



Title: Evaluación hidro-ecológica de caudales ambientales: metodología IFIM.

Pub: *Ingeniería de Recursos Naturales*

Detail: Juan Manuel Diez Hernández. 5. (Annual 2006): p66(7). (2561 words)

Texto Completo: COPYRIGHT 2006 Universidad del Valle

[ILUSTRACIÓN OMITIR]

RESUMEN

La simulación de los campos de velocidades y profundidades en el dominio modelable de un flujo en ríos es indispensable en cualquier estudio de caudales ambientales que pretenda resultar confiable. Este trabajo identifica la información hidráulica mínima para un estudio de caudales utilizando la acreditada metodología IFIM ("Instream Flow Incremental Methodology"). Se ha modelado un conjunto amplio de 90 secciones transversales representativas de tres tipos de hábitats básicos (rápidos, tablas y remansos) en tramos fluviales de tres órdenes de magnitud (alta, media y baja-pendiente). Los resultados revelan que la modelación del hábitat fluvial es sensible a los errores de simulación de los Niveles de Superficie Libre (NSL), pero robusta respecto al esquema predictivo de velocidades. Estos hechos determinan que puedan obtenerse unas relaciones funcionales hábitat-caudal defendibles para un estudio IFIM de precisión estándar, con datos correspondientes a tres NSL y una distribución horizontal completa de velocidades. El procedimiento conveniente para los estudios IFIM normales de caudales ambientales optimiza el balance precisión-costo: consiste en modelar los NSL a partir de tres mediciones de campo y las velocidades a partir de una única distribución de velocidades asociada al caudal mayor medible con seguridad.



PALABRAS CLAVES

Ecohidráulica, Caudal Ambiental, IFIM, RHABSIM.

ABSTRACT

Hydraulic modeling is an essential component of PHABSIM that greatly determines the cost of the study. This paper evaluates the influence of velocity and depth simulation techniques in the accuracy of the aquatic habitat index, focused to determine the necessary field data to achieve reliable and economic habitat-discharge relationships. Habitat index has been simulated with four generic sets of habitat suitability criteria in 90 representative transects of three habitats types (riffles, runs and pools) in three basic river reaches (high, moderate and low-gradient), by using three measurements of Water Surface Level (WSL) and three complete sets of velocities. The sensibility analysis of the hydraulic and habitat modeling reveals a remarkable effect of the Water Surface Level (WSL) error on the habitat index, and confirm the robustness of PHABSIM on the number of velocity sets used for calibration. The combined action of these aspects makes feasible to develop reliable IFIM physical habitat predictions with field data that contains the measurements of three WSL and one set of velocities.

KEYWORDS

Ecohydraulics, Instream Flow, IFIM, RHABSIM.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algo más de dos décadas, los modelos clásicos de resistencia hidráulica en conducciones abiertas se usan progresivamente para simular las condiciones ecológicas del hábitat acuático. Este nuevo ámbito denominado "Ecohidráulica" apareció en Estados Unidos para estipular las necesidades de hábitat físico de los ecosistemas fluviales afectados por alteraciones en el régimen natural de caudales. El enfoque más utilizado y aceptado científicamente a nivel mundial para esta finalidad es la metodología IFIM ("Instream Flow Incremental Methodology"), desarrollada por el Servicio Estadounidense de Pesca y Vida Silvestre (USWFS, Bovee y Milhous, 1978). El núcleo analítico de IFIM es el potente modelo ecohidráulico PHABSIM ("Physical Habitat Simulation System"), que evalúa el efecto de modificaciones de caudal en la disponibilidad de hábitat físico acuático en un tramo fluvial y facilita la determinación defendible de Regímenes de Caudales Ambientales (RCA).

JPEGF

La simulación hidráulica es un componente básico de PHABSIM, que proporciona las profundidades y velocidades medias en cada punto de la malla estructurada representativa del cauce (Figura 1).

