

Análisis de coberturas vegetales y su relación con caudales mínimos en la parte alta del río Pasto

Ana Gabriela Espinosa Eraso

Tatiana Guerrero Dulce

Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

Sandra Milena Madroñero Palacios

Docente Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana



Fuente: Pixabay

Resumen

Hoy en día, una de las razones por la que se ven afectados los caudales mínimos de las fuentes hídricas y con ello la disponibilidad de este recurso es por los cambios de coberturas causados por la deforestación. La importancia del presente trabajo radica en dar a conocer la influencia de la variación de la cobertura vegetal, es decir, de la deforestación de bosques de la zona, en el recurso hídrico, cuya principal función es el abastecimiento a la población y el mantenimiento del balance ecológico. De acuerdo con lo establecido, en este artículo se pretende dar a conocer cómo se efectuó el desarrollo del primer objetivo, realizado mediante la metodología Q95, don-

de se encontró como resultado, picos de variaciones en ciertos años, causadas por factores meteorológicos, así como también, la disminución de los caudales dentro de la parte alta del río Pasto en los últimos años.

Palabras clave: caudales mínimos, cobertura vegetal, información hidrológica, método hidrológico, Q95.

Introducción

En muchas regiones del mundo se ve amenazada cada vez más la disponibilidad y la calidad del agua; se considera con frecuencia que los bosques influyen fuertemente en ambas, condicionando así la disponibilidad de los recursos hídricos (Bergkamp,

Orlando y Burton, 2003). La cobertura vegetal es de hecho uno de los principales usuarios del agua, de esta manera:

Se ha demostrado el papel de las coberturas boscosas como reguladoras de caudal, porque favorecen la infiltración, gracias a la producción de una capa de hojarasca sobre el suelo mineral y a la disposición de su sistema radicular. Estas propiedades regulan el nivel freático, permiten la recarga de acuíferos alimentadores del flujo base de las corrientes, disminuyen también la cantidad de pérdidas por escorrentía directa de la superficie y retrasan la evacuación instantánea de las lluvias. (Villegas, 2004, p. 76).

Con base en lo anterior, la situación que se presenta en la parte alta de la cuenca del río Pasto es una posible representación de cómo los cambios en la regulación hidrológica, en su mayoría por la disminución de los caudales en la quebrada, pueden ser causados por las alteraciones que ha sufrido en los últimos años la cobertura vegetal (Corporación Autónoma Regional de Nariño [Corponariño], 2011).

Por lo tanto, la investigación pretende analizar el cambio en los caudales mínimos por el cambio de cobertura vegetal; para esto se hizo uso del método Q95; esta metodología basa su funcionamiento en establecer como caudal mínimo al valor del caudal que posee un porcentaje de 95 % de ser igualado o superado anualmente. Además, se utilizó ciertos apartados del libro de Monsalve (1995) para realizar la morfología de la zona a tratar, para esto se tuvo en cuenta variables, como: área, perímetro, pendiente, entre otras, con el fin de proporcionar una mayor capacidad de conocimiento acerca de la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico, y complementar así la información suministrada de los caudales encontrados.

Objetivo

Estimar la variación de los caudales mínimos mediante el método hidrológico Q95 en un periodo entre 1989-2017.

Metodología

Determinación de las características morfométricas

Para el desarrollo de la morfometría de la parte alta del río Pasto, se utilizó el software ArcGis versión 10.2.2 para la generación del mapa base. Adicionalmente, se utilizó el programa Excel 2010 para el desarrollo de las respectivas operaciones necesarias. Se calculó variables, como: el área, el perímetro, longitudes tanto axial como de la corriente principal, finalmente el orden de corrientes; otorgando así unas características físicas específicas a la zona de estudio. Por otra parte, se encontró sinuosidad, coeficientes de forma y de Gravellius, pendiente y densidad de drenaje.

Determinación de caudales mínimos

Para la estimación de los caudales mínimos, se hizo uso del programa Excel 2010 y para la recopilación de información se tomó información secundaria proveniente de entidades, entre ellas: Empopasto y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). En cuanto a la metodología hidrológica seleccionada para este análisis se utilizó el método Q95 en un periodo comprendido entre 1989-2017. Para el desarrollo de este, se enfocó en la actividad de solicitar la información hidrológica (caudales medios diarios y mensuales) de la Estación

Bocatoma Centenario. Este método según la Corporación Autónoma Regional de Quindío - CRQ (2011) se refiere al caudal que tiene un 95 % de posibilidad de ser igualado o superado a escala anual; para el cálculo del mismo se procedió a utilizar los caudales medios mensuales, calculando la probabilidad de ocurrencia, los datos correspondientes a la probabilidad igual al 95 % se consideraron los caudales mínimos.

