

**XXV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
SANTIAGO, CHILE, AGOSTO 2014**

**CAUDALES ECOLÓGICOS Y AMBIENTALES EN CUENCAS ANDINAS
COLOMBIANAS**

Olga Ocampo^{1,2}, Jorge Julián Vélez¹, Diana Carolina Giraldo¹ y Elizabeth Sánchez³

¹Universidad Nacional de Colombia sede Manizales

²Universidad Autónoma de Manizales

³Universidad de Caldas

olocampo@autonoma.edu.co; jjvelezu@unal.edu.co; dcgiraldoc@unal.edu.co; elizabethsancheztoro@gmail.com

RESUMEN:

El caudal ecológico asegura la conservación de los ecosistemas asociados a la cuenca del río; mientras que el caudal ambiental soporta las necesidades hídricas de los ecosistemas y el desarrollo de las actividades económicas. Los métodos hidrológicos y holísticos han sido propuestos en Colombia para la estimación de los caudales ecológicos y ambientales. Estas metodologías fueron analizadas mediante un caso de estudio, en una cuenca andina de alta montaña, que se caracteriza por un régimen bimodal y por la influencia de la Oscilación del sur el Niño en la corriente. La modelación hidrológica fue empleada para la estimación de la oferta hídrica y de su variabilidad por efectos del fenómeno del Niño. Los criterios hidrológicos, hidráulicos y de hábitat fueron considerados en los métodos holísticos. El estudio concluye que estos métodos holísticos son los más apropiados para la aplicación en cuencas andinas colombianas y en consecuencia, deben ser incorporados en los planes de Gestión Integral de los recursos hídricos.

ABSTRACT:

The ecological flow ensures the conservation of river basin ecosystems; while the environmental flow supports the ecosystem water needs and the development of economic activities. Hydrological and holistic methods have been proposed in Colombia for the ecological and environmental flow estimation. These methodologies are analyzed using a case study in an Andean high mountain basin, characterized by a bimodal regime and the influence of El Niño Southern Oscillation on stream. The hydrological modeling was used to estimate the water supply and its variability due to the effects of El Niño. Hydrological, hydraulic and habitat criteria were considered in the holistic methods. The study concludes that these holistic methods are most appropriate for use in Colombian Andean basins and therefore should be incorporated into comprehensive water resources management plans.

PALABRAS CLAVES:

Caudal ecológico, Caudal ambiental, métodos holísticos, métodos hidrológicos

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento de la demanda de agua para el consumo doméstico, agrícola y pecuario, industrial, minero y la generación de energía hidroeléctrica, están ejerciendo presión sobre los recursos hídricos de Colombia, lo cual ha provocado estrés hídrico en cuencas hidrográficas y el incremento de los conflictos por uso del agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia –IDEAM-, 2008), en especial en términos de la demanda de agua para los ecosistemas.

La reglamentación colombiana (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT-, 2004; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013) define taxativamente el uso del agua en la preservación de flora y fauna, con la finalidad de mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, sin causar alteraciones sensibles. De acuerdo con esta reglamentación, el caudal ecológico es el mínimo que deben mantener las corrientes superficiales en sus diferentes tramos, con el fin de garantizar la conservación de los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas asociados; mientras que el caudal ambiental es el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

A nivel internacional, diferentes metodologías ([Tharme, 2003](#)) han sido establecidas para la definición de los caudales ambientales y ecológicos, basadas en métodos hidrológicos, hidráulicos, de hábitat y holísticos. La estimación a partir del análisis de las características del régimen hidrológico natural es la base de los métodos hidrológicos; mientras que la relación de las variables hidráulicas como perímetro mojado, profundidad, velocidad, con la disponibilidad de hábitat es el fundamento de los métodos hidráulicos. Por otra parte, los métodos de simulación de hábitat emplean propiedades de sensibilidad o tolerancia de grupos o especies indicadoras, los índices de integridad del hábitat como base para el desarrollo de comunidades y los índices de integridad biótica de comunidades específicas. Finalmente, los métodos holísticos relacionan funcionalmente los componentes hidrológicos y ecológicos del río, utilizando el análisis hidrológico, la clasificación hidráulica, los datos biológicos, los componentes económicos, sociales y el conocimiento de expertos ([Tharme, 2003](#); [Castro et al., 2006](#); [King et al., 2008](#)). La Tabla 1 presenta algunos métodos empleados en la evaluación de caudales ambientales.

En Colombia diferentes metodologías (IDEAM, 2000; 2004; 2008; 2010; MAVDT, 2004; UN-MAVDT, 2008; MADS, 2013) se han aplicado para la determinación de los caudales ecológicos y ambientales.

