

DESARROLLO DEL SOFTWARE “RHABSIM 3.0” EN ESPAÑOL PARA EL ESTUDIO DEL HÁBITAT FLUVIAL MEDIANTE EL SISTEMA PHABSIM.

Juan Manuel Diez Hernández¹ y Thomas R. Payne²

¹ Grupo de Hidráulica e Hidrología. ETS. Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid. Av. Madrid, 57. 34004 Palencia. España. Correo-e: jmdiez@iaf.uva.es

² Thomas R. Payne & Associates. P.O. Box 4678, Arcata (California). 95518 EEUU. Correo-e: trpa@northcoast.com

Resumen

RHABSIM (“Riverine Habitat Simulation Software”), el paquete informático comercial de modelación del hábitat fluvial IFIM-PHABSIM disponible desde 1994, ha sido actualizado de manera sustancial. Completamente compatible con Windows XP y 98, el programa de simulación hidráulica y del hábitat ha incorporado varias características nuevas. Ahora incluye el nuevo algoritmo de simulación de velocidades “LogD” (DIEZ HERNÁNDEZ, 2003), varias opciones para un calibrado automático de algunos modelos hidráulicos, prácticos vínculos con ficheros de formato Excel, y capacidad de una variable de hábitat adicional. El programa está totalmente traducido al idioma Español, incluyendo: menús, hojas de cálculo, informes, gráficos, y ayuda.

Palabras clave: IFIM, caudal ambiental, hidrofísica, simulación del hábitat.

1. INTRODUCCIÓN

Los conceptos documentados en la metodología IFIM (“Instream Flow Incremental Methodology”) han sido informatizados de distintos modos, con objetivo de analizar el efecto de una variación del régimen de caudales en el hábitat acuático, y determinar caudales ambientales. Algunos programas con capacidades analíticas y propósitos similares son: RSS, PHABSIM, HABIOSIM, RHYHABSIM, EVHA, CASIMIR, PHABWin, y RHABSIM. El paquete informático RHABSIM 1.1, creado por Thomas R. Payne & Associates, fue presentado como software comercial en el Primer Simposio Internacional de Ecohidráulica en Noruega (1994). La versión actual (3.0) ha sido actualizada para funcionar bajo los sistemas operativos Windows XP/2000 e incluye varias capacidades nuevas. Para facilitar su manejo a los usuarios hispanohablantes, RHABSIM 3.0 ha sido traducido completamente al Español.

2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA “RHABSIM 3.0”

RHABSIM se estructura en varios módulos que ejecutan los procedimientos necesarios para la modelación hidráulica y del hábitat: el Navegador de RHABSIM y las rutas internas proporcionan un acceso a un proceso secuencial lógico (Figura 1). El primer módulo “FIELDAT” (“Field Data Entry”) se utiliza para introducir los datos de campo con facilidad. Seguidamente “HYDSIM” (“Hydraulic Simulation”) realiza una completa simulación hidráulica de las distribuciones de profundidades y velocidades. En el módulo “CRITERIA” (“Criteria Curves”) se introduce la información de los criterios de idoneidad de las especies analizadas. A continuación, con “HABSIM” (“Habitat Simulation”) se computa el hábitat que genera cada flujo simulado en términos de un Índice de Hábitat (normalmente la “Superficie Ponderada Útil”). El último módulo “TIMESER” (“Time Series”) analiza el efecto de las distintas alternativas de caudales en la calidad y cantidad del hábitat acuático. El paquete informático genera informes gráficos y de texto muy completos. Dispone de prácticas opciones para importar y exportar datos, convertir unidades y configurar la apariencia. Esta versión en Español incorpora una terminología de PHABSIM adaptada a nuestro idioma.

3. MÓDULO CONVERT

El programa CONVERT es una utilidad que intercambia los formatos de los ficheros RHABSIM y los primitivos de PHABSIM II. Admite los formatos de otros programas que informatizan PHABSIM, como IFG4, MANSQ, y WSP. Adicionalmente, CONVERT también intercambia los sistemas de unidades Métrico y de EEUU.