[FIGURA 1 OMITIR]

Estas predicciones se combinan adecuadamente con unos criterios de idoneidad del hábitat para los organismos objetivo, con objeto de desarrollar las decisivas relaciones funcionales entre el Caudal y un Índice de Idoneidad del Hábitat físico acuático (denominado Superficie Ponderada Útil -- "SPU"). El enfoque clásico unidimensional (1D) simplifica la variabilidad morfológica de un tramo fluvial en varias secciones transversales consideradas como compuestas de varias subsecciones rectangulares (celdas), cuya agregación constituye una malla de paralelogramos que abarca todo el dominio de flujo modelable (Figura 2).

[FIGURA 2 OMITIR]

La simulación hidráulica convencional de PHABSIM (Bove et al., 1998; Waddle, 2001) aplica métodos estadísticos simples y ecuaciones de flujo permanente, para predecir de forma secuencial las profundidades y las velocidades medias en cada celda, dentro de un rango de caudales delimitado.

Las profundidades simuladas para un determinado caudal derivan del correspondiente NSL, deducido de la curva de gasto de la sección calculada mediante alguno de los siguientes esquemas para un flujo permanente, que consideran la variación inherente de la rugosidad con el caudal en las corrientes naturales: 1) ecuación de

Manning para un régimen permanente y uniforme, aplicada con una conductividad variable en un área de flujo efectiva (modelo MANSQ); 2) método del "Paso Estándar" para un régimen gradualmente variado en secciones compuestas, con un patrón definido de variación del coeficiente de Manning con el caudal (modelo WSP); 3) ajuste de regresión lineal bilogarítmica de mínimos cuadrados entre el NSL y el Caudal (modelo STGQ); o 4) entrada directa de predicciones externas (p.ej. HECRAS).

JPEGF

Durante la simulación de velocidades se conceptúa cada sección compuesta de múltiples celdas, en cada una de las cuales se asume un flujo permanente y uniforme que se resuelve mediante la combinación seleccionada de tres técnicas que emplean diferente número de distribuciones de velocidades. La primera, denominada "3-velocity", es aplicable con tres o más distribuciones, y ajusta una regresión bilogarítmica lineal entre la velocidad media en una celda y el caudal total. El segundo método, "1-velocity", emplea una distribución de velocidades, presuponiendo un flujo unidimensional estricto en cada celda, resoluble mediante una expresión conjunta simplificada de las ecuaciones de Manning y de continuidad, que deduce las rugosidades. En ausencia de mediciones, el tercer método "no-velocity" aplica en todas las celdas la misma expresión de "1-velocity", pero con unas rugosidades prefijadas, para lograr un cumplimiento de la ecuación de continuidad.

2. METODOLOGÍA

Se ha estudiado un rango amplio de condiciones ecohidráulicas frecuentes en ríos de gravas, que incluyen tres tipos básicos de hábitat (rápido, tabla y remanso) en tramos fluviales característicos de tres órdenes de magnitud (alta, moderada y baja pendiente). Los datos de campo proceden de estudios IFIM realizados en ríos californianos y han sido extraídos del archivo de la consultora Thomas R. Payne & Associates (Arcata-CA, EEUU).

El protocolo de medición en campo siguió las directrices descritas en el manual referencial de PHABSIM (Bovee, 1997), incorporando unas pruebas suplementarias para controlar la calidad de la información recogida (Figura 3).

El aforamiento de cada sección se efectuó conforme a las directrices estándar (Rantz, 1982), estableciendo un mínimo de 20 celdas mojadas y no menos de 15 verticales mojadas durante el caudal menor. En cada sección se han medido con molinetes "PriceAA y pygmy" las distribuciones horizontales de velocidades completas ligadas a tres caudales observados, que abarcan suficientemente el rango de flujo analizable. La modelación ecohidráulica se ha desarrollado con el paquete informático en español RHABSIM 3.0 "Riverine Habitat Simulation Software" (Payne y Diez, 2005), que informatiza IFIM de modo completo y práctico.