El Estudio Nacional del Agua-ENA-(IDEAM, 2000), consideró como caudal mínimo ecológico, el caudal promedio multianual de mínimo 5 a máximo 10 años que permanece el 97.5% del tiempo. El ENA (2004) estimó el caudal mínimo como el que permanece el 75% del tiempo y el caudal ecológico como el 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente. El MAVDT (2004), según la Resolución 865, aún vigente, propuso que la Corporación Autónoma Regional podía escoger entre las anteriores metodologías de acuerdo con la información disponible y las características regionales particulares.

Posteriormente, el ENA (2008) estableció como caudal mínimo, el promedio aritmético de los caudales que son superados el 75% del tiempo durante el año y el caudal de estiaje considerando la probabilidad de excedencia del 97,5%. El ENA (2010) determinó el caudal ambiental como el que permanece el 85% o el 75% del tiempo, dependiendo del índice de retención y regulación hídrica- IRH-, si es mayor o menor a 0,7.

El Ministerio de Ambiente, basado en los estudios de la Universidad Nacional (UN-MAVDT, 2008), propuso una metodología holística para el análisis considerando información hidrométrica, hidráulica, de calidad de agua y los índices de integridad biótica de comunidades de peces, perifiton, macroinvertebrados, y vegetación riparia; donde la primera propuesta de caudales mensuales ambientales resulta del valor máximo entre el 7Q10 y el Q95% para el correspondiente

mes y condición hidrológica, los cuales deben ser ajustados considerando la alteración máxima de la curva de duración de caudales, la alteración máxima de las frecuencias de valores mínimos de caudal y la alteración del régimen hidrológico de la corriente.

Tabla 1.- Métodos para la Estimación de Caudales Ambientales

Categorías	Descripción	Métodos
Hidrológicos	Se expresa generalmente como un porcentaje de un estadístico de tendencia central, como un percentil de la curva de duración, o bien asociado a un periodo de retorno.	Método de Tennant (Tennant, 1976) Análisis de la curva de duración de caudales (Gordon et al., 1992) Método del caudal medio base (ABF) Método del Rango de Variabilidad- RVA (Ritcher et al., 1996)
Hidráulicos	Modelan la hidráulica como función del caudal y relacionan las variables hidráulicas con la disponibilidad de hábitat para la biota objetivo.	Método del perímetro mojado (Reiser et al., 1989)
Simulación de hábitat	Modelan las relaciones entre la descarga, condiciones del hábitat físico y su conveniencia en términos de la biota objetivo	Metodología incremental para la asignación de caudales -IFIM (Gore and Nestler, 1988) Modelo de Simulación de Hábitat físico PHABSIM (Nestler et al., 1989)
Holísticos	Constituyen una aproximación a una visión global del río, basada en la Teoría de Ecosistemas Fluviales	Método de Bloques de Construcción, BBM (King and Tharme, 1994) Método holístico (Tharme, 1996) DRIFT (Brown and King, 1999). Evaluación de panel de expertos, EPAM (Swales et al., 1994) Límites ecológicos de alteración hidrológica- ELOHA (Poff et al 2010)

Fuente: (Tharme, 1996; 2003; Castro et al., 2006; King et al., 2008; Ocampo y Vélez, 2014)

Finalmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2013) consideró tanto la metodología holística como la propuesta por el ENA (2010) para la definición de caudales ambientales en proyectos licenciados; la conceptualización se resume en la Figura 1. En consecuencia, la determinación de los caudales ambientales parte del mayor valor entre los índices 7Q10, Q95 y Q75 para cada mes, considerando la condición hidrológica húmeda, promedio y seca por 12 meses y los ajustes según los demás criterios que intentan preservar el régimen hidrológico de la corriente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El caso de estudio comprende la cuenca del río Chinchiná (1052 km²) localizada en la región centro sur del departamento de Caldas, Colombia. La Figura 2 presenta el mapa de localización general y la altitud con base en el modelo de elevación digital del terreno de la USGS. Esta cuenca está sometida a stress hídrico, según el índice de disponibilidad per cápita; la vulnerabilidad hídrica es alta, debido al muy bajo índice de retención y regulación del recurso hídrico y las presiones moderadas de uso con respecto a la oferta hídrica superficial disponible (Ocampo, Vélez y Londoño, 2012).

Para el análisis fueron considerados los registros diarios de las estaciones ubicadas en la cuenca para el período 1981-2010 que se presentan en la Figura 3, según la información suministrada por el IDEAM, la Central Hidroeléctrica de Caldas –CHEC-, el Centro Nacional de Investigaciones del Café –CENICAFE- y la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

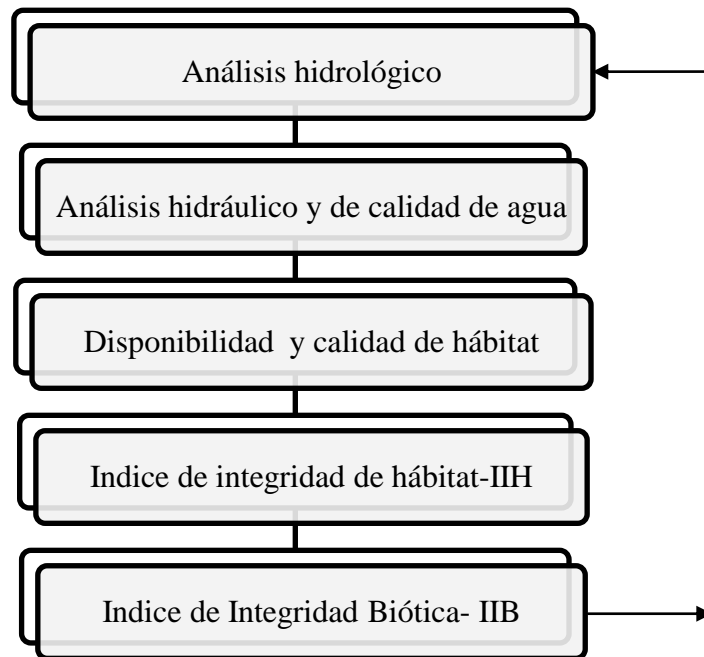


Figura 1. Conceptualización metodológica para la estimación de caudales ambientales en proyectos licenciados en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013)

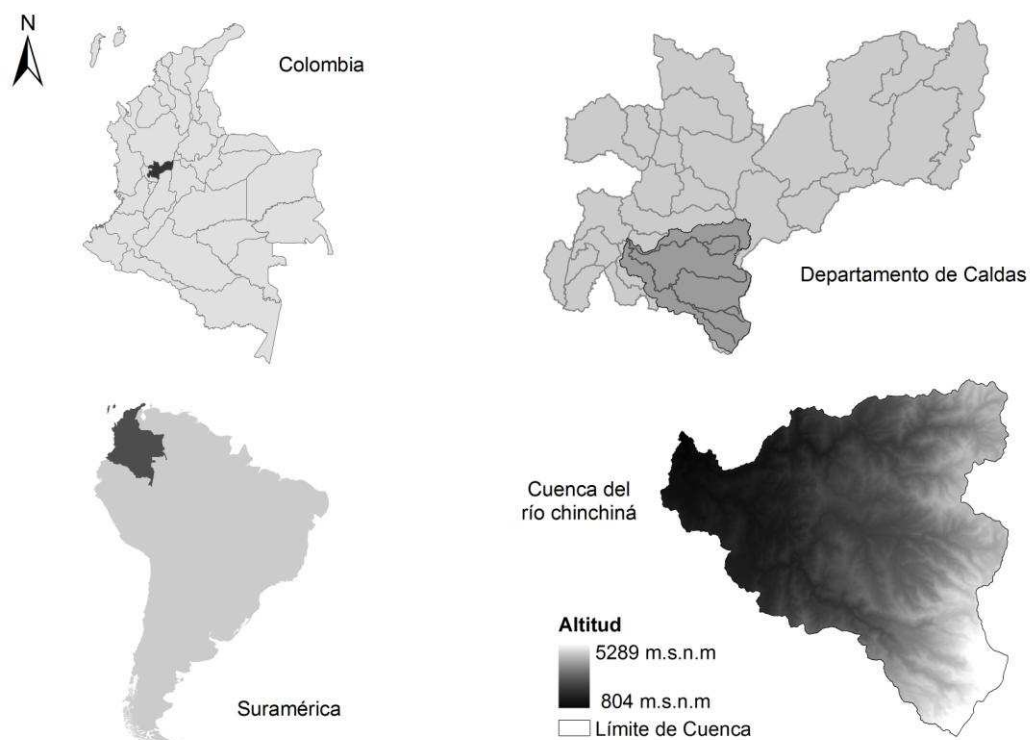


Figura 2. Localización de la cuenca Andina objeto de estudio

Estos registros fueron procesados y empleados en la modelación hidrológica para establecer el régimen hidrológico. El modelo de tanques, conceptual y físicamente basado, TETIS, fue aplicado en este caso de estudio. Este modelo ha sido desarrollado para realizar la simulación hidrológica en cuencas naturales y busca obtener la respuesta hidrológica ocasionada por la precipitación, teniendo en cuenta los diferentes procesos físicos involucrados. Las conexiones verticales entre los tanques describen los procesos de precipitación (lluvia), evapotranspiración,

infiltración y percolación; finalmente, la salida a las aguas subterráneas se considera en el tanque más bajo para cerrar el balance de agua (Francés, Vélez y Vélez, 2007). Para la calibración y validación del modelo se empleó tanto el análisis gráfico como estadístico; en este último caso se consideraron los parámetros recomendados por Moriasi et al. (2007) que consideran el índice de eficiente de Nash-Sutcliffe-NSE-, el promedio de los errores absoluto-MAE-, la raíz cuadrada del error medio-RMSE-, la razón entre la RMSE y la desviación estándar de las observaciones-RSR- y el sesgo porcentual-PBIAS-.

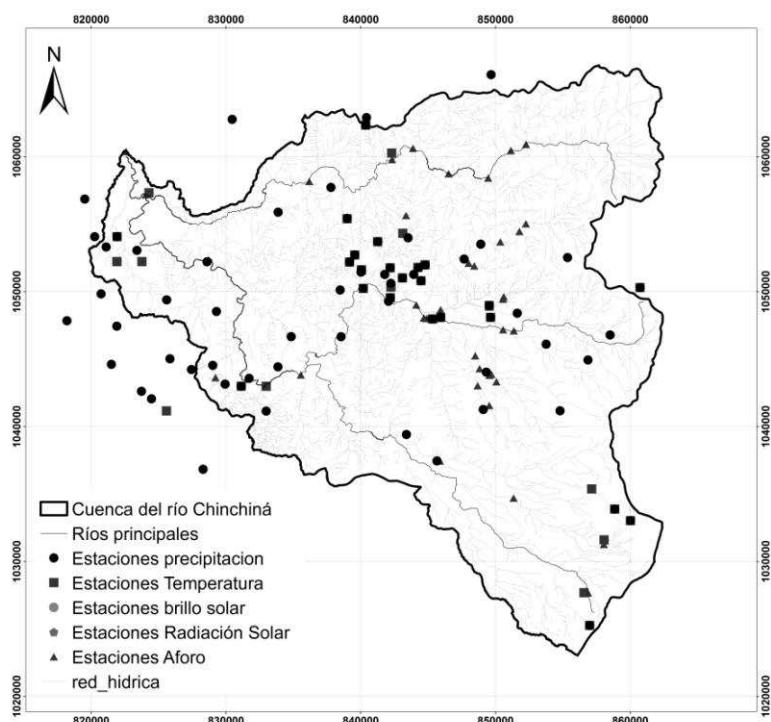


Figura 3. Localización de estaciones de la cuenca del río Chinchiná

Por otra parte, se consideró la incidencia del fenómeno macroclimático ENSO, con base en el índice oceánico el Niño –ONI-, de tal manera que se establecieron los caudales por condición hidrológica húmeda -durante los años Niña-, promedio y seca-en los años Niño.

Para la evaluación de los caudales ecológicos y ambientales, se consideraron los diferentes métodos propuestos por el IDEAM (2008, 2010), el Ministerio del Medio Ambiente (2004, 2013) y los estudios de la Universidad Nacional de Colombia (2008), que se resumen en la Tabla 2.

Finalmente, se efectuó un análisis de la incertidumbre asociada a la estimación de los caudales ecológicos y ambientales, considerando varios criterios de acuerdo con la metodología aplicada en la estimación (Redondo y Rodríguez, 2011; Ocampo y Vélez, 2014): En los métodos hidrológicos la incertidumbre está asociada con el intervalo de confianza (95%) y los errores en la modelación; se consideró para el análisis el parámetro RSU, que mide la incertidumbre estándar relativa (Relative Standard Uncertainty) que corresponde al coeficiente de variación expresado en porcentaje (Herschy, 2002).

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Los hidrogramas obtenidos durante la calibración y validación del modelo Tetis, uno de los cuales se observa en la Figura 4, permiten confirmar el ajuste satisfactorio del modelo en las diferentes estaciones evaluadas. Iguaes resultados se obtuvieron con los parámetros estadísticos. El sesgo porcentual o PBIAS fue sólo del 1.4% considerando los caudales promedio y del 4.5% con los caudales medios estimados por el percentil 50.

Tabla 2.- Métodos para la Estimación de Caudales Ecológicos y Ambientales en Colombia

No	Referencia	Tipo	Categoría	Descripción
1	(IDEAM, 2000)	Caudal mínimo Ecológico	Hidrológico	Caudal promedio multiannual que persiste el 97.5% del tiempo estimado a partir de la curva de duración de caudales-CDC.
2	(IDEAM, 2004)	Caudal mínimo Ecológico	Hidrológico	Corresponde al 25% del caudal promedio mensual más bajo en la corriente.
3	(MAVDT, 2004)	Caudal mínimo Ecológico	Hidrológico	Puede ser calculado por el método 1 o 2; Puede considerarse una adición igual al método 2 por efectos de calidad de agua.
4	(IDEAM, 2008)	Caudal Ecológico	Hidrológico	Caudal de estiaje con una probabilidad de excedencia del 97.5%
5	(UN-MAVDT, 2008)	Caudal ambiental	Holístico	La primera aproximación considera el máximo valor entre el 7Q10 y el Q95% por condición hidrológica. Los caudales ambientales deben ser ajustados según los criterios de integridad de hábitat.
6	(IDEAM, 2010)	Caudal ambiental	Hidrológico	Se basa en el índice de retención y regulación hídrica, IRH. Si IRH es menor que 0.7 corresponde al 75% de la CDC; en caso contrario al 85%.
7	(MADS, 2013)	Caudal ambiental	Holístico	La primera aproximación considera el máximo valor entre 7Q10, Q95 and Q75 por condición hidrológica. Los caudales ambientales deben ser ajustados según los criterios de integridad de hábitat.

