

Caudales Ecológicos

Eduardo Pardo Martínez, Javier Gilabert*

Universidad Politécnica de Cartagena

Dpto. de Ing. Química y Ambiental, Grupo I+D+i Ecosistemas

E-mail: eduardo.pardo@upct.es, javier.gilabert@upct.es

Resumen. En respuesta al aumento de la conciencia ambiental a escala mundial, se ha desarrollado lo que se puede denominar una nueva ciencia que se encarga de estudiar los caudales necesarios para mantener un hábitat deseado, es decir los denominados caudales ecológicos. En el presente artículo se expone una breve recopilación bibliográfica sobre la evolución de este nuevo concepto, al igual que de las metodologías más importantes desarrolladas hasta la fecha, junto con las técnicas usadas en España para el cálculo de estos caudales.

1 Introducción

En todo el mundo, se ha despertado un interés por parte de las políticas y legislaciones nacionales y regionales, para conservar o restaurar la salud ecológica de ríos y su funcionamiento, junto con sus ecosistemas asociados, para usos humanos y ecológicos [1]. Del mismo modo existe y se prevé para el futuro un incremento en las demandas de agua, dando como resultado una intensificación en los conflictos, entre el desarrollo de los ríos como una fuente de agua y de energía, y su conservación como integridad física y proveedor de diversidad biológica [2].

La regulación de caudales representa la más importante alteración hidrológica en ríos, según las recientes estimaciones, actualmente hay sobre 45.000 grandes presas en unos 140 países [3]; y más de 800.0000 pequeñas presas se estima que existen en todo el mundo [4]. Aproximadamente dos tercios de las más grandes presas del mundo se encuentran en países en vía de desarrollo [3].

El reconocimiento de la alteración ambiental de los ríos a una escala global, ha proporcionado la impetuosa aceleración del desarrollo de una nueva ciencia, para evaluar los denominados caudales ambientales donde se determina la cantidad y calidad de agua requerida para la conservación de los ecosistemas y fuente de protección [5]. Este tipo de evaluación ha recibido diversos nombres, a parte de caudal ambiental “environmental flow”, como; “instream flow”, “environmental allocation”, “ecological flow requirement” o “minimum flow”.

El objeto de este documento, es proporcionar una visión global del estado actual de desarrollo y aplicaciones de las metodologías dirigidas a la evaluación de caudales ambientales necesarios para los ecosistemas de ríos.

2 Metodologías

2.1 Antecedentes

Se han observado inconsistencias en las definiciones y usos de las terminologías usadas para nombrar los caudales necesarios para mantener un hábitat deseado [6]. Diversos autores atribuyen el origen del término “instream flow” a Estados Unidos, mientras que el término de caudal ambiental a Sudáfrica y Australia. Los términos “instream flow”, “minimum flow” y “environmental flow” no son sinónimos teniendo diferentes significados.

Los caudales mínimos son normalmente una determinación subjetiva del nivel del agua o caudal, retenido para propósitos de supervivencia de una especie de pez particular. Como afirma Stalnaker [7], fue en el Oeste de los Estados Unidos, donde el concepto de retener un caudal mínimo en los cauces surgió en respuesta a los severos descensos en la pesca.

Las metodologías de evaluación de *instream flow* fueron desarrolladas entre 1960 y 1970 basado en análisis hidrológicos del suministro del agua y relaciones de la geometría hidráulica, combinado con observaciones de calidad del hábitat y ecología de los peces. *Instream flow* es un balance objetivo del régimen de caudales necesarios para los usos a los que se someten diferentes tramos de un río.

Los caudales ambientales “environmental flow” hacen referencia a las necesidades de los ecosistemas, y mantenimiento de caudales que dependen estructuras de ecosistemas y procesos en varias escalas [8].

En relación al desarrollo de las metodologías para definir requerimientos de caudales ambientales, empezaron a finales de 1940 en el Oeste de los Estados Unidos, pero fue durante la década 1970 cuando recibió un gran empuje como resultado de una nueva legislación ambiental de aguas continentales. Fuera de los Estados Unidos está poco

*Autor para correspondencia

documentado el uso de metodologías para caudales ambientales en esas fechas [5]. En muchos países fue ya en 1980 cuando se comenzaron a utilizar estas nuevas técnicas, como en Australia, Inglaterra, Nueva Zelanda y Sudáfrica o más tarde, Brasil, Japón, Portugal, España y República Checa. Otras partes del mundo, incluyendo el Este de Europa, América latina, África y Asia, son por ahora, poco avanzados en este campo, con pocas publicaciones al respecto [9].

Un gran número de artículos de revisiones de tipos de metodologías se han publicado durante todo este tiempo, [9], [10], [1]. Al menos 207 metodologías individuales han sido identificadas en uso en 44 países [9]. A partir de la clasificación hecha por Tharme, las metodologías se distinguen en: hidrológica, hidráulica, simulación del hábitat y holística. No hay métodos mejor que otros, cada uno puede ser óptimo para diferentes aplicaciones [1].

2.2 Metodología Hidrológica

La metodología Hidrológica se basa en el análisis de las características del régimen hidrológico natural como factor clave en la organización del ecosistema fluvial. Estos métodos son los considerados como más sencillos. La mayoría se basa en el estudio de series hidrológicas, a escala diaria, mensual o anual, mediante operaciones aritméticas más o menos complejas, de la serie de caudales naturales representativa. Se calcula un caudal mínimo teóricamente suficiente para mantener las características del sistema fluvial, se expresan generalmente como un porcentaje de un estadístico de tendencia central. Esta metodología se fundamenta en la relación estricta que existe entre el régimen hidrológico y el ecosistema existente, puesto que las especies en el río se han adaptado y aclimatado a las variaciones de caudal. Como ejemplos cabe citar el método de Tennant o Montana [11] y *Range of Variability Approach* [12].

2.3 Metodología Hidráulica

Los conocidos como métodos Hidráulicos analizan los cambios de alguna variable hidráulica con el caudal, en secciones transversales representativas de áreas críticas por su relevancia o sensibilidad biogénica [13]. Es la tercera metodología más usada en los Estados Unidos utilizándose en seis estados [14]. Los métodos hidráulicos utilizan relaciones entre variables hidráulicas simples (ancho, profundidad, velocidad y perímetro mojado) y el caudal, suponiendo relacionada al mismo tiempo la geometría hidráulica con la habitabilidad para los organismos acuáticos. A partir de estudios de reconocimiento se establecen valores limitantes para la fauna acuática de las variables hidráulicas consideradas [15].

Uno de los métodos más aplicados mundialmente es el del Perímetro Mojado, que establece la relación

entre esta variable y el caudal, presupone que la integridad del hábitat fluvial está ligada al área mojada del biotopo en los ambientes rápidos [13].

2.4 Metodología de Simulación del Hábitat

A este grupo se le denomina modelos de simulación de hábitat o también métodos hidrobiológicos, se basan en las relaciones cuantitativas entre los caudales circulantes, los parámetros físicos que determinan el hábitat y los requerimientos del mismo de determinadas especies. Requiere series históricas de caudal, variables hidráulicas de diferentes secciones y datos de disponibilidad de hábitat de diferentes especies [16].

Utilizan como base para definir el caudal ambiental la respuesta de una especie, generalmente de peces, a cambios discretos del caudal. La idea de conservación de todo el ecosistema queda implícita por el supuesto “efecto paraguas” que supondría el implementar las condiciones de caudal adecuadas para una especie exigente. Estos modelos establecen las correspondencias entre el hábitat de las especies fluviales y las características hidráulicas que varían en función de los caudales [17]. En esencia, evalúan la cantidad e idoneidad del hábitat acuático utilizable para un organismo objetivo, bajo múltiples regímenes hidrológicos y distintos escenarios de estructura biológica configurables [13]. El método hidrobiológico por excelencia es el IFIM (*Instream Flow Incremental Methodology*) [18] siendo el método más usado en los Estados Unidos [14].

2.5 Metodología Holística

Este grupo de metodologías se ha desarrollado durante la década de los noventa. En la actualidad sus principios y métodos están emergiendo rápidamente en el ámbito internacional. Se trata de una aproximación global al sistema fluvial que incluye a todas sus formas de vida, así como al conjunto de procesos biológicos, físicos y químicos derivados de su propia organización estructural, funcional, espacial y temporal. La clave de su análisis radica en encontrar el papel que ejercen los caudales como soporte básico para todos los componentes o atributos del ecosistema fluvial [15]. Entre estas metodologías pueden destacarse las siguientes: *Building Block Methodology*, desarrollada en Sudáfrica, o la *Holistic Approach* de Australia [19].

3 Caudales Ecológicos en España

Las metodologías de cálculo o criterios establecidos para definir los caudales mínimos en España en los últimos años, se ha caracterizado por aproximaciones minimalistas basadas en reglas utilizadas en otros países (Francia, Estados Unidos) o bien en aproximaciones más o menos empíricas desarrolladas en su cuenca correspondiente. Así, por ejemplo, la regla del 10% (cuyo origen se remonta a los años 70

en Estados Unidos), se importó como la norma francesa aplicable a un importante número de ríos españoles para la conservación de los mismos.

En España la mayoría de los caudales ecológicos han sido basados en los datos históricos de caudales con el 10% del caudal medio anual los cuales eluden de alguna forma consideraciones limnológicas. Palau y Alcazar [20] han desarrollado el método del caudal básico basado en aplicaciones de medias móviles como una técnica para obtener información de caudales mínimos desde datos acumulados de caudales diarios. Docampo y De Bikuña [21] han desarrollado el denominado método vasco, basado en la hipótesis que las comunidades de macroinvertebrados cambian a lo largo de la continuidad del río, se considera a los invertebrados como la base de la cadena trófica que permite la existencia de las especies que habitan en la totalidad de la cuenca. Para cada cuenca han desarrollado relaciones empíricas entre el número de especies bentónicas el perímetro húmedo del canal y el caudal, y se asume que un aceptable caudal mínimo es aquel que puede mantener al menos 15 diferentes especies. Los numerosos métodos existentes para el cálculo de caudales mínimos en el Mediterráneo no reflejan la variabilidad hidrológica (anual e interanual) de los ríos españoles mediterráneos. Por ello se han desarrollado en los últimos años diferentes métodos para el establecimiento de régimen hidrológico ambiental en ríos de España. Principalmente ha sido desarrollada la adaptación del IFIM a los ríos españoles, llevado a cabo por el equipo dirigido por García de Jalón. Esta adaptación ha consistido en el desarrollo de curvas de preferencia de especies de ciprínido en España, y en la generación de un régimen de caudales con la variabilidad hidrológica de los ríos españoles mediterráneos [22].

Referencias

- [1] M. C. Acreman, J. Dunbar. "Defining environmental river flow requirements: A review". *Hydrology and Earth System Science* 8 (5): 861-876 (2004).
- [2] Green Cross International (CGI). *National Sovereignty and International Watercourses*. Ruckstuhl SA: Renens, Switzerland (2001).
- [3] World Commission on Dams (WCD). "Dams and Development. A New Framework for Decision-making". The report of the World Commis (2000).
- [4] P. Mc Cully. "Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams". ZED books (1996).
- [5] R. E. Tharme. "Review of International Methodologies for the Quantification of the Instream Flow Requirements of Rivers". Water law review final report for policy development for the Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria. Freshwater Research Unit, University of Cape Town (1996).
- [6] M. J. Dunbar and M.C. Acreman. "Applied hydro-ecological science for the twenty-first century". Acreman, M.C.(Ed.): *Hydro-ecology: linking hydrology and aquatic ecology*: 1-18. (2001).
- [7] C. B. Stalnaker. "Evolution of instream flow habitat modelling". *The rivers handbook: hydrological and ecological principles* 2: 276-286 (1994).
- [8] M. C. Thoms and M. Parsons. "Ecogeomorphology: an interdisciplinary approach to river science. The structure, function and management of fluvial sedimentary systems". IAHS Publication 276: 113-119 (2002).
- [9] R. E. Tharme. "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 (2003).
- [10] C. B. Stalnaker and J. L. Arnette. "Methodologies for the determination of stream resource flow requirements: an assessment". U.S.Fish and Wildlife service FWS/OBS-76/03: 1-199 (1976).
- [11] D.L. Tennant. "Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources". *Fisheries* 1 (4): 6-10 (1976).
- [12] B. D. Richter, J. V. Wigington, R. Braun. "How much water does a river need?" *Freshwater Biology* 37: 231-249 (1996).
- [13] J. Diez Hernández and A. Martínez de Azagra." Directrices para la modelación hidráulica de caudales ambientales mediante la metodología IFIM". IV Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, Tortosa (España), Fundación Nueva Cultura del Agua, 8-12 diciembre 2004, 2004b, en CD (2004).
- [14] D. W. Reiser, T. A. Wesche and C. Estes."Status of instream flow legislation and practise in North America". *Fisheries* 14(2): 22-29 (1989).
- [15] R. Sánchez and C. Ibáñez, C. "Criterios para la implantacion de caudales ecologicos". *Plan Hidrológico del Ebro* (2007).
- [16] L. M. Castro Heredia, Y. Carvajal Escobar and E. A. Monsalve Durango, E. A. "Enfoques teóricos para definir un caudal ambiental". *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana* (2006).
- [17] C. Tobón. "Caudales ecológicos desde la perspectiva del manejo integral del recurso hídrico". RISAS <http://www.redrisas.org/presentaciones/> (2009).
- [18] K. D. Bovee. "A Guide to Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology". USD Fish and Wildlife Services, Office of Biology Services FWS/OBS-82/26 (1982).
- [19] V. Huckstorf, W.C. Lewin and C. Wolter, C. "Environmental flow methodologies to protect fisheries resources in human-modified large lowland rivers". *River Research and Applications* 24: 519-527 (2008).
- [20] A. Palau and J. Alcázar."The Basic Flow: An alternative approach to calculate minimum environmental Instream flow". *Proceedings of Second International Symposium on Habitat Hydraulics*. Québec: 547-558. (1996).
- [21] L. Docampo and B. G. De Bikuña. "The Basque method for determining instream flows in northern Spain". *Rivers* 4 (4): 292-311 (1993).
- [22] D. García de Jalón, B. Gutiérrez, F. Martínez Capel, M. Morillo, S. Baselga and D. Baeza. "Realización de la Metodología de cálculo de aportaciones ambientales y caudales ecológicos mínimos en la cuenca hidrográfica del río Tajo". CEDEX (1997)