

EL CONCEPTO DE CAUDAL ECOLÓGICO Y CRITERIOS PARA SU APLICACIÓN EN LOS RÍOS ESPAÑOLES

Diego García de Jalón y Marta González del Tánago

Departamento de Ingeniería Forestal
Escuela de Ingenieros de Montes
Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCION

El uso de las Obras Hidráulicas origina una regulación artificial de caudales que afecta profundamente a la fauna reófila, no ya por las grandes fluctuaciones de nivel provocadas (la mayoría de ellas mucho más dramáticas que las debidas a la torrencialidad natural), sino también por el desfase temporal en que ocurren respecto a la fenología natural (Ward y Stanford, 1979; Petts, 1984).

Las Obras Hidráulicas son tan abundantes en los ecosistemas fluviales que, en la actualidad, son pocos los ríos cuyos caudales no están regulados artificialmente. Por ello, la Gestión del Agua y de los recursos biológicos con ella relacionados debe enfrentarse con frecuencia a la problemática que estas obras originan y en concreto cuantificar los caudales circulantes mínimos capaces de mantener los ecosistemas de los tramos de río regulados.

La creciente demanda social de un medio ambiente mas limpio ha impuesto en la planificación hidráulica la consideración de que en los cauce regulados circulen, al menos, unos 'caudales ecológicos' o 'caudales mínimos medioambientales'. El concepto de estos "caudales ecológicos" comprende enfoques científicos que normalmente ocupan a profesionales diferentes, con áreas de trabajo disjuntas. El término caudal es elemento básico de hidrúlicos e ingenieros gestores del recurso agua, mientras que el adjetivo ecológico nos refiere al mundo de la biología y de la gestión de la naturaleza. Por ello, la fijación de caudales ecológicos es una tarea con una clara vocación multidisciplinar.

Las Confederaciones Hidrográficas y otros Organos de Cuenca, debido a su carencia de personal con formación limnológica, ha fijado, con frecuencia, unos 'caudales ecológicos' en base a unos criterios meramente hidrológicos que nada o poco tienen que ver con la ecología. Así la Ley de Aguas obliga a las Confederaciones Hidrográficas a fijar en los respectivos Planes Hidrológicos unos caudales ecológicos en todos los ríos regulados, en los que existen por lo general marcados conflictos entre los diferentes usuarios del agua; y ello, además, en un momento en que el agua es un recurso cada vez más escaso. En esta coyuntura, los gestores del agua no pueden esperar a que se completen todas las investigaciones necesarias sobre los requerimientos de hábitat de las diferentes especies, y deben de tomar decisiones en este sentido.

Por otra parte se han desarrollado unas ideas sobre caudales mínimos pensando en la

mejora de la calidad de las aguas. Según estas ideas se define el criterio de que los caudales ecológicos sean aquellos capaces de diluir los vertidos contaminantes que existan en el tramo de aguas abajo. Ello supone un claro error, pues no hay que confundir el tema de "cantidad" con el de "calidad", ya que la aplicación de caudales ecológicos exige como condición previa unas aguas no contaminadas. De nada sirve tener suficiente caudal para el desarrollo de organismos acuáticos, si la contaminación de esas aguas lo impide. Además, según este criterio, a un río sin vertidos le correspondería un caudal ecológico nulo.

Existe una bibliografía abundante sobre esta temática de fijación de caudales ecológicos, con diferentes criterios de base. El criterio más coherente es el que liga las exigencias de hábitat que tienen las especies fluviales con las variaciones de las características de éste en función de los caudales circulantes. Diversos autores han utilizado metodologías basadas en este criterio, entre los que cabe señalar a Tennant (1976), que analiza cualitativamente el hábitat piscícola en función de la hidrología de la cuenca vertiente; a White (1976), que desarrolla un análisis hidráulico entre los caudales circulantes y el perímetro mojado del cauce, asumiendo una relación creciente entre éste y la capacidad biogénica del río. Y finalmente, a Stalnaker (1979) y Bovee (1982), quienes desarrollan un método (IFIM, Instream Flows Incremental Methodology) basado en las relaciones cuantitativas entre los caudales circulantes y los parámetros físicos e hidráulicos que determinan el hábitat biológico.

