

## *Jornadas técnicas de inundaciones*

### *Episodios del invierno 2009/2010:*

### *EL SISTEMA AUTOMÁTICO DE INFORMACION HIDROLOGICA (SAIH) Y REBASA*

**Miguel Francés Mahamud**

**Jefe del Servicio de Aplicaciones Tecnológicas e Hidrológicas**

**Subdirección General de Planificación y Uso Sostenible del Agua**

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO**

- Antecedentes y descripción del SAIH.
- Programa ERHIN (Evaluación de los Recursos Hídricos procedentes de la INnivación de alta montaña).
- Los Sistemas de Ayuda a la Decisión (SAD).
- La Red Básica de Seguimiento de Avenidas (REBASA).
- Conclusiones.

## ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL SAIH.

# SAIH: Sistema Automático de Información Hidrológica

- Sistema de Información en tiempo real
- Proporciona datos de principales variables hidrometeorológicas e hidráulicas en las diversas cuencas hidrográficas, con los objetivos de:
  - ✓ Gestión de recursos hidráulicos
  - ✓ Alerta de Avenidas
  - ✓ Seguridad en Presas
- Funcionamiento:
  - ✓ Captura de datos en Puntos de Control
  - ✓ Transmisión a Centro de Control
  - ✓ Tratamiento e interpretación de la Información



Aplicación a solución de problemas de gestión del agua en su explotación y en situaciones de emergencia

# RED SAIH

- 1982: Inicio del Programa S.A.I.H. Como consecuencia de las avenidas del Levante (Tous) y País Vasco.
- 1983: inicio de la Red S.A.I.H. en la cuenca hidrográfica del Júcar.
- Extensión progresiva hacia otras cuencas.
- Gestión de la información a través de las respectivas Confederaciones Hidrográficas
- Situación actual de las Redes S.A.I.H.

2.443 Puntos de Control

Embalses  
 Aforos en río  
 Aforos en Canal  
 Pluviómetros  
 Repetidores Radio

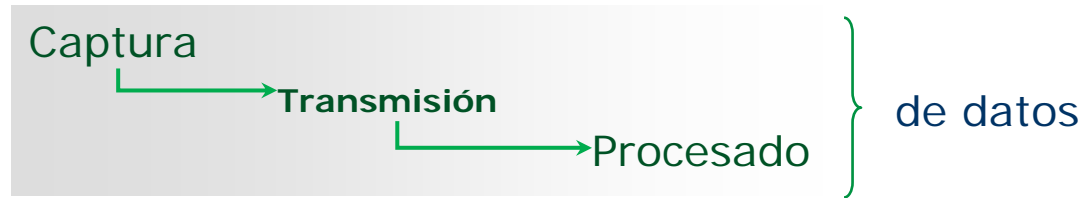
♦ Inversión realizada aproximada actualizada (31-12-08): 841 M€  
 • Coste de Mantenimiento actualizado/año (31-12-08): 26 M€

LEYENDA

- SAIH OPERATIVO
- SAIH EN EJECUCIÓN
- SAIH EN LICITACIÓN
- CUENCA INTRACOMUNITARIA



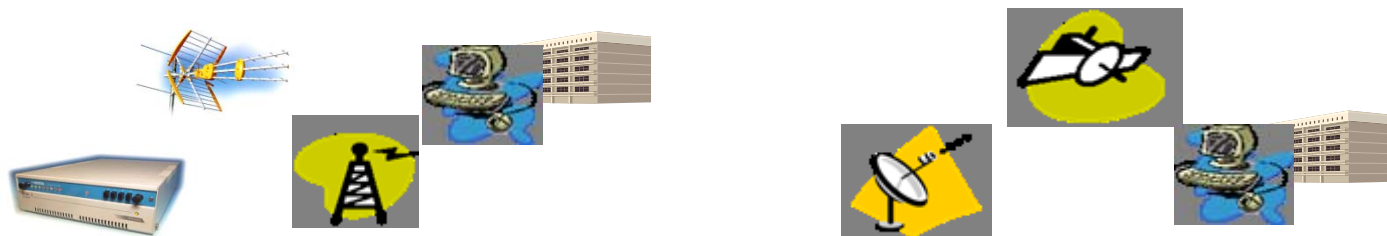
# Funcionamiento de la Red S.A.I.H: 3 fases secuenciales



**Captura de datos:** mediante sensorización de los puntos de control

|  |   |   |
|--|---|---|
|  <p>Limnómetro Ultrasonidos</p>  <p>Escalas limnimétricas</p>  <p>Medida de Presión por burbujeo</p>  <p>Limnómetro Radar</p> <p><b>NIVEL</b></p> |  <p>Caudalímetro Ultrasonidos</p>  <p>Caudalímetro Electromagnético</p> <p><b>CAUDAL</b></p> |  <p>Pluviómetro</p>  <p>Tanque evaporímetro</p>  <p>Anemómetro</p> <p><b>METEOROLOGÍA</b></p> |
|--|---|---|

**Transmisión de datos:** mediante sistemas de radio terrestre, satélite o combinaciones de ambos



**Puntos de control de los SAIH según su tipología** (se incluyen todos los puntos de control independientemente de su estado de funcionamiento (Operativo, ejecución y proyecto)): (Fecha anterior al 31-12-08)

| TIPOLOGÍA DE PUNTOS               | DEMARCACIONES |               |               |               |               |               |               |               |               |                |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                                   | Duero         | Ebro          | Guadalquivir  | Guadiana      | Júcar         | Miño-Sil      | Cantabrico    | Segura        | Tajo          | Total          |
| <b>SUPERFICIE AFECTADA (KM2)</b>  | <b>78.952</b> | <b>85.534</b> | <b>57.527</b> | <b>66.890</b> | <b>42.903</b> | <b>17.717</b> | <b>20.831</b> | <b>18.815</b> | <b>55.810</b> | <b>444.979</b> |
| Aforo en canal                    | 52            | 216           | 15            |               | 18            |               |               | 14            | 20            | 335            |
| Aforo en Río                      | 102           | 148           | 15            | 52            | 31            | 24            | 51            | 30            | 51            | 504            |
| Calidad del agua                  |               | 27            |               |               |               |               |               |               |               | 27             |
| Central hidroeléctrica            |               | 31            | 2             |               |               |               |               | 14            |               | 47             |
| Centros de Cuenca, de Zona, etc.  |               | 2             |               |               |               |               |               | 1             |               | 3              |
| Conducciones                      |               |               |               | 10            |               |               | 3             |               |               | 13             |
| Embalse                           | 29            | 63            | 67            | 45            | 32            | 28            | 21            | 31            | 47            | 363            |
| Estación meteorológica aislada    |               |               |               | 70            |               | 7             | 8             | 2             |               | 87             |
| Impulsión                         |               |               | 15            |               |               |               |               | 4             | 11            | 30             |
| Marco de control                  | 16            |               | 28            | 35            | 24            | 16            | 42            | 30            | 7             | 198            |
| Pluviometro aislado               | 25            | 15            | 34            |               | 57            | 11            | 14            | 44            | 44            | 244            |
| Pluvionivometro aislado           | 59            | 38            | 6             |               | 28            |               | 7             | 6             | 18            | 162            |
| Pozo piezométrico                 |               |               |               | 10            |               |               |               | 5             |               | 15             |
| Punto Medida                      | 55            | 115           | 8             |               |               |               |               |               |               | 178            |
| Punto sin Medida                  | 8             |               | 3             |               |               |               |               |               | 27            | 38             |
| <b>PUNTOS DE CONTROL</b>          | <b>346</b>    | <b>655</b>    | <b>193</b>    | <b>222</b>    | <b>190</b>    | <b>86</b>     | <b>146</b>    | <b>181</b>    | <b>225</b>    | <b>2.244</b>   |
| Puntos de concentración           |               | 6             |               |               | 7             |               |               | 3             |               | 16             |
| Repetidor                         |               | 97            |               | 34            | 9             |               |               |               |               | 140            |
| Telenivómetro                     | 14            | 11            |               |               |               |               | 1             | 4             | 4             | 34             |
| Otros                             |               | 7             |               |               |               |               |               | 2             |               | 9              |
| <b>TOTAL PUNTOS MANTENIMIENTO</b> | <b>360</b>    | <b>776</b>    | <b>193</b>    | <b>256</b>    | <b>206</b>    | <b>86</b>     | <b>147</b>    | <b>190</b>    | <b>229</b>    | <b>2.443</b>   |

PROGRAMA ERHIN (EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PROCEDENTES DE LA INNEIVACIÓN DE ALTA MONTAÑA).



## ■ El Programa ERHIN

**Evaluación de Recursos Hídricos derivados de la Innivación de alta montaña**

**Objetivo: control sistemático de reservas nivales para su integración en la gestión general de los recursos hídricos del territorio español.**

**Programa iniciado en 1985 por Dirección General de Obras Hidráulicas**

**Zonas de innivación objeto del seguimiento por el programa**

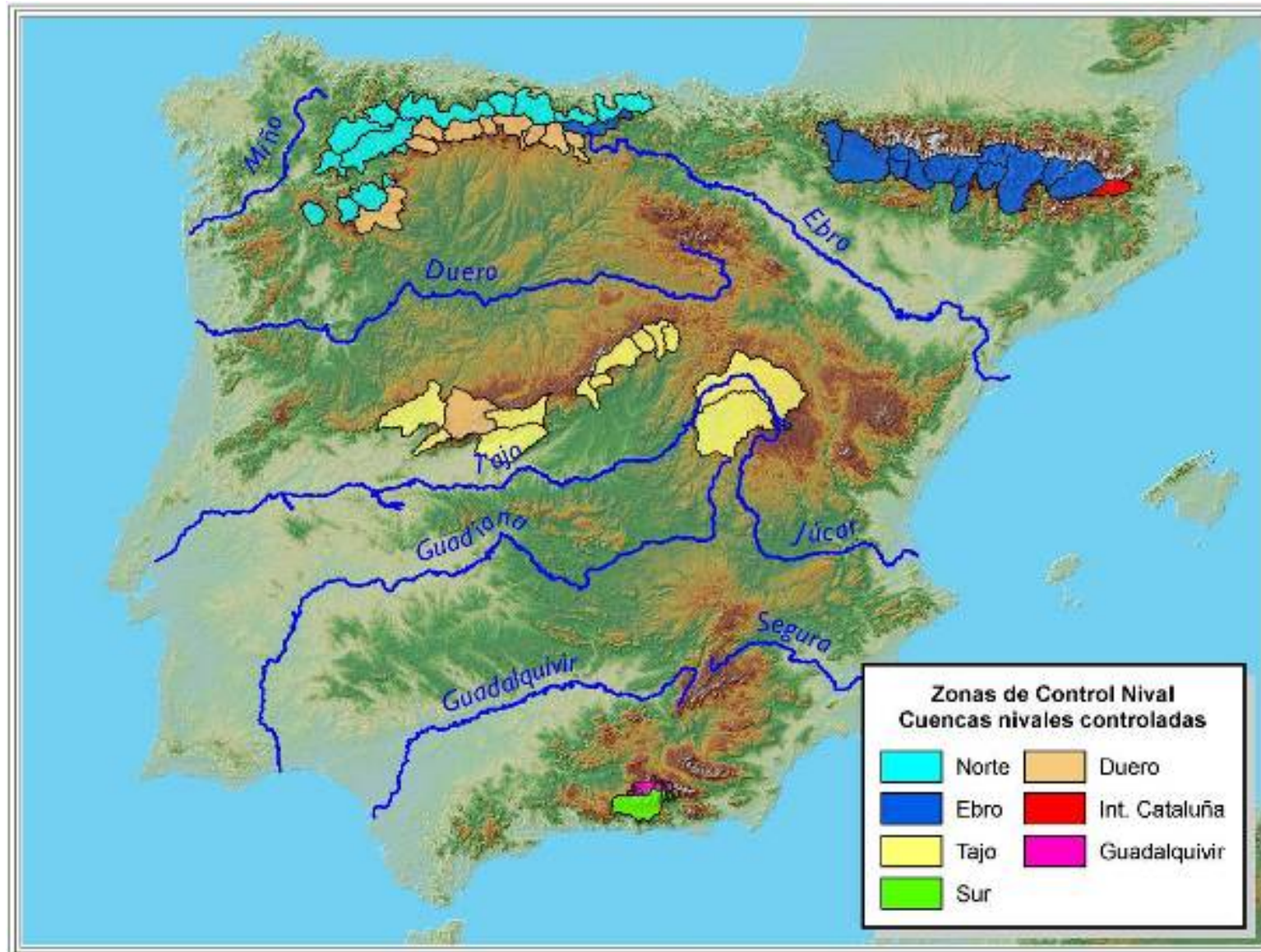
**ERHIN:**

**≈ 300  
Puntos fijos**

Pirineos  
Cantábrico  
Sistema Central  
Sierra de Gredos  
Sierra Nevada

**Dos áreas:** Glaciología  
Nivología

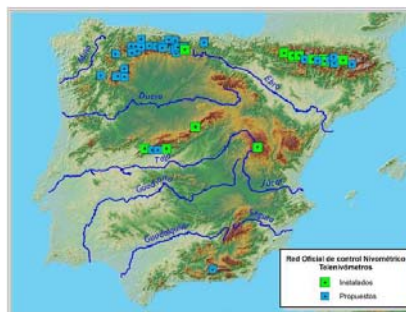
■ **Áreas de control de los recursos procedentes de la nieve.**



## ■ Areas controladas y modelizadas

| Organismo Gestor de Cuencas              | MACIZO          | Superficie Controlada (km <sup>2</sup> ) | Superficie Modelizada (km <sup>2</sup> ) | Nº Cuencas |
|--|-----------------|--|--|------------|
| Conf. Hidrográfica Ebro                  | Pirineos        | 11.284,10                                | 11.284,10                                | 14         |
| Conf. Hidrográfica Ebro                  | Cantábrico      | 1.537,20                                 | 1.537,20                                 | 2          |
| Conf. Hidrográfica Duero                 | Cantábrico      | 5.391,70                                 | 5.391,70                                 | 14         |
| Conf. Hidrográfica Tajo                  | Sistema Central | 14.939,40                                | 14.939,40                                | 12         |
| Distrito Hidrográfico Guadalquivir (AAA) | Sierra nevada   | 4.280,00                                 | 1.252,50                                 | 1          |
| Distrito Hidrográfico Mediterráneo (AAA) | Sierra nevada   | 1.231,00                                 | 0,00                                     | 1          |
| Conf. Hidrográfica Duero                 | Sistema Central | 1.851,70                                 | 1.851,50                                 | 1          |
| Conf. Hidrográfica Miño-Sil              | Cantabrico      | 3.895,50                                 | 0,00                                     | 5          |
| Conf. Hidrográfica Cantábrico            | Cantabrico      | 6.095,50                                 | 0,00                                     | 6          |
| Agencia Catalana del Agua                | Pirineos        | 430,50                                   | 0,00                                     | 0          |
| <b>Total</b>                             |                 | <b>50.506,10</b>                         | <b>36.256,40</b>                         | <b>56</b>  |

## Red de Observación Nival



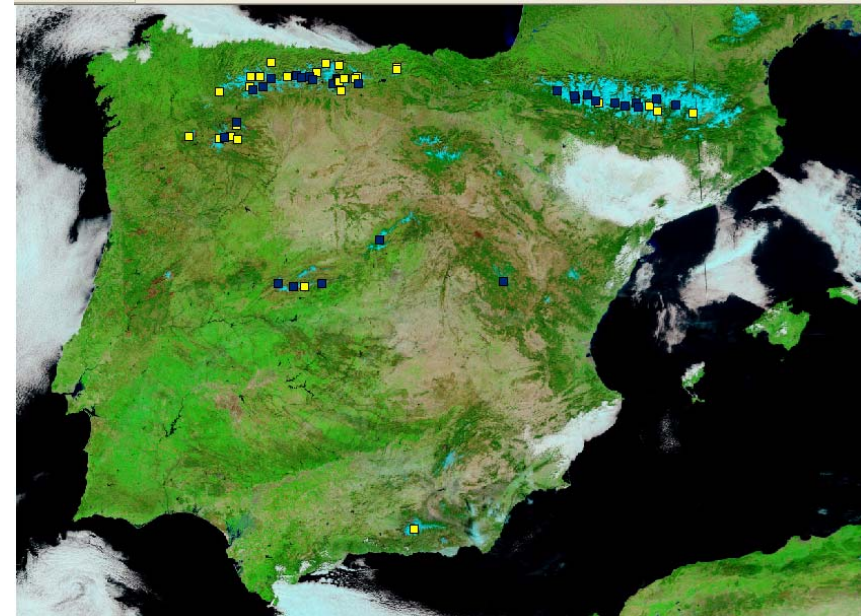
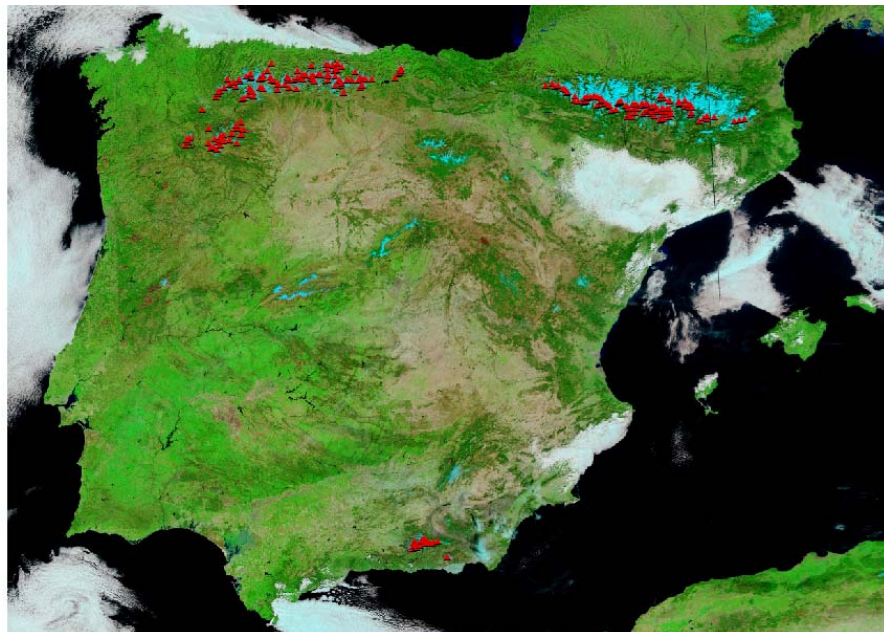
| Areas Nivales   | Organo Gestor de la Cuenca         | Pértiga    |                     | Telenivómetros |                     | Observaciones   |
|-----------------|------------------------------------|------------|---------------------|----------------|---------------------|---|
|                 |                                    | Nº         | Año implantación de | Nº             | Año implantación de |   |
| CANTÁBRICO      | CH Duero                           | 55         | 1989-1990           | 16             | 2009                |   |
|                 | CH Norte                           | 66         | 1989-1990           |                |                     | Propuesta de instalación: 17 telenivómetros           |
|                 | CH Ebro                            | 6          | 1989-1990           | 1              | 2007                |   |
| PIRINEO         | CH Ebro                            | 110        | 1986-1987           | 11             | 2008                |   |
|                 | Agencia Catalana del Agua (ACA)    | 3          | 1986-1987           | -              | -                   |   |
| SIERRA NEVADA   | CH Guadalquivir                    | 11         | 1990                | -              | -                   | Propuesta de instalación: 1 telenivómetros            |
|                 | Cuenca Mediterránea Andaluza (CMA) | 13         | 1990                | -              | -                   |   |
| SISTEMA CENTRAL | CH Duero                           | -          | -                   | -              | -                   | Propuesta de instalación: 8 pértigas 2 telenivómetros |
|                 | CH Tajo                            | -          | -                   | 4              | 2000                | Propuesta de instalación: 31 pertiga                  |
| <b>TOTAL</b>    |                                    | <b>264</b> |                     | <b>32</b>      |                     | <b>20 telenivómetros<br/>39 pertigas</b>              |



## RED DE OBSERVACION NIVAL (RON)

Red SAIH: Pluviómetros, termómetros, estaciones de aforo, telenivómetros etc.

Red de pértigas



## ■ Nivología: Origen de la información nival

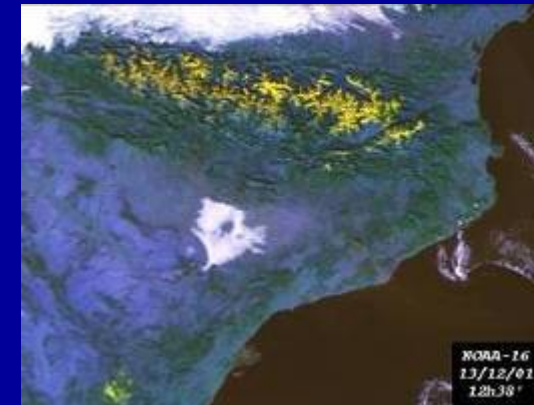
### ■ Campañas de mediciones directas



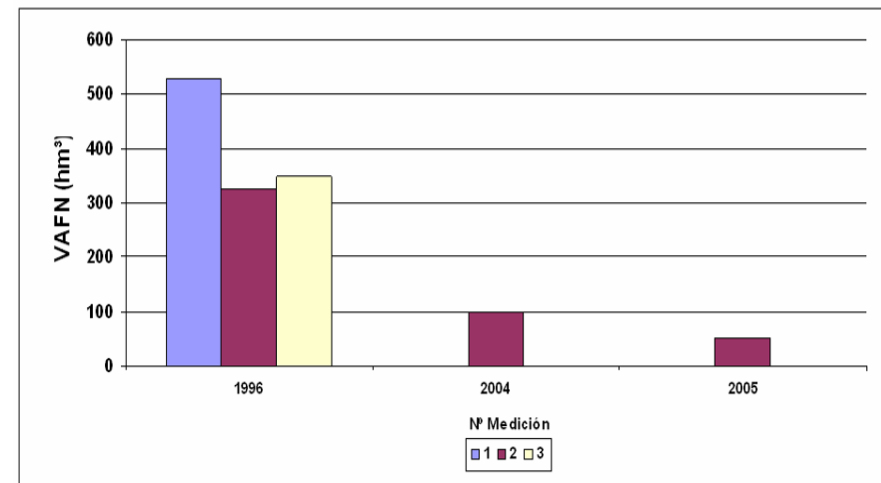
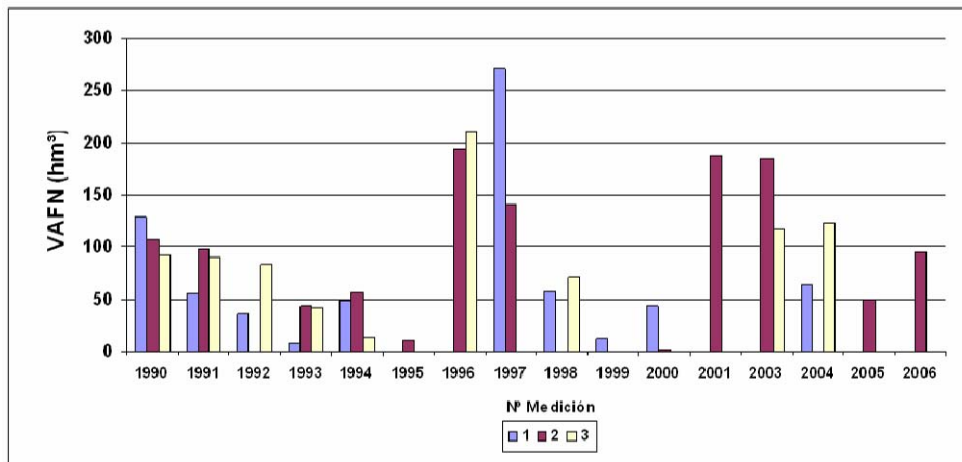
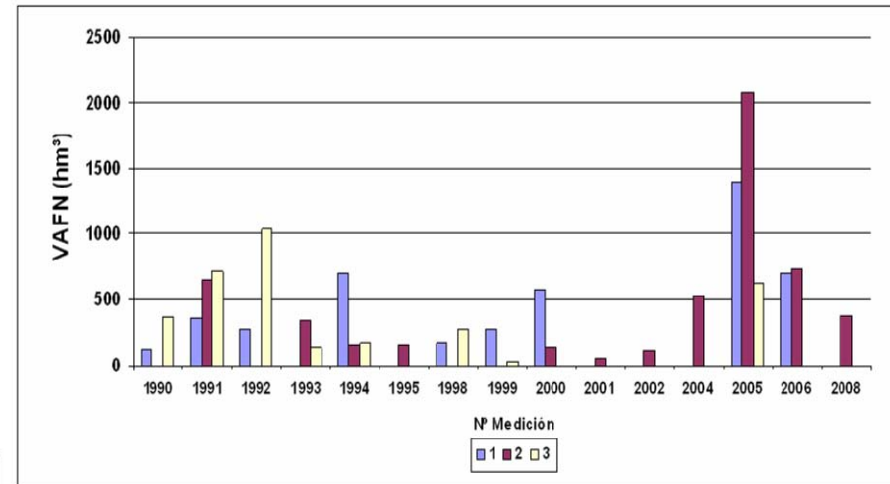
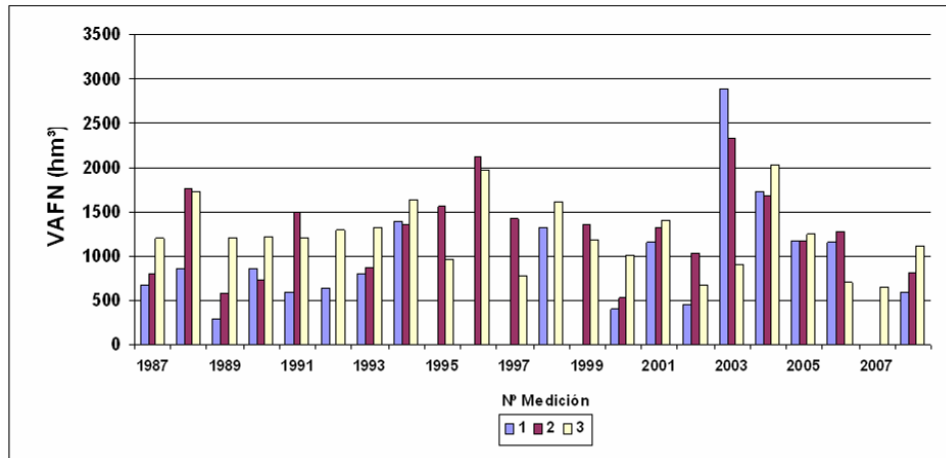
### ■ Telenivómetros



### ■ Teledetección



## Nivología: Mediciones actuales ERHIN

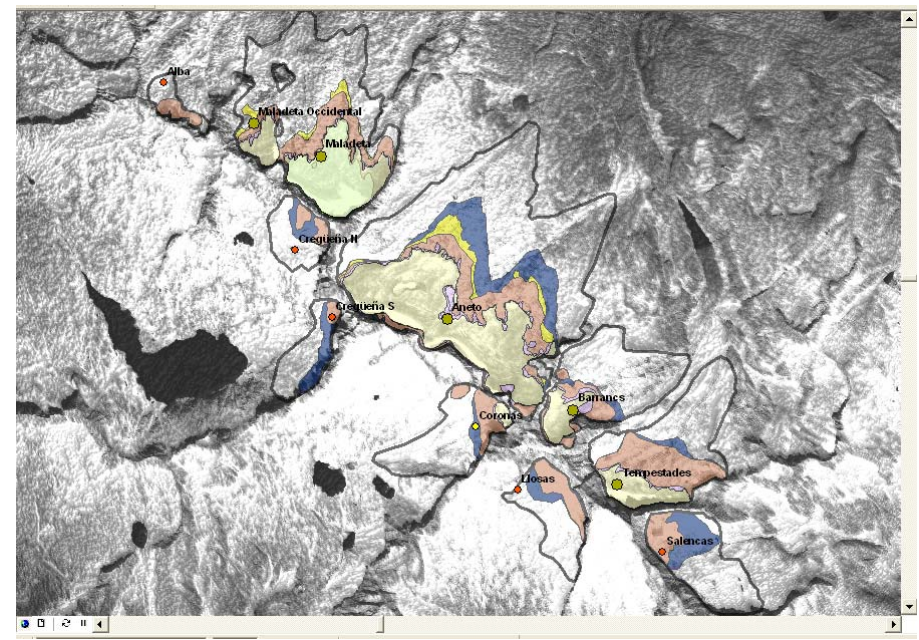
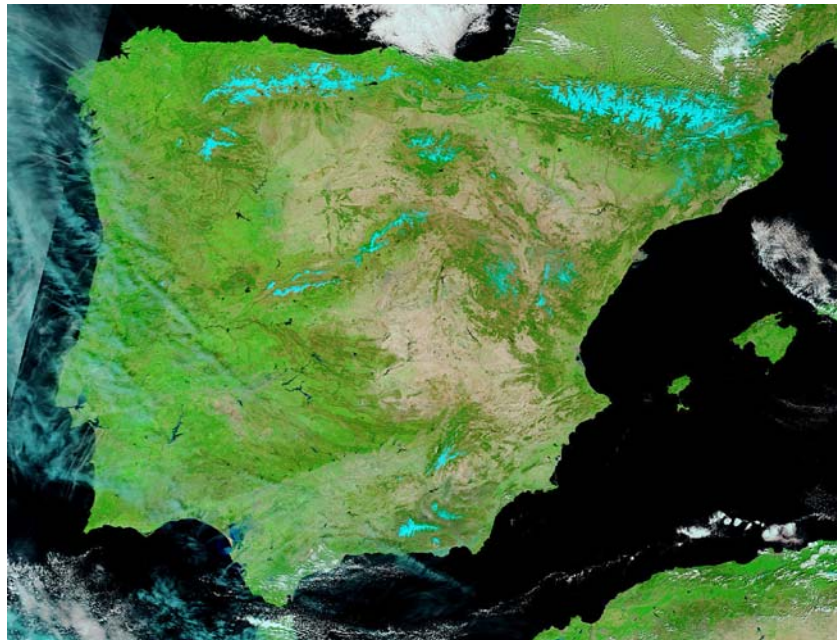




## TELEDETECCION: TRATAMIENTO DE IMAGENES:

Tres tipos de imagenes:

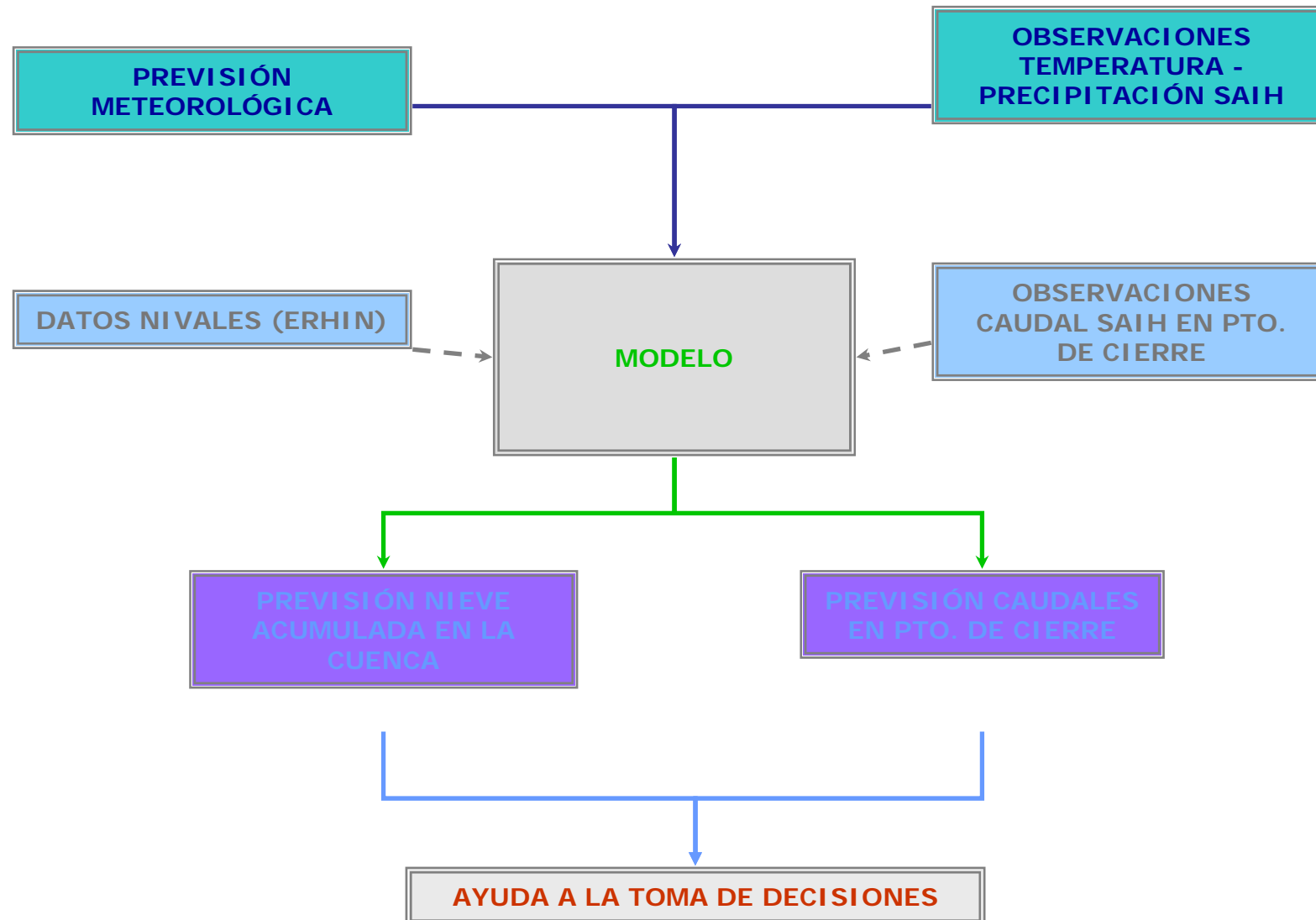
1. Imágenes NOAA: resolución temporal diaria y espacial pixel de 1kmx1 km
2. Imágenes Modis: resolución temporal diaria y espacial pixel de 256 m x256 m
3. Imágenes Quickbird: bajo petición de zona y periodo de tiempo y tiene la resolución de pixel 1mx1m.



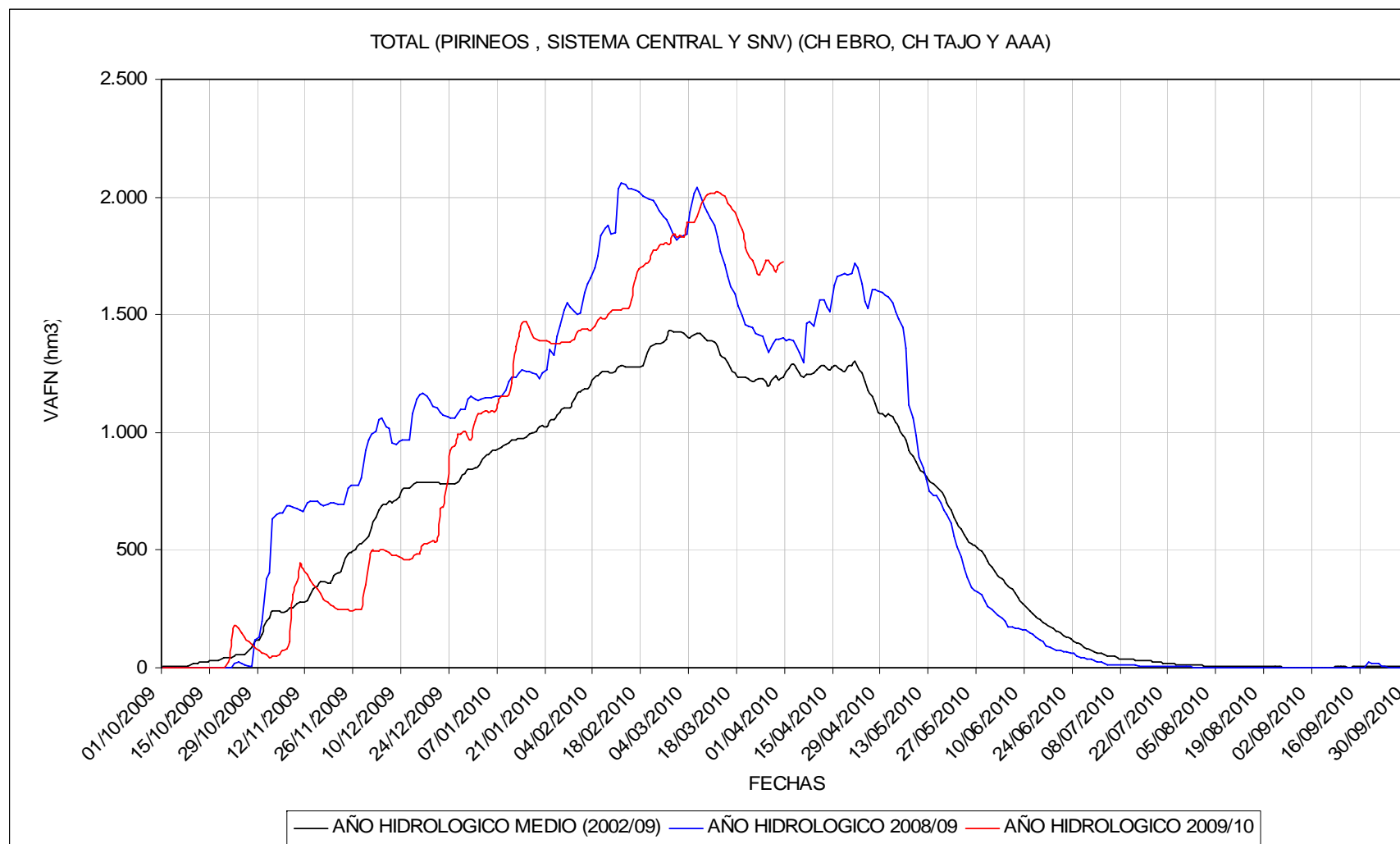


# MODELO ASTER

## ■ Nivología: MODELO ASTER



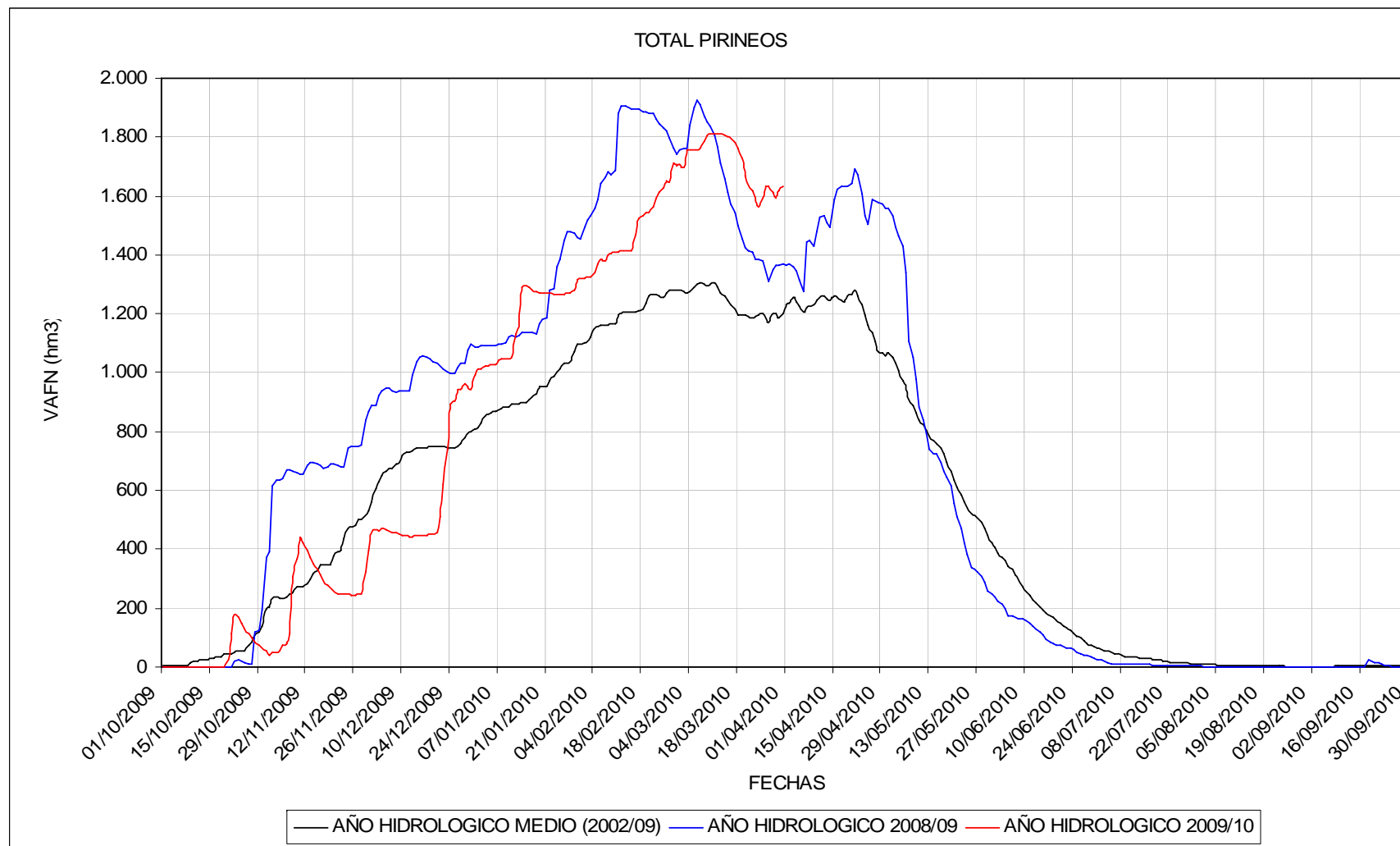
## Evolución de los recursos hídricos TOTALES de las cuencas nivales modelizadas con ASTER (CH Ebro, CH Tajo y Distrito Hidrográfico del Guadalquivir)



**Valor del VAFN (hm3) de las cuencas nivales TOTALES modelizadas con ASTER en la CH del Ebro, CH del Tajo y el Distrito Hidrográfico del Guadalquivir.**

| <b>Organismo Gestor de Cuencas</b>       | <b>Fecha 31-03-2010</b> |
|--|-------------------------|
| Conf. Hidrográfica Ebro                  | 1.631,10                |
| Conf. Hidrográfica Tajo                  | 60,08                   |
| Distrito Hidrográfico Guadalquivir (AAA) | 33,69                   |
| <b>Total</b>                             | <b>1.724,87</b>         |

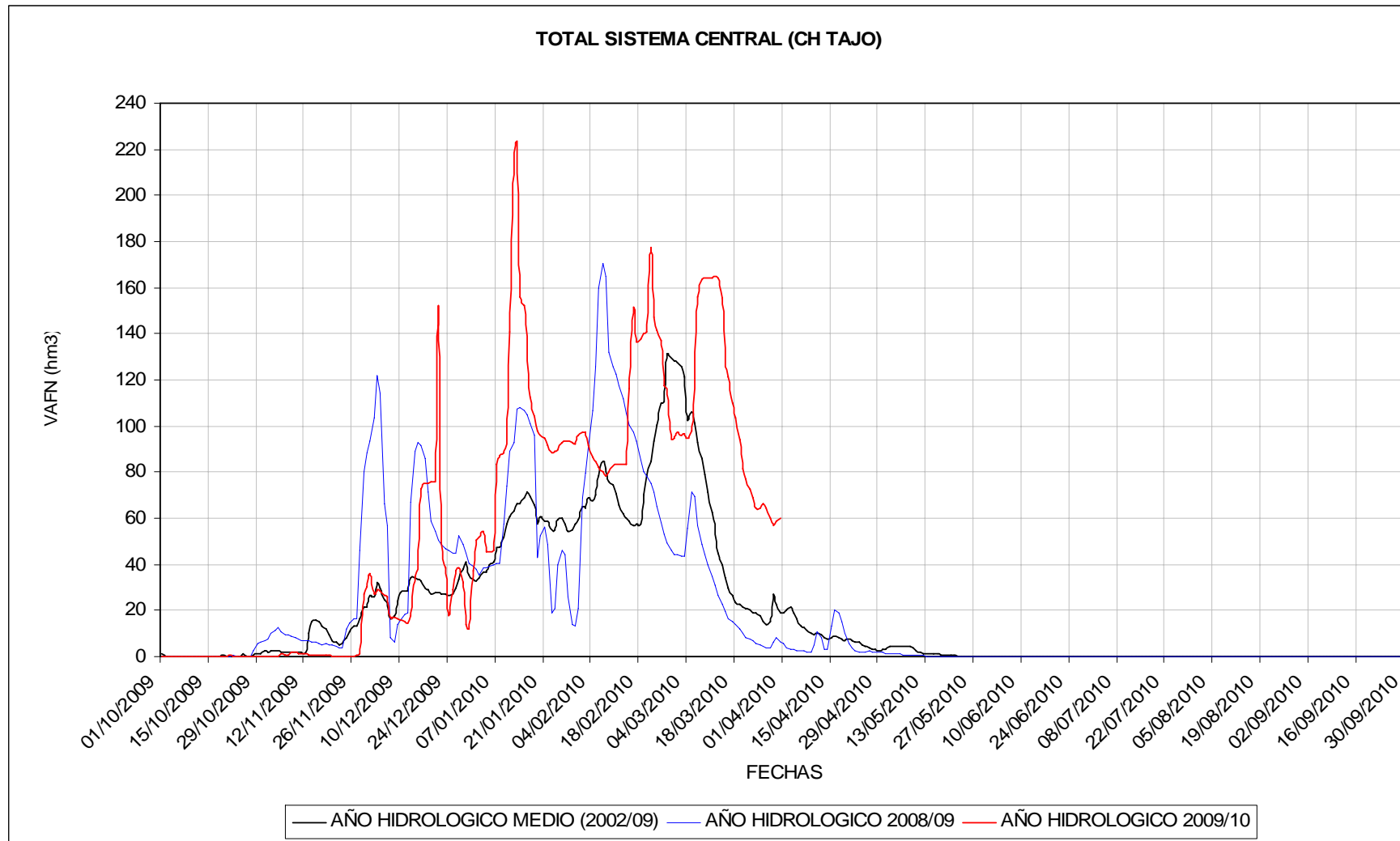
## Evolución de los recursos hídricos de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en la CH del Ebro



### Valor del VAFN (hm<sup>3</sup>) de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en la CH del Ebro.

| Cuenca                          |    | Macizo Montañoso | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Cota Media (m) | Valor VAFN (hm <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|----|------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Embalse del Ebro                | 1  | C. Cantábrica    | 466,0                         | 1.061          | 0,00                          |
| Nela                            | 2  | C. Cantábrica    | 1.071,2                       | 1.047          | 0,00                          |
| Irati-Salazar                   | 3  | Pirineo          | 620,9                         | 1.005          | 0,23                          |
| Aragón en E. de Yesa            | 4  | Pirineo          | 2.166,4                       | 1.086          | 151,65                        |
| Gállego en E. de Búbal          | 5  | Pirineo          | 295,1                         | 1.940          | 273,39                        |
| Gállego en Sabiñánigo           | 6  | Pirineo          | 306,5                         | 1.407          | 0,00                          |
| Ara en Boltaña                  | 7  | Pirineo          | 615,3                         | 1.470          | 124,20                        |
| Cinca en Escalona               | 8  | Pirineo          | 793,6                         | 1.672          | 208,42                        |
| Ésera en Campo                  | 9  | Pirineo          | 541,7                         | 1.809          | 162,56                        |
| Ésera en Emb. Barasona          | 10 | Pirineo          | 941,0                         | 972            | 0,00                          |
| Garona en Torán                 | 11 | Pirineo          | 108,4                         | 1.528          | 0,00                          |
| Garona en Bossòst               | 12 | Pirineo          | 475,7                         | 1.893          | 146,27                        |
| N. Ribagorzana en Pont de Suert | 13 | Pirineo          | 566,6                         | 1.849          | 110,86                        |
| Pallaresa en E. de Talárn       | 14 | Pirineo          | 2.064,3                       | 1.627          | 307,23                        |
| Valira en Seo D´Urgel           | 15 | Pirineo          | 549,0                         | 1.912          | 87,10                         |
| Segre en Seo D´Urgel            | 16 | Pirineo          | 1.239,6                       | 1.683          | 59,19                         |
| <b>TOTAL</b>                    |    |                  | <b>12.821,3</b>               | <b>1.390</b>   | <b>1.631,10</b>               |

## Evolución de los recursos hídricos de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en la CH del Tajo

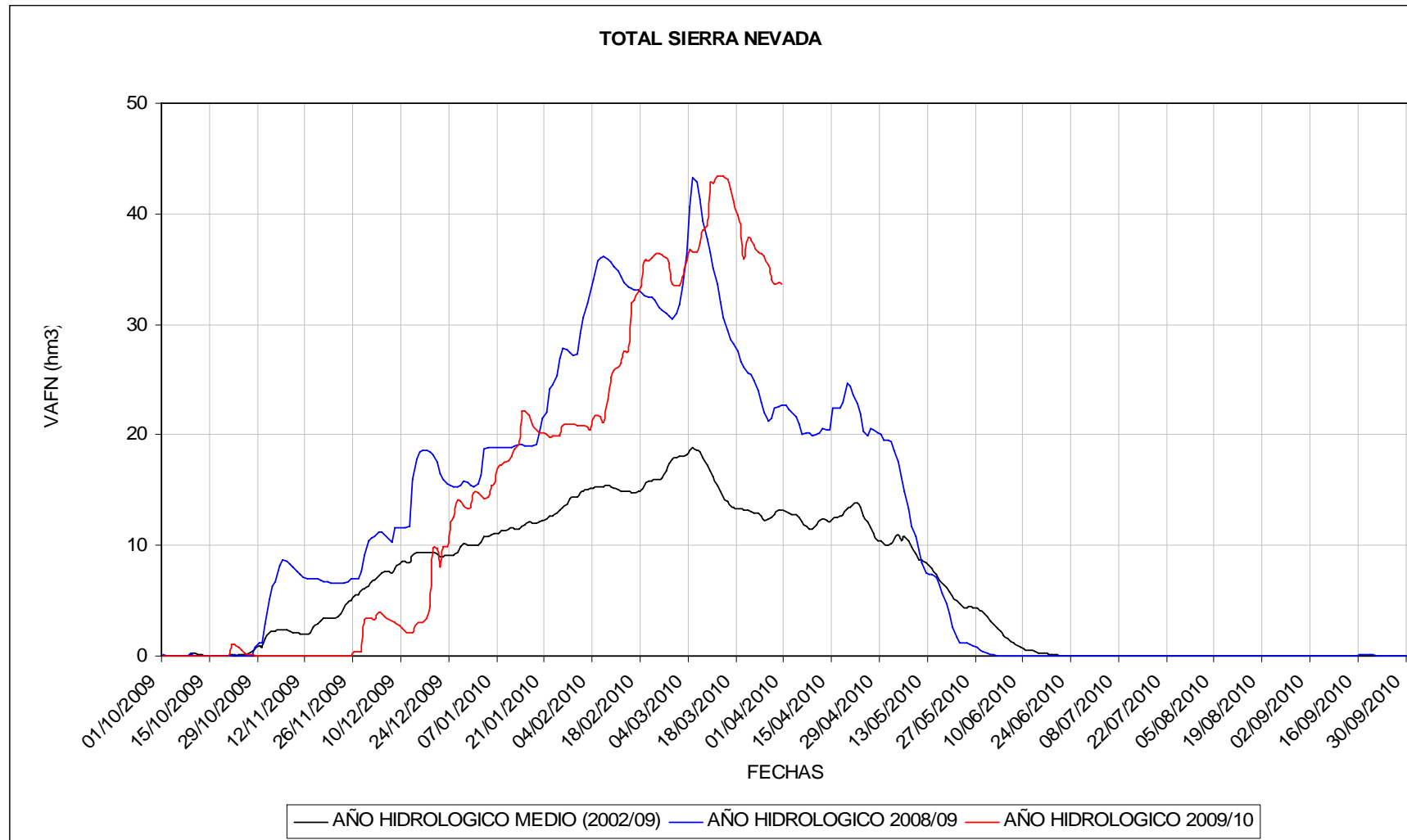


### Valor del VAFN (hm<sup>3</sup>) de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en la CH del Tajo.

| Cuenca                          |    | Macizo Montañoso | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Cota Media (m) | Valor VAFN (hm <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|----|------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Alagón en E. de Gabriel y Galán | 1  | Sistema Central  | 1.848,20                      | 846            | 2,23                          |
| Jerte en Plasencia              | 2  | Sistema Central  | 370                           | 1.071          | 3,66                          |
| Tiétar en E. de Rosarito        | 3  | Sistema Central  | 1.743,20                      | 759            | 8,05                          |
| Alberche en E. de El Burguillo  | 4  | Sistema Central  | 1.052,70                      | 1.355          | 0,07                          |
| Guadarrama en Picotejo          | 5  | Sistema Central  | 355,9                         | 1.044          | 0,73                          |
| Manzanares en E. de Santillana  | 6  | Sistema Central  | 247,1                         | 1.236          | 3,80                          |
| Lozoya en el Atazar             | 7  | Sistema Central  | 925                           | 1.356          | 33,45                         |
| Jarama en E. de El Vado         | 8  | Sistema Central  | 378                           | 1.424          | 8,09                          |
| Sorbe en E. de Beleña           | 9  | Sistema Central  | 475,6                         | 1.374          | 0,00                          |
| Bornova en E. de Alcorlo        | 10 | Sistema Central  | 362,3                         | 1.228          | 0,00                          |
| Alto Tajo en E. de Entrepeñas   | 11 | Sistema Central  | 3.825,60                      | 1.218          | 0,00                          |
| Guadiela en E. de Buendía       | 12 | Sistema Central  | 3.355,80                      | 1.011          | 0,00                          |
| <b>TOTAL</b>                    |    |                  | <b>14.939,4</b>               | <b>1.093</b>   | <b>60,08</b>                  |



## Evolución de los recursos hídricos de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en el Distrito Hidrográfico del Guadalquivir.



Valor del VAFN (hm3) de las cuencas nivales modelizadas con ASTER en el Distrito Hidrográfico del Guadalquivir.

| Cuenca                   |   | Macizo Montañoso | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Cota Media (m) | Valor VAFN (hm3) |
|--------------------------|---|------------------|-------------------------------|----------------|------------------|
| Genil en E. de Canales   | 1 | Sierra Nevada    | 176,5                         | 1.970          | 33,69            |
| Guadalfeo en E. de Rules | 2 | Sierra Nevada    | 1.076,0                       | 1.405          | ND               |
| <b>TOTAL</b>             |   |                  | <b>1.252,5</b>                | <b>1.485</b>   | <b>33,69</b>     |

Tabla comparativa entre los valores obtenidos de la 3ª medición en el Pirineo (18-05-2010) y la simulación de ASTER para ese periodo.

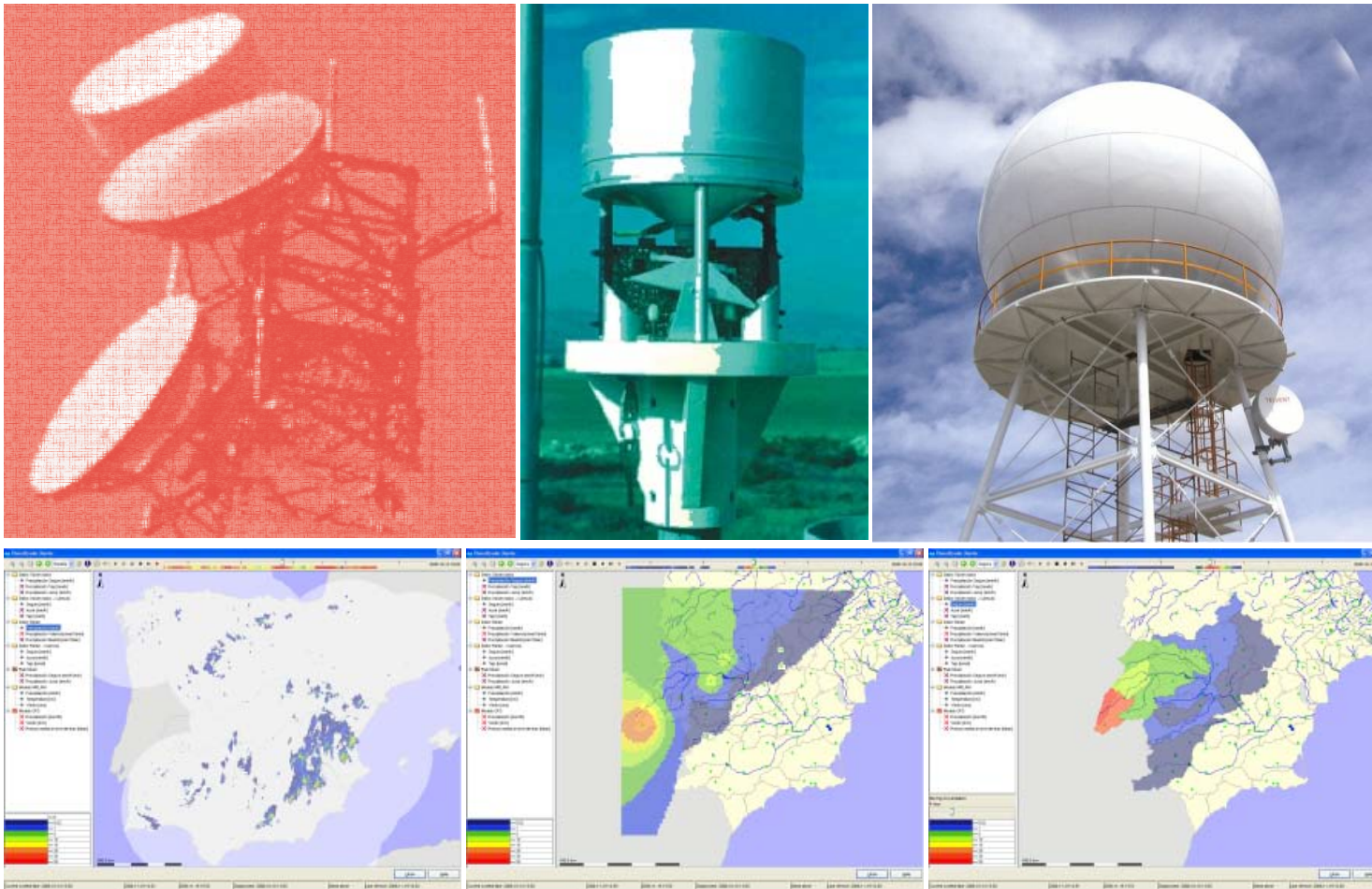
| Orden | Cuenca                       | Medición 18-05-2010 (hm <sup>3</sup> ) | ASTER 18-05-2010 (hm <sup>3</sup> ) | DIF.   | DIF (%) |
|-------|------------------------------|--|-------------------------------------|--------|---------|
| 1     | Nela-E. del Ebro             | ND                                     | ND                                  | ND     | ND      |
| 2     | Irati-Salazar                | 0,90                                   | 0,40                                | -0,50  | 55,56   |
| 3     | Aragón en E. de Yesa         | 59,10                                  | 76,00                               | 16,90  | -28,60  |
| 4     | Gállego en E. de Búbal       | 112,80                                 | 187,00                              | 74,20  | -65,78  |
| 5     | Gállego en Sabiñánigo        | 23,20                                  | 20,50                               | -2,70  | 11,64   |
| 6     | Ara en Boltaña               | 86,90                                  | 96,20                               | 9,30   | -10,70  |
| 7     | Cinca en Escalona            | 131,40                                 | 148,00                              | 16,60  | -12,63  |
| 8     | Ésera en Campo               | 82,10                                  | 90,70                               | 8,60   | -10,48  |
| 9     | Ésera en Graus               | 0,90                                   | 3,70                                | 2,80   | -311,11 |
| 10    | Garona en Bossòst            | 128,60                                 | 85,40                               | -43,20 | 33,59   |
| 11    | Ribag. en Pont de Suert      | 90,00                                  | 82,50                               | -7,50  | 8,33    |
| 12    | Pallaresa en E. Talarn       | 122,00                                 | 118,00                              | -4,00  | 3,28    |
| 13    | Valira en Seo D'Urgel        | 48,90                                  | 70,00                               | 21,10  | -43,15  |
| 14    | Segre en Seo D'Urgel         | 14,80                                  | 9,40                                | -5,40  | 36,49   |
|       | Resto de la cuencas del Ebro | 1,90                                   |                                     | -1,90  | 100,00  |
|       | <b>Total:</b>                | 903,50                                 | 987,80                              | 84,30  | -9,33   |

Como puede observarse, las estimaciones efectuadas con ASTER son, en general, muy aceptables y las diferencias comparativas GLOBALES entre la medición de campo y la simulación con el modelo oscilan del orden del +ó- el 6-8% en periodo de mucha nieve (1ª y 2ª medición) y estos valores pueden llegar hasta el 12% en la tercera medición, en el caso que nos ocupa representa un -9,3%, si bien es cierto que en cuencas donde el volumen es pequeño el margen de error es mayor dada la dificultad de estimar el recurso.

Hay que destacar, fundamentalmente, las diferencias en dos subcuencas: una que da valores por exceso (Gállego) y otra que da valores por defectos (Garona) que hay que intentar corregir en la próxima calibración que se realice al ASTER en las citadas cuencas. Las diferencias pudieran ser ocasionadas con los datos de entradas (hidrometeorológicos) dado que se utilizan estaciones lejanas del lugar de la medición.

# LOS SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN (SAD).

# Sistemas de Ayuda a la Decisión



La situación en los SAD`s es la siguiente:

- El **SAIH del Ebro** dispone de SAD
- Asimismo, se han implementado los SAD`s de los SAIH de las Confederaciones Hidrográficas del **Segura, Júcar, Tajo y Duero**.
- En vías de implementación los SAD de la CH del **Miño-Sil y de la CH del Cantábrico**.
- Queda por implementar el SAD de la CH del **Guadiana**

|                               | <b>JUCAR</b>   | <b>SEGURA</b>  | <b>TAJO</b>  | <b>GUADALQUIVIR</b>   |
|-------------------------------|--|--|--|---|
| <b>MODELOS EN TIEMPO REAL</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● HEC-HMS</li> <li>● PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI</li> <li>● MOCRE</li> <li>● Modelo Estadístico de Comportamiento Hidrológico de Cuencas</li> <li>● LAMINADOR</li> <li>● SAIDA (MOREA)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● HEC-1</li> <li>● PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI</li> <li>● SHYSKA</li> <li>● TOPKAPI</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● HEC-1</li> <li>● PLU, CREM, CRAF, EDIMACHI</li> <li>● Sacramento</li> <li>● HSPF</li> <li>● TETIS</li> <li>● ASTER</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Alguna experiencia con EDIMACHI</li> </ul>   |
| <b>MODELO DE EXPLOTACION</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aquatool</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aquatool</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aquatool</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ninguno</li> </ul>   |
| <b>MODELOS HIDRAULICOS</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● HEC-RAS, MIKE 11, ETC.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● PROC Segura</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● HEC-2</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ninguno</li> </ul>   |
| <b>EXPERIENCIAS</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos estadísticos, redes neuronales (caja negra).</li> <li>● Escasez de episodios</li> <li>● Otras necesidades</li> <li>● Personal</li> <li>● Interfaz informático</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos distribuidos.</li> <li>● Escasez de episodios</li> <li>● Otras necesidades</li> <li>● Personal</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Personal</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Planteamiento-mejoras:</li> <li>● Gestión de avenidas para zonas determinadas</li> <li>● Gestión de la regulación general</li> </ul> |

**GUADIANA, NORTE Y DUERO:** Son SAIH implementados más recientemente y en la fecha que se hizo el estudio al estar en sus distintas fases de ejecución, dependiendo del SAIH que se trate, no habían trabajado ni habían pensado en esa fecha la fase de modelización. Su preocupación ha sido la ejecución y validación del dato.

Existen diferentes ENTORNOS, entre ellos podemos destacar los siguientes:

- **EFFORTS** (European Flood Forecastig Operational Real Time System)
- **FEWS** (Flood Early Warning System)
- **FLOOD WATCH** (Sistema de gestión para pronóstico y alerta de crecidas en tiempo real)
- **EDIMACHI** (Entorno de Desarrollo de Interfase Modular de Análisis y Cálculo Hidrológico)



- ✓ **Funcionalidad suficiente de los cuatro entornos.**
- ✓ **Soportado por Organización contrastada.**
- ✓ **Arquitectura abierta.**
- ✓ **Soporte de OpenMI.**



**FEWS (Flood Early Warning System) WL | Delft Hydraulics**

**MODELO CONSTRUIDO SOBRE LA TOTALIDAD DE LA CUENCA DEL EBRO (85.000 km<sup>2</sup>).**

Dividida en 283 Subcuencas  
4.500 Km de río modelizados

**MODELOS HIDROLÓGICOS**

- Precipitación/escorrentía (NAM)
- Fusión (ASTER)

**MODELO DE PROPAGACIÓN**

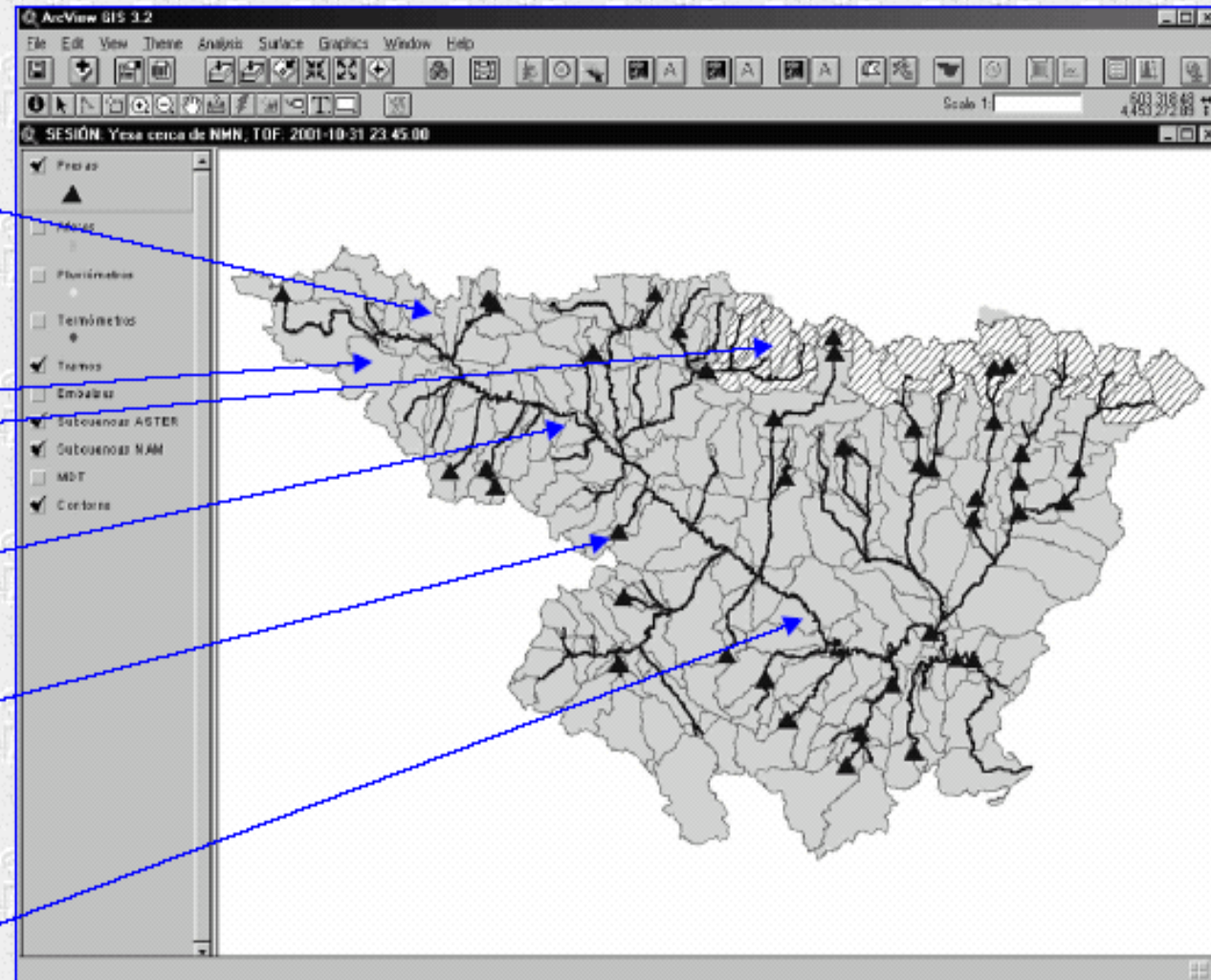
MIKE 11

**MODELO DE GESTIÓN DE EMBALSES**

Módulo de estructuras englobado en MIKE 11

**MODELO DE PREDICCIÓN**

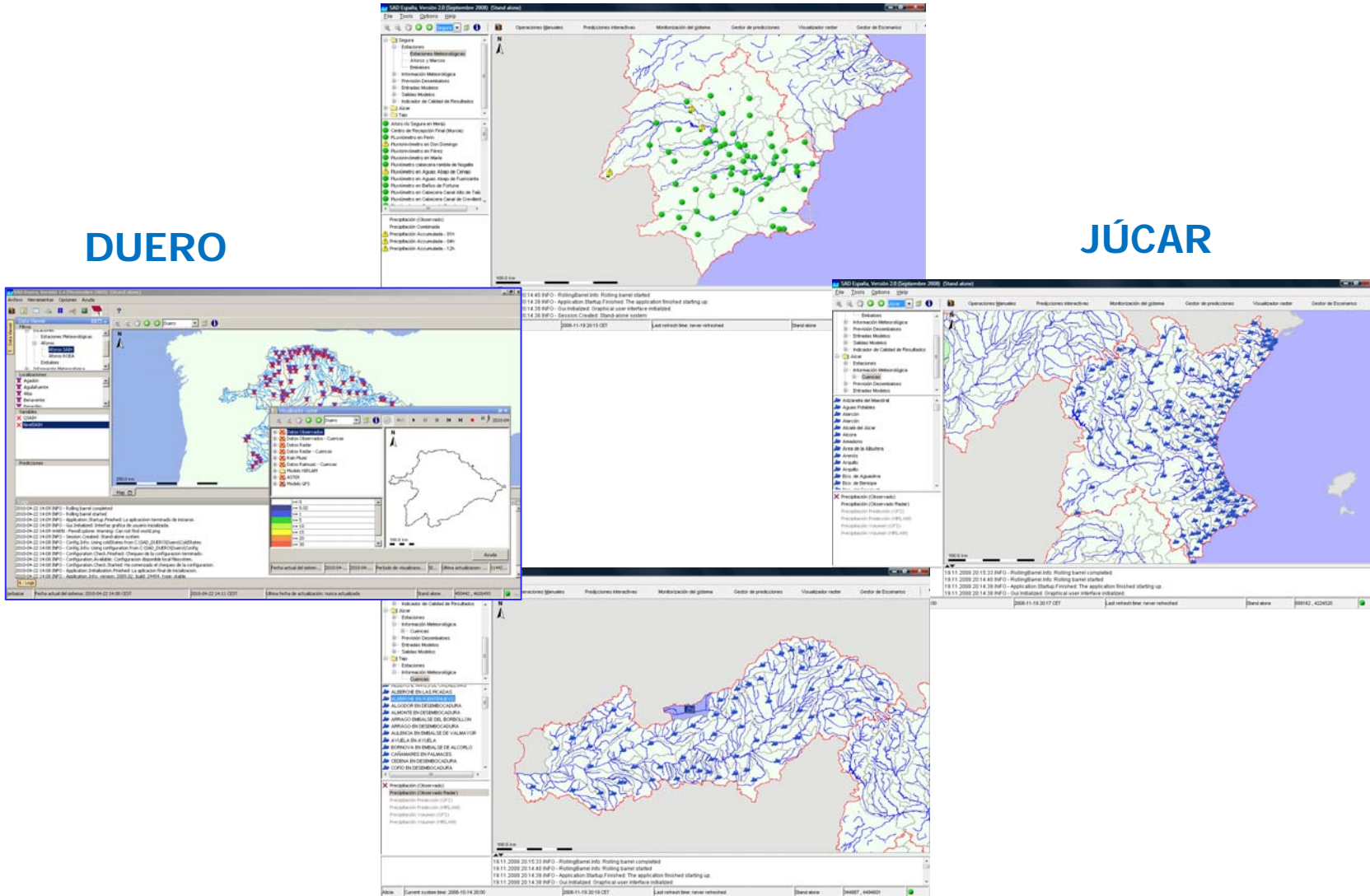
Módulo Flood Forecast englobado en MIKE 11



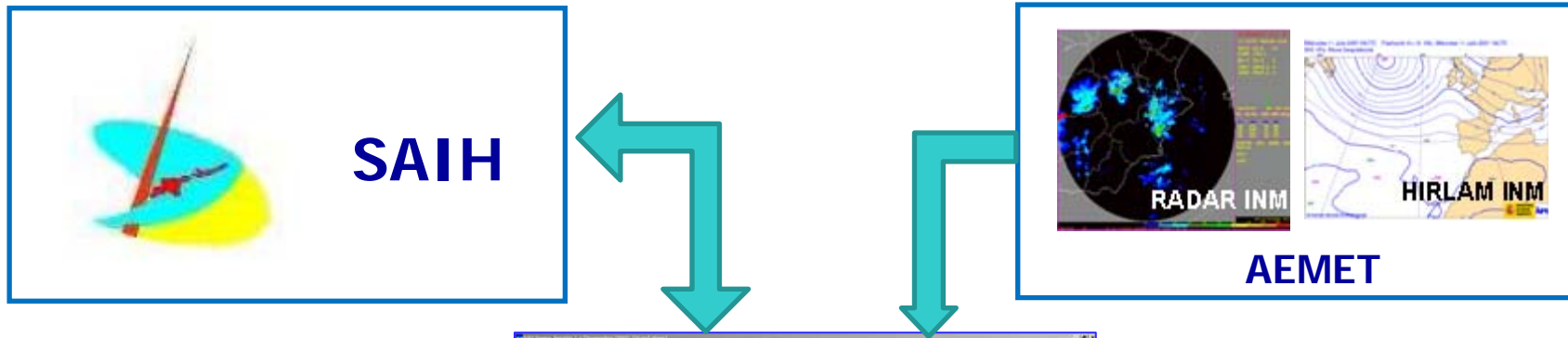
# SEGURA

# DUERO

# JÚCAR



# TAJO



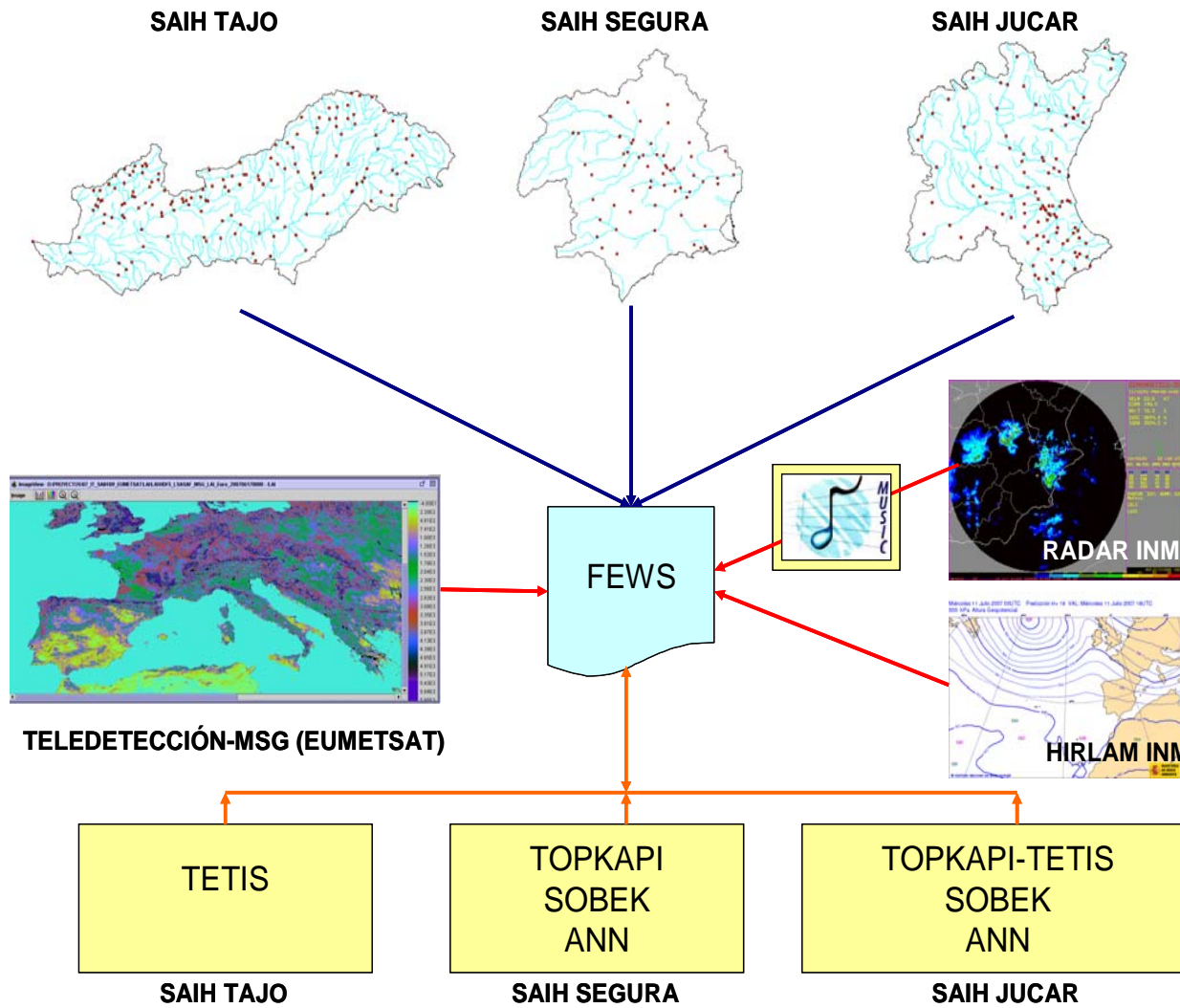
## SAIH



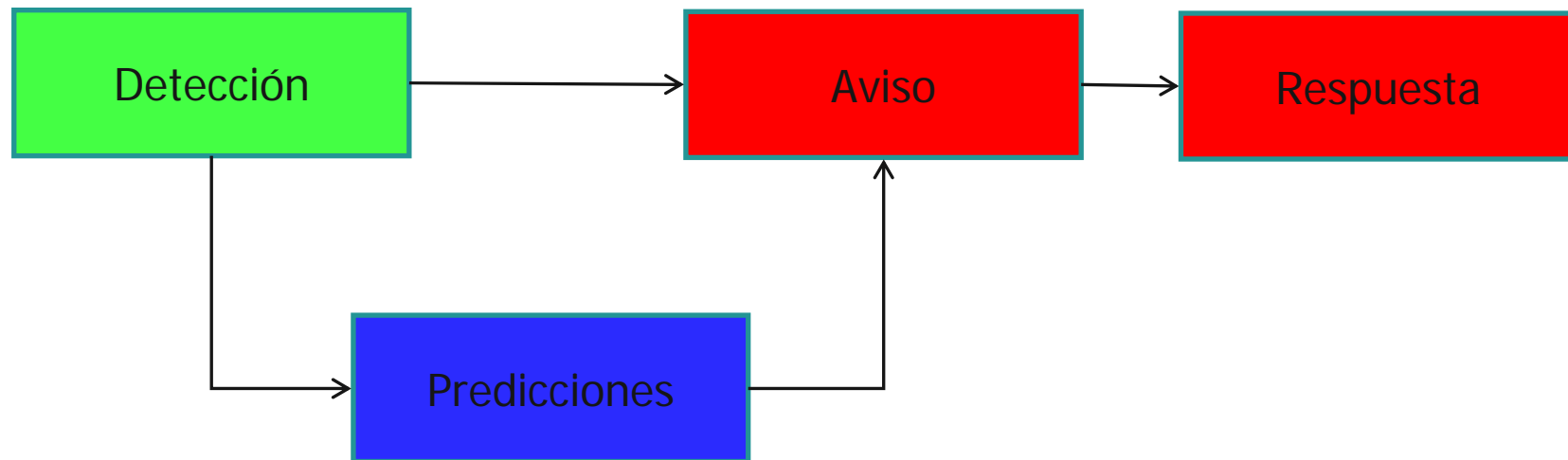
## FEWS

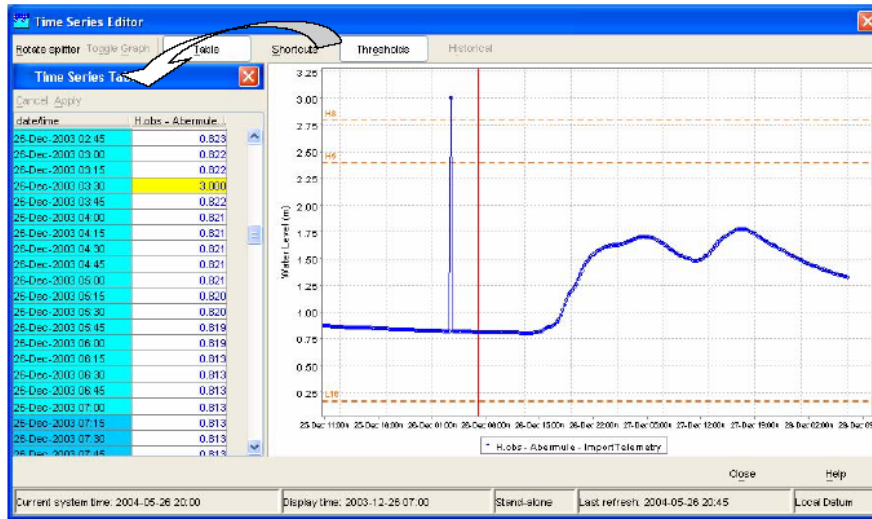
- **Combinación radar y pluviometría**
- **Modelo hidrológico incluyendo nieve: Aster**
- **Modelos hidrológicos: Topkapi y Tetis**
- **Modelos hidráulicos: Sobek 1D y Mike 11**
- **Módulo de gestión de embalses**
- **Otros modelos: redes neuronales**
- **Piloto para tratamiento de incertidumbre**



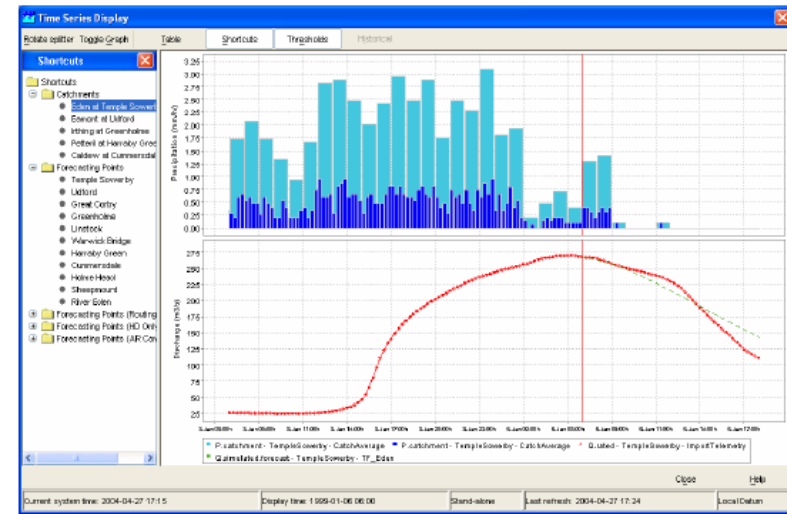


# SAD para la gestión de avenidas

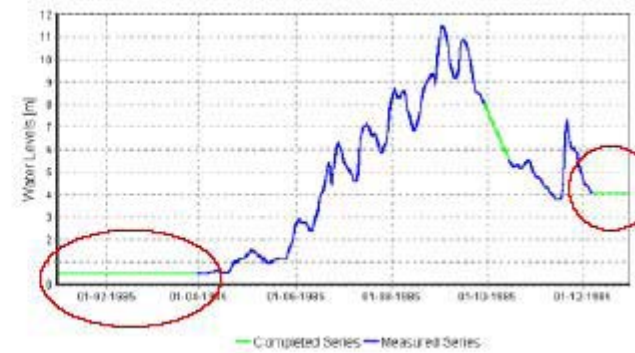
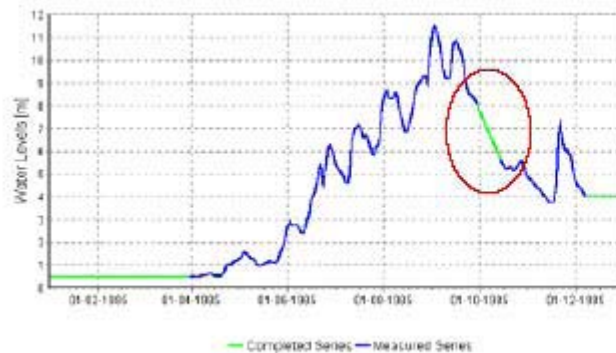




Identificación y marcado de datos espurios. No se usa en las predicciones

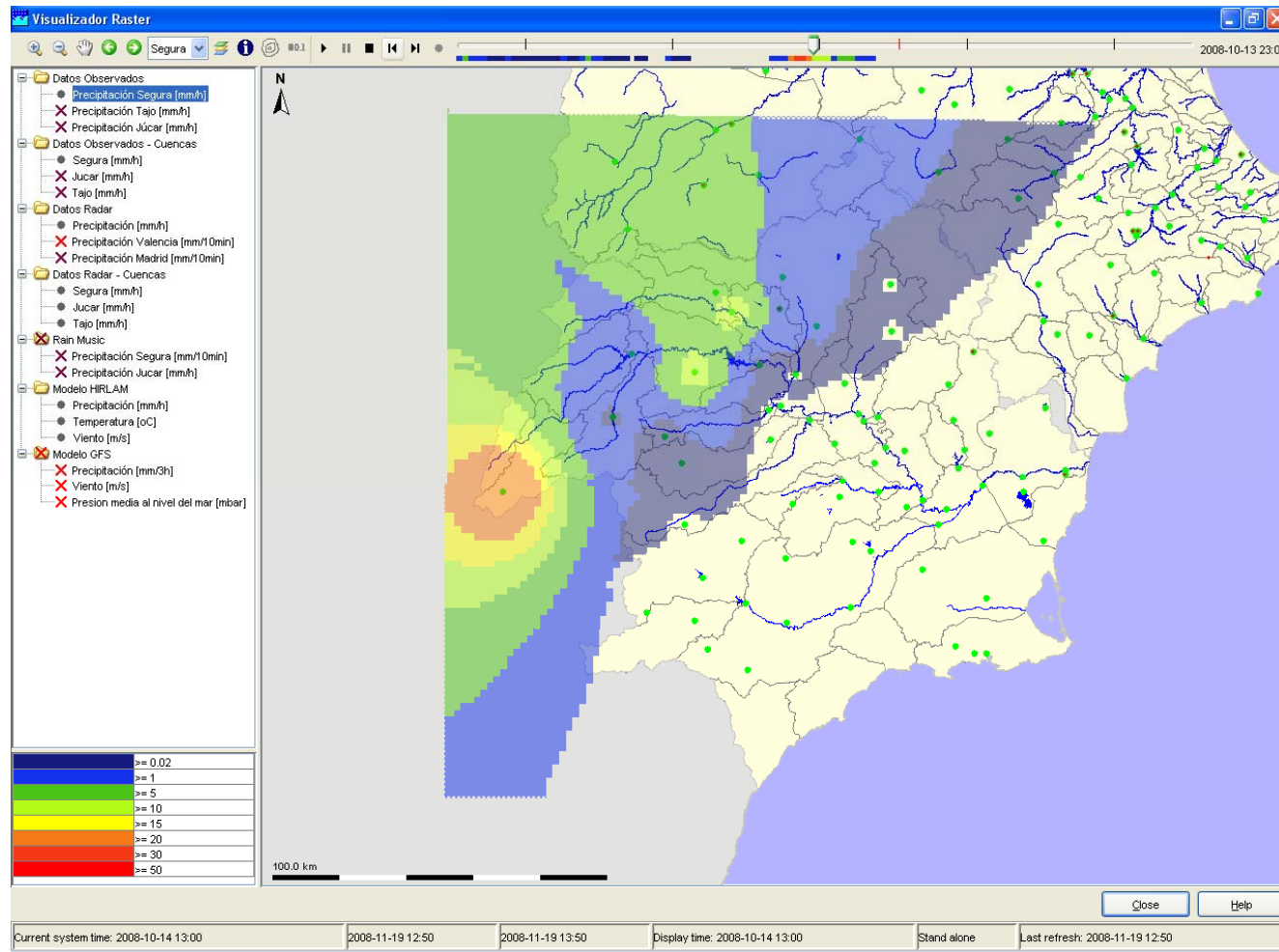


Transformación datos quinceminutales a horarios.



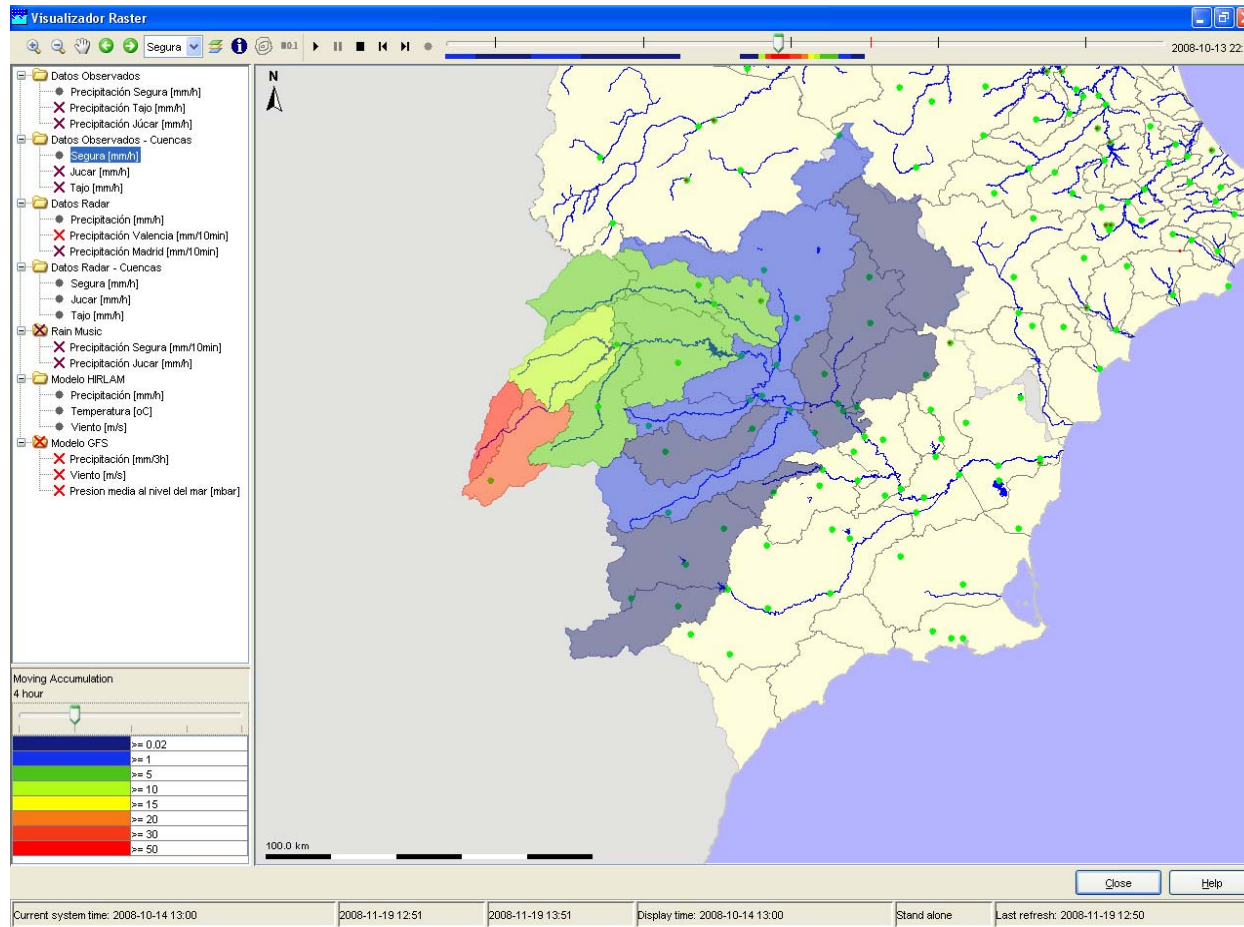
Rellenado de huecos.

## Interpolación espacial de datos puntuales. Precipitación y temperatura

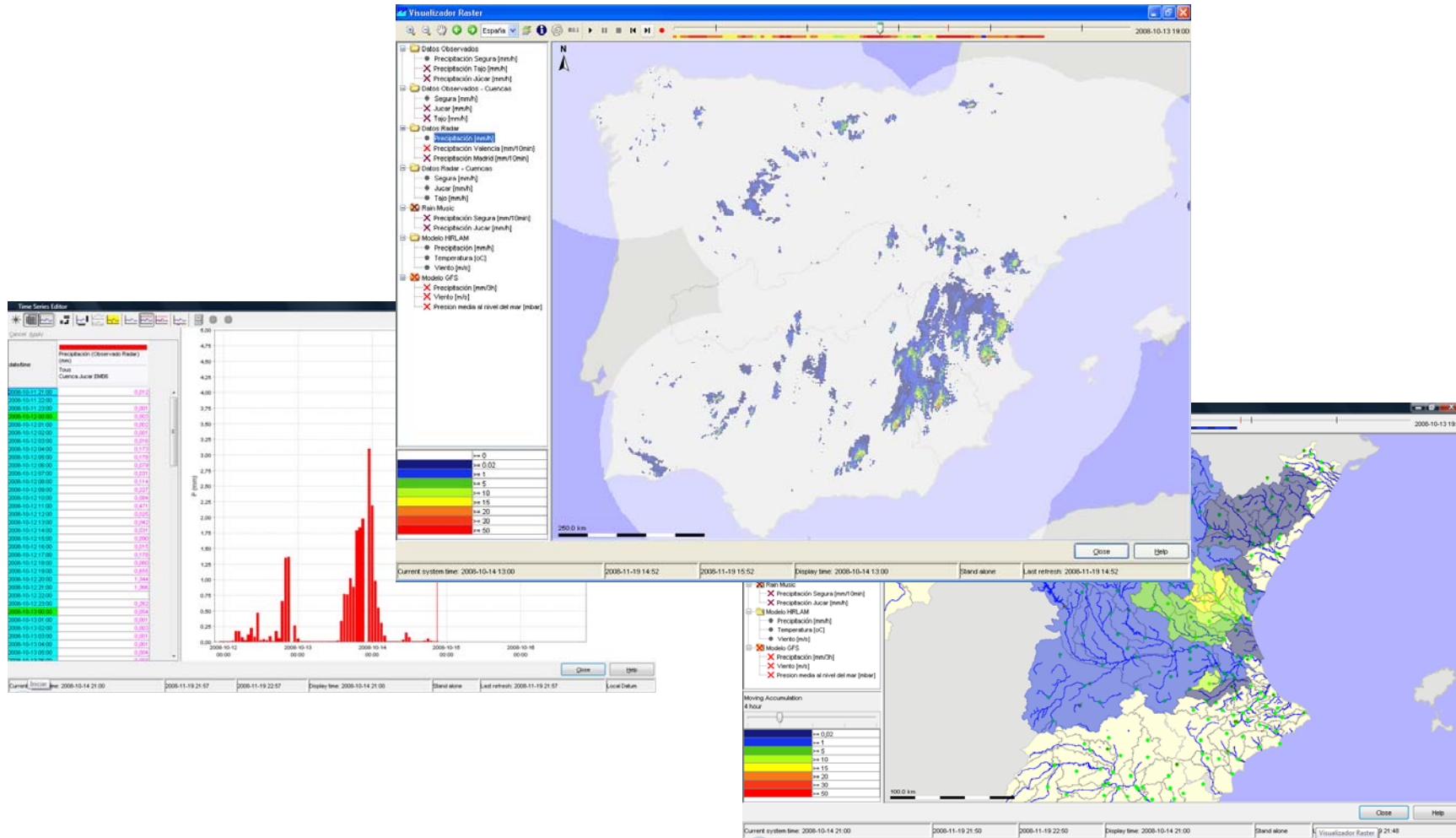




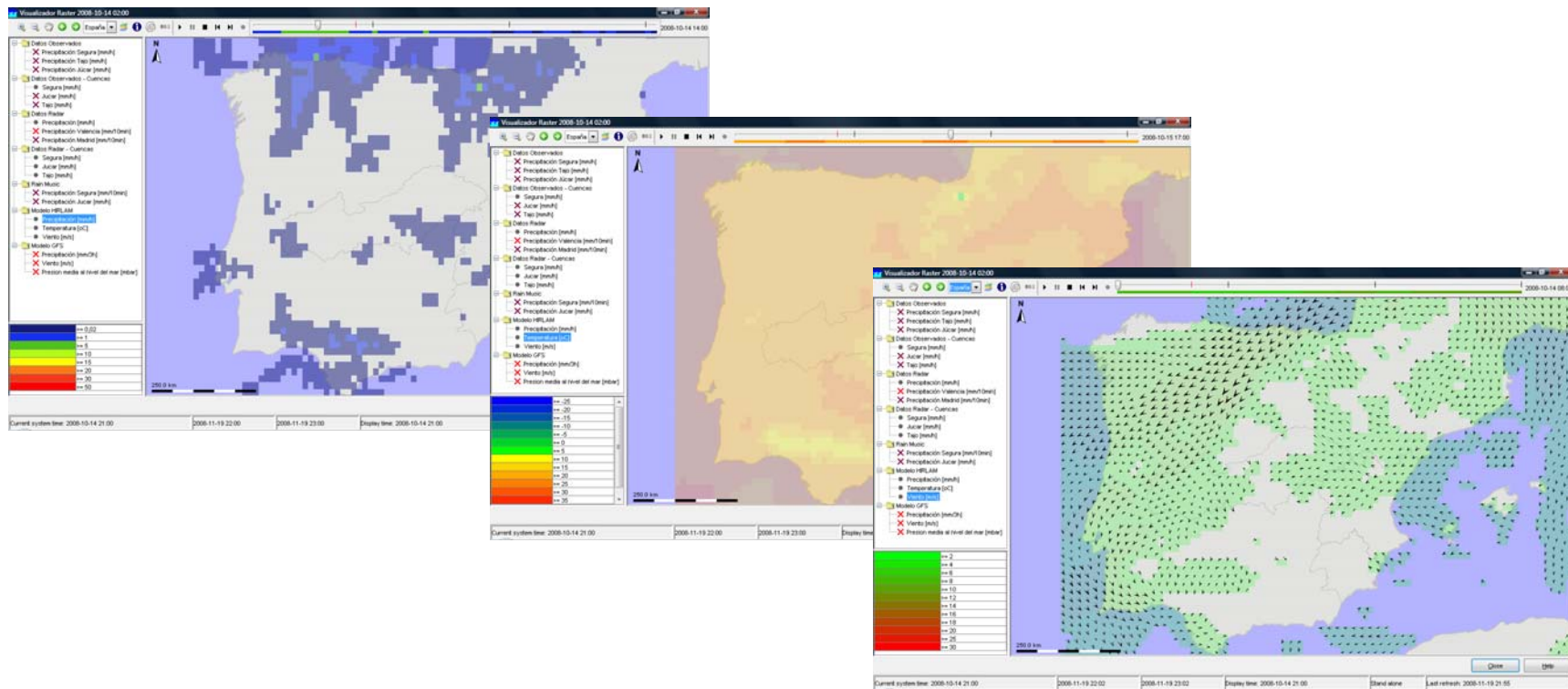
## Agregación de datos espaciales en subcuencas



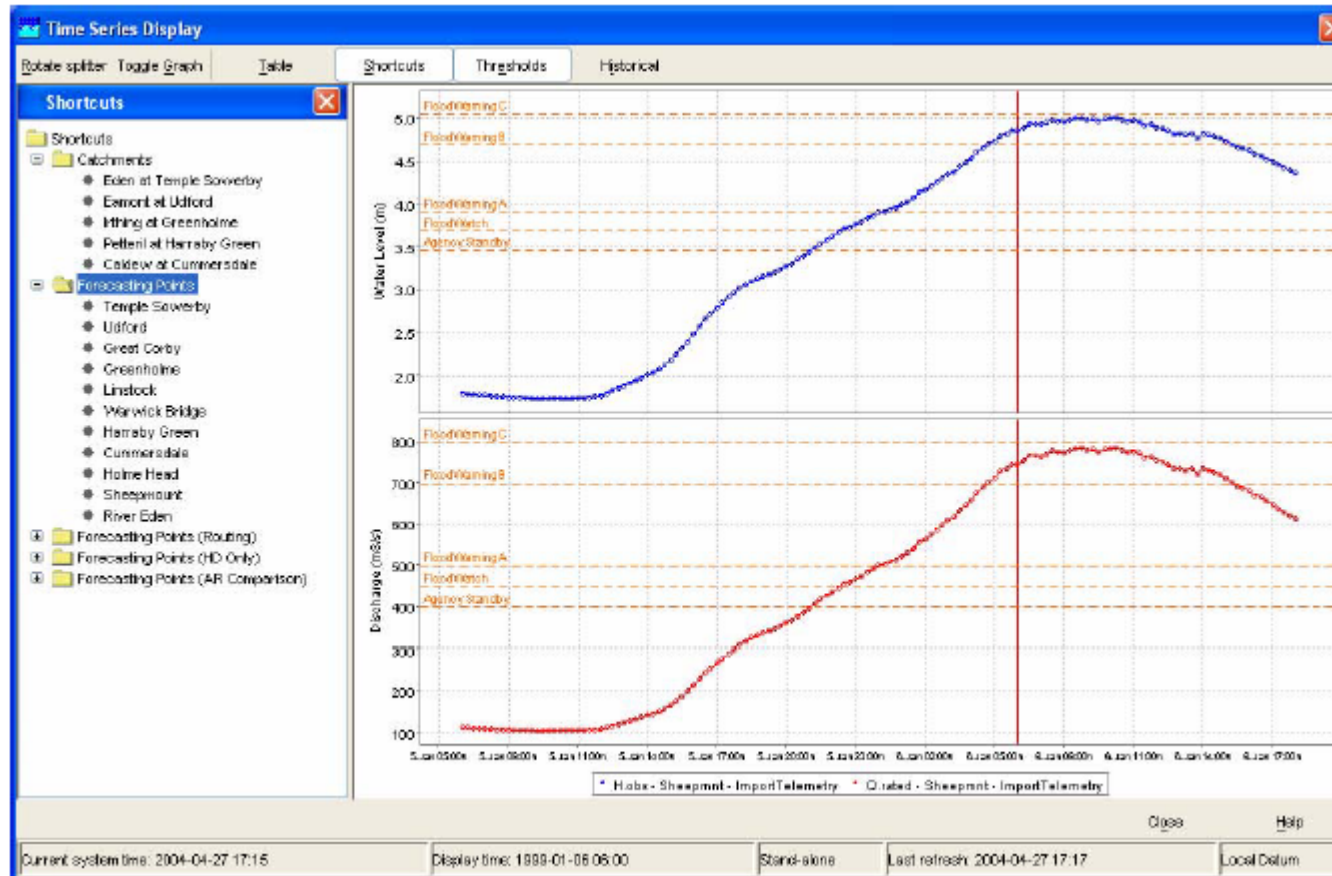
## Combinación datos radar y precipitación observada



## Integración predicciones meteorológicas



## Módulo de detección de superación de umbrales

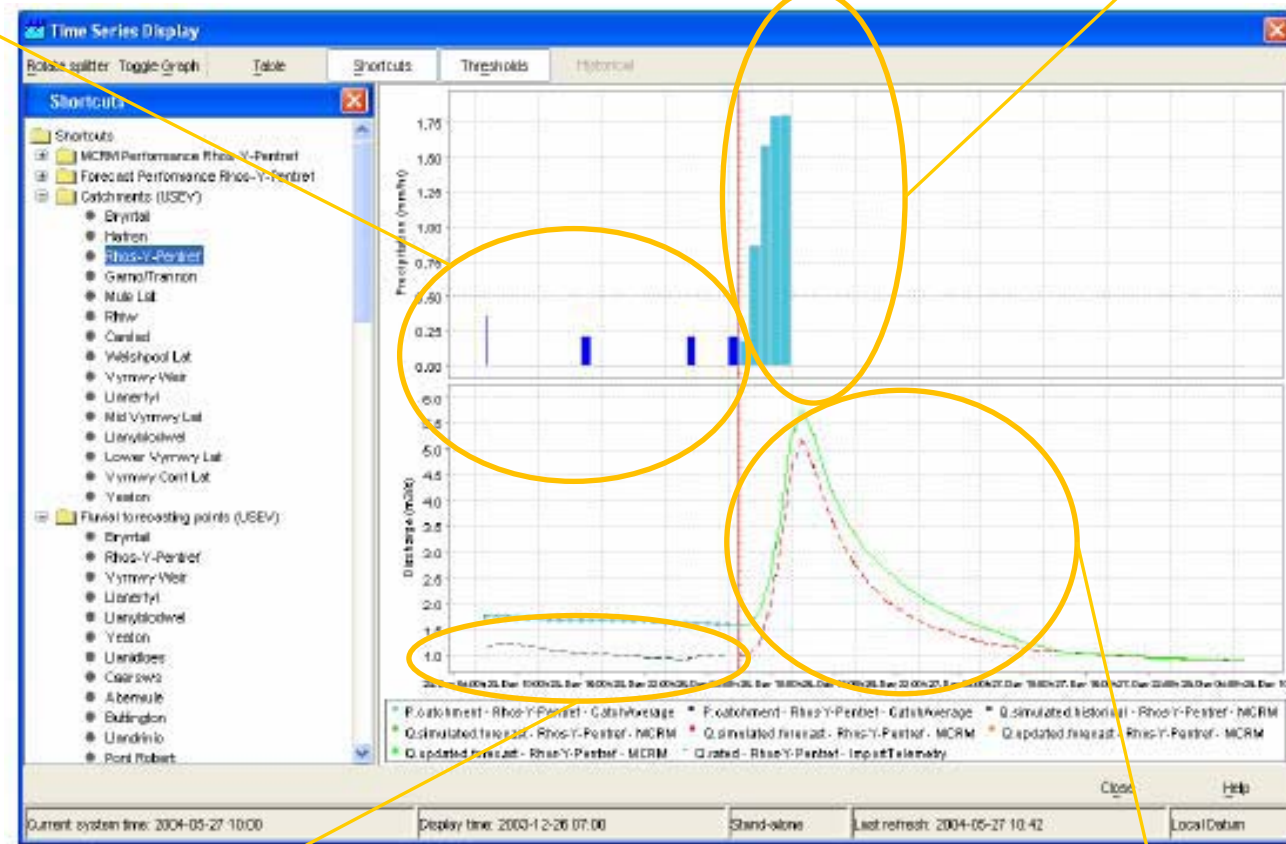




## Ejecución de predicciones automáticas

Precipitación medida

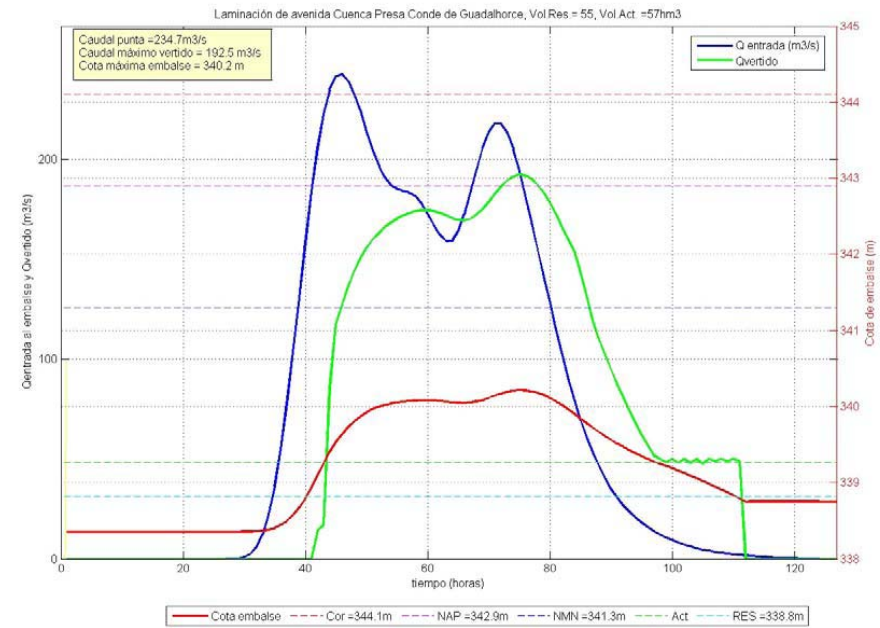
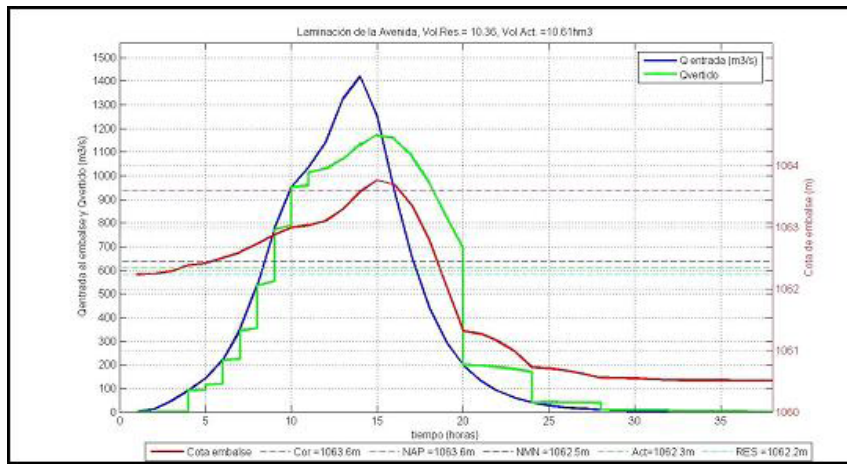
Precipitación predicción HIRLAM



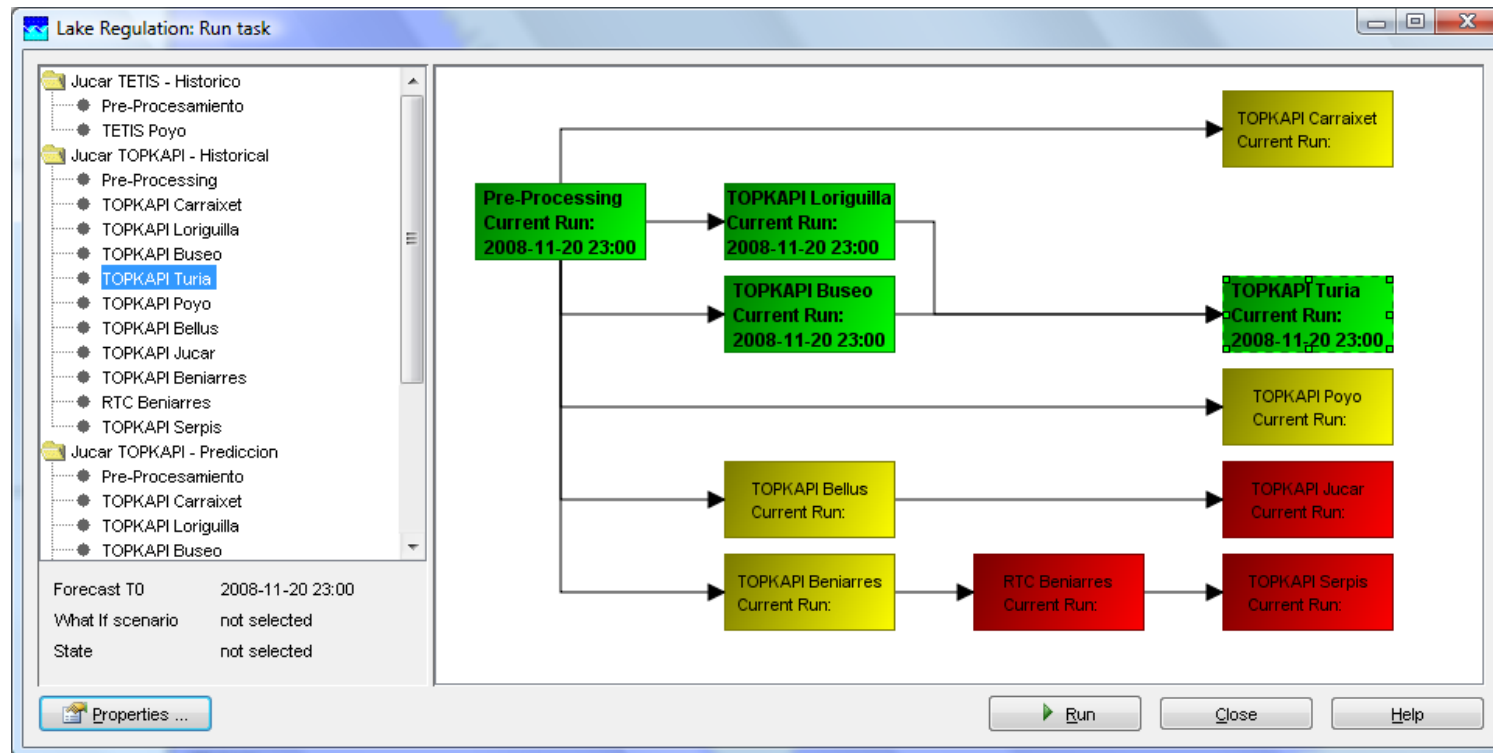
Caudal medido

Caudal predicción

## Módulo de gestión de embalses



## Gestión interactiva de predicciones



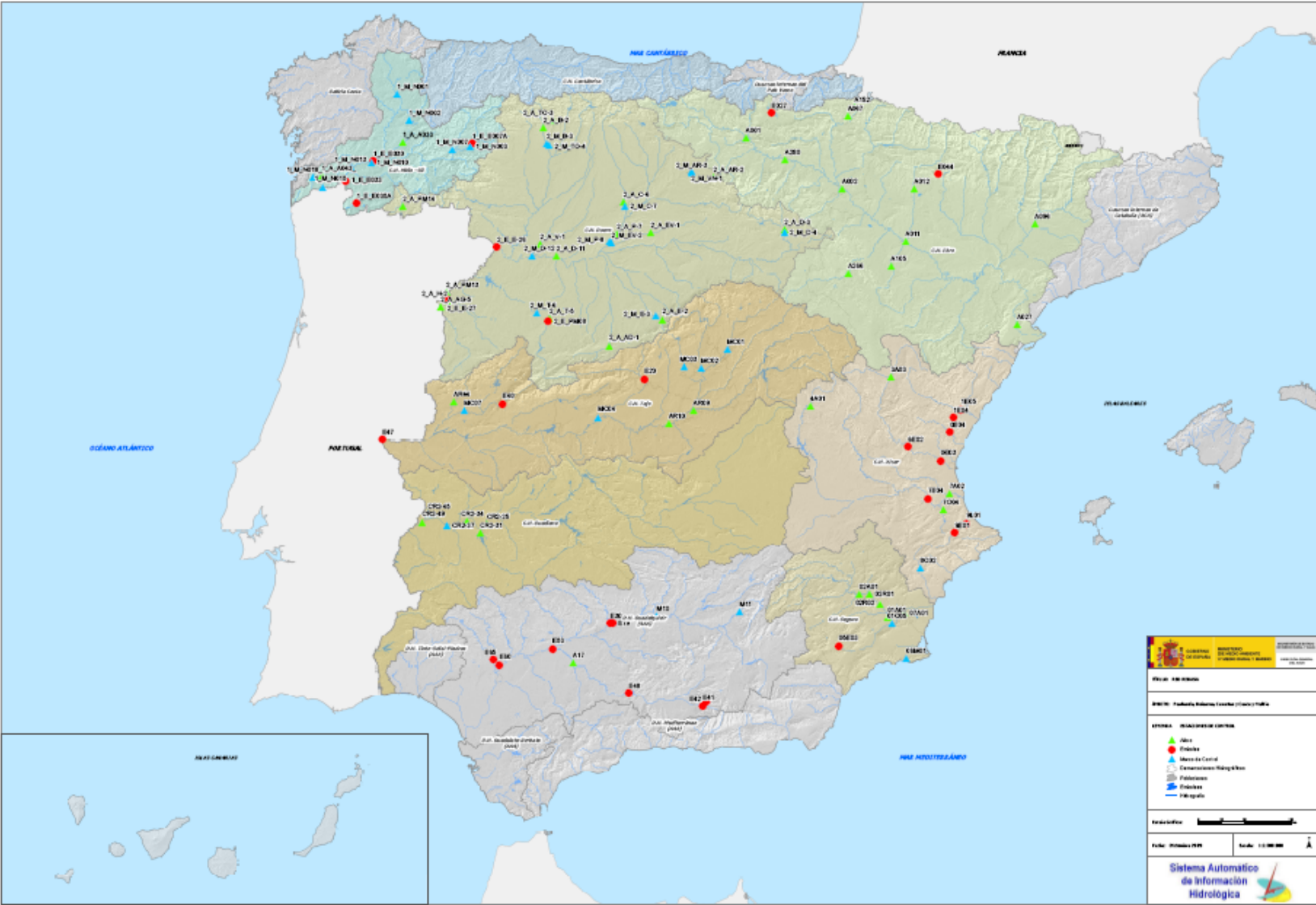


## LA RED BÁSICA DE SEGUIMIENTO DE AVENIDAS (REBASA).

# REBASA

| CUENCA       | PTOS. CONTROL ESTUDIADOS | TOTAL      | CONTROL RIO (Aforos, Marcos, Azudes) | CONTROL EMBALSES |
|--------------|--------------------------|------------|--------------------------------------|------------------|
| Miño-Sil     | 68                       | 14         | 10                                   | 4                |
| Cantábrico   | 114                      | 9          | 9                                    | 0                |
| Duero        | 147                      | 30         | 27                                   | 3                |
| Tajo         | 106                      | 11         | 8                                    | 3                |
| Guadiana     | 133                      | 6          | 6                                    | 0                |
| Guadalquivir | 90                       | 11         | 3                                    | 8                |
| Segura       | 38                       | 8          | 7                                    | 1                |
| Jucar        | 67                       | 13         | 5                                    | 8                |
| Ebro         | 201                      | 13         | 11                                   | 2                |
| <b>Total</b> | <b>635</b>               | <b>115</b> | <b>86</b>                            | <b>29</b>        |

# Rebasa



## VALORES UMBRALES

Se establecen dos grupos:

- **Niveles y caudales en estaciones de aforo y marcos de control:**
  - ✓ **Propuesta A:** realizada por la Confederación Hidrográfica del Segura.
  - ✓ **Propuesta B:** correspondiente a periodos de retorno (T=50; T=100 y T=500)
  - ✓ **Propuesta C:** correspondiente a las características estadísticas de las series de datos recogidas por el SAIH. (PERCENTIL 70; PERCENTIL 80; PERCENTIL 90).
  - ✓ **Propuesta D:** basada en la experiencia del personal de las CC.HH.
  - ✓ **Propuesta E:** correspondiente a planes especiales de actuación ante inundaciones.
- **Niveles en presas:**
  - ✓ Propuesta Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses. (NMN; NAP; NAE).

## VALORES UMBRALES

Una vez realizada la recopilación de posibles alternativas y el análisis correspondiente se propone a cada Confederación Hidrográfica aportar los valores umbrales para los puntos de control de la Red SAIH incluidos en la propuesta de Red REBASA siguiendo:

- ✓ Umbrales para niveles y caudales en estaciones de aforos y marcos de control la ALTERNATIVA C completada con las ALTERNATIVAS D y E cuando proceda. [\(ver pagina anterior\)](#)
- ✓ Umbrales para niveles en presas los niveles de embalse (NMN, NAP y NAE) definidos en el [Artículo 12 del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses](#).

## UMBRALES CH EBRO

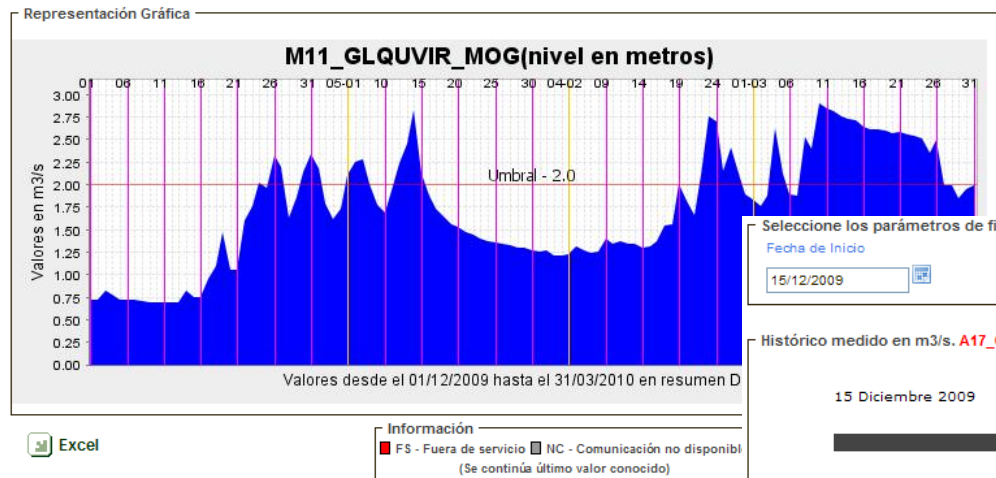
| CODIGO | NