

1. Regionalización de caudales máximos para cuenca hidrográfica del río Suárez.

2. Resumen

El proyecto denominado “*Regionalización de caudales máximos para cuenca hidrográfica del río Suárez*”, tuvo como principal objetivo generar ecuaciones para estimar la media de los caudales máximos \bar{Q}_{Max} y su desviación estándar $\sigma_{\bar{Q}_{Max}}$ con el fin de calcular el caudal máximo en cualquier sitio de interés dentro de la cuenca, mediante un proceso de regionalización por el método de regresión, el cual tuvo en cuenta diferentes variables físicas y morfométricas.

Otro de los objetivos del estudio, fue generar mapas de rendimientos hídricos, a partir de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, estimados mediante la aplicación de 5 distribuciones de frecuencias (Generalizada Logística (GLO), Generalizada de Pareto (GPA), Generalizada del Valor Extremo (GEV), Generalizada Normal (GNO) y Pearson Tipo III (PE3)).

3. Palabras claves

Suarez, regionalización, caudal, máximo, retorno, distribución, frecuencia, cuenca, regresión, Fúquene.

4. Introducción

El fenómeno de la niña del año 2010-2011 provoco las lluvias más intensas y abundantes nunca registradas en el país, a partir de lo cual se presentó la mayor tragedia que ha vivido Colombia (Colombia Humanitaria, 2013). Como parte de la respuesta y preparación de las distintas autoridades municipales se encuentran en el proceso actualización sus instrumentos de planificación territorial, sin embargo, la información hidrológica con la cual cuentan algunas regiones del país es limitada y sesgada por ello se deben recurrir a herramientas estadísticas de análisis de históricos de caudales.

Ante esta deficiencia de información hidrológica y por la necesidad de contar con información suficiente que sirva como insumo para elaborar los estudios generales de amenaza por inundación, se propone para la cuenca del río Suárez ecuaciones para la determinación de la media del caudal máximo y la desviación estándar, para cualquier sitio de interés, a partir de la regionalización de caudales máximo mediante el método de regresión, así mismo como mapas de rendimientos hídricos para diferentes periodos de retorno, brindando así un insumo para la estimaciones de caudales máximos.

La regionalización de parámetros hidrológicos se constituye como una herramienta que permite determinar valores en áreas que carecen de registros históricos y datos hidrológicos.

La cuenca de estudio corresponde a la del río Suárez, la cual se localiza en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, tiene un área aproximada de 7861 km² (Figura 1).

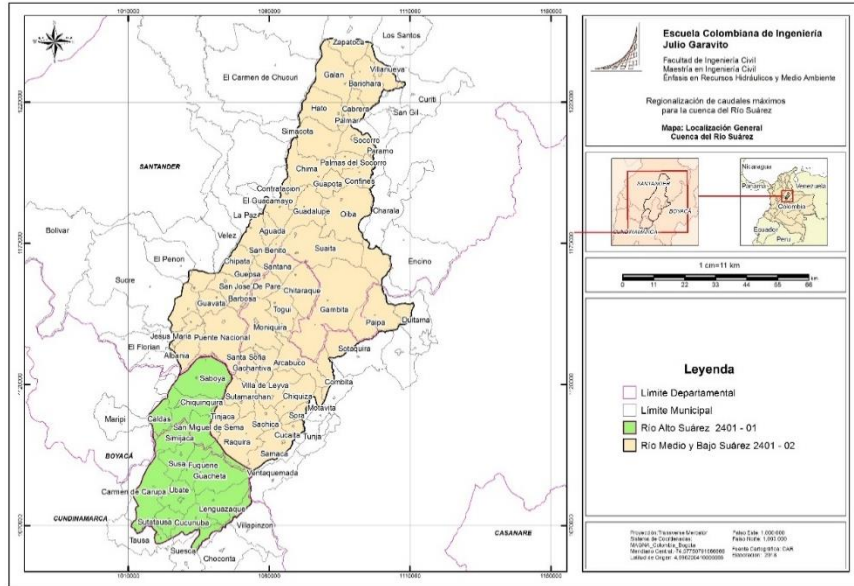
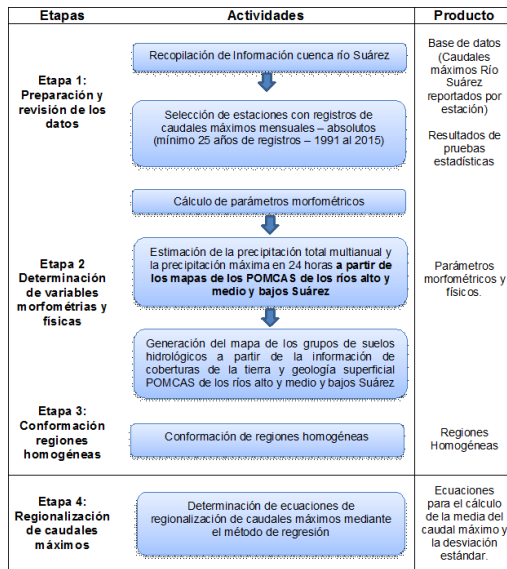


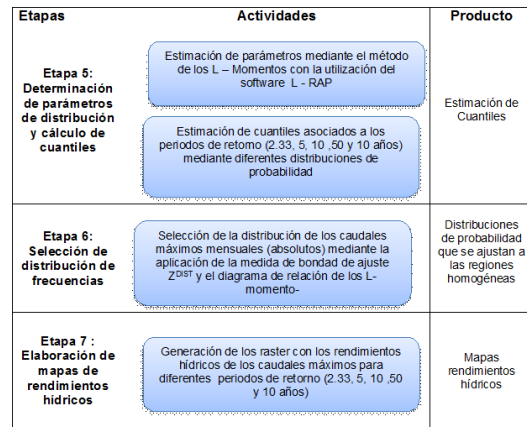
Figura 1. Localización geográfica cuenca río Suárez.
Fuente: (Corgoboyacá; CAR; CAS, 2016)

5. Metodología

La metodología para la obtención de los dos (2) productos del presente estudio a) la estimación de las ecuaciones para el cálculo de la media del caudal máximo y su desviación estándar, b), y la generación de los mapas de rendimientos hídricos para diferentes periodos de retorno. a ser usada considera el desarrollo de 7 etapas, que comprenden la selección de las estaciones hidrológicas, el tratamiento estadístico de los registros de caudales máximos, la determinación de los parámetros morfométricos y variables climatológicas, la conformación de regiones homogéneas, la regionalización de caudales mediante el método de regresión, la estimación de cuantiles para diferentes periodos de retorno, la selección de la distribución de mejor ajuste y la generación de mapas de rendimientos hídricos (Figura 2).



Metodología para la estimación de ecuaciones



Metodología para la generación de mapas rendimientos hídricos

Figura 2. Metodología general.

6. Resultados

Se seleccionaron 30 estaciones hidrológicas en la cuenca del río Suárez con registros de caudales máximos (absolutos), las cuales se encuentran activas y presenta un porcentaje de completitud del 70% en el periodo comprendido del año 1991 al 2015, para las cuales se determinaron 13 variables morfométricas y físicas.

Se establecieron 2 propuestas de grupos de estaciones, basado en criterios geográficos y físicos, buscando homogeneidad en sus características hidrológicas. La primera propuesta se basó en el criterio de zonificación hidrográfica, conformando dos regiones, la primera, agrupo las estaciones hidrológicas localizadas en la cuenca alta del río Suárez, segunda las estaciones ubicadas en la cuenca median y baja del río Suárez. La segunda propuesta se realizó en función del área de las cuencas de drenaje de las estaciones hidrológicas, en este caso, se conformaron dos (2) regiones. La región 1, la cual relaciona las estaciones hidrológicas con áreas (\geq) a 110 km², y la región 2, la cual agrupa la estaciones con áreas (\leq) a 110 km².