Esta última metodología está siendo utilizada ampliamente en Norteamérica. Gore y Nestler (1988) han presentado un análisis crítico de la misma, apuntando las líneas de investigación para su desarrollo y mejora. Souchon (1983) ya propuso su adaptación a los ríos franceses y Gustard (1987) a los del Reino Unido.

En España, hay una demanda legal de fijación de caudales ecológicos establecida en los Planes Hidrológicos, pero cuya definición no está precisada (Manteiga y Olmeda, 1992). Sin embargo, también se han realizado los primeros intentos de aplicar la metodología IFIM a nuestros ríos (García de Jalón, 1990; Cubillo *et al.* 1990), e iniciado el desarrollo de otras nuevas (Palau, 1994).

Sin embargo, lo que resulta vital es tener un concepto claro de lo que llamamos 'caudal ecológico', máxime cuando hay una pléyade de vocablos cuya indefinición les hace sinónimos en la práctica: caudales de compensación, caudales medioambientales, caudales de mantenimiento, caudales mínimos, caudales de reserva,...etc.

Nosotros hemos optado por el término 'ecológico' pues tiene unas connotaciones claras tanto para el público en general como para los técnicos, políticos y gestores del agua, y aunque se puede argumentar que el término 'ecológico' científicamente no tiene un significado estricto, es claro que su uso cotidiano se lo ha dado de facto.

2. DEFINICIONES DE CAUDAL ECOLOGICO

Un caudal circulante por un cauce podría ser considerado como ecológico, siempre que fuese capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales.

Es evidente que existe una gama amplia de caudales circulantes que son ecológicos para un determinado cauce. Así podríamos definir, dentro de esta gama de caudales, entre unos extremos máximos y otros mínimos. En los casos más frecuentes, en que el agua es considerado un recurso escaso, nos interesará especialmente ese valor mínimo. Pero habrá casos en que será necesario vaciar muy rápidamente un embalse (ante la amenaza de inundaciones, la necesidad de producción hidroeléctrica, o de trasvase de aguas), y en estos casos habrá que fijar también los valores máximos del caudal circulante por el cauce, para mantener la estabilidad de los recursos biológicos.

Dos cuestiones significativas surgen de esta definición a la hora de cuantificar esos caudales ecológicos:

- 10))A qué comunidad, cuya composición, estructura y funcionamiento se pretende mantener, se refiere?
- 20))Como evaluar los impactos de las diferentes detracciones al caudal natural, y como averiguar cual es la máxima detracción que permite el mantenimiento del ecosistema?

A la primera cuestión es conceptual y existen diversas respuestas, desde aquellas que se refieren a las comunidades existentes al construirse la presa o el trasvase, hasta aquellas que hablan de mantener las comunidades que en estado natural prístino. Así, la legislación francesa (Loi 84/512) que habla de 'unos caudales mínimos que garanticen la vida, circulación y reproducción de las especies que pueblan las aguas *en el momento de la instalación de la obra*'. Según esta interpretación los ríos ya contaminados, canalizados o regulados se debería buscar caudales ecológicos que mantuvieran unas comunidades degradadas, lo cual parece un objetivo absurdo.

Por el contrario, pretender conservar las comunidades naturales y pristinas en nuestros ríos es una tarea imposible, por la sencilla razón de que no existen. En teoría, los ríos naturales serían aquellos que estén en condiciones pristinas, es decir que en ellos el Hombre no ha intervenido significativamente. Dados los tiempos históricos en que nos hallamos, es imposible encontrar un ecosistema fluvial no intervenido, y muy especialmente en Europa.

Aunque no tenemos ningún "río natural prístino" que nos sirva de referencia, si existen algunos ríos y muchos tramos fluviales que han sido poco intervenidos por el Hombre o, si lo han sido en el pasado, se han recuperado. Estos ríos y tramos fluviales son los que denominamos "naturales". Por tanto, valoramos su naturalidad en función del grado de su escasa perturbación (inafección) por las actividades humanas.

En dichos ríos naturales existe un equilibrio entre los procesos físicos que se desarrollan en la cuenca vertiente y en el cauce del río (sin duda influidos moderadamente por

las actividades humanas). Adaptada a este equilibrio existe una comunidad biológica, compuesta por microorganismos, plantas y animales, cuya estructura y funcionamiento dependen de las características del río.

