrés Humberto Otálora Carmona²

Profesor Titular. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
Profesor Instructor. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
E-mail: alfonso.rodriguez@escuelaing.edu.co, andres.otalora@escuelaing.edu.co

Introducción

Este artículo presenta los análisis, resultados y recomendaciones de la utilización de un modelo simplificado para la generación de series sintéticas de lluvias diarias en la cuenca del Arroyo San Antonio para la zona de explotación minera en el departamento del Cesar, Colombia. En este análisis se ha utilizado como base un método de reanálisis de datos diarios de la Universidad de Chile (2015). Teniendo en cuenta las particularidades hidrológicas de la zona de estudio y con el propósito de reducir las diferencias entre el patrón generado por la lluvia sintética y el patrón de los registros históricos originales, el método ha sido optimizado. En general los métodos estocásticos para la generación de datos diarios, utilizan series históricas que constituyen una muestra estadística de la variable hidrológica a reproducir. Estos métodos de generación reproducen secuencias de las magnitudes de éstas variables, resguardando las características de la serie histórica que les dio origen, sin que los valores o secuencias de ellos sean iguales a los observados. El propósito de la generación de estos registros sintéticos, es la reproducción de datos con patrones particulares que permitan realizar análisis hidrológicos asumiendo estas series como registros reales de lluvias futuras.

Recopilación de información hidroclimatológica

Para disponer de la información hidroclimatológica de la zona de estudio, se procedió a adquirir y revisar, para la zona de estudio, los datos de estaciones climatológicas especiales, ordinarias, pluviométrica y pluviográficas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Se seleccionaron todas aquellas estaciones con años de registro suficientemente extensos. En total se obtuvieron 27 estaciones con datos de temperatura, precipitación y evaporación a nivel diario, para todo el periodo de registro seleccionado.

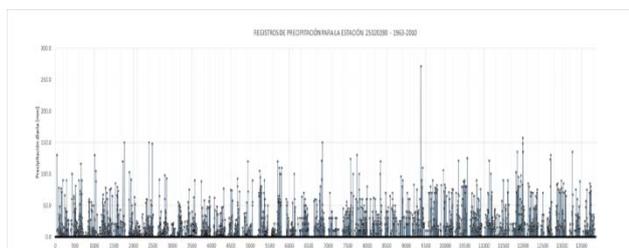


Figura 1.- Registros diarios de precipitación periodo 1963 a 2010. Estación La Loma, serie natural.

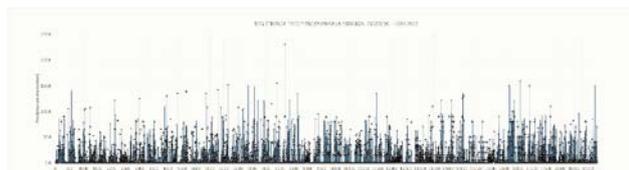


Figura 2.- Registros diarios de precipitación periodo 1963 a 2010. Estación La Jaga, serie natural.

Descripción general del modelo simplificado de generación de lluvia sintética

Tal como se mencionó, para la generación de la precipitación

diaria se seleccionó el método de reanálisis de datos, desarrollado por la Universidad de Chile en el 2015. Con este método se generan datos diarios con base en las estadísticas de los valores mensuales de la serie observada (para la extensión anual), manteniendo su media y su desviación. Este método utiliza el concepto de la persistencia hidrológica, el cual define la probabilidad de que en dos o más días consecutivos húmedos exista una alta probabilidad de presentarse un tercer día húmedo y viceversa con los días secos. Esta metodología presenta una ventaja significativa ya que trunca los valores negativos; para la generación de los parámetros aleatorios, utiliza la función Gamma y la función Normal, las cuales se pueden acotar a valores mayores a cero.

Debido a la magnitud de la información que se produce y con el propósito de disminuir el tiempo de cómputo, se desarrolló un software simple en Wolfram Mathematica, que genera datos a partir de la metodología descrita y para una serie anual de registros. Se encuentra, al disminuir el error entre los parámetros estadísticos de la serie histórica con respecto a la serie estocástica, el resultado más óptimo.

