

ESTUDIO DE CAUDALES MÍNIMOS DE MANTENIMIENTO EN VARIOS RÍOS DE LAS PROVINCIAS DE BURGOS Y PALENCIA*

F.J. SANZ-RONDA, J. MONGIL, A. SÁIZ y A. MARTÍNEZ DE AZAGRA
U.D. de Hidráulica e Hidrología (Dpto. de Ingeniería Agrícola y Forestal)
E.T.S. de Ingenierías Agrarias Av. de Madrid 44, 34004- Palencia jsanz@iaf.uva.es

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan la planificación, el desarrollo y los resultados de un estudio de caudales ecológicos siguiendo la metodología IFIM en varios ríos de las provincias de Burgos y Palencia. En primer lugar analizamos la selección de los tramos de estudio y la ubicación de las secciones transversales dentro de éstos, indicando los criterios orientadores seguidos. Posteriormente, se analizan los aspectos relativos al aforo de caudales y a la toma de muestras de peces y macroinvertebrados. También se explican detenidamente los pasos seguidos en la aplicación de la metodología IFIM, haciendo especial hincapié en los apartados de simulación hidráulica, ponderación de las secciones transversales y relaciones entre caudal circulante y biomasa. Para concluir, se proponen los caudales mínimos a respetar en cada tramo de río estudiado.
P.C.: caudales mínimos de mantenimiento, IFIM, Burgos, Palencia

SUMMARY

An IFIM study about some important trout rivers in Burgos and Palencia (Spain) is presented on this paper. First, we explain the criteria used to select representative study areas and cross sections. Flow measurement and fish and macroinvertebrate sampling are also described. We discuss the steps followed in the IFIM methodology, specially those related with hydraulic simulation, cross section weighting and correlations between flow and fish biomass. Finally, we define the instream flow regimes to be held in the stretches studied.
K.W.: instream flows, IFIM, Burgos & Palencia (Spain)

INTRODUCCIÓN

La Comunidad Autónoma de Castilla y León (C y L) cuenta con gran cantidad de aguas aptas para la presencia de salmónidos. La pesca de truchas es muy frecuente en toda la región, siendo esta especie más abundante en los ríos de la mitad norte y en las sierras del Sistema Ibérico y Central. Gracias a esta riqueza, la afición por la pesca se ha incrementado mucho en los últimos años, habiendo pasado de poco más de 130.000 licencias en 1992 a más de 163.000 en 1995 y a casi 180.000 en la actualidad. Estas cifras anteriores nos dan una idea de la importancia de la trucha en C y L, y de la necesidad de gestionar tan apreciado recurso con suma atención.

Al mismo tiempo, la agricultura de regadío se encuentra en auge en toda la Comunidad, considerándola una apuesta de futuro para el mantenimiento de la población en los núcleos rurales, debido al atractivo económico que presenta. Estos aprovechamientos se centran en comarcas donde se han establecido previamente planes de regadío a partir de embalses de regulación y/o en las fértiles vegas de los ríos. Ambos tipos de explotación del agua presentan problemas medioambientales de compleja solución política. En primer lugar, la gestión de embalses para regadíos tiene el inconveniente principal de alterar el ciclo hidrológico natural del río. Es decir: invierte el régimen de caudales, siendo éstos máximos en verano y mínimos en invierno.

En el caso del riego directo desde ríos el problema surge en la época estival, cuando los requerimientos hídricos de los cultivos son muy elevados y el caudal circulante es mínimo. Según datos de la Consejería de Medio Ambiente de C y L, en el año 1998 se secaron artificialmente 122 ríos en su territorio, circunstancia que vuelve a repetirse año tras año. En la mayor parte de las situaciones, estas extracciones son ilegales y cuando no lo son, los criterios para su otorgamiento no han tenido ni tienen en cuenta el caudal real del río.