Nosotros entendemos que las comunidades de referencia que los caudales ecológicos deben de conservar son estas comunidades 'naturales' que se han adaptado a la perturbación moderada que el Hombre ha ejercido sobre ellos, mediante cambios obvios en su estructura, composición y funcionamiento, pero sin disminuir su complejidad estructural ni su biodiversidad y sosteniendo su integridad ecológica. Tenemos numerosos ejemplos de ecosistemas intervenidos con una gestión sostenible cuya biodiversidad no es inferior a la de sus respectivos ecosistemas naturales, como ejemplo claro basta citar a la dehesa mediterránea. Como dicen Covich *et al.* (1995) la integridad ecológica de los ecosistemas naturales, actuales o que hayan existido en el pasado, no es necesariamente superior que la de los ecosistemas intervenidos'.

Por desgracia, en numerosos ríos la comunidad natural ha desaparecido debido a los impactos severos a que están sometidas. En estos ríos la fijación de caudales ecológicos debe realizarse tomando como objetivo a conservar la comunidad que, potencialmente, viviría allí en el caso de desaparecer dichos impactos. Por tanto es necesario averiguar cual es la comunidad natural potencial del río, por comparación con otros ríos próximos, u otros tramos del mismo río de características similares, que estén menos perturbados.

En cuanto a la segunda cuestión relativa al límite máximo de aguas que se pueden extraer del río sin afectar a la conservación de sus comunidades naturales, la respuesta es metodológica y existen dos tipos de técnicas principalmente: a) aquellos métodos que se basan en datos históricos sobre los estiajes que de forma natural han ocurrido; b) aquellos basados en las pautas de variación del hábitat acuático (o cualquiera de sus componentes) con los caudales circulantes. En ambas metodologías el criterio para la fijación de caudales ecológicos reside en evaluar la flexibilidad del ecosistema o de sus comunidades: en efecto, las comunidades fluviales han evolucionado adaptadas a las fluctuaciones de caudales, respondiendo con cambios estructurales y funcionales a las disminuciones de caudal circulante.

Esta respuesta, dentro de un rango de extracciones de caudal, es de carácter elástico. Si las extracciones hacen que el caudal circulante disminuya por debajo de un determinado umbral, la respuesta de la comunidad fluvial dejará de ser elástica para convertirse en plástica, es decir que los cambios originados en ella dejan de ser reversibles, y la comunidad no se recupera de las perturbaciones ocasionadas por la falta de aguas circulantes. La cuantificación de los caudales mínimos ecológicos busca estos umbrales, fijando los valores por encima de ellos en una proporción que depende de la duración de los mismos y de la resiliencia ecológica de la comunidad.

Esta definición, puede ser satisfactoria desde el punto de vista teórico, pero desde luego su cuantificación desde el punto de vista práctico resulta controvertida debido a la difícil comprobación de cual es el límite (caudal mínimo) compatible con esa resiliencia ecológica, y en especial a la falta de datos. Es obvio que se necesita investigar la respuesta de las comunidades fluviales a la disminución de los caudales circulantes, basandose en experiencias que utilicen las obras de regulación hidráulica en los diferentes tipos de ríos.

3. FIJACIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS BÁSICOS

En la práctica la fijación de unos caudales ecológicos se hace basándose en dos tipos de criterios:

- 1) análisis de los regímenes de caudales históricos
- 2) análisis de la variación del hábitat con los caudales circulantes

El primer criterio estudia en especial los estiajes naturales de los ríos en la idea de que las comunidades fluviales han evolucionado sometidos a determinados tipos de regímenes de caudales y por tanto sus ciclos biológicos y requerimientos ecológicos están adaptados a las variaciones estacionales propias de dicho régimen. Así mismo, están adaptadas a tolerar unos caudales mínimos durante un estío mas o menos largo, e incluso pueden tolerar caudales muy exiguos durante uno o varios días, que obviamente no pueden mantener durante periodos largos a los que no estén adaptados. En la actualidad se está trabajando en esta línea en la cuenca del Ebro (Palau y Alcazar, 1996) y en la del Tajo (Baeza y García de Jalón, en prensa).

El segundo criterio, desarrollado hace tiempo (Stalnaker, 1979 ; Bovee, 1982) principalmente a través de la metodología IFIM-PHABSIM (o similares), y cuya utilización se generalizado en todo el mundo. Este criterio liga las exigencias de hábitat de las especies fluviales, con las variaciones de las características de éste en función de los caudales circulantes. La base conceptual de esta metodología reside en conocer los requerimientos de caudal circulante de algunas especies o de determinadas comunidades reófilas, y de su distribución en el tiempo, para poder evaluar las necesidades de caudal con objeto de mantener sus poblaciones.

