



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Integración del modelo TETIS en el sistema de alarma temprana DELFT FEWS para predicción de avenidas en tiempo real en algunas cuencas de la C.H. del Júcar

Autores:

Juan Camilo Múnera, Félix Francés

**Universidad Politécnica de Valencia - España
Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
Grupo de Investigación de Hidráulica e Hidrología
<http://lluvia.dihma.upv.es>**

■ Qué es DELFT FEWS?

- Se puede considerar un sistema de apoyo a la decisión (SAD) para predicción de avenidas en tiempo real y emisión de alarmas tempranas por “peligrosidad” de inundación.

■ Filosofía subyacente del entorno DELFT FEWS (Reggiani et al, 2003):

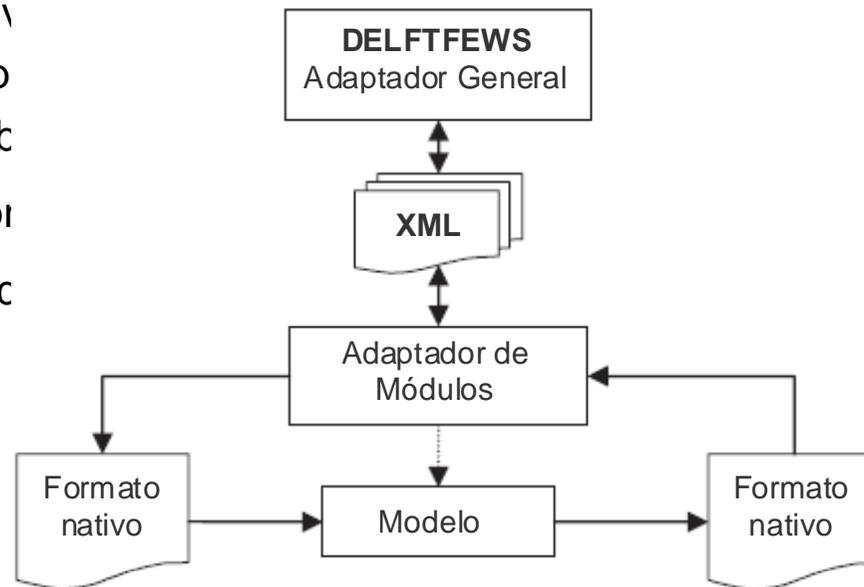
- Suministrar un conjunto de herramientas para la integración de modelos hidrológicos o hidráulicos de propagación de avenidas.
- Aplicación potencial en cuencas con disponibilidad de información hidrológica y previsiones meteorológicas (QPF) en tiempo real.  Redes SAIH's de las Confederaciones.

■ Conceptos importantes:

- Workflow: nombre genérico dado a un modelo externo integrado en el entorno de trabajo DELFT FEWS con una configuración específica (Inputs, condiciones de contorno, etc.)
- Instancias: Cada uno de los pasos de procesamiento computacional ejecutados secuencialmente que se requieren para completar una simulación con algún workflow.
- Adaptadores: Instancias de módulo que permiten la transferencia de información entre el entorno DELFT FEWS y el modelo externo.

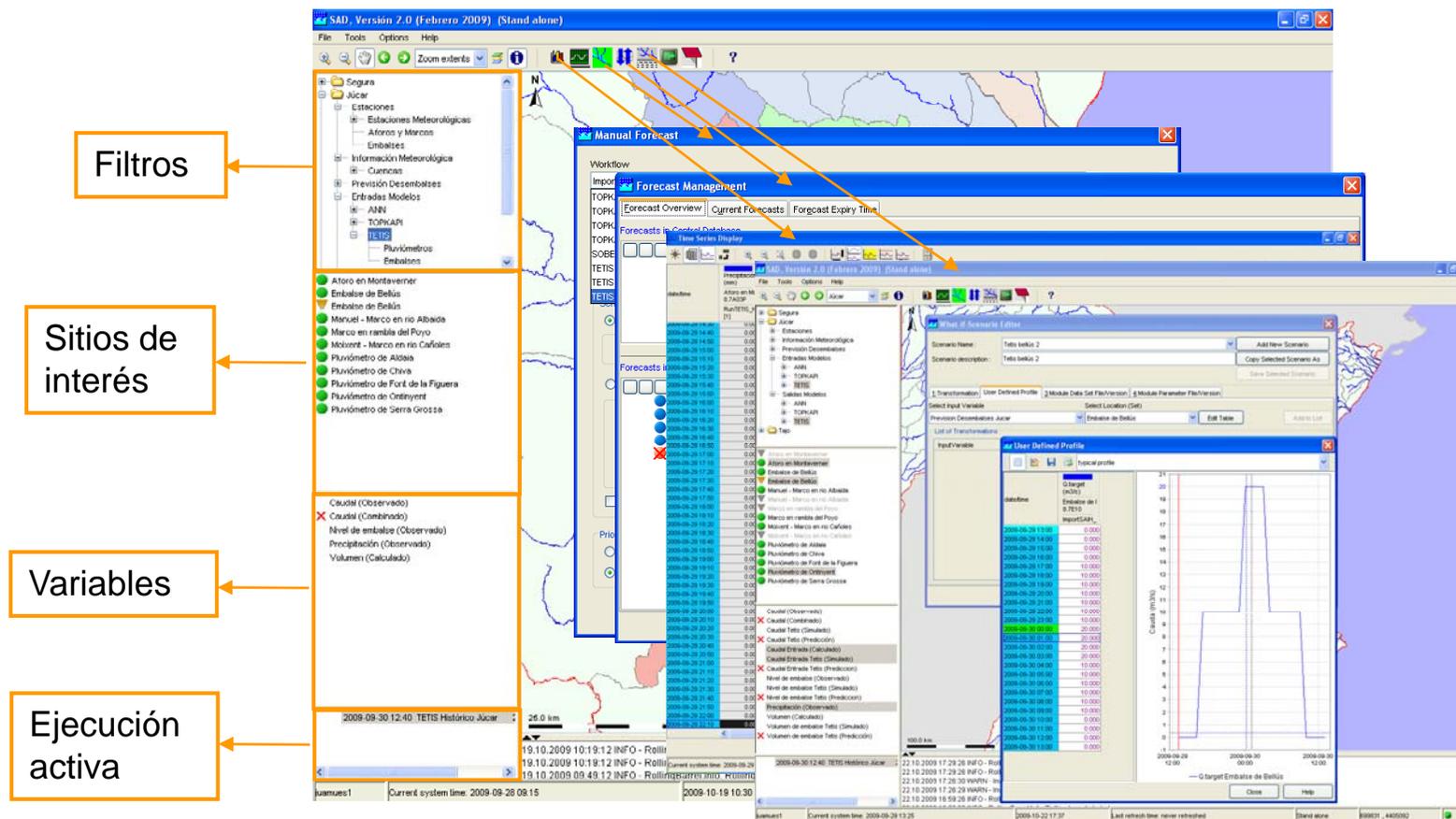
■ Objetivos:

- Integración del modelo hidrológico TETIS (UPV, 1994-2009) en el SAD DELFT FEWS de la CHJ, para su utilización en la predicción de avenidas en tiempo real.
- Implementación en las cuencas de la Rambla del Poyo y el Río Albaida.
- Configuración de diferentes workflows del modelo (versión **TETIS-FEWS**).
- Análisis de Δt un Δt apropiado en cuenta posición.
- Actualización de los datos de entrada.
- Evaluación de los resultados.



(I, Q), y definición de un TETIS teniendo en cuenta ambas cuencas. (Fecha: 29/09/2009)

- Versión “stand alone”



Filtros

Sitios de interés

- Atoro en Montaverner
- Embalse de Bellús
- Embalse de Bellús
- Manuel - Marco en río Albuja
- Marco en rambla del Poyo
- Mórcer - Marco en río Cañoles
- Pluviómetro de Alboxa
- Pluviómetro de Chiva
- Pluviómetro de Fort de la Figuera
- Pluviómetro de Ordinyer
- Pluviómetro de Serra Grossa

Variables

- Caudal (Observado)
- Caudal (Combinado)
- Nivel de embalse (Observado)
- Precipitación (Observado)
- Volumen (Calculado)