Además, las ayudas estatales a la producción de energías renovables ha fomentado la recuperación de antiguos molinos y su transformación en minicentrales y la construcción de nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas. Los beneficios ambientales son palpables, sin embargo, se suelen olvidar los perjuicios ocasionados al medio fluvial, mitigables en gran medida. Dichos impactos se

centran, a grandes rasgos, en la imposibilidad de franqueo de los peces en sus migraciones, en la detración de flujo desde el azud hasta las turbinas y en la alteración diaria del régimen de caudales aguas abajo de la central.

En resumen, una gestión del agua que satisfaga a todos sus usuarios, incluidos los usuarios pasivos, los que comprenden la importancia de la conservación de los ecosistemas, es una tarea harto difícil. Sin embargo, la legislación vigente (Directiva Marco Comunitaria, Ley de Aguas 29/1985 de 2 de agosto, la Ley de Protección de los Ecosistemas Acuáticos y de Regulación de la Pesca en Castilla y León 6/1992 de 18 de diciembre, etc.) es clara a la hora de indicar la necesidad de unos caudales mínimos que sean capaces de mantener al ecosistema fluvial en su conjunto. Por ello, las administraciones con competencias en el asunto, estatales y autonómicas, han de llevar la iniciativa a este respecto y deben fomentar y exigir estudios de caudales mínimos en todos los ríos amenazados por proyectos de obras hidráulicas.

Con el objetivo de minimizar y prevenir los impactos presentes y futuros que puedan acontecer en la región con más pescadores de España, la Consejería de Medio Ambiente de C y L ha encargado en 1999 unos estudios sobre caudales mínimos en los ríos más amenazados de cada una de sus nueve provincias. La Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia ha llevado a cabo el análisis de las cuencas de Burgos –ríos Cadagua, Nela, Rudrón, Pedroso, Esgueva y Rianza- y Palencia –ríos Pisuerga, Rivera, Carrión, Boedo y Valdavia- (véase la figura 1).

METODOLOGÍA

La metodología IFIM (BOVEE, 1982) se presenta como el método hidrobiológico más completo y cotejado a la hora de determinar caudales de mantenimiento en aguas salmonícolas (SHULER & NEHRING, 1993; GARCÍA DE JALÓN *et al.*, 1993; SANZ RONDA & MARTÍNEZ DE AZAGRA, 1998). El objetivo principal de un análisis IFIM es determinar la Anchura Ponderada Útil (APU) del hábitat en estudio para diferentes caudales y para las especies y estadios de vida de interés. La unidad básica de muestreo es la sección transversal que se divide en celdas de anchura prefijada (por ejemplo: $A_i=1$ metro) en donde se miden una serie de variables correspondientes al microhábitat que influyen notablemente en el comportamiento de los peces; por ejemplo: la velocidad del agua, su profundidad y el tipo de sustrato. Estos datos físicos se convierten en APU utilizando las curvas de preferencia de la especie elegida como representante del tramo en estudio. Las mencionadas curvas reflejan la predilección (en términos probabilísticos) que tiene la especie por los distintos valores que pueden tomar los parámetros físicos en estudio, grado de preferencia que varía con el estadio de vida de la especie. Los métodos más utilizados para hallar el valor de la APU son la media aritmética y la media geométrica de los valores de preferencia del conjunto de variables del hábitat consideradas.

La APU total del tramo, para un caudal y estadio de vida concretos, se determina como el sumatorio de las APU's correspondientes a cada sección transversal ponderadas según la longitud del tramo que representan (L_j) respecto del total (L_t). Así tenemos:

$$APU_t = \sum_{j=1}^n APU_j \cdot \frac{L_j}{L_t} \quad , \text{ siendo } n \text{ el número de secciones transversales estudiado.}$$

Una vez calculadas las APU's para diferentes caudales y estadios de vida se obtienen unas curvas que sirven de base para fijar el régimen de caudales de mantenimiento (figura 2).