Con cualquiera de los dos criterios que se utilice los que se obtiene son unos caudales ecológicos básicos, que reciben diversas denominaciones (mínimos, aconsejables, óptimos, de mantenimiento,) según el método utilizado para su calculo, o su nivel de exigencia ecológica. Estos caudales básicos representan estimaciones de las condiciones límites de tolerancia a la escasez de caudal, o como dijimos anteriormente los umbrales de la resiliencia de la comunidad.

4. REGÍMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS

Las exigencias de hábitat y de caudales circulantes por parte de los peces y de las comunidades reófilas no son las mismas a lo largo de las diferentes estaciones, sino que existen temporadas críticas en las cuales estas exigencias se hacen más perentorias. Así los periodos de freza y de desarrollo de los embriones exigen unos caudales determinados sin crecidas, y en las épocas estivales con aguas cálidas, los salmónidos exigen aguas más rápidas para poder tolerar la escasez de oxígeno disuelto. Por ello los caudales ecológicos circulantes han de ser mayores en estas épocas críticas y por lo tanto estos caudales, si deseamos que sean mínimos, han de fluctuar de unas estaciones del año a otras.

Se necesita, pues, definir un Régimen de Caudales Ecológicos con el fin de proteger el hábitat fluvial en todos los estados de desarrollo de las especies acuáticas. Ciertamente las especies han evolucionado de acuerdo con estas pautas de fluctuación y en ocasiones las utilizan para programar sus ciclos de vida de manera más eficiente y por ello, parece lógico imitar a la fluctuación estacional que se da en el régimen natural a la hora de establecer el régimen de caudales ecológicos. Por tanto, deberemos modular dicho régimen de acuerdo con las fluctuaciones naturales haciéndolas compatibles con los mínimos determinados por los criterios de exigencia de hábitat comentados anteriormente.

A partir de los caudales ecológicos básicos establecidos, estamos en condiciones de elaborar unos regímenes de caudales ecológicos utilizando la curva de caudales medios mensuales (en régimen natural), ajustando el valor mensual mínimo de esta curva al valor de caudal ecológico básico y calculando los caudales de los restantes meses de forma proporcional. Es decir que elegimos el mes del año en el que el régimen natural toma un valor medio mensual menor, y le asignamos dicho caudal ecológico básico. El régimen caudales ecológicos debe fluctuar a lo largo del año siguiendo la pauta similar a la del régimen natural, y para ello, disminuirémos los valores mensuales medios de este en una proporción igual a la relación entre el caudal ecológico y el caudal medio mensual natural mínimo.

La torrencialidad de los regímenes de los ríos mediterráneos se refleja no solo en una fuerte oscilación estacional, sino también en una fuerte fluctuación interanual. Este hecho debe recogerse en la propuesta de régimen de caudales ecológico, puesto que las especies autóctonas han evolucionado sometidas al mismo, y en dichas condiciones son las mejor adaptadas y más competitivas (frente a otras introducidas, que son cada vez más numerosas). Por ello vamos a considerar diferentes regímenes de caudales ecológicos según se trate de años húmedos, años secos, e incluso años extremadamente secos.

Con frecuencia el cálculo del Caudal Ecológico Básico conduce a un intervalo de indeterminación de caudales, cuyos valores extremos pueden tomarse de referencia de base para años húmedos (caudal más alto del intervalo) y años secos (el más bajo). El régimen ecológico en años secos o húmedos se puede definir, análogamente, tomando respectivamente cada caudal extremo como criterio base para el mes de menor caudal natural, y el resto de los meses les asignamos unos caudales proporcionales a la fluctuación natural mensual.

De esta forma tenemos un régimen de caudal ecológico menor para los años secos, que en el caso de los húmedos. Este régimen tiene una fluctuación similar a la que se da naturalmente durante los años secos, y en los meses de estiaje se aseguran unos caudales capaces de mantener suficiente hábitat para la supervivencia durante la sequía.