Ejecución activa

2009-09-30 12:40 TETIS Histórico Júcar

19.10.2009 10:19:12 INFO - Rolli

19.10.2009 10:18:12 INFO - Rolli

19.10.2009 09:48:12 INFO - Rolli

Current system time: 2009-09-29 13:25

2009-10-19 10:30

Current system time: 2009-09-29 13:25

2009-09-30 12:40 TETIS Histórico Júcar

22.10.2009 17:29:26 INFO - Rolli

22.10.2009 17:29:26 INFO - Rolli

22.10.2009 17:29:30 WARN - Rolli

22.10.2009 17:28:29 WARN - Rolli

22.10.2009 16:59:26 INFO - Rolli

2009-10-22 17:37

Current system time: 2009-09-29 13:25

2009-10-22 17:37

Just refresh time: never refreshed

Stand alone

99901_440592

- Características workflows TETIS-FEWS:

| Workflow | Input de precipitación | | Tamaño celda |
|----------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| | P [t_0-2, t_0] | P [t_0, t_0+1] | |
| Histórico_Júcar | Estaciones SAIH | - | - |
| Predicción_Júcar | Estaciones SAIH | HIRLAM | Original HIRLAM |
| Predicción_Júcar R | RADAR | HIRLAM | 1 km |
| Predicción_Júcar RM | RAINMUSIC | HIRLAM | 1 km |

- Instancias que componen cada uno de estos workflows:

- Importación de series históricas y QPF (modelo HIRLAM).
- Aplicación de funciones de preprocesado a toda la información de entrada.
- Exportación de datos en formato propio del entorno DELFT FEWS.

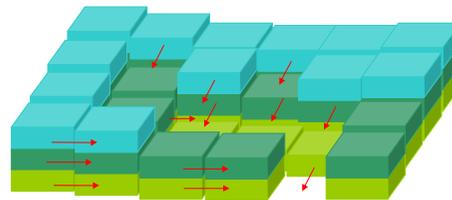
- Ejecución de módulos adaptadores externos:
 1. Módulo Pre-adaptador: Lee y traduce datos exportados y genera episodio en formato nativo de TETIS.
 2. Módulo ejecutable del modelo TETIS-FEWS
 3. Módulo Post-adaptador: Convierte las variables de salida de TETIS al formato binario entendible por FEWS y estado de la cuenca en la fecha final de simulación.

- Importación de resultados del modelo TETIS al entorno FEWS.

- Visualización y análisis de resultados en tiempo real

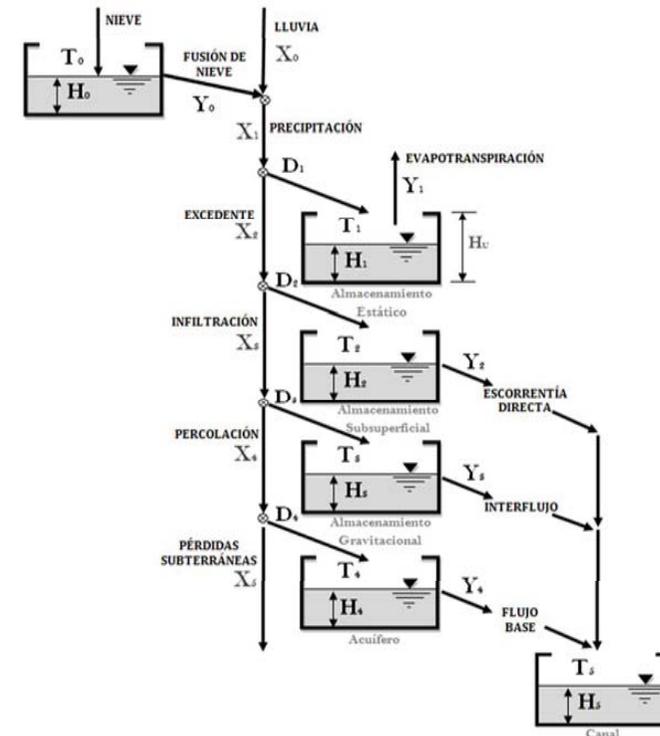
- Generación de informes

- Desarrollado en la UPV desde 1994
- Modelo conceptual con base física y distribuido en el espacio:
 - Simula los procesos hidrológicos más relevantes y reproduce la variabilidad espacial de las componentes del balance.
 - Incluye el balance en cada elemento del modelo y en todo momento.
 - Utilizable a cualquier escala temporal.
 - Reducción de efectos de escala espacial
 - Explotación de toda la información espacio-temporal existente
- Modelación de la propagación separada en laderas y cauces