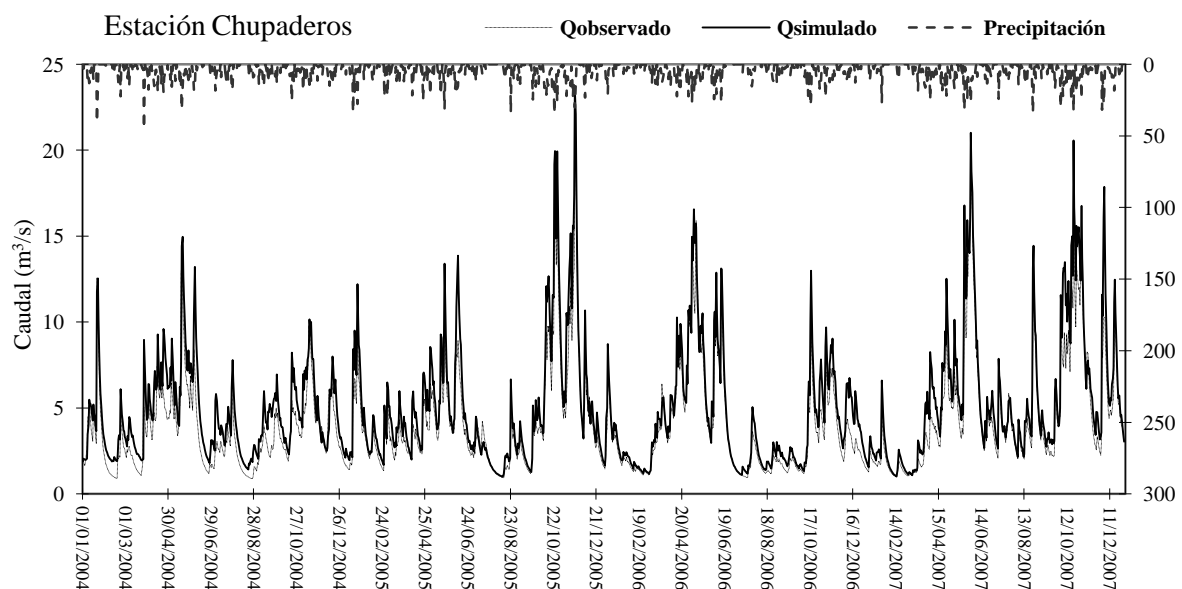


Figura 4. Hidrograma de Validación del modelo

La modelación hidrológica permitió la estimación del régimen hidrológico para el período 1981-2010 el cual se ilustra en la Figura 5 para la salida de la cuenca; se evidencia un comportamiento típico estacional, bimodal, típico de cuencas andinas Colombianas, producto del

desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical- ZCIT-. La Figura 5 presenta además el intervalo de confianza para el caudal promedio de la cuenca ($\alpha = 95\%$).