La realización de estudios de caudales mínimos para cuencas enteras o grandes tramos de río, como es nuestro caso, exige una meticulosa planificación de gabinete, encaminada a la selección de las zonas de estudio más características de cada parte del río. Siguiendo la metodología propuesta por SANZ RONDA & MARTÍNEZ DE AZAGRA (2000) se procede dividiendo los ríos en tramos principales, zonas estratégicas situadas entre dos afluentes de entidad, cercanas a alguna estación de aforos, con una importancia ecológica singular, etcétera. Posteriormente, se elige un tramo representativo para cada tramo principal que abarque la mayor variabilidad posible de los hábitat presentes en este último, siendo su longitud mucho más reducida. Los tramos representativos han sido objeto de una cartografía especial en forma de planos signográficos, básicos para el acertado posicionamiento de las secciones transversales. Además, el signografiado del tramo nos permite fijar

una longitud representativa para cada sección (Lj) y valorar las zonas de río no muestreadas, logrando así una ponderación longitudinal objetiva de los valores APU-Caudal obtenidos en las secciones de muestreo.

El número total de secciones transversales estudiadas ha sido de 117, distribuidas en 21 tramos representativos. En cada una de ellas se ha realizado un levantamiento topográfico, se ha medido la velocidad de la corriente cada metro de anchura a 2/10 y 8/10 del calado total de cada vertical y se ha analizado la granulometría del sustrato según los tamaños que más interesan desde el punto de vista biológico y piscícola (PLATTS *et al.*, 1983).

La medición de la velocidad y de la altura de la lámina de agua se han efectuado desde septiembre de 1999 a julio de 2000, repitiendo dos veces la misma operación, una primera con caudales bajos y otra con caudales altos. Ello permite realizar interpolaciones y extrapolaciones hidráulicas para diferentes caudales circulantes (en lo que constituye la metodología IFIM).

Dentro de cada tramo también se han estudiado las poblaciones piscícolas y de macroinvertebrados. En el primer caso hemos utilizado pesca eléctrica estimando la biomasa por el método de capturas sucesivas sin devolución. Para los macroinvertebrados se ha empleado un muestreador tipo surber de 0,09 m² de sección, muestreando tres puntos en cada tramo y hallando la media anual de los gramos de materia seca por metro cuadrado a partir de los datos de dos mediciones llevadas a cabo en primavera y otoño.

RESULTADOS

Con el objetivo de definir qué método y variables conviene emplear en el cálculo de la APU, hemos analizado la biomasa piscícola y la APU - determinada ésta alternando la media aritmética y la geométrica con las variables del hábitat más importantes: velocidad, profundidad y sustrato para cada estadio de vida - hallando relaciones entre ambas. Para la búsqueda de una mejor correlación hemos separado los ríos en dos grupos en función de la especie principal (trucha u otras) omitiendo las zonas donde los resultados obtenidos pudieran inducir a errores de interpretación. En nuestro caso, esta relación tan sólo ha resultado estadísticamente significativa para el estadio de vida de los adultos, como era de prever (IRVINE *et al.*, 1987; SHIRVELL, 1989 y SHULER & NEHRING, 1993). Los mejores resultados se obtienen calculando la APU como la media geométrica de la velocidad y la profundidad. Así, llegamos a las dos ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{TRAMOS SALMONÍCOLAS:} & \quad \text{APU} = (54,3113 + 0,00032497 \cdot B)^2 \quad r^2 = 81,35 \% \\ \text{TRAMOS MIXTOS:} & \quad \text{APU} = -18.542,5 + 2.435,67 \cdot \ln B \quad r^2 = 86,97 \% \end{aligned}$$

APU: en m²/1.000 m para adultos de trucha común, calculado como la media geométrica de los valores de las curvas de preferencia de velocidad y profundidad

B: biomasa de trucha adulta en g/1.000 m

r² : coeficiente de determinación de la regresión

En el caso de las áreas de freza, donde el sustrato es primordial, también incluimos este parámetro para el cálculo de la APU, por lo que operamos con la media geométrica de tres coeficientes de preferencia (sustrato, velocidad y profundidad).