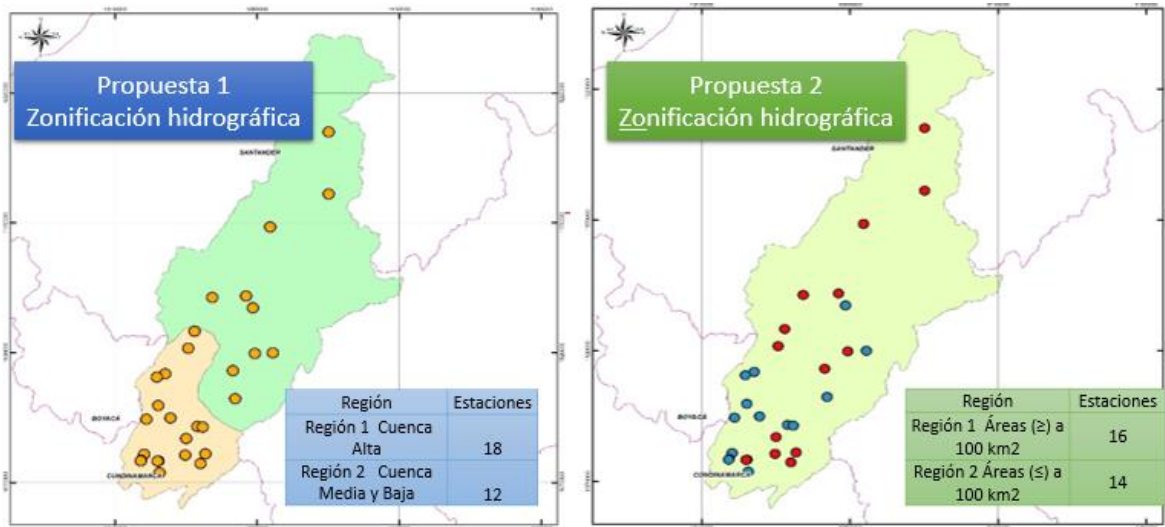


Figura 2. Propuestas de regiones homogéneas.

Posteriormente se realizó el proceso de regresión múltiple entre las variables dependientes en este caso el promedio del caudal máximo (\bar{Q}_{Max}) y la desviación estándar ($\sigma_{\bar{Q}_{Max}}$) con las variables independientes, con lo cual fue posible estimar los coeficientes de las ecuaciones, los cuales cumplieron con ciertos determinantes estadísticos, como lo son el coeficiente de determinación (R^2), el Test de Student y el error cuadrático medio.

$$\bar{Q}_{Max} = e^{33.9} * PPT^{-3.46} * S^{-2.59}$$

$$\sigma = e^{32.76} * A^{2.47} * P^{-4.29} * PPT^{-4.25} * Kf^{-2.50}$$

Ecuaciones Región 1 - Cuenca Alta

$$\bar{Q}_{Max} = e^{-137.79} * Pmax^{0.49} * CN^{23.4}$$

$$\sigma = e^{-136.46} * A^{0.44} * Pmax^{7.39} * CN^{25.18}$$

Ecuaciones Región 2 - Cuenca Media y Baja

Por otro lado, se generaron mapas de rendimientos hídricos a partir de los caudales máximos para periodos de retorno de 2,33, 5, 10, 50 y 100 años, mediante la distribución de frecuencias Generalizada Logística (GLO), la cual presentó el mejor ajuste regional de acuerdo a la medida de bondad de ajuste Z^{DIST} , entre las 5 distribuciones utilizadas