En ríos en que la torrencialidad es más acusada, se observa que la fluctuación estacional en su régimen natural sigue diferentes pautas en los años de lluvias normales con las que se dan en aquellas de sequía. En general, la fluctuación es menos acusada y los máximos mensuales tienden a retrasarse de Febrero-Marzo en los años húmedos a Marzo-Abril en los secos. Por la existencia de estas diferencias hemos adoptado en los Regímenes de Caudales Ecológicos Secos una pauta de fluctuación proporcional a la que ocurre naturalmente en los años secos. Para ello, se ha definido el Régimen Natural de los Años Secos como el determinado por el caudal medio mensual de la serie natural de los años secos, definiéndose estos últimos como aquellos cuyo caudal medio anual es menor que la mitad del módulo

natural.

Para los años con sequía extraordinaria, se propone un régimen con caudales en los meses de estiaje iguales a los del régimen de años secos, y el resto del año con una fluctuación atenuada a la mitad de la fluctuación de los años secos. Con ello se pretende en estos años extremos hacer lo más compatible posible la demanda de agua (que resultará prioritaria puesto que se tratará principalmente de demanda de abastecimiento a poblaciones) con la demanda ecológica. El régimen de caudales ecológicos cede en los máximos que son totalmente almacenables por las obras de regulación hidráulica al encontrarse bastante vacías.

El régimen natural de caudales en ríos que drenan cuencas áridas además de ser bastante torrencial presenta generalmente estiajes muy acusados, alcanzando con frecuencia la sequía completa del cauce (ríos temporales). Debido a que la dimensión y la morfología de los cauces son perfiladas por los caudales 'generadores del cauce' o 'bankfull discharge' (asimilables a la 'avenida ordinaria'), mientras que, los caudales ecológicos básicos se determinan en función de esta morfología del cauce y del hábitat que supone, puede darse el caso de que los caudales de los meses de estiajes sean inferiores a los caudales mínimos básicos.

En estos ríos de régimen acusadamente torrencial hemos definido su régimen de caudales ecológicos respetando su estiaje natural, es decir en los meses en que sus caudales naturales son inferiores a los caudales mínimos básicos se toman los caudales naturales. En estos casos, la fluctuación en los restantes meses se hace, no proporcionalmente al mínimo mensual, sino proporcional al modulo de la serie.

En la figura 1 se exponen los regímenes de caudales (natural, observado y ecológicos) en ríos mediterráneos. Si comparamos estos diferentes tipos de regímenes podremos evaluar su significado y costes de una gestión ambiental. Es de resaltar las grandes diferencias entre las pautas de fluctuación observado y los que debería de ser el régimen natural (río Genil). En la tabla nº1 se exponen los porcentajes del régimen de caudales naturales y del régimen observado medio, que los regímenes ecológico, mínimo y extremo representan.

Finalmente, quedaría por definir que se entiende por año húmedo, seco y extremadamente seco. En los ríos regulados mediante embalses podemos realizarlo en función de las existencias de agua en los embalses de la cuenca o subcuenca correspondiente al comienzo del año hidrológico. Se propone el siguiente criterio:

Años Húmedos:	llenado embalses	> 50 %
Años Secos:	llenado embalses	entre 25 - 50 %
Años Extremos:	llenado embalses	< 25 %

En el caso de los ríos sin infraestructura hidráulica reguladora se propone un criterio similar, en función de las precipitaciones habidas en la cuenca durante los dos años anteriores, según una media ponderada, y en relación con las precipitaciones medias de series de más de 25 años.

Fijación de avenidas de mantenimiento del cauce

El cauce, y por lo tanto el hábitat que representa, se encuentra en equilibrio geomorfológico con los caudales que circulan por él. La disminución de caudales circulantes puede ocasionar un proceso de sedimentación que reduciría el tamaño del cauce y una pérdida de calidad del hábitat. Las avenidas ordinarias coinciden aproximadamente con los denominados 'caudales generadores del cauce' (bankfull discharge) que son los que de forma natural conforman el cauce.

Por ello un régimen de caudales ecológicos debe tener en cuenta la existencia de avenidas de tal magnitud con frecuencias entre uno y dos años con objeto de mantener en buenas condiciones el sustrato del río y la vegetación riparia, adaptando asimismo dicho régimen a las necesidades de otras especies presentes en el ecosistema. En los ríos más torrenciales y que drenan cuencas áridas su frecuencia e intensidad puede ser mayor.