El Modelo hidrológico TETIS

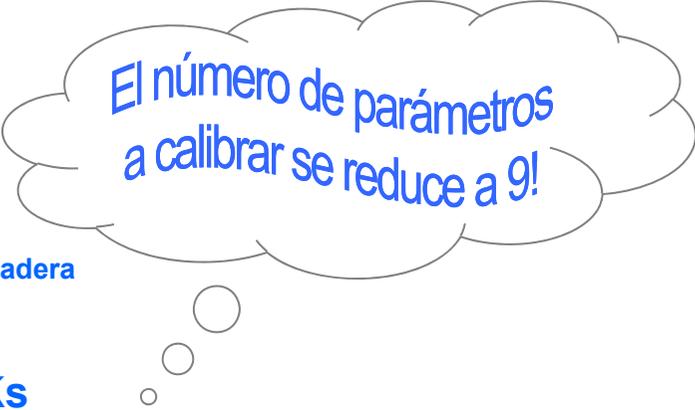
- Simulación adecuada de estados iniciales
- Ecuaciones dinámicas:
 - 6 variables de estado $H(t)$
 - 4 flujos de salida $Y(t)$
- Problema potencial con los parámetros en la mayoría de los modelos distribuidos:
 - Calibración de un elevado número de parámetros en cada celda a partir del hidrograma en la salida de la cuenca.
 - Solución adoptada: Novedosa estructura separada del parámetro efectivo:
 - Primera fase: estimación “a priori” a partir de la información física y ambiental disponible
 - Segunda fase: Factor corrector global



$$H_u(i)$$

$$H_u(i) \text{ (FC}_1\text{)} \rightarrow \text{Calibración}$$

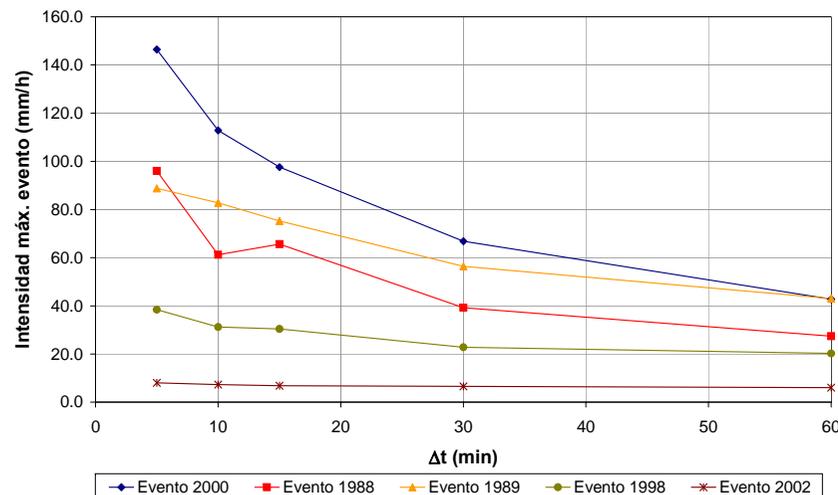
- Calibración automática de Factores Correctores (FC) a posteriori:
 - Tiene en cuenta: efectos de escala espacial y temporal, errores en los inputs, parámetros “a priori”, y asociados a la estructura del modelo.
 - Almacenamiento estático máximo: FC_1 Hu
 - Factor de vegetación para la ET: FC_2 λ_v
 - Infiltración (tasa cte.): FC_3 Ks
 - Escorrentía directa (embalse lineal): FC_4 V_{ladera}
 - Percolación (tasa cte.): FC_5 Kp
 - Flujo subsuperficial (embalse lineal): FC_6 Ks
 - Pérdidas subterráneas (tasa cte.): FC_7 $0,1$ Kp
 - Flujo base o interior (embalse lineal): FC_8 Kp
 - Velocidad en cauces: FC_9 V_{cauces}



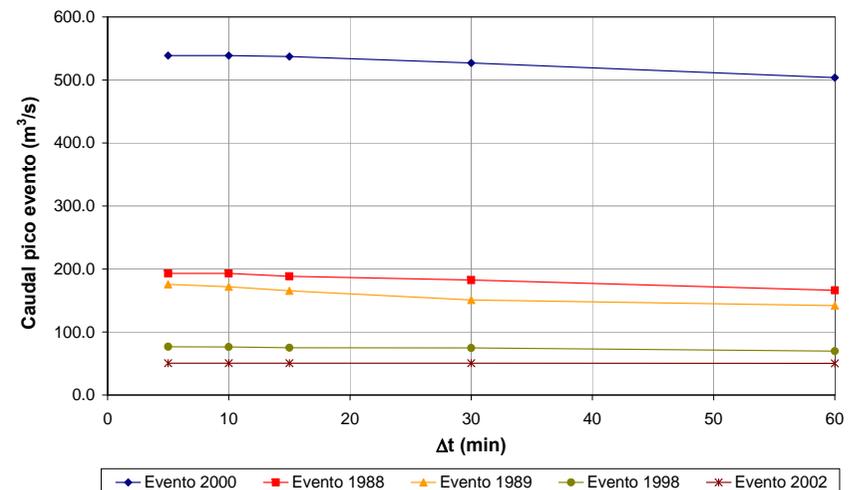
El número de parámetros a calibrar se reduce a 9!