[FIGURA 3 OMITIR]

Se han analizado las discrepancias entre las velocidades observadas y las simuladas en cada celda, en términos de errores absolutos y relativos, así como las desviaciones típicas para cada caudal simulado. Agregando jerárquicamente estos errores en cuatro niveles (caudal--celda--sección--hábitat) se han calculado los Errores Relativos Medios y los Errores Absolutos Medios, que cuantifican el desatino cometido en cada ambiente fluvial. Del análisis comparativo de los estadísticos anteriores y la interpretación de los ajustes de regresión que minimizan el error se identificaron los algoritmos más consistentes en cada hábitat. Un enfoque similar se ha seguido con los valores del hábitat (SPU) observados y simulados en cada sección transversal.



Figura 3. Levantamiento hidrotopográfico de una sección transversal representativa de un hábitat tipo "tabla". Los múltiples puntos de estacionamiento definen las celdas en las que se conceptúa dividida la sección para realizar la modelación hidráulica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Modelación Hidráulica

Los errores relativos de simulación de los NSL han sido menores del 1% y comparables a los resultados de los estudios previos. Los errores absolutos han variado de 1 mm a 4 mm, magnitud que expresa la inexactitud predictiva de los NSL que se transfiere a la simulación de las velocidades. Estos resultados revelan que el error de la modelación de los NSL tiene una influencia limitada en la predicción de las distribuciones de profundidades y velocidades, pero amplifica de manera notable los errores en la simulación del hábitat (SPU). En consecuencia, los errores asociados a la modelación de los NSL no deberían minusvalorarse, puesto que ejercen un efecto significativo en el índice de hábitat. Por tanto, nuestros resultados corroboran la recomendación de utilizar al menos tres mediciones NSL-Q para obtener unos resultados confiables de calidad controlable (Diez Hernandez, 2003). Para evaluar las respuestas de las técnicas de simulación de velocidades, se han comparado las velocidades observadas con las simuladas para los tres caudales referenciales, en cada una de las celdas seleccionadas aleatoriamente dentro de las secciones representativas de cada hábitat. La muestra ha consistido en unas 120 velocidades observadas para cada ambiente, lo que supone un total aproximado de 1000 valores. Para determinar en qué medida los tres algoritmos de simulación representan los campos de velocidades reales, se han realizado ajustes de regresión simples entre las mediciones y las predicciones, independientemente en cada unidad ecohidráulica. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 4 lo sucedido en el tramo de Baja Pendiente (BP), con las respuestas de los tres algoritmos (columnas) en todos los hábitats (filas). De estos resultados se deducen unas relaciones significativas entre la velocidad medida en campo y la modelada. Por otro lado, el valor del coeficiente de determinación [$r_{sup.2}$] expresa el porcentaje de la variabilidad de la velocidad medida en un hábitat que se explica mediante cada uno de los tres enfoques (p.ej. 96.4% en los rápidos con 3-vel). Se observa que la representatividad de los modelos aumenta con el mayor esfuerzo de toma de datos.

JPEGF

3.2. Modelación del Hábitat

La calidad de las estimaciones del hábitat acuático generadas con los tres modelos de velocidades se compara en la figura 5, donde se presentan los errores relativos de la modelación hidráulica normal (secuencial NSL y velocidades). Los valores más bajos se consiguen de modo consistente con "3-vel" y disminuyen con el gradiente del tramo. No obstante, el austero "1-vel" revela una exactitud interesante, con discrepancias menores del 6% en el tramo de alta pendiente, del 5% en el de media pendiente y del 3% en el de baja pendiente. Las respuestas de la aproximación simple "no-vel" son peores invariablemente.

[FIGURA 4 OMITIR]

El análisis de las respuestas de "3-vel" en el intervalo de extrapolación superior ha constatado las inconsistencias detectadas por Payne y Bremm (2003), originadas por regresiones anómalas en las celdas con sólo dos velocidades cuando ambas son muy diferentes, una positiva y otra negativa, o ambas negativas.

En consecuencia, el procedimiento para simular el hábitat con mayor exactitud precisa al menos tres distribuciones de velocidades (Figura 6): aplica "3-vel" en el rango de interpolación, "1-vel" calibrado con el caudal alto en el intervalo de extrapolación superior, y "1-vel" calibrado con el caudal bajo en el intervalo de extrapolación inferior. No obstante, pueden obtenerse unas relaciones hábitat-caudal con un buen balance exactitud-economía a partir de dos distribuciones de velocidades, aplicando el modelo "1-vel" calibrado con el caudal alto para la interpolación y extrapolación superior, y calibrado con el caudal bajo para la extrapolación inferior.