Resultados, Análisis y Discusión

Características Morfométricas: Para el análisis morfométrico se utilizó los datos obtenidos a partir del análisis del mapa base, tales como: el área, el perímetro y las longitudes. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. *Morfometría de la Subcuenca*

Área	66,52 Km ²
Perímetro	36,06 Km
Longitud Axial	7,18 Km
Longitud Cauce Principal	10,09 Km
Longitud Total	173.18 Km

Teniendo en cuenta lo anterior, el índice de Gravellius arrojó un resultado de 1,24; como indica Monsalve (1997) es la relación entre el perímetro de la hoya y la longitud de la circunferencia de área igual al de la hoya; siguiendo con esto, según Fuentes (2004) este valor tiende a ser característico de cuencas cuyo volumen de aguas es de redonda a oval redonda, al ser un valor menor a 1,25; también se puede denotar que cuanto más cercano esté el índice a la unidad se considera que la cuenca tiene una forma más circular y que por tanto es más compacta, ésta va aumentando conforme disminuye la compacidad (González, 2004).

Seguidamente, se encontró un factor de forma (Kf) de 1,29, según este valor, la subcuenca presenta un Kf que la clasifica como redondeada, al ser $F > 1$. (Villón, 2002). Partiendo de esto, con este factor se intenta medir cuán alargada puede ser la cuenca. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y en consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa, formando fácilmente grandes crecidas (Lux, s.f.).

Para continuar, “la densidad de drenaje indica la capacidad que presenta una cuenca para evacuar las aguas que discurren por su superficie” (Gutiérrez, s.f., p. 1). El resultado correspondiente a la Dd cuyo valor fue de 2,60 km/km² indica un valor de drenaje bajo, según Strahler (1957), al estar en el primer rango, es decir, datos menores a 7,5. Por su parte, para Villela y Mattos (1992) la subcuenca representa cuenca medianamente drenada al estar entre 0,5 km/km² y 3,5 km/km². La siguiente variable es la sinuosidad, este coeficiente se entiende como la relación existente entre la longitud del río principal y la longitud axial. Para la presente investigación se obtuvo un valor de 1,23, según la clasificación de Schumm (1963), el resultado obtenido representa un canal transicional, al estar en el rango 1,2 - 1,5. Sin embargo, Morisawa (1985) modifica esta clasificación, debido a que introduce valores de ancho y profundidad; con esta nueva adición se clasifica a esta subcuenca como sinuosa, presente en el rango 1,05 - 1,50.

En cuanto a la pendiente se obtuvo una del 34,03 %, siendo así de clasificación ligeramente escarpada, la cual está entre los valores de 25 - 50 (IGAC, 2014). Teniendo en cuenta la forma de la cuenca, está tendría respuesta más inmediata, en cuanto a las respuestas de tormentas y de caudales altos; esto se debe a que al ser una cuenca compacta la escorrentía tiene distancias similares que recorrer (González, 2004; Ward y Robinson, 2000). Finalmente, en cuanto al orden de corrientes obtuvo un orden 3, según Fuentes (2004) este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. La subcuenca posee un orden de corrientes 3 por lo que tiene una clase de orden media, dentro del rango 2,1 - 4.

Caudales Mínimos: Para estimar la variación de los caudales, cuyos resultados se exponen en la Tabla 2 y para un análisis y futura comparación con las coberturas se optó por separar los datos cada 10 años, de lo cual se obtuvo tres series de caudales, así: de 1989 a 1998, de 1999 a 2008 y de 2009 a 2017.

Tabla 2. Caudales mínimos

Año	Caudal mínimo (m ³ /s)	Año	Caudal mínimo (m ³ /s)	Año	Caudal mínimo (m ³ /s)
1989	0,911	1999	0,658	2009	0,308
1990	0,642	2000	0,786	2010	0,148
1991	0,402	2001	0,54	2011	1,102
1992	0,868	2002	0,46	2012	0,638
1993	1,086	2003	0,838	2013	0,528
1994	0,982	2004	0,8	2014	0,468
1995	0,616	2005	0,708	2015	0,457
1996	0,76	2006	0,808	2016	0,446
1997	0,66	2007	0,656	2017	0,424
1998	0,46	2008	0,642		

Se hace necesario conocer que los caudales mínimos fluctúan conforme a diferentes aspectos climáticos, morfológicos y biológicos; basándose en esto, el presente trabajo realizará las discusiones pertinentes de los periodos de años en donde se evidencia mayores variaciones.

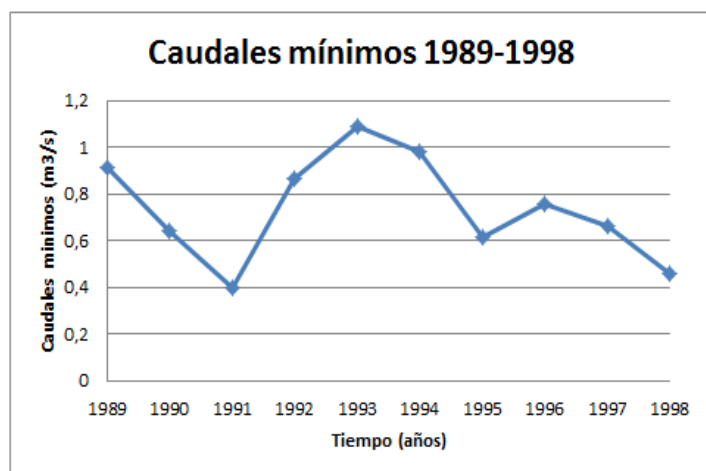


Figura 1. Caudales mínimos 1989-1998.

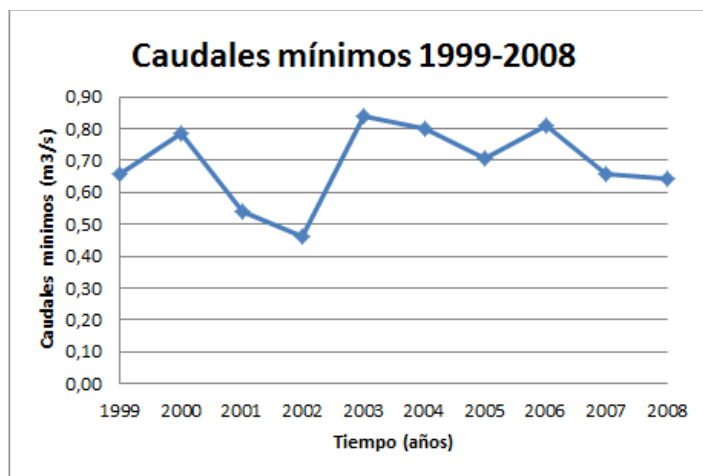


Figura 2. Caudales mínimos 1999-2008

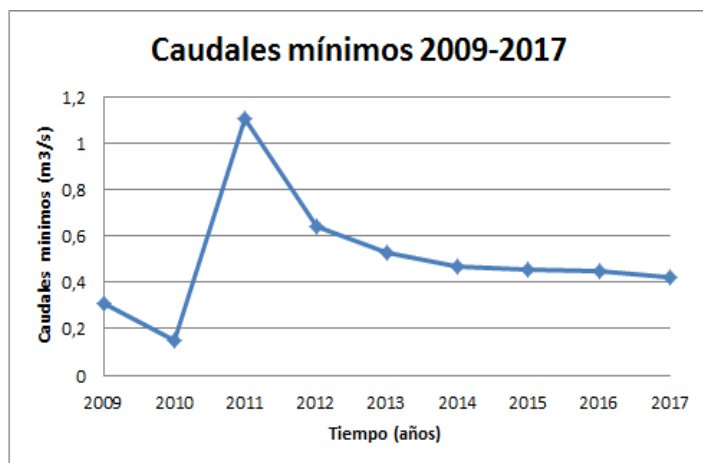


Figura 3. Caudales mínimos 2009-2017.

En la Figura 1 se puede observar una disminución de los caudales con mayores fluctuaciones en relación con los dos siguientes periodos; así mismo, en el año 1991 se evidencia un caudal inferior al resto de los años, caso que puede ser justificado debido al fenómeno de El Niño de 1991, que según Torres y Peñaranda (2006) fue uno de los más fuertes, reportado en la década de los 90; a efectos de este, según Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2016) ha sido uno de los eventos más recordados, ya que generó un “apagón eléctrico” por la reducción sustancial del nivel útil de los embalses para la generación de electricidad; por lo expuesto anteriormente se da la respectiva explicación de este pico tan bajo dentro del periodo comprendido entre 1989 a 1998, puesto que la presencia o ausencia de las precipitaciones influye drásticamente en los caudales, argumento que puede ser comparado con los resultados expuestos por Vélez, Smith, Rodríguez y Bedoya, (2000) en los cuales se recomienda el cuidado que se debe tener al aplicar métodos para el cálculo de caudales, puesto que no se tuvo en cuenta los efectos producidos por los fenómenos “El Niño” y “La Niña”, cuya influencia sobre la hidrología de la zona está claramente comprobada.