4. MÓDULO FIELDAT

El programa FIELDAT ha sido concebido para ser utilizado tanto por técnicos de campo como por especialistas en hidroinformática, para crear ficheros que contengan la información recogida en campo, referente al perfil transversal de la sección y las distribuciones horizontales de velocidades. La geometría de la corriente se construye directamente a partir de las lecturas de la mira, las profundidades medidas durante un caudal (hasta 5), o combinaciones de los dos métodos. La figura 2 contiene la pantalla que muestra una sección transversal definida por las lecturas de la mira y también los perfiles de profundidades medidos durante tres caudales diferentes, donde las discrepancias se deben a la localización exacta de la lectura en un sustrato grueso. Este gráfico puede utilizarse para controlar la calidad de los datos de campo o para seleccionar el perfil transversal que proporcione un aforo más ajustado. Las velocidades puntuales pueden introducirse directamente, o bien calcularlas con las lecturas de campo y las características del correntímetro. El programa puede mostrar de forma gráfica hasta cinco distribuciones horizontales completas de velocidades.

5. MÓDULO HYDSIM

El modulo HYDSIM ejecuta los cálculos requeridos para la simulación hidráulica en una dimensión. Este enfoque clásico simplifica la variabilidad morfológica de un tramo fluvial en varias secciones transversales representativas, que se conceptúan como como compuestas de múltiples subsecciones rectangulares (“celdas”), cuya agregación global constituye una malla de paralelogramos que abarca todo el dominio de flujo modelable. La modelación hidráulica convencional de PHABSIM (BOVEE ET AL., 1988; WADDLE, 2001) aplica métodos estadísticos simples y ecuaciones para un flujo permanente seleccionables, para predecir secuencialmente las profundidades y las velocidades medias en cada celda, dentro de un intervalo de caudales delimitado. Estas técnicas de simulación del micro-entorno hidráulico se calibran en cada sección con las mediciones de un número variable de Niveles de Superficie Libre NSL y de distribuciones horizontales de velocidades medias, que representan aceptablemente el rango de caudales analizados.

Los tres modelos de NSL disponibles (WADDLE, 2001) perfeccionan los esquemas de solución iniciales presentados en la conocida publicación “Instream Flow Paper No. 5” (BOVEE & MILHOUS, 1978), para generar la curva de gasto de cada sección transversal para un flujo permanente. Todos ellos consideran la variación inherente de la rugosidad con el caudal en las corrientes naturales, ya sea de manera explícita configurando dicha relación, o bien implícitamente. El modelo STQG ajusta una regresión lineal bilogarítmica de mínimos cuadrados en cada sección, entre el NSL y el caudal (Q), concibiendo un área inefectiva de flujo delimitada por el Nivel de Caudal Cero (NCC). La técnica MANSQ aplica la ecuación de Manning para un régimen uniforme en cada sección, incorporando el cambio de rugosidad con el caudal mediante una conductividad (CHOW, 1959) variable. MANSQ incluye varias opciones con las que se puede seleccionar el ajuste entre la conductividad y el caudal (opción MANSQ-IOC2 primitiva), el tipo de radio hidráulico (IOC6) y el tratamiento del área inefectiva de flujo (IOC10). Con mayor rigor conceptual, el modelo WSP aplica el método del paso estándar para secciones compuestas (ver HENDERSON, 1966; sect. 5.6) en un tramo formado por secciones consecutivas con régimen subcrítico, utilizando el Modificador de la Rugosidad (MODR) como patrón de variación del coeficiente de Manning con el caudal de forma conjunta el en tramo.

La calibración de STGQ se facilita mediante un gráfico interactivo que posibilita seleccionar con el ratón entre un posible ajuste del NSL, del caudal y del NCC. El modelo MANSQ incorpora un práctico algoritmo de calibración automática, que calcula mediante aproximaciones sucesivas el

mejor valor del coeficiente Beta del ajuste de la variación de la rugosidad con el caudal. En la figura 3 aparece la pantalla con las curvas de gasto observadas y las calibradas con el procedimiento anterior. El modelo WSP incluye una opción para calcular el mejor valor del coeficiente de Rugosidad de una sección a partir de las observaciones de campo, utilizar la pendiente de fricción en cada sección o promedio entre dos secciones, visualizar los perfiles hidráulicos observados y simulados para calibrar los modificadores de la rugosidad, y especificar los coeficientes de expansión y contracción para el cálculo de las pérdidas de energía singulares.

Durante la simulación de velocidades se conceptúa cada sección transversal como compuesta de múltiples celdas, en cada una de las cuales se asume un flujo permanente y uniforme que se resuelve mediante tres técnicas configurables que emplean diferente número de distribuciones de velocidades observadas. La primera denominada “3-velocity regresión” 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 que resuelve mediante una expresión conjunta de las ecuaciones de Manning y de continuidad, simplificada en cada celda para deducir un coeficiente de rugosidad que se considera constante. En ausencia de distribuciones de velocidades observadas, el tercer método “no-velocity” aplica en todas las celdas la misma expresión simplificada del anterior “1-velocity”, pero con unos coeficientes de rugosidad prefijados por el modelador, para lograr un cumplimiento aceptable de la ecuación de continuidad.