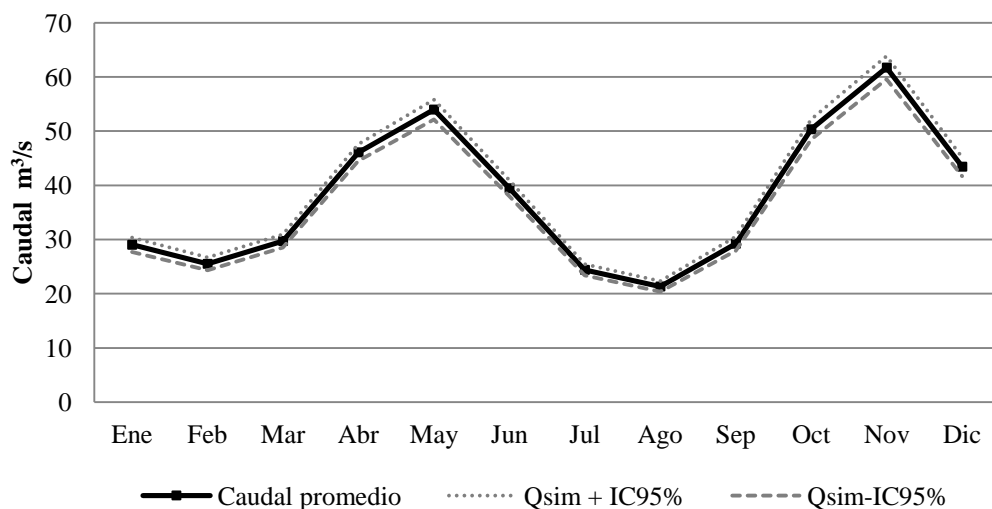


Figura 5. Régimen hidrológico en la Cuenca del río Chinchiná 1981-2010

Con el fin de analizar los efectos de la variabilidad climática en la oferta hídrica, se evaluaron los caudales promedio considerando la clasificación de los datos en categorías según el valor del índice Oceánico El Niño ONI, que permitió identificar los períodos normales como aquellos sin la presencia del fenómeno ENSO; los años húmedos donde ocurrió el evento de la Niña y los años secos con presencia del Niño. Los resultados por condición hidrológica se resumen en la Figura 6 para la salida de la cuenca. Durante La Niña se evidencia un incremento en los caudales en especial en el segundo semestre del año; mientras que en el Niño se tiene una reducción en los caudales, más marcada en el primer trimestre del año. Considerando la oferta media, el incremento en los caudales es del 27% por la Niña; mientras que la reducción es del 25% por el Niño.

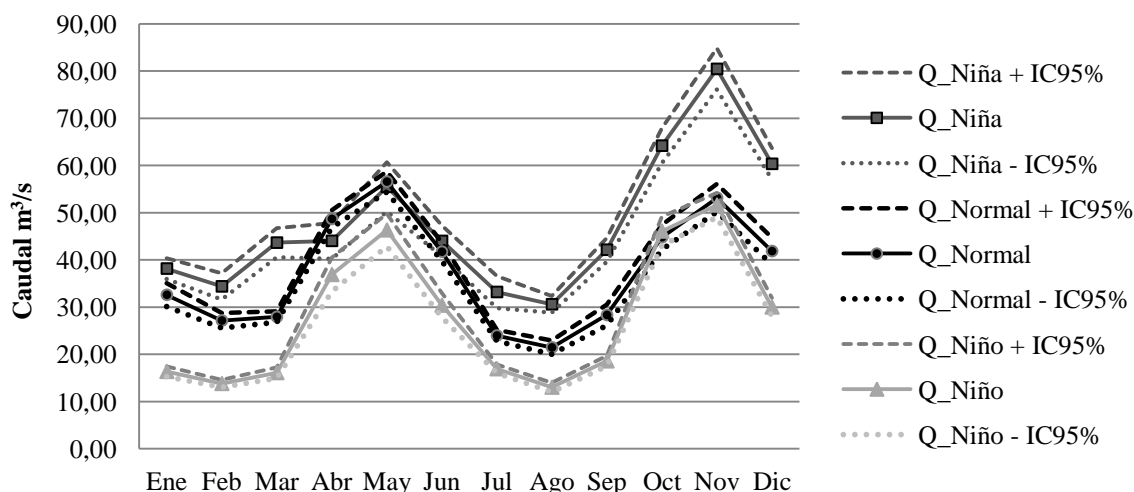


Figura 6. Variación en el régimen hidrológico por el fenómeno ENSO

Los caudales ambientales y ecológicos analizados por las diferentes metodologías –EFM– de la Tabla 2, se presentan en la Figura 7 para la salida de la cuenca del río Chinchiná; los valores promedio se resumen en la Tabla 3. Según el análisis de varianza, se tienen variaciones estadísticas

significativas entre las diferentes metodologías propuestas por la reglamentación colombiana para la determinación de los caudales ecológicos y ambientales en esta cuenca andina.

Tabla 3.- Caudales Ecológicos y Ambientales de la cuenca del río Chinchiná

Método		Tipo	Caudal ecológico o ambiental, m ³ /s	RSU %
No	Referencia			
1	(IDEAM, 2000)	Caudal mínimo Ecológico	8.58	34.6
2	(IDEAM, 2004)	Caudal mínimo Ecológico	5.33	11.0
3	(MAVDT, 2004)	Caudal mínimo Ecológico	13.91	26.7
4	(IDEAM, 2008)	Caudal Ecológico	10.35	55.4
5	(UN-MAVDT, 2008)	Caudal ambiental	15.97	18.1
6	(IDEAM, 2010)	Caudal ambiental	17.91	14.7
7	(MADS, 2013)	Caudal ambiental	18.63	13.6

Las metodologías que estiman un solo valor para todo el año, como los métodos 1 al 4, sólo pueden ser consideradas como una primera aproximación de los caudales mínimos ecológicos. Las metodologías 5 y 7 son más apropiadas porque consideran la afectación del régimen hidrológico por efecto del fenómeno ENSO, evento macroclimático que afecta el régimen estacional de caudales en esta cuenca andina colombiana.

