



**FACULTAD INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS  
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÍCOS  
BOGOTÁ D.C.**

**LICENCIA CREATIVE COMMONS:**

“Atribución no comercial”.

**AÑO DE ELABORACIÓN:** 2017

**TÍTULO:** Análisis de Correlación entre Parámetros Morfométricos, Precipitaciones Máximas y Caudales Máximos Asociados a Diferentes Periodos de Retorno en Cuencas Rurales

**AUTOR (ES):**

Almeida Rosero, Omar Félix y Suárez Fiesco Rómulo.

**DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):**

Torres Quintero, Jesus Ernesto y Valero Fandiño Jorge Alberto

**MODALIDAD:** Trabajo de Investigación

**PÁGINAS:** 75 **TABLAS:** 16 **CUADROS:** 7 **FIGURAS:** 1 **ANEXOS:** 5

**CONTENIDO:**

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO
2. MARCOS DE REFERENCIA
3. METODOLOGÍA
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



## **DESCRIPCIÓN:**

Los modelos lluvia-escorrentía cobran gran importancia en la estimación de volúmenes de drenaje superficial en cuencas que carecen de registros de caudal, por lo tanto se ha visto la necesidad de investigar y desarrollar modelos matemáticos que nos permitan estimar caudales máximos a partir de parámetros morfométricos fácilmente medibles y precipitaciones, teniendo una alternativa de análisis en aquellas cuencas no instrumentadas con estaciones hidrométricas.

## **METODOLOGÍA:**

La metodología se desarrolló teniendo cuenta los siguientes criterios:

- Búsqueda de cuencas instrumentadas, con registros de caudal de más de 30 años.
- Selección de cuencas que además de tener registros de caudal de más de 30 años, cumplan los siguientes criterios:
  - Cuencas de relieve montañoso
  - Hidrografía sin grandes zonas de almacenamiento de agua
  - Naturaleza rural, sin grandes centros poblados
  - Sin sistemas importantes de regulación o aprovechamiento de caudales.
- Estimación de parámetros morfométricos en las cuencas seleccionadas
- Bajo los criterios de selección anteriores se determinaron las estaciones con registros de precipitación ubicadas dentro de las cuencas hidrográficas, cuyas series de medición superaran los 20 años.
- Procesamiento probabilístico para determinación de caudales y precipitaciones máximas asociadas a diferentes periodos de retorno.
- Análisis de correlación y colinealidad entre variables hidrológicas, pluviométricas y parámetros morfométricos.
- Ejecución de análisis de regresión tridimensional y lineal múltiple.



- Determinación de las curvas envolventes.

**PALABRAS CLAVE:** Modelos lluvia-escorrentía, Morfometría, Precipitación máxima, Caudal máximo, Cuencas no instrumentadas.

### **CONCLUSIONES:**

Se recomienda que las ecuaciones propuestas como resultado del presente trabajo de grado sean utilizadas bajo las premisas asociadas a la información base empleada, de acuerdo con lo establecido dentro de la descripción metodológica incluida en este documento.

Los análisis de correlación entre las variables morfométricas y de precipitaciones máximas respecto a los Caudales Máximos, dieron como resultado que el Área, Perímetro, Altura Media de la Cuenca, Pendiente Media del Cauce Principal, Longitud del Cauce Principal y Precipitación Máxima tiene una buena correlación respecto al Caudal Máximo.

La evaluación de colinealidad entre variables indica una estrecha relación entre el Área y el Perímetro y la Longitud y Pendiente del Cauce Principal. A partir de dicho resultado se concluye que dos de las cuatro variables deben ser excluidas del análisis de Regresión Lineal Múltiple. La evaluación comparativa de correlación entre las cuatro variables colineales permitió establecer que los parámetros con menor aporte en la predicción de los caudales son el Perímetro y la Longitud del Cauce Principal, por tal razón sus valores fueron excluidos del análisis de Regresión Lineal Múltiple. Dicho modelo matemático se presenta como el mejor ajuste obtenido para la predicción de los caudales máximos a partir de los parámetros morfométricos y pluviales considerados.

La evaluación de ajuste a modelos matemáticos tridimensionales elaborados a través de la herramienta computacional TableCurve 3D - Versión 4.0, dio como resultado que los parámetros que generan mayor correlación respecto al Caudal Máximo son el Área y la Precipitación. La expresión matemática que describe dicha relación es de tipo Serie Polinomial de Taylor.