6. MÓDULO CRITERIA

Este componente crea, muestra y almacena los criterios de idoneidad del hábitat utilizados para calcular los índices de hábitat de las condiciones hidráulicas simuladas. Las curvas de preferencia pueden mostrarse agrupadas por especie o por variable (velocidad, profundidad, sustrato, cobertura).

7. MÓDULO HABSIM

El programa HABSIM combina las curvas de preferencia seleccionadas en CRITERIA con los dominios hidráulicos simulados en HYDSIM para calcular un Índice de Idoneidad Relativa (IIR) del hábitat acuático (también denominado Superficie Ponderada Útil (“Weighted Usable Area-WUA”). Se incluyen numerosas opciones para el cálculo del IIR, y la visualización de los resultados puede hacerse de forma conjunta en todo el tramo, o individualizadamente en cada sección transversal. La figura 4 contiene la pantalla que muestran las celdas mojadas de todas las secciones, codificadas con color según el rango de su respectiva idoneidad combinada, y ponderadas por sus representatividades de la zona de estudio. Se pueden seleccionar grupos de secciones para un análisis más detallado de los resultados.

8. MÓDULO TIMESER

El análisis de las series temporales que incorpora este módulo es una fase crucial de un estudio IFIM de caudales ambientales, en la que los Índices de Idoneidad Relativa (IIR) se enlazan con la hidrología de la corriente abordando un análisis más amplio en el ámbito de la Ecohidrología. El programa TIMESER convierte los caudales mensuales, diarios o incluso horarios en sus correspondientes valores de IIR, y representa gráficamente los resultados de los diferentes regímenes de caudales alterados asociados a proyectos de embalses o pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Los gráficos se pueden estructurar en forma de secuencia temporal o bien como curvas de duración. La figura 5 recoge el gráfico de los valores del IIR durante dos años de caudales diarios, condicionados por una derivación y cinco caudales mínimos diferentes. La comparación directa del área total del Índice de Hábitat de cada alternativa se facilita mediante un gráfico de barras.

9. MEJORAS

Para facilitar el análisis y la generación de gráficos y reportes, RHABSIM 3.0 puede importar los formatos hidrológicos revisados del USGS (EEUU), e incorpora vínculos con el formato de hoja de cálculo estándar de Excel. Adicionalmente, importa y maneja las mediciones de un medidor de perfiles verticales de velocidades del tipo “Doppler Acústico”.

BIBLIOGRAFÍA

- BOVEE, K.D. y MILHOUS, R.T.; 1978. *Hydraulic simulation in instream flow studies: theory and techniques*. Instream Flow Information Paper No. 5. U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-78/33. Fort Collins, Colorado.
- BREMM, D.J.; 1988. *Comparison of stream velocity simulations for the IFG4 model three-flow, one-flow, and no-velocity options*. Tesis de Master. Humboldt State University, Arcata, California.
- CHOW, V.T.; 1959. *Open-Channel Hydraulics*. MacGraw-Hill Book Co. New York. 633 pp.
- DIEZ HERNÁNDEZ, J.M. y MARTÍNEZ DE AZAGRA, A.; 2004. The influence of 1D hydraulic simulation on the PHABSIM habitat index.. *Proceedings of Fifth International Symposium on Ecohydraulics* (CD), 12-17/9/04, Madrid, España.
- HENDERSON, F.M.; 1966. *Open Channel Flow*. New York: MacMillan Co.
- WADDLE, T. (Ed); 2001. *PHABSIM for Windows: User´s Manual and Exercises*. U.S. Geological Survey. Fort Collins, Colorado.