- Efecto del Δt adoptado sobre la respuesta hidrológica:
 - Carácter no lineal de la respuesta hidrológica en los procesos simulados.
 - Influencia del cambio de resolución temporal por agregación de la información original sobre la variabilidad temporal en la tormenta y el hidrograma.
- Análisis de eventos en la Rambla del Poyo:

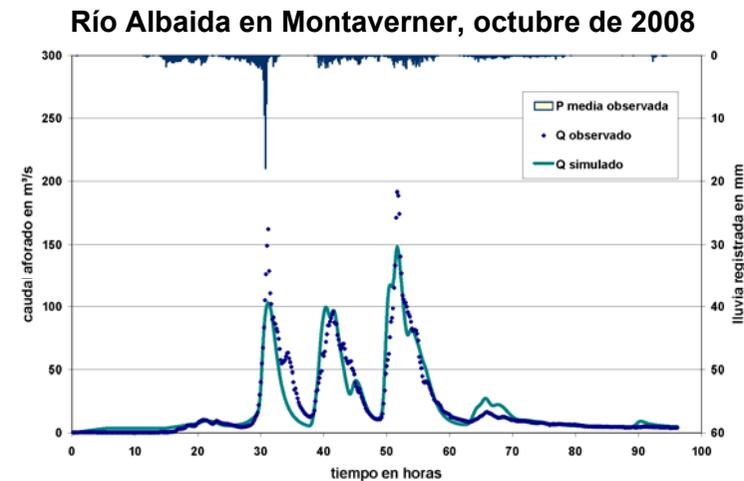
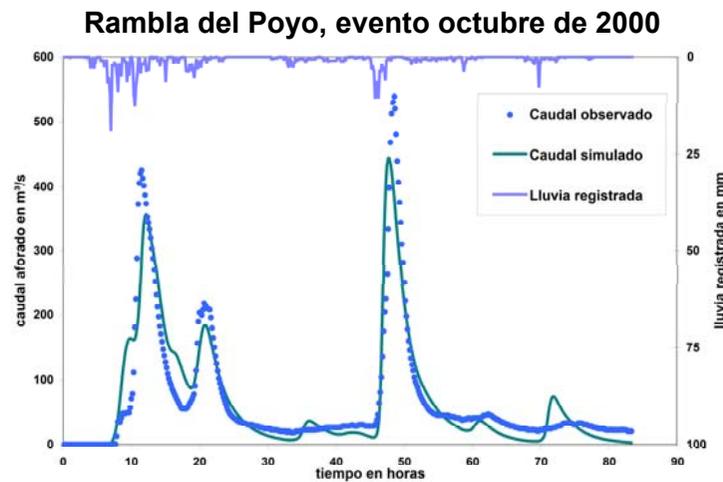
Influencia Δt en la Intensidad máxima de las tormentas