Otra de las fluctuaciones más destacables se encuentra en la Figura 3, en ésta se puede evidenciar la disminución de los caudales mínimos a pesar que no presenta una mayor significancia, es decir, los valores de estos no tienen grandes diferencias, aspecto que se refleja sobre todo en el periodo de 2012 a 2017; por otro lado en el año 2011 se presenta el pico más alto de los caudales,

durante este periodo de 7 años, fenómeno que puede explicarse debido a las altas precipitaciones que se dieron en el municipio de Pasto durante ese año, tal como puede evidenciarse en los principales medios de comunicación. De esta manera, la Corporación Autónoma Regional de Nariño (2011) estableció que en el departamento de Nariño la temporada de lluvias se asoció al Fenómeno de la Niña 2011, lo cual no solo afectó al departamento sino que se dio a nivel nacional, por ello se elaboró un plan, el cual contuvo acciones que contribuyeron a mitigar los efectos adversos de carácter ambiental surgidos por los eventos de deslizamiento e inundaciones que afectaron a los municipios del departamento de Nariño y a su vez planearon y ejecutaron las acciones preventivas en las zonas de mayor vulnerabilidad y riesgo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la morfometría poseen un buen comportamiento, el cual se evidencia al relacionarse de manera asertiva unos con otros, así como también al tener un margen de error muy pequeño a datos suministrados por otros estudios y planes realizados en el municipio. Teniendo en cuenta lo anterior, cabe aclarar que los resultados de un estudio morfométrico con la metodología utilizada depende directamente del manejo que se realice del mapa del cual se generan las variables bases.

Para la estimación de caudales mínimos es necesario tener presente que son muchas las metodologías existentes, la escogencia de una de estas dependerá del grado de exactitud que se le quiera dar al estudio, puesto que en muchas de ellas se involucra aspectos de calidad del agua o de diversidad en los ecosistemas, también dependerá del nivel de complejidad que se maneje y las herramientas con las que se cuente.

En cuanto a los valores de caudales, estos presentan un comportamiento acorde a la totalidad de los datos, sobresaliendo solo algunos datos con fluctuaciones anormales; en cuanto a estos se relaciona con factores como la presencia de fenómenos Niño y Niña en el país, los cuales influyen directamente sobre los cauces de ríos, al aumentar las precipitaciones o al contrario al presentarse temperatura alta.

Referencias

- Bergkamp, G., Burton, I. y Orlando, B. (2003). *Cambio: adaptación de la gestión de los recursos hídricos al cambio climático* (trad. J. Blanch). San José, Costa Rica: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales
- Cárdenas G., López M., Mafla F. (2009). La planificación del Río Pasto a partir de una modelación hidrodinámica. *Revista Unimar*, 52, 57-75.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO. (2011). *Plan de acción para la atención de la emergencia y la mitigación de sus efectos - paaeme, temporada invernal 2010 – 2011*. Recuperado de <http://www.corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/PAAEME.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Quindío - CRQ. (2011). *Estimación de caudales ecológicos mediante métodos hidrológicos e hidráulicos para la UMC Río Quindío*. Recuperado de https://www.crq.gov.co/Documentos/Estimacion_Caudales_Ecologicos_UMC_Rio_Quindio.pdf

- González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín A. G. E. N.*, 38, 311-329.
- Gutiérrez, H. (s.f.). Densidad de drenaje. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/143222614/Densidad-de-Drenaje#>
- Lux, B. (s.f.). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Recuperado de <https://goo.gl/n5RP3V>
- Moreno, L. (2013). *Gestión Integral del agua en la parte alta del río Pasto, mediante esquema de pago por servicios ambientales* (tesis de maestría). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.
- Palacios, E. (2015). *Análisis multitemporal en la cobertura boscosa de la zona norte- del departamento del Chocó, 1990 – 2014* (trabajo de especialización). Universidad de Manizales, Colombia.
- Parra, E. (2012). *Modelamiento y manejo de las interacciones entre la hidrología, la ecología y la economía en una cuenca hidrográfica para la estimación de caudales ambientales* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Torres, A. y Peñaranda, G. (2006). *Regionalización de caudales mínimos por métodos estadísticos de la Cuenca Magdalena Cauca* (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2016). *Fenómeno el niño: Análisis Comparativo 1997 -1998 // 2014 -2016*. Bogotá.
- Vélez, M., Smith, R., Rodríguez, E. y Bedoya, J. (2000). Estimación de caudales mínimos con escasez de información: un caso de estudio. *Ingeniería Hidráulica en México*, XV(2), 19-28.
- Villegas, J. (2004). Análisis del Conocimiento en la Relación Agua-suelo-vegetación para el departamento de Antioquia. *Revista EIA*, 1, 73-79. Recupera de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n1/n1a08.pdf>