FIGURAS

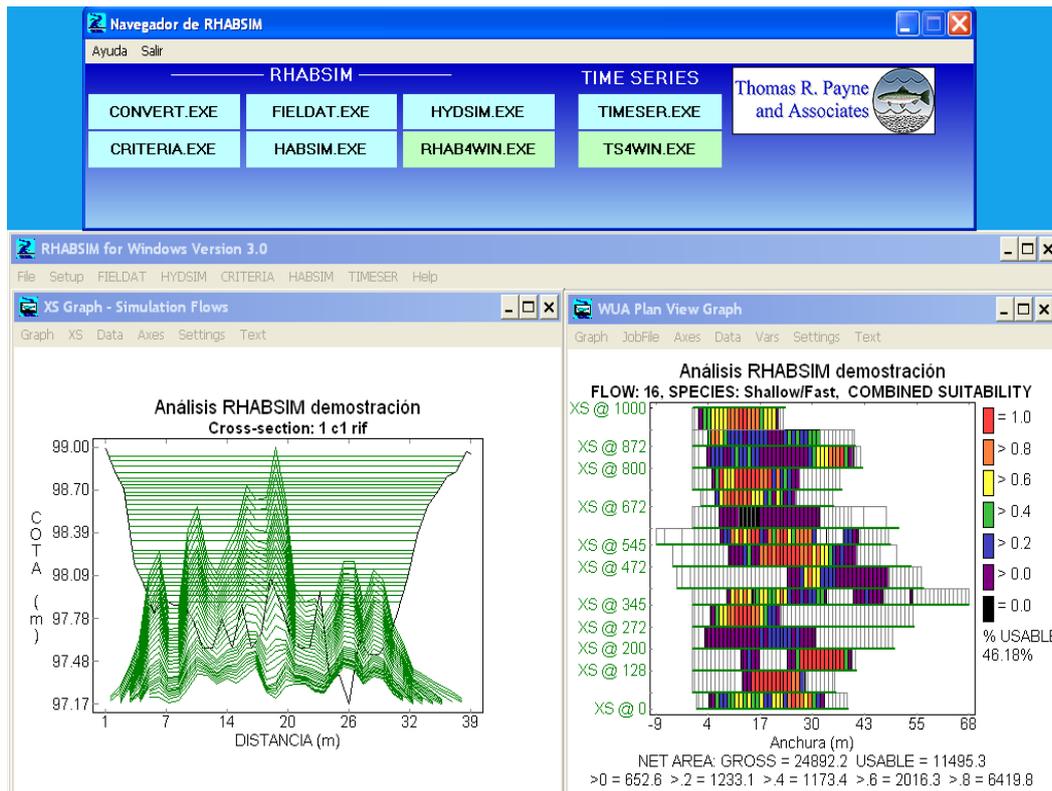


Figura 1. Aspecto de una modelación del hábitat PHABSIM con el programa RHABSIM 3.0 en español. En la parte superior aparece el Navegador de RHABISM, desde que se accede con facilidad a todos los módulos. Debajo a la izquierda se ha colocado el gráfico de la simulación hidráulica completa de una sección transversal (distribuciones de velocidades y profundidades). A la derecha el resultado de la cuantificación del Índice de Idoneidad Relativa (IIR) de cada celda según el esquema predictivo clásico 1D, que simplifica la variabilidad morfológica de un tramo fluvial en varias secciones transversales representativas conceptuadas como compuestas de múltiples celdas rectangulares, agregables de forma global para conformar una malla de paralelogramos que abarca todo el dominio de flujo modelable

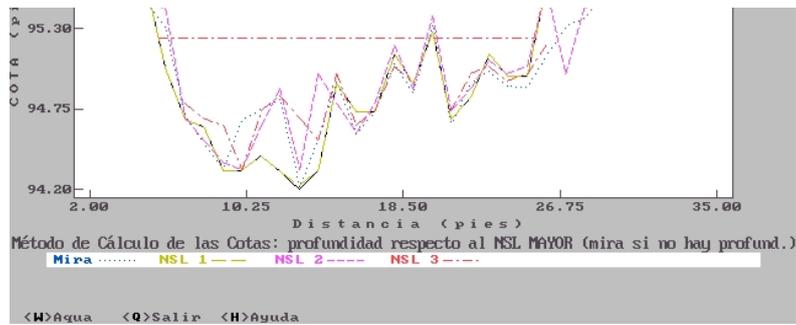


Figura 2. Pantalla de RHABSIM 3.0 que muestra una sección transversal definida por las lecturas de la mira y también los perfiles de profundidades medidos durante tres caudales diferentes. Las discrepancias entre los contornos se deben a las diferentes localizaciones de una misma lectura, provocadas por el difícil acceso a un contorno con sustrato muy grueso.