Cada metodología empleada para la estimación tiene una incertidumbre que fue calculada por procedimientos estadísticos cuyos resultados se presentan en la Tabla 3. La menor incertidumbre relativa –RSU– se obtuvo con los métodos 2 (IDEAM, 2004) y 6 (IDEAM, 2010) basados en criterios hidrológicos y con los métodos holísticos 5 (UN-MAVDT, 2008) y 7 (MADS, 2013). Estos últimos dos métodos consideran la variabilidad natural de la corriente; en este sentido son válidos para la estimación del caudal ambiental en los diferentes regímenes hidrológicos. Considerando el método 5 (UN-MAVDT, 2008), la estimación de los caudales ambientales por condición hidrológica se presenta en la Figura 8.

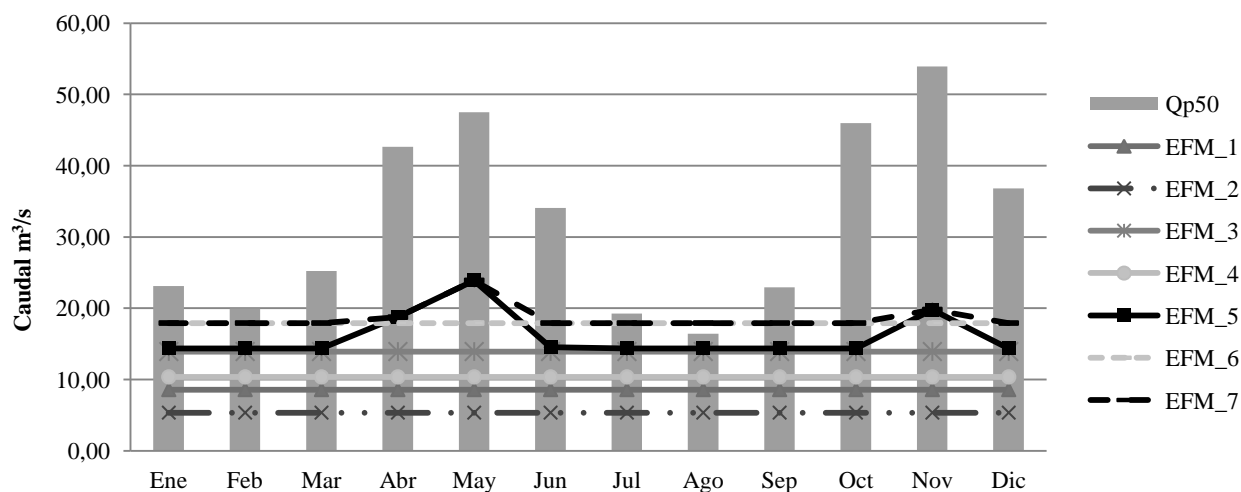


Figura 7. Caudales ecológicos y ambientales de la cuenca del río Chinchiná

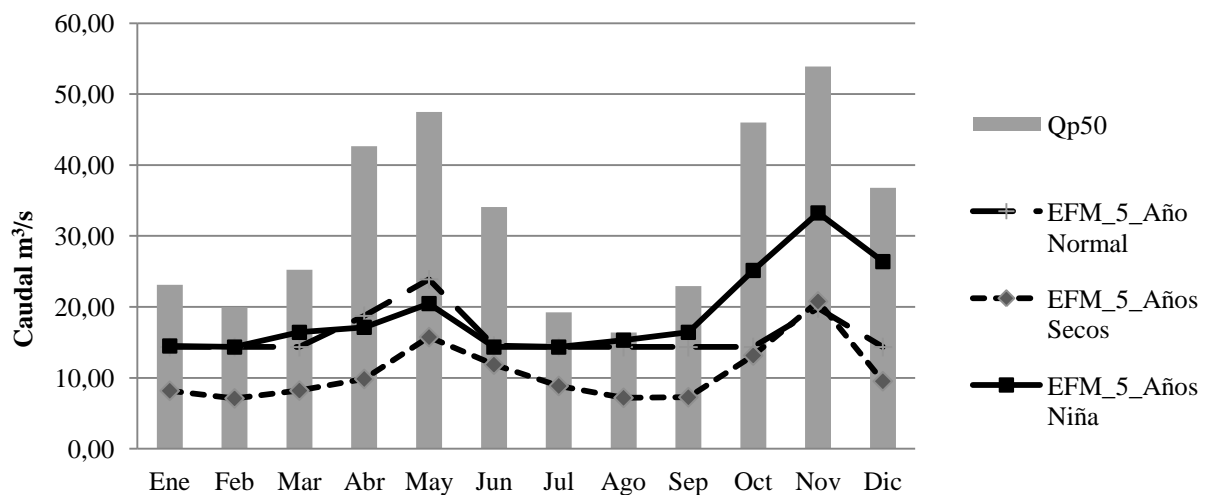


Figura 8. Caudales ambientales de la cuenca del río Chinchiná por condición hidrológica