Influencia Δt , caudal pico de las avenidas asociadas



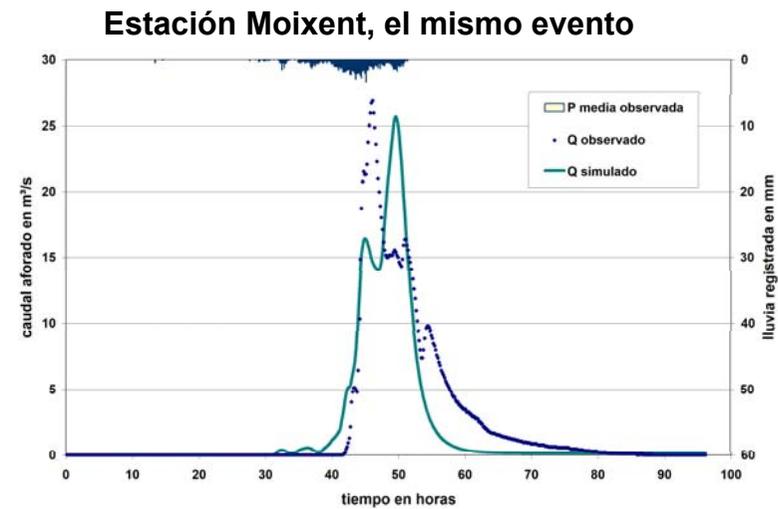
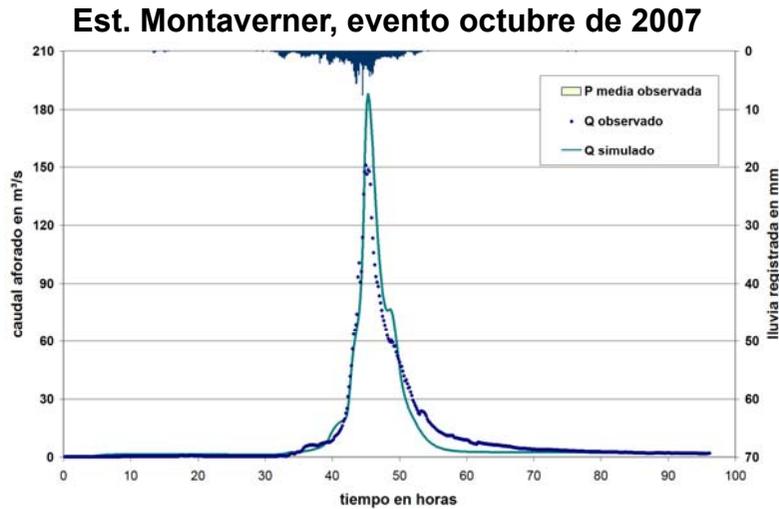
- Calibración automática de FC: algoritmo de optimización SCEUA (Duan, 1992). Método muy robusto para modelos lluvia-escorrentía.



| Factor corrector | Parámetro del modelo | R. del Poyo | Río Albaida |
|------------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| FC1 | Almacenamiento estático | 2.1474 | 4.6648 |
| FC2 | Evapotranspiración | 2.1916 | 1.3971 |
| FC3 | Infiltración | 4.7646 | 1.2316 |
| FC4 | Velocidad escorrentía directa | 0.0267 | 0.4667 |
| FC5 | Percolación | 1.7977 | 1.8847 |
| FC6 | Velocidad interflujo | 0.1721 | 13.4937 |
| FC7 | Pérdidas subterráneas | 100.0 | 0.2957 |
| FC8 | Flujo base | 0.0 | 8.1102 |
| FC9 | Velocidad en cauce | 1.1000 | 1.2958 |

| Criterios de evaluación | R. del Poyo | Río Albaida |
|---|-------------|-------------|
| Índice de eficiencia Nash - Sutcliffe (NSE) | 0.85 | 0.89 |
| Error raíz cuadrático medio (RMSE) | 36.84 | 10.35 |
| Error en balance (%) | -2 | -0.6 |
| Error en Qpico (%) | -21 | -22.5 |