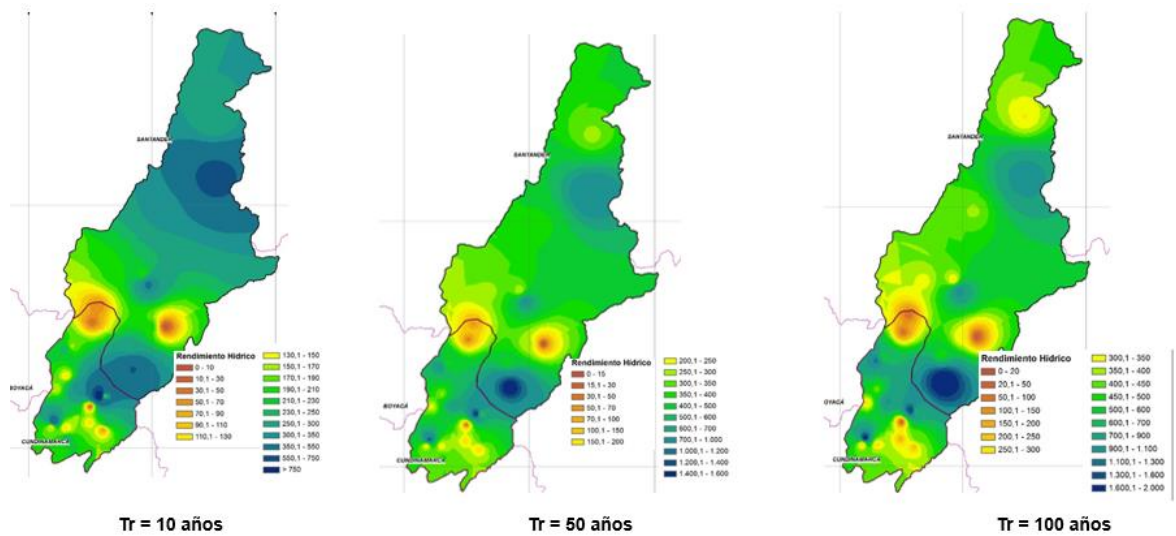


Figura 3. Mapas de rendimientos hídricos generados.

7. Conclusiones

A partir de las herramientas generadas en el presente estudio, como lo son las ecuaciones para el cálculo del \bar{Q}_{Max} y $\sigma_{\bar{Q}_{Max}}$, y los mapas de rendimientos hídricos, es posible obtener el caudal máximo en cualquier parte de la cuenca. Sin embargo, se aconseja usar las ecuaciones de la propuesta 1, porque presenta un nivel de confían aceptable, así mismo se advierte, que no es recomendable el uso de los mapas de rendimientos hídricos, por las variaciones tan significativas de los resultados obtenidos, los cuales pueden ser atribuibles al grado de intervención de la cuenca alta.

El uso de las ecuaciones de regionalización presenta resultados con un grado de confianza mayor en cuencas con áreas superiores 250 km², ya que en estas se puede deprecia las intervenciones ocasionas por las obras de control y regulación. Por el contrario, en cuencas pequeñas, los efectos de las obras hidráulicas pueden generar micro regulaciones hídricas, no tenidas en cuenta en el proceso de regionalización.

La cuenca alta del río Suárez, presenta un nivel de intervención hidrológica considerable, por el hoy denominado Sistema Hidráulico de Manejo Ambiental y de Control de Inundaciones Fúquene - Cucunubá, el cual se compone por los ríos principales como el río Suárez y Ubaté (166.7 km), las lagunas de Palacios, y Cucunubá y Fúquene, embalse del Hato y por canales y vallados (214.85 km), y cientos de estructuras hidráulicas, entre las cuales se encuentran compuertas y estaciones de bombeo, que regulan y controlan los picos de caudal máximo.

8. Otros

Para próximos estudios relacionados en la cuenca del río Suárez, es recomendable, analizar a detalle, la localización de algunas estaciones hidrológicas, entre las cuales se encuentran Garavito, Tapias, Puente Colorado, Pte La Balsa, Puente Merchán, Ticha Muñoz, La Boyera y

Bocatoma, así como adelantar la delimitación de sus áreas de drenaje con cartografía a escala 1: 10.000 o a mayor detalle.

Para terminar, se recomienda, incluir en futuros estudios de regionalización de caudales máximos, el análisis de estaciones de nivel, con las cuales se podría incorporar las regulaciones hidrológicas ocasionadas por las obras de control, en especial en la cuenca alta del río Suárez.

A la terminación de este estudio, se evidencio que la CAR, realizo verificación y ajuste de la georreferenciación de la red hidroclimatologica, encontrando que la estación limnigráfica Pte Barcelona (código 2401731), la cual fue descartada en la etapa de selección, porque se ubicaba fuera de la cuenca objeto de estudio, esta se localiza sobre el río Ubaté, aguas arriba de la estación Pte Colorado (código 2401729), la cual presenta un registro continuo de caudales absolutos desde 1971 hasta la fecha.

De mismo modo, comparado los registros históricos de las estaciones Pte Barcelona y Pte Colorado, se evidencio, la estación Barcelona, a pesar de que se localiza aguas arriba de Pte Colorado, presenta caudales máximos mayores. Así mismo, revisando el catálogo de estaciones de la CAR, desde el 2019 para la estación Pte Colorado, ya no se muestran registros de caudal, posiblemente por errores de medición o calibración de la estación.