La fijación de un caudal de mantenimiento con significación biológica, pasa por estas relaciones entre la biomasa presente en el río y la APU. Para ello, hemos calculado la máxima potencialidad piscícola del medio a partir de los estudios de LEGER-HUET (1964), basados en los parámetros físico-químicos del agua y en la cantidad de macroinvertebrados presentes. La biomasa resultante se refiere al conjunto de especies existentes dentro de un tramo de río, por lo que, teniendo en cuenta los resultados del muestreo piscícola y la distribución teórica ideal en poblaciones de salmónidos (ARRIGNON, 1984), se halla la biomasa potencial correspondiente a los adultos de trucha común. El resultado obtenido se introduce en la ecuación anterior correspondiente a cada tramo y se halla así la APU mínima que permite la conservación de la población potencial de ejemplares adultos. Por último y a partir de las curvas APU-Caudal, se determina el caudal mínimo a respetar.

Los caudales propuestos se refieren siempre al estadio adulto, puesto que es este estadio el

que mayor relación con la APU presenta y el más exigente en cuanto a necesidades de caudal. Además, los juveniles y alevines se distribuyen por el río evitando la competencia y depredación de los adultos. Ambos estadios de vida requieren condiciones de velocidad y profundidad menores que sus progenitores, aprovechando desembocaduras de pequeños arroyos, zonas de orillas, etc. para su desarrollo. Por todo ello, utilizarlos como criterio a la hora de determinar un flujo mínimo no parece apropiado.

Por el marcado comportamiento dinámico de los peces y por las propias particularidades del medio muestreado con pesca eléctrica, los porcentajes hallados entre salmónidos y el resto de familias pueden no corresponderse con las relaciones habituales existentes en el tramo en estudio. Así mismo, también es posible que la estimación de la biomasa potencial de peces según el modelo de LEGER-HUET (1964), esté sujeta a sesgos inherentes al muestreo de macroinvertebrados. Ambas circunstancias pueden estar falseando los resultados y llevarnos a caudales incoherentes. En tales casos hemos empleado una biomasa objetivo de 8 g/m² de truchas adultas (equivalentes a una biomasa total de truchas de 20 g/m² según la distribución teórica de ARRIGNON, 1984). Esta biomasa es compatible con el ejercicio de la pesca deportiva y con la conservación de las poblaciones piscícolas (GARCÍA DE JALÓN et al,1994). Cuando este último objetivo tampoco resulte alcanzable por las particularidades del tramo fluvial, determinamos el caudal de mantenimiento definitivo como aquél a partir del cual la pendiente de la curva APU-Caudal disminuye sensiblemente y por lo tanto, mayores caudales no incrementan apreciablemente el hábitat útil. Este último criterio resulta básico en la determinación del caudal de mantenimiento en las áreas de freza.

Los caudales obtenidos se han relacionado con el régimen de caudales naturales del río y con los parámetros de calidad del agua, siempre que tales datos estuvieran disponibles. Esto nos ha permitido tener una mejor aproximación a la realidad de los flujos propuestos.

CONCLUSIONES

- CAUDALES DE MANTENIMIENTO: los regímenes de caudales de mantenimiento propuestos se resumen a continuación en la tabla adjunta.

Tabla 1. Módulo anual, caudales mínimos de mantenimiento (en época de crecimiento¹ y de freza e incubación²) y porcentaje del caudal mínimo durante el crecimiento respecto del caudal medio anual en los tramos estudiados.