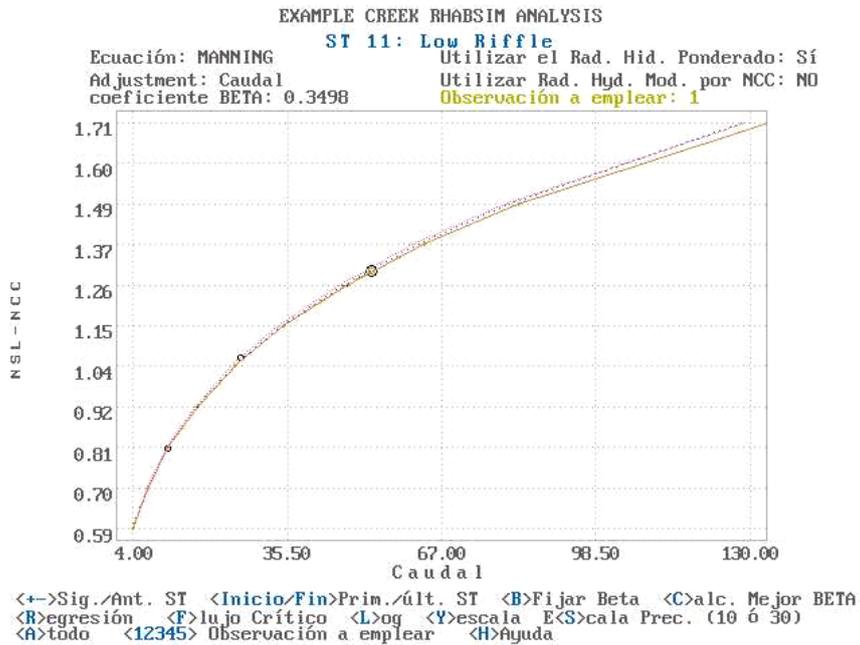


Figura 3. Resultado de la calibración automática del modelo MANSQ. La curva de gasto ajustada corresponde al mejor valor del coeficiente Beta, obtenido mediante aproximaciones sucesivas que minimizan las discrepancias entre los valores observados y los simulados.

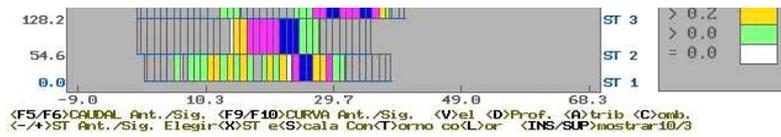


Figura 4. Pantalla del módulo HABSIM de RHABSIM 3.0 que muestran las celdas mojadas de todas las secciones, codificadas con color según el rango de su respectiva idoneidad combinada, y ponderadas por sus representatividades de la zona de estudio

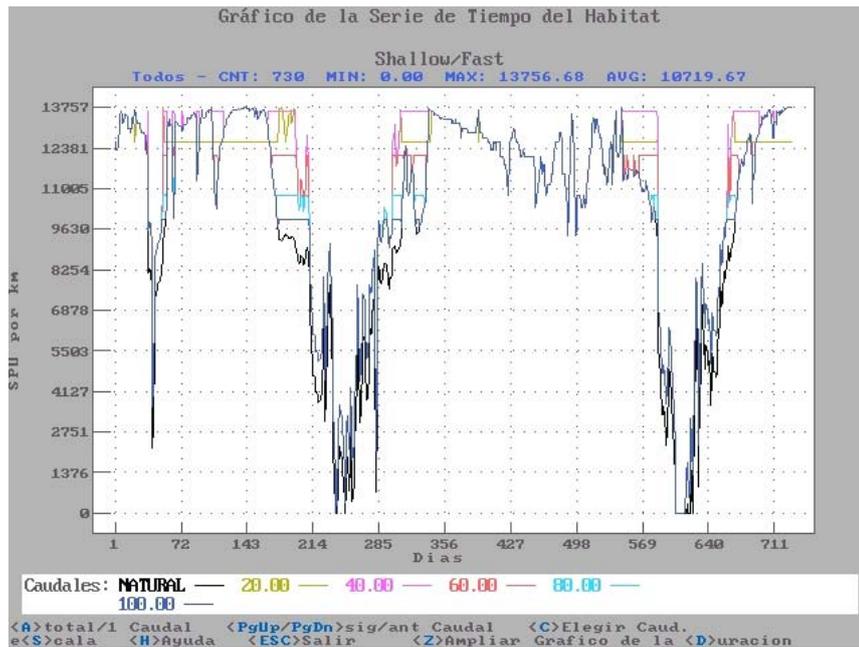


Figura 5. Gráfico generado en el módulo TIMESER de RHABISM 3.0, que muestra los valores del Índice de Idoneidad Relativa del hábitat (Superficie Ponderada Útil) durante dos años de caudales diarios, condicionados por una derivación y cinco caudales mínimos diferentes.