

# ***Aplicabilidad de CE-QUAL-W2 para la simulación 2D (longitudinal y vertical) de la evolución de la temperatura en embalses. Casos de Sau (río Ter) y Ribarroja (río Ebro).***

## ***Tema M, Tema A***

*Marina Arbat Bofill<sup>1</sup>*

[marina.arbat@upc.edu](mailto:marina.arbat@upc.edu)

*Martí Sánchez-Juny<sup>1</sup>*

[marti.sanchez@upc.edu](mailto:marti.sanchez@upc.edu)

*Ernest Bladé<sup>1</sup>*

[ernest.blade@upc.edu](mailto:ernest.blade@upc.edu)

*Josep Dolz<sup>1</sup>*

[j.dolz@upc.edu](mailto:j.dolz@upc.edu)

<sup>1</sup>*Instituto mixto FLUMEN UPC. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya, Jordi Girona 1-3 D-1, 08034, Barcelona*

## **1. Introducción**

En esta comunicación se presenta el modelo bidimensional CE-QUAL-W2 (Cole y Wells, 2006) desarrollado por el *Water Research Group* de la *Portland State University* (<http://www.cee.pdx.edu/w2/>), sus capacidades y aplicaciones así como una breve descripción de sus módulos.

Los modelos de hidrodinámica de embalses son una buena herramienta para conocer el funcionamiento y como puede responder un determinado embalse en función de las características morfológicas, el régimen de entradas y salidas de caudal o frente a las condiciones meteorológicas (radiación solar, lluvia, viento,...). Cuando se conoce bien la hidrodinámica y la evolución térmica de cierto embalse se pueden estudiar (y también modelar) los procesos químicos y biológicos que tienen lugar en el mismo.

Con tal de poner de manifiesto las capacidades en modelación de temperatura (a lo largo de la longitud y la profundidad) que ofrece el modelo CE-QUAL-W2, pero también mostrar algunas de sus debilidades se presentan dos casos de estudio: el embalse de Sau (río Ter) y el embalse de Ribarroja (río Ebro). Los dos ejemplos se centran en la evolución del perfil vertical de la temperatura a lo largo del tiempo y a lo largo de la longitud del embalse. Flumen lleva estudiando los dos embalses citados desde hace más de 20 años; por lo que se dispone de una serie de datos extensa y de gran calidad.

A continuación se presentan dos casos de estudio: el embalse de Sau (río Ter) y Ribarroja (río Ebro) para los que se han realizado simulaciones numéricas mediante el modelo CE-QUAL-W2 con tal de estudiar la evolución térmica a lo largo del tiempo, centradas principalmente en el proceso de estratificación gradual (desde principios de primavera), llegando a la estratificación más estable (verano) hasta la rotura de la termoclina (en otoño).

Cabe destacar que el embalse de Sau tiene un patrón de circulación que permite la simplificación bidimensional (por ser un embalse muy encajado y porque las características son muy similares a lo largo del ancho del cauce). En cambio, el embalse de Ribarroja tiene variaciones importantes de las características del agua (concentración de sedimento en suspensión, densidad o temperatura) debido a la entrada del Segre en la cola del embalse. Estos dos flujos que confluyen en la cola del embalse se pueden mantener diferenciados unos kilómetros aguas abajo, generando un comportamiento de circulación característico, difícil de estudiar, representar y modelizar si no es en las tres dimensiones del espacio.

## 2. El modelo CE-QUAL-W2

CE-QUAL-W2 (Cole y Wells, 2006) modela bidimensionalmente (en la longitud y en la vertical) la hidrodinámica y varios parámetros de calidad del agua para ríos, lagos, embalses y estuarios (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, elementos traza, macrófitos, algas,...). Está programado en el esquema numérico de las diferencias finitas y modeliza la variación de la temperatura, densidad y velocidad a partir de los datos meteorológicos e hidrológicos. El modelo CE-QUAL-W2 se recomienda para embalses en los que la dimensión transversal es pequeña comparada con la longitudinal (o tiene pocas variaciones en la dimensión transversal).