CONCLUSIONES

Este artículo analiza las diferentes metodologías para la estimación de los caudales ambientales y ecológicos aplicadas en Colombia. Las metodologías que estiman un solo valor para todo el año sólo pueden ser consideradas como una primera aproximación de los caudales mínimos ecológicos en el río. Es necesario considerar criterios hidrológicos, hidráulicos y de hábitat en la estimación del caudal ambiental en cuencas andinas; debe considerarse además la variabilidad del régimen de flujo y su afectación por los fenómenos macroclimáticos como el ENSO. En este sentido, los métodos holísticos son más adecuados y deberían ser integrados en los Planes de Gestión del recurso hídrico en cuencas andinas colombianas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown, C. A. and King, J. M.** (1999). *Consulting services for the establishment and monitoring of the instream flow requirements for river courses downstream of the Lesotho Highland Water Project dams*. Lesotho Highlands Development Authority, Lesotho.
- Castro L. M., Carvajal Y. and Monsalve E. A.** (2006). “Enfoques teóricos para definir el caudal ambiental”. *Ingeniería y Universidad*. Vol 10, Num 2. Pontificia Universidad Javeriana Colombia.
- Francés F., Vélez J. I and Vélez J. J.** (2007). “Split parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models”. *Journal of Hydrology*, 332, p 226-240.
- Gordon, N. D., McMahon, T. A. and Finlayson, B. L.** (1992). *Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists*. John Wiley & Sons: Chichester.
- Gore, J. A., Nestler, J. M.** (1988). “Instream flow studies in perspective”. *Regulated Rivers: Research and Management* 2: 93–101.
- Hersch, R.W.** (2002). “The uncertainty in a current meter measurement” *Flow measurement and instrumentation*, 2002: 13: 281-284.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales de Colombia** (2000). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales de Colombia** (2004). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.

- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales de Colombia** (2008). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales de Colombia** (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá.
- King J. M., Tharme R. E. and Villiers M. S.** (2008). *Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology*. 339 p.
- MADS. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.** (2013). *Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieren licencia ambiental*. Bogotá.
- MAVDT. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** (2004). *Resolución 865 de 2004*. Bogotá, Colombia
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. and Veith, T.L.**(2007). "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations", *Transactions of the ASABE* 50 (3), 885-900.
- Nestler J. M., Milhous R. T., Layzer J. B.** (1989). "Instream habitat modeling techniques". In *Alternatives in Regulated River Management*, Gore JA, Petts GE (eds). CRC Press: Florida; 295–315.
- Ocampo, O. y Vélez J.J.** (2014). "Environmental flow analysis in an Andean Basin applying hydrological and hydraulic criteria". International perspective on water resources & the environment. Quito, Ecuador.
- Ocampo, O., Vélez J.J. y Londoño A.** (2012). "Vulnerabilidad al cambio climático y a la variabilidad climática en cuencas hidrográficas de alta montaña; río Chinchiná, Colombia". *XXV Congreso Latinoamericano de hidráulica*. San José, Costa Rica
- Poff, N. L., Richter, B. D., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Naiman, R. J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B. P., Freeman, M.C., Henriksen, J., Jacobson, R. B., Kennen, J. G., Merritt, D. M., O'Keeffe, J. H., Olden, J. D., Rogers, K., Tharme, R. E. and Warner, A.** (2009). "The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): A New Framework for Developing Regional Environmental Flow Standards". *Freshwater Biology* 55:147-170.
- Redondo, S. A. and Rodriguez, E. A.** (2011). *Incertidumbre hidrológica en la estimación de caudales ambientales mediante metodologías basadas en series históricas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Reiser, D. W, Wesche, T. A. and Estes, C.** (1989). "Status of instream flow legislation and practise in North America". *Fisheries* 14(2): 22–29.
- Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J. and Braun, D. P.** (1996). "A method for assessing hydrological alteration within ecosystems". *Conservation Biology* 10(4): 1163–1174
- Swales, S., Bishop, K. A., Harris, J. H.** (1994). "Assessment of environmental flows for native fish in the Murray-Darling Basin—a comparison of methods". In *Proceedings of Environmental Flows Seminar*. Australian Water and Wastewater Association Inc.: Artarmon, NSW, Australia; 184–192.
- Tennant, D. L.** (1976). "Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources". *Fisheries* 1(4): 6–10.
- Tharme, R. E.** (1996). *Review of international methodologies for the quantification of the instream flow requirements of rivers*. *Water law review*. Final report for policy development. Commissioned by the Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria. Freshwater Research Unit, University of Cape Town, Cape Town. 116 pp.
- Tharme, R. E.** (2003). "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers". *River Research and Applications*, 19, 397–441
- UN-MAVDT. Universidad Nacional de Colombia y Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** (2008). *Metodología para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados*. Bogotá. 135 p.