Para su cálculo estricto habría que analizar la serie de caudales naturales y estudiar los valores máximos para periodos de recurrencias de 1,5 a dos años. Si el cauce se encuentra poco regulado o desde no hace muchos años, se pueden utilizar las secciones del cauce y determinar, utilizando el modelo hidráulico, el caudal que llena el cauce como la avenida ordinaria. Finalmente, como aproximación rápida se puede estimar este caudal en base a la media de los caudales máximos diarios de una serie de más de diez años.

Tabla nº 1.- Porcentajes del régimen de caudales naturales y del régimen observado medio, que los regímenes ecológico, mínimo y extremo representan

Tramos	% de caudales naturales			% de caudales observados		
	Húmedo	Seco	Extremo	Húmedo	Seco	Extremo
Guadalquivir						
Mengibar	25	13	8	36	19	11
Genil						
Puente Genil	25	11	7	36	16	11

Para terminar es conveniente advertir que, estos regímenes de caudales han sido evaluados en las condiciones actuales de aprovechamiento y explotación del recurso agua, y teniendo en cuenta la resiliencia, o capacidad de recuperación, de las comunidades fluviales. Esta capacidad depende en gran medida del potencial colonizador de las especies ubicadas en

los tramos de aguas arriba y en los afluentes secundarios. Sin embargo, si los aprovechamientos hidráulicos aumentan, tanto en intensidad como en extensión, disminuirá dicha resiliencia y por tanto los regímenes cuantificados en este trabajo se tornarán insuficientes.

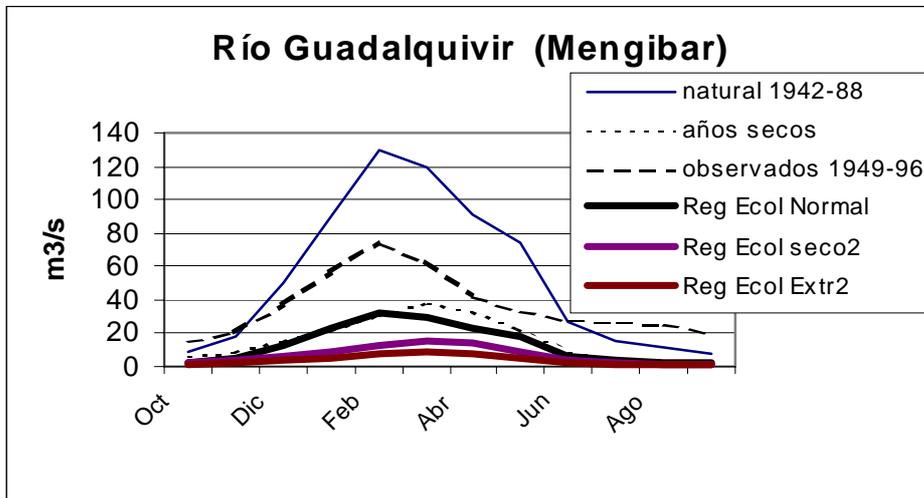


Figura n°1.-Regímenes de Caudales de medias mensuales en Mengibar(Río Guadalquivir), atendiendo a la serie natural (simulada), natural de años secos (media anual menor que la mitad del modulo), observados (regulado), y regímenes ecológicos diseñados para años húmedos, secos y extremos .