Metodología de cálculo de la lluvia sintética

En este método se definen como días húmedos (H) o secos (S) a cada uno de los 365 datos de precipitación de la serie anual. Un día húmedo se define si durante el transcurso del día, las lluvias acumuladas superan o igualan 0.1 mm, de lo contrario, se clasificará como un día seco.

También es necesario comparar la información de dos días consecutivos, determinando las posibles combinaciones de días secos y húmedos. Por tal razón se deben nombrar cada pareja de datos según la siguiente clasificación: húmedo – húmedo (HH), seco-seco (SS), húmedo –seco (HS) y seco – húmedo (SH).

Adicionalmente es necesario calcular los parámetros estadísticos a nivel mensual de la serie histórica (media y desviación estándar) y la probabilidad de ocurrencia de la combinación de días húmedos - secos, denominados PHS y la probabilidad de ocurrencia de la combinación de días húmedos – húmedos, denominados PHH. Las probabilidades se definen así:

$$PHS = \frac{NHS}{NS} \quad [1]$$

$$PHH = \frac{NHH}{NH} \quad [2]$$

Donde,

NHS: Número de combinaciones de días Húmedos – Secos *i*

NH: Número de combinaciones de días Húmedos – Húmedos *i*

NS: Número de días secos en el mes *i*

NH: Número de días húmedos en el mes *i*

Estas dos probabilidades discretas permiten crear la serie sintética a partir de las funciones probabilísticas continuas Gamma y Normal. Antes de utilizar las funciones de probabilidades, es necesario crear una lista de números aleatorios entre cero (0) y uno (1), cuya tendencia responda a la distribución Normal. Este procedimiento es relativamente sencillo de realizar debido a la implementación de funciones ya incorporadas en el software y en las hojas de cálculo. El software desarrollado en Wolfram Mathematica, varía y

delimita el rango de los números aleatorios manteniendo su tendencia Normal, tal que, al generar la serie sintética esta posea el menor error con respecto a la serie histórica.

Calibración del modelo

Para la calibración del modelo se han utilizado las estaciones “La Loma” y “La Jagua”, estaciones pluviográficas con mayor influencia en la zona de estudio. Dichos registros fueron completados y extendidos para obtener una serie diaria de precipitaciones totales. En la figura 3 se muestran un segmento de los resultados de la calibración del modelo a partir de los registros históricos de las estaciones representativas.

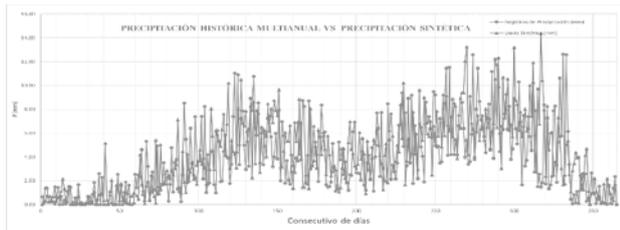


Figura 3.- Comparación de los resultados de la calibración del modelo a partir de los registros históricos multianuales de la Estación La Loma. Comparación de patrones.

Alternativas de generación de la lluvia sintética

La primera alternativa de generación sintética se realizó a partir de un solo año representativo. En este caso, se conforma una sola serie de precipitaciones diarias multianuales, para obtener tantas series como procesos aleatorios se realicen. En la segunda alternativa, la generación sintética se realiza año por año, utilizando como valores de entrada cada uno de los años de registro (extensión mínima de 50 años) y se obtiene una serie sintética por cada año. En las figuras 4 y 5 se presentan los resultados de la primera y segunda alternativa de generación de la lluvia sintética para la Estación La Loma.

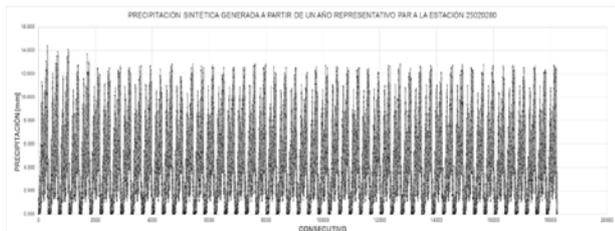


Figura 4.- Lluvia sintética de 50 años generada a partir de la media multianual de los valores diarios de la serie histórica. Estación La Loma.