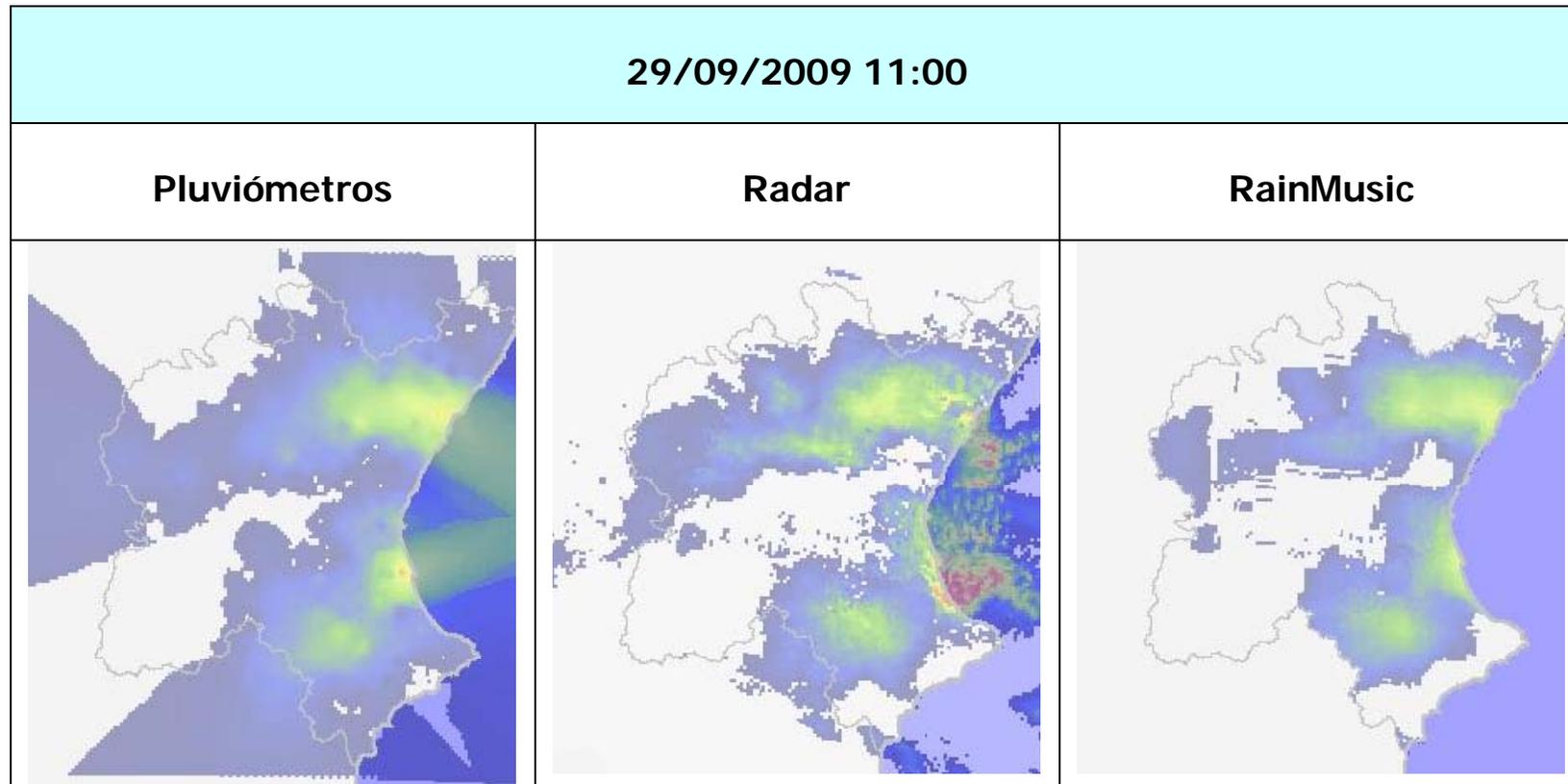
- Río Albaida, validación espacio – temporal:



- Índices estadísticos en validación:

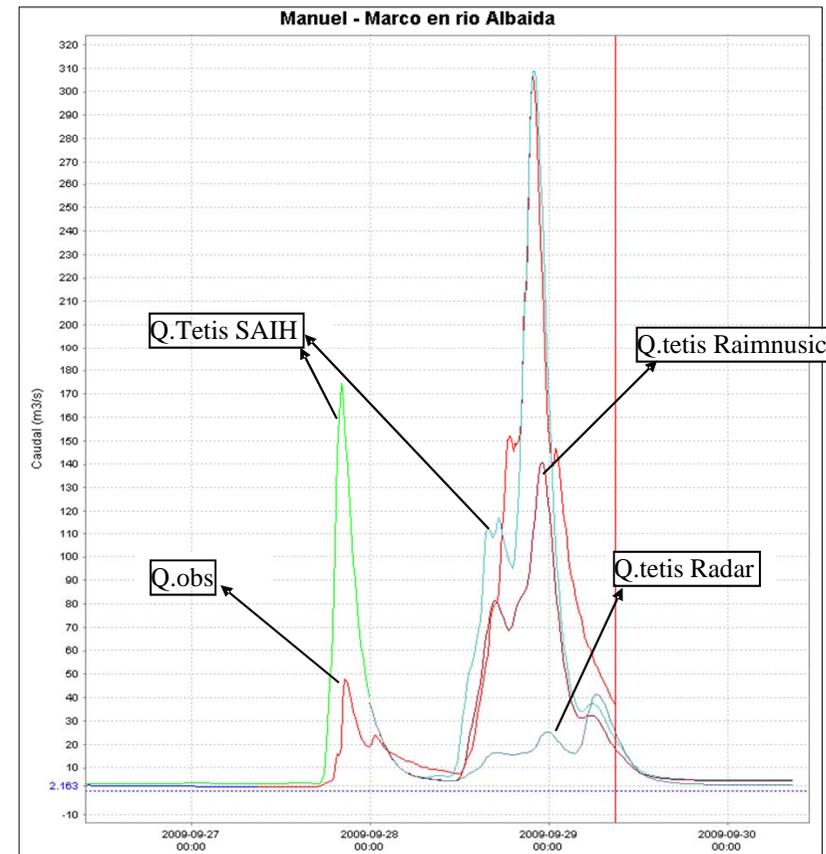
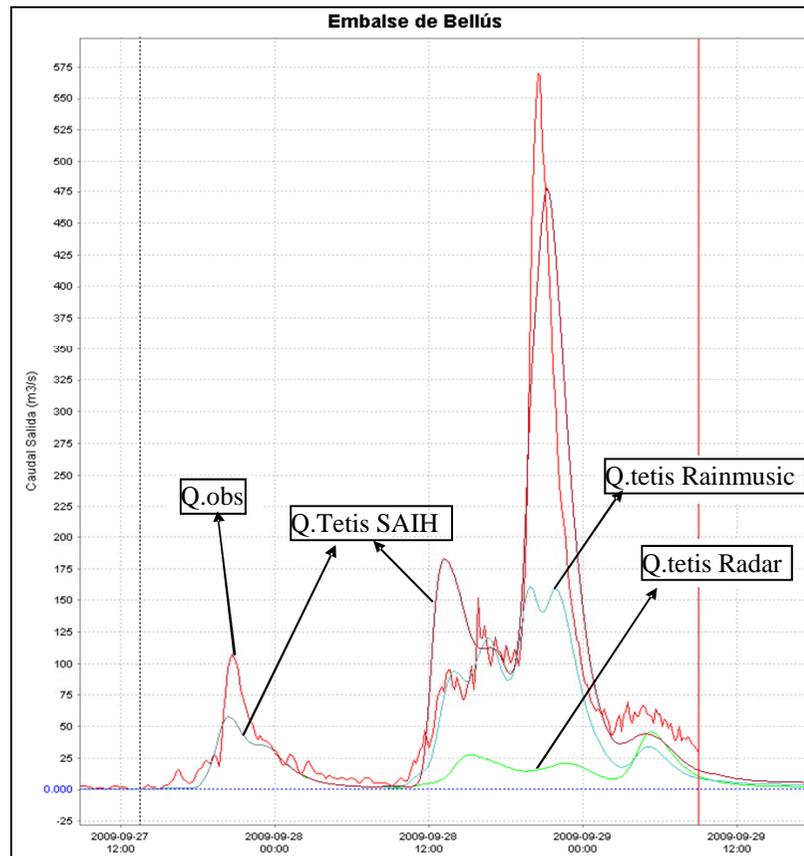
| Criterios de Evaluación | Oct-2007 (t) | Oct-2007 (e-t) |
|--------------------------|--------------|----------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.92 | 0.89 |
| RMSE | 6.88 | 10.35 |
| Error en balance (%) | -1.2% | -0.6% |
| Error en Qpico (%) | 19.8% | -22.5% |

- Avenida 29 de septiembre de 2009



Imágenes cortesía de HidroGaia S.L. 

- Avenida 29 de septiembre de 2009



Imágenes cortesía de HidroGaia S.L. 

- El modelo TETIS se ha implementado con éxito en el SAD DELFT FEWS de la CHJ para predicción de avenidas en tiempo real en las cuencas del río Albaida y la Rambla del Poyo.
- Se ha estudiado la influencia de la discretización temporal de las variables hidrológica I y Q sobre la representación de su variabilidad temporal y se ha definido un Δt de 10 min para hacer predicciones.
- Se ha revisado y actualizado las calibraciones para estas cuencas incorporando algunos eventos registrados los últimos años. Los resultados de las calibraciones y validaciones son muy satisfactorios.
- El modelo ha presentado una respuesta adecuada al evento ocurrido a finales de septiembre del año en curso.

Agradecimientos

El presente trabajo hace parte de:

El proyecto IT-SAIH para el Ministerio de Medio Ambiente



Los proyectos del Plan Nacional de I+D, referencias:

CGL2005-06219/HID

CGL2006-27077-E/HID

CGL2008-06474-C02-02/BTE

Contacto:

Juan Camilo Múnera

E-mail: juamues1@doctor.upv.es

Tel: 96 387 76152

Félix Francés

E-mail: ffrances@hma.upv.es

Tel: 96 387 77612

Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente

Universidad Politécnica de Valencia

www.iiama.upv.es/