CUENCA	RÍO	TRAMO	Módulo (m ³ /s)	Q mín (m ³ /s)	Q frez (m ³ /s)	Q mín/ Módulo (%)
CADAGUA	Cadagua	Nacimiento-arroyo de Siones	1,76*	0,52	0,78	29,5
	Cadagua	Arroyo de Siones-río Ordunte	3,26*	0,95	1,45	29,1
NELA	Nela	Río Engaña-río Trema	3,99*	0,70	1,60	17,5
	Nela	Río Trema-río Trueba	6,23*	1,10	1,70	17,7
	Nela	Río Trueba-desembocadura	14,46*	1,40	2,25	9,7
	Trema	Todo el río	2,49*	0,63	1,55	25,3
	Trueba	Río Cerneja-río Salón	2,96*	0,88	1,75	29,7
RUDRÓN	Rudrón	Río San Antón-río Sedanillo	2,74*	0,44	1,00	16,1
	Rudrón	Río Sedanillo-desembocadura	5,93	0,97	2,50	16,4
PEDROSO	Pedroso	Nacimiento-río de la Umbría	1,47*	0,61	0,63	41,5
	Pedroso	Río de la Umbría-río Tejero	3,25*	0,79	1,50	24,3
	Pedroso	Río Tejero-desembocadura	4,43*	0,85	1,65	19,2
	de la Umbría	Todo el río	0,80*	0,32	0,32	0,40
	Valdorcas	Todo el río	0,80*	0,40	0,40	50,0
	Tejero	Todo el río	1,00*	0,40	0,40	40,0
ESGUEVA	Esgueva	Nacimiento-Santibañez de Esgueva	0,72*	0,26	0,30	36,1
	Esgueva	Santibañez de Esgueva-arroyo Henar	2,12	0,47	0,56	22,2
RIAZA	Riaza	Todo su recorrido en Burgos	2,75	0,94	3,10	34,2
PISUERGA	Pisuerga	Nacimiento-arroyo de Lores	-	0,53	0,77	-

	Pisuerga	A° de Lores-embalse de Requejada	-	0,83	1,21	-
RIVERA	Rivera	Nacimiento-embalse de Ruesga	-	0,44	0,55	-
CARRIÓN	Cardaño	Todo su recorrido	-	0,72	0,75	-
	Carrión	Celadilla del Río-Saldaña	10,09	2,60	2,60	25,8
	Carrión	Saldaña-Carrión de los Condes	-	4,75	4,75	-
	Carrión	Carrión de los Condes-Villoldo	13,90	5,50	5,50	39,6
BOEDO	Boedo	Nacimiento-Báscones de Ojeda	-	0,35	0,35	-
VALDAVIA	Valdavia	Nacimiento-río Pequeño	-	0,34	0,31	-

* datos estimados a partir de relaciones entre aforos directos y mediciones de las Confederaciones Hidrográficas

¹ época de crecimiento: desde mediados de marzo a mediados de noviembre

² época de freza e incubación: desde mediados de noviembre a mediados de marzo

- ESTACIONES DE AFORO: la correcta gestión de todo recurso natural parte de una precisa cuantificación del mismo. Con el agua también debería ser así. Sin embargo, la red foronómica de nuestras confederaciones hidrográficas cuenta con un número de estaciones demasiado reducido como para abarcar la extensión y peculiaridad de nuestra extensa red fluvial. Así, nos encontramos con muchos ríos importantes dentro de las provincias de Burgos y Palencia que no cuentan con aforos del organismo de cuenca aun teniendo aprobadas generosas concesiones de caudal. Ello explica la lamentable paradoja que padecen muchos tramos fluviales: que los derechos concedidos sobre el caudal circulante superan en mucho al caudal real.

- ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS: una carencia aún más patente que la anterior se refiere al caso de las estaciones de análisis de calidad de las aguas. Dentro de los tramos estudiados en las provincias de Burgos y Palencia, únicamente encontramos datos de calidad en los ríos Cadagua, Riaza y Carrión. Del resto de ríos no existe ningún tipo de información. Igual que ocurre con las estaciones de aforo, sería muy interesante ampliar el número de puntos de muestreo de calidad del agua. De esta manera estaríamos en condiciones de relacionar los caudales de mantenimiento propuestos con las características físico-químicas del agua y podríamos establecer su coherencia con las poblaciones que dependen del medio fluvial

- CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS CAUDALES PROPUESTOS: los regímenes de caudales de mantenimiento propuestos han de supeditarse a programas de control y seguimiento que deben efectuarse por los organismos con competencias en la gestión del agua y del ecosistema fluvial. Por ello, en cada detracción de agua deberían instalarse los caudalímetros y contadores pertinentes para así tener las concesiones aforadas. En cualquier caso y como medida indispensable, deben instalarse limnómetros en cada tramo de río a preservar. Ello permitiría cuantificar el caudal remanente que los distintos usuarios dejamos circular por el río. Sin esta herramienta básica el gestor no estará en condiciones de poder advertir las desviaciones provocadas en el régimen de caudales a respetar, y los ríos seguirán tan desamparados como siempre, faltándoles o sobrándoles agua a conveniencia de las coyunturas político-hidrológicas imperantes.