## 3. Ejemplo 1: Embalse de Sau (río Ter)

En el ejemplo presentado se muestran resultados con los datos obtenidos a partir del régimen de caudales y condiciones meteorológicas del año 2009 como datos de entrada. Aunque el modelo requiere cierta calibración de algunos parámetros difíciles de medir en campo (especialmente de los coeficientes de protección del viento y de sombra) simula razonablemente bien la evolución térmica de los distintos puntos del embalse de Sau. Para la geometría y las características del embalse Sau la simulación bidimensional mediante CE-QUAL-W2 parece ser suficientemente correcta y aplicable.

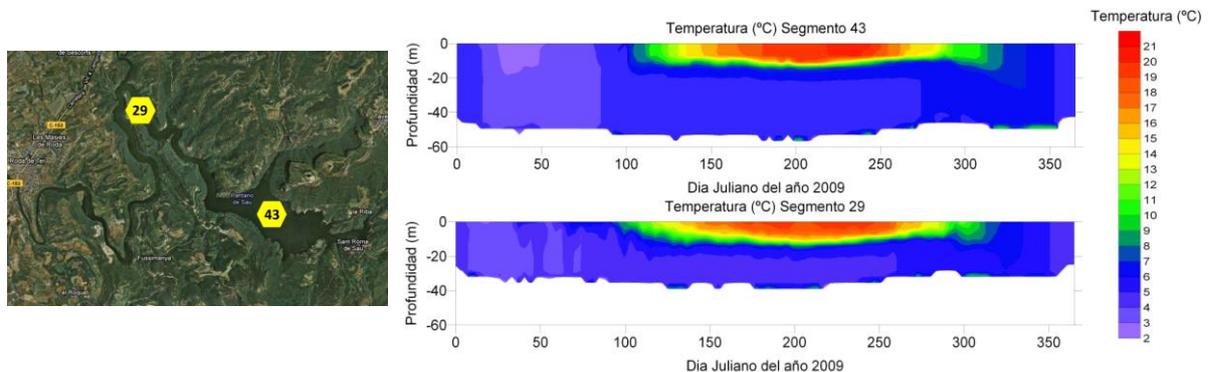


Figura 1. Situación y evolución anual de los perfiles verticales de temperatura en dos puntos del embalse de Sau (río Ter).

## 4. Ejemplo 2: Embalse de Ribarroja (río Ebro)

Para el caso del embalse de Ribarroja (periodo de estudio es de los años 1998 y 1999) el modelo CE-QUAL-W2 representa correctamente las tendencias generales de los perfiles; así como la evolución de la termoclina y su rotura en otoño pero hay algunas diferencias y problemas con la simulación del tramo de cola. Cabe destacar que la simulación bidimensional (en la longitud y la vertical) se ve limitada claramente en la zona de la confluencia Ebro-Segre, en la cola del embalse. Esto se debe a la clara tridimensionalidad de la circulación la zona y a la marcada diferencia de propiedades (de temperatura, de régimen de caudales y de concentración de sedimento en suspensión) de los dos flujos de agua.

Así pues, un modelo en dos dimensiones como el CE-QUAL-W2, aunque proporciona buenos resultados de evolución térmica a nivel general, quizá no es el más adecuado para simular la hidrodinámica de la confluencia que tiene lugar la cola del embalse.

## Referencias bibliográficas

Arbat, M.; Sánchez-Juny, M.; Bladé, E.; Dolz, J. (2009). *Modelación bidimensional del Embalse de Ribarroja de Ebro con CE-QUAL-W2 (Dinámica fluvial y de estuarios y deltas)*. Jornadas de Ingeniería del Agua, Madrid.

Cole, T. & Wells, S. (2006). *CE-QUAL-W2: A two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.5. User Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, Washington DC.