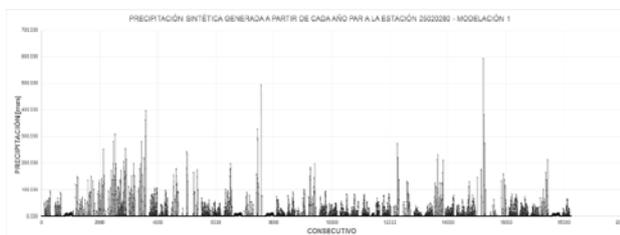


Figura 5.- Lluvia sintética obtenida año a año, manteniendo los valores medios anuales de la serie natural. Estación La Loma

Análisis de sensibilidad del modelo

Con el propósito de analizar la sensibilidad del nuevo modelo optimizado, se han realizado dos modelaciones por cada estación utilizadas para la calibración. Para la primera modelación se han generado registros sintéticos con un promedio superior a los registros históricos, mientras que para la segunda modelación se han truncado las variables aleatorias, con el propósito de generar series tal que los resultados

sintéticos presenten un promedio muy similar al promedio de los registros históricos a nivel diario. Estas modelaciones permiten analizar la variabilidad de la lluvia diaria, al recrear distintas condiciones sin alterar las características estadísticas de la serie histórica. Cabe destacar que es posible generar tantas series, como el usuario desee, manteniendo la tendencia de la media, pero modificando la desviación estándar de los registros sintéticos. Adicionalmente, es posible generar distintas tendencias de la precipitación al reagrupar de forma aleatoria las series sintéticas obtenidas, permitiendo generar un número casi infinito de series manteniendo entre ellas exactamente la misma media y desviación estándar. En las figuras 6 y 7 se presentan los resultados de ambas modelaciones

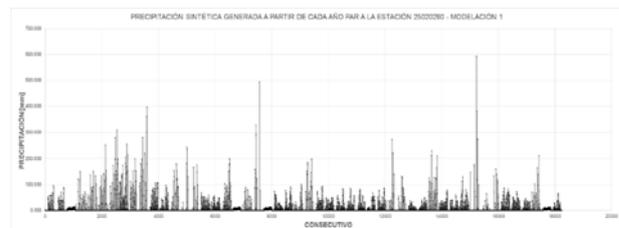


Figura 6.- Lluvia sintética obtenida año a año, manteniendo los valores medios anuales de la serie natural. Estación La Loma. Modelación 1.



Figura 7.- Lluvia sintética obtenida año a año, manteniendo los valores medios anuales de la serie natural. Estación La Loma. Modelación 2.

Conclusiones y recomendaciones

El modelo utilizado permite generar series sintéticas de precipitaciones diarias manteniendo parámetros estadísticos de la serie histórica.

Dependiendo de cómo se generen la serie sintética se pueden atenuar los picos de la serie histórica si adopta como parámetro, el promedio multianual de todos los valores diarios de los registros históricos.

De acuerdo con las simulaciones y los análisis realizados, si se busca reproducir los valores máximos de la serie histórica lo adecuado es generar series sintéticas con base en la media de cada año la serie histórica, así se presenten variaciones de la desviación estándar.

La revisión de los parámetros estadísticos de los datos sintéticos generados resulta conveniente. Cuando se tienen valores extremos en la serie histórica estos parámetros pueden cambiar significativamente.

El valor límite definido en el modelo para establecer la frontera entre un día seco y un día húmedo puede revisarse. Este parámetro podría modificarse dependiendo de las características del ciclo hidrológico de la zona de estudio.

Referencias bibliográficas

Olave Cuadra, Patricio E. and Vargas Mesa, Ximena (2015). “Generación de montos diarios de precipitación a partir de series observadas rellenada con datos de reanálisis” *Tesis de Pregrado*. Santiago de Chile, Chile.

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2018). “Caracterización del área de influencia (componente hidrología e hidráulica) requerida para la modificación de la licencia ambiental del proyecto la loma para el periodo 2019-2048”. Centro de Estudios Hidráulicos. Bogotá, Colombia.