Los resultados obtenidos por medio del Método de Envolventes muestran que las variables cuya dispersión permiten su aplicación son el Área, la Altura Media de la Cuenca y la Pendiente Media del Cauce. Las relaciones matemáticas establecidas



para la envolvente resultante indican una tendencia potencial para el Área, lineal para la Atura Media y exponencial para la Pendiente Media del Cauce, dichas tendencias se mantienen para todos los periodos de retorno analizados.

Con base en los análisis desarrollados a lo largo del presente documento se demuestra la existencia de una correlación significativa entre Parámetros Morfométricos, Precipitaciones Máximas y Caudales Máximos asociados a diferentes periodos de retorno. Dichas correlaciones permiten establecer relaciones matemáticas para un amplio rango de aplicación.

#### **FUENTES:**

Aparicio, F. (2013). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa.

Aristizábal, V., Botero, B., & Vélez, J. (2012). *Manual de Hidrología para Obras Viales Basado en Uso de Sistemas de Información Geográfica*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Chow, V. T. (2000). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.

Devore, J. (2004). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México: Thomson Learning.

Eaglin, R., & Wanielista, M. (12 de Febrero de 2017). *Sitio Web de SMADA Online*. Obtenido de <http://smadaonline.com/>

Guisande, C., Vaamonde, A., & Barreiro, A. (2011). *Tratamiento de Datos con R, STATISTICA y SPSS*. España: Díaz de Santos.

IDEAM. (2007). *Protocolo para el Monitoréo y Seguimiento del Agua*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

IDEAM. (9 de 05 de 2017). *Catálogo Estaciones de Otras Entidades Versión 9 - Enero de 2017*. Obtenido de Sitio Web de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co>

IDEAM. (9 de Mayo de 2017). *Catálogo Estaciones IDEAM Versión 9 - Enero de 2017*. Obtenido de Sitio Web de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co>



- Ingeniería y Gestión. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima: Macro.
- Instituto Nacional de Vías. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá: Subdirección de Apoyo Técnico.
- Kottegoda, N., & Rosso, R. (2008). *Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers*. Singapore: Blackwell Publishing.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulhus, J. (1981). *Hidrología para Ingenieros*. México: McGRAW-HILL.
- Llinás Solano, H., & Rojas Alvarez, C. (2006). *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*. Barranquilla : Uninorte, 2006.
- Mays, L. (2005). *Water Resources Engineering*. Tempe: John Wiley & Sons, Inc.
- Monsalve, G. (2002). *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Raudkivi, A. (1979). *Hydrology*. Oxford: Pergamon Press.
- Reyes, A., Ulises, F., & Carvajal, Y. (2010). *Guía Básica para Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas*. Cali: Universidad del Valle.
- Rodríguez Salazar , M., Álvarez Hernández , S., & Bravo Nuñez, E. (2001). *Coefficientes de Asociación*. México: Plaza y Valdés, S.A de C.V.
- Sánchez, A., & Estrada, A. (2010). *Modelos Matemáticos Aplicados en la Cuenca Magdalena Cauca*. Bogotá: Libros del Páramo.
- Sigmaplot. (5 de Marzo de 2017). *Sitio Web de TableCurve 3D* . Obtenido de <http://www.sigmaplot.co.uk>
- SPSS. (2 de Marzo de 2017). *Sitio Web de PASW Statistics 18*. Obtenido de <http://www.spss.com.hk>
- SYSTAT. (13 de 05 de 2017). *TableCurve 3D – Model Complex Data Sets Fast and Easy*. Obtenido de <https://syostatsoftware.com>



Universidad de los Andes. (2012). Dossier: Hidrología de Extremos y Cambio Climático. *Revista de Ingeniería* # 36, 65-76.

USGS. (1 de Enero de 2017). *Sitio web de USGS*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Vargas, R., & Díaz-Granados, M. (1998). *Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia*. Bogotá: Universidad de los Andes.

Villón, M. (2004). *Hidrología*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

Villón, M. (2006). *Hidrología Estadística*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

CARO, Pilar. *Calidad*. 4 ed. Bogotá: Mc Graw Hill, 2000. 350 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Leche Entera*. NTC 777. Bogotá: ICONTEC, 2000. 92 p.

### **LISTA DE ANEXOS:**

Anexo 1. Tabla función de probabilidad Normal

Anexo 2. Tabla función de probabilidad Gamma

Anexo 3. Tabla función de Distribución Gamma (continuación)

Anexo 4. Tabla función de Distribución Gumbel

Anexo 5. Valores Kolmogorov - Smirnov