BIBLIOGRAFÍA (por motivos de espacio invitamos al lector a que consulte con nosotros caso de estar interesado en las referencias utilizadas).

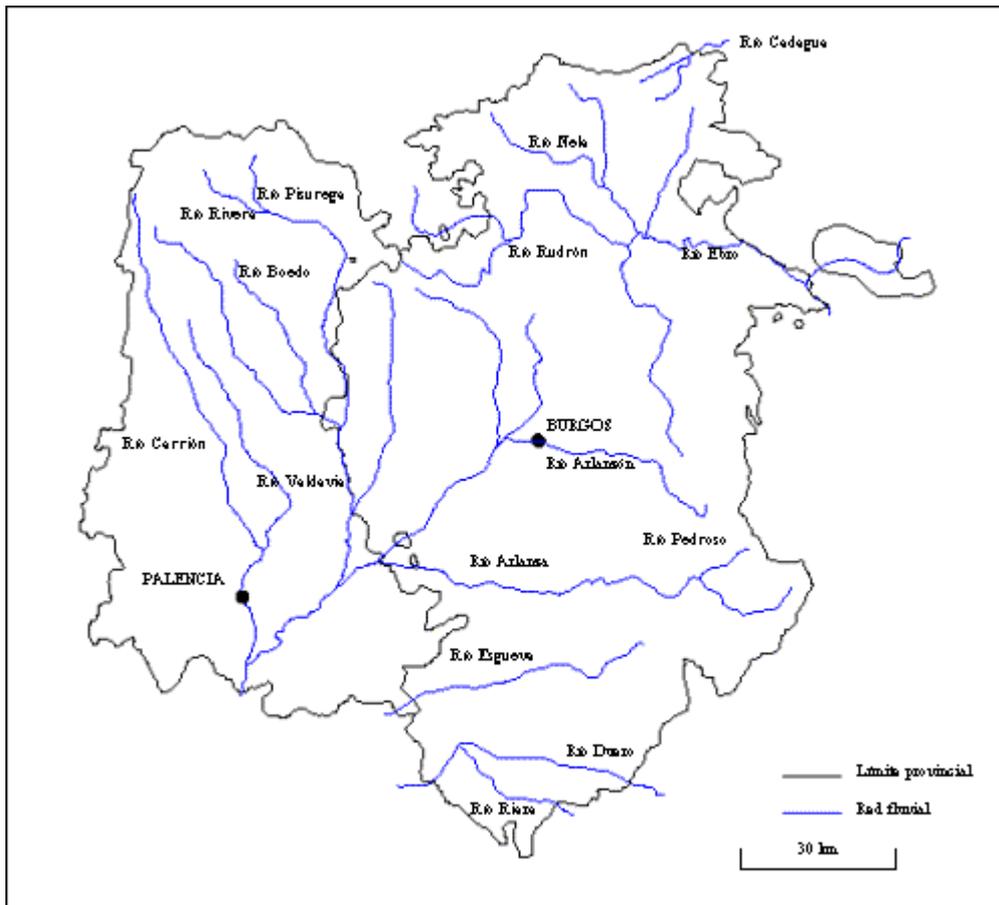


Figura 1. Situación de las cuencas estudiadas en las provincias de Burgos (Cadagua, Nela, Rudrón, Pedrosa, Esgueva y Ría) y Palencia (Pisuerga, Rivera, Carrión, Boedo y Valdavia).

* Este trabajo ha sido promovido y financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.