[FIGURA 5 OMITIR]

[FIGURA 6 OMITIR]

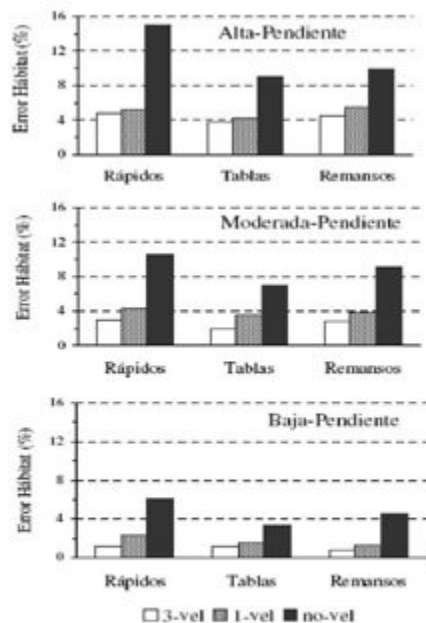


Figura 5. Error relativo promedio de simulación del hábitat generado con los modelos de velocidades en tres hábitats básicos (rápido, tabla y remanso) de tres tramos fluviales (alta, moderada y baja-pendiente), empleando diferente número de velocidades medidas.

Adicionalmente, se ha analizado un procedimiento económico que utiliza una distribución de velocidades medida durante el caudal alto, con la que se calibra el modelo "1-vel" y se aplica en todo el intervalo de simulación.

Las diferencias respecto al enfoque anterior que utiliza tres distribuciones han sido normalmente menores del 5% en todas las condiciones ecohidráulicas, lo cual demuestra que la medición de velocidades adicionales añade muy poca exactitud.

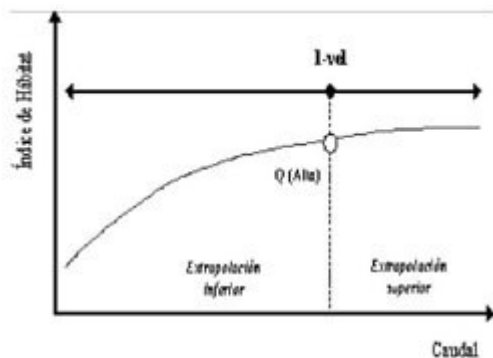


Figura 6. Obtención de las relaciones funcionales hábitat-caudal de máxima precisión a partir de tres distribuciones de velocidades. En el intervalo de interpolación se aplica "3-vel", y en los de extrapolación "1-vel" calibrado con el caudal observado más cercano.

Si se valora el incremento de coste que conlleva la obtención de tres distribuciones de velocidades, las curvas hábitat-caudal delineadas por ambos métodos son tan parecidas que justifican un ahorro en las evaluaciones PHABSIM de precisión estándar. Este resultado corrobora la sugerencia de Payne y Bremm (2003) para muchos estudios IFIM, de destinar los recursos adicionales que conllevaría el empleo de múltiples perfiles a otros aspectos más trascendentes, como incluir más secciones representativas y/u obtener unos criterios de preferencia más ajustados.

Por lo tanto, el procedimiento conveniente para los estudios IFIM normales de caudales ambientales optimiza el balance entre la fiabilidad y la economía (Figura 7): consiste en utilizar un único perfil de velocidades ligado al caudal superior medible con seguridad, para calibrar el modelo <<1-vel>> y aplicarlo en todo el rango de simulación.