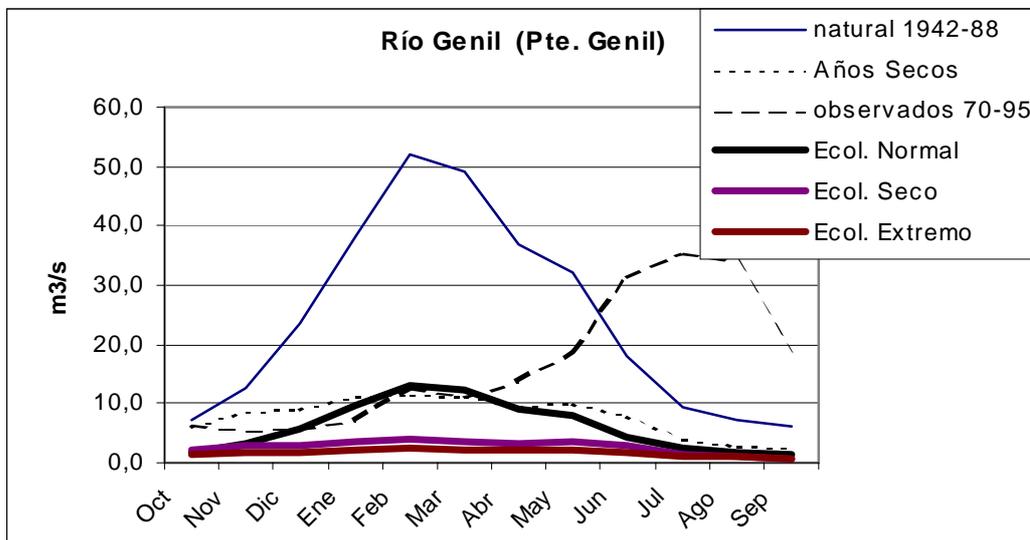


Figura n°2.-Regímenes de Caudales de medias mensuales en Puente Genil (Río Genil), atendiendo a la serie natural (simulada), natural de años secos (media anual menor que la mitad del modulo), observados (regulado), y regímenes ecológicos diseñados para años normales, secos y extremos.

5. BIBLIOGRAFIA

- BAEZA, D. y GARCÍA DE JALÓN (en prensa) Caracterización del Régimen de Caudales en 16 ríos de la Cuenca del Tajo atendiendo a criterios biológicos. *Limnetica*.
- BOVEE, K.D. 1982 *A Guide to Stream Habitat Analysis using the Instream Flow Incremental Methodology*. Instr. Flow Inf. Paper 12. USDI Fish and Wildl. Serv. Washington. 248 pp.
- COVICH, A.P., W.H. CLEMENTS, K.D. FAUSCH, J.D. STEDNICK, J.D. WILKINS y S.R. ABT 1995 *Ecological integrity and western water management: a Colorado perspective*. Water in the Balance. n1 3. Colorado Water Resources Research. Institute Colorado State University.
- CHOW, V.T. 1985 *Hidráulica de los canales abiertos*. Edit. Diana. México. 633 pp.
- CUBILLO, F. , C. CASADO y V. CASTRILLO. *Estudio de Regímenes de Caudales Mínimos en los Cauces de la Comunidad de Madrid*. Agencia de Medio Ambiente. Madrid. 305 pg.
- GARCIA DE JALON, D. 1987 River Regulation in Spain. *Reg. Rivers: Res. & Mngt.* 1, 343-348.
- GARCIA DE JALON, D. 1990. Técnicas hidrobiológicas para la fijación de caudales ecológicos mínimos. En: *Libro homenaje al Profesor D. M. García de Viedma*. 183-196. A. Ramos, A. Notario & R. Baragaño (eds.). FUCOVASA. UPM. Madrid.
- GORE, J.A. y J.M. NESTLER 1988 Instream Flows in Perspective. *Regul. Riv. Res. & Mngt.* 2, 93-102.
- GUSTARD, A. 1987 *A study for compensation flows in the United Kingdom*. Institute of Hydrology. Wallingford.
- MANTEIGA, L. y C. OLMEDA 1992 La regulación del caudal ecológico. *Quercus*, 78, 44-46.
- MASACHS, V. 1948 *El régimen de los ríos peninsulares*. CSIC. Instituto Lucas Mallada. Barcelona.
- PALAU, A. 1994 Los mal llamados caudales "ecológicos". Bases para una propuesta de cálculo. *Obra Pública* n1 28 (Ríos II), 84-95.
- PALAU, A. y J. ALCAZAR 1996 The basic flow: An approach to calculate minimum environmental instream flows. Procs. 2nd Int. Symp. On Habitat Hydraulics. Vol. A: 547-558.
- RALEIGH, R.F., L.D. ZUCKERMAN y P.C. NELSON 1986 *Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout*. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. No. 82, Fort Collins. 65 pgs.
- SOUCHON, F.Y. 1983 *Aproche Methodologique de la Determination des Dèbits Reserves*. CEMAGREF. Serv. Pêche et Hydrobiologie. Lyon.
- STALNAKER, C.B. 1979 The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimens necessary for maintenance of fish habitat. En: *The Ecology of Regulated Rivers*. J.V. Ward y J. Stanford. 326-337. Plenum Press.
- TENNANT, D.L. 1976 Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and related Environmental Resources. Procs. on Instream flow needs Symp. 326-327.
- WHITE, R.G. 1976 A methodology for recommending stream resource maintenance flows for large rivers. Procs. on Instream flow needs Symp. 376-386.