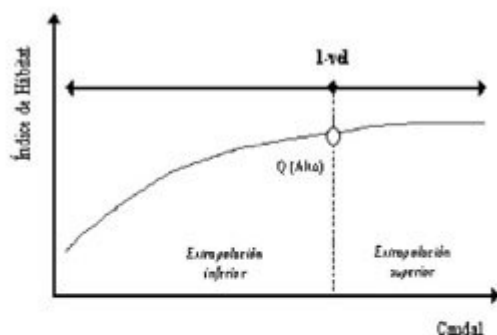


Figura 7. Procedimiento de simulación conveniente para los estudios IFIM ordinarios de caudales ambientales. Utiliza la técnica "1-vel" en todo el rango de simulación, calibrada con la distribución de velocidades completa ligada al caudal mayor medible con seguridad.

[FIGURA 7 OMITIR]

4. CONCLUSIONES

La modelación hidráulica es un componente fundamental del sistema PHABSIM, que condiciona notablemente el coste de un estudio. Los resultados revelan que la modelación del hábitat es sensible a la técnica de simulación hidráulica empleada, pero muy robusta respecto a los errores de la simulación de velocidades. La acción conjunta de estos hechos determina que sea posible obtener unas relaciones funcionales hábitat-caudal defendibles para un estudio IFIM de caudales ambientales de precisión estándar, a partir de las mediciones de tres Niveles de Superficie Libre (NSL) y un perfil horizontal de velocidades

completo.

Dentro del laberinto actual de técnicas de simulación hidráulica aplicables en PHABSIM, con capacidades desiguales en función de la información de campo disponible y la configuración de sus opciones, los modelos hidráulicos en una dimensión producen resultados confiables para los estudios IFIM.

El procedimiento que se juzga ventajoso para los estudios IFIM normales de caudales ambientales optimiza la precisión y el coste de la simulación: consiste en modelar los NSL a partir de tres observaciones, y las velocidades medias mediante el modelo <<1-vel>> calibrado con el perfil horizontal de velocidades correspondiente al mayor caudal medible con seguridad.

* Recibido : Noviembre 15 2006 * Aceptado : Enero 12 2007

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bovee, K.D. (1997). Data collection procedures for the physical habitat simulation system. U.S.G.S, Biological Resources Division, Mid-continent Ecological Science Center. Fort Collins, Colorado.

Bovee, K.D. y Milhous, R.T. (1978). Hydraulic simulation in instream flow studies. Instream Flow Information Paper No. 5. U.S. Fish and Wildlife Service, Fws, Obs-78/33. Fort Collins (CO-EEUU).

Bovee, K.D., Lamb, B.L., Bartholow, J.M., Stalnaker, C.B., Taylor, J. y Heriksen, J. (1998). Stream habitat analysis using the IFIM Methodology. USGS/BRD/ ITR-1998-0004, U.S.G.S.

Diez Hernandez, J. M. (2003). Análisis Comparativo de los modelos hidráulicos de Phabsim, con propuesta de nuevos métodos hidráulicos 1D. Tesis Doctoral. Univ. de Valladolid, Valladolid, España.

Payne, T.R. y Bremn, D.J. (2003). The influence of multiple velocity calibration sets on the Phabsim M habitat index. Proc. of International IFIM user's workshop (CD), 1-5/6/03, Fort Collins, Colorado.

Payne, T.R. y Diez Hernandez, J.M. (2005). Actualización del Modelo Rhabsim 3.0 para estimar caudales ecológicos. Eidenar, Vol.111, 1(3):12-17.

Rantz, S. E. (1982). Measurement and computation of streamflow: Volume 1: Measurement of stage and discharge. USGS Water Supply Paper 2175.

Waddle, E. T. (Ed). (2001). Phabsim for Windows: User's Manual. USGS, Fort Collins, Colorado.

Juan Manuel Diez Hernández, Ph.D.

Ingeniero Forestal. Prof. Doctor. Grupo de Hidráulica e

Hidrología, Universidad de Valladolid, España.

Citación De la Fuente

Diez Hernández, Juan Manuel. "Evaluacion hidro-ecologica de caudales ambientales: metodologia IFIM." *Ingeniería de Recursos Naturales* 5 (2006): 66+. *Informe Académico*. Web. 24 Sept. 2010.

Document URL

<http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A182273973&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0>

Número de Documento:A182273973

- [Contact Us](#)
- [Copyright](#)
- [Terms of use](#)
- [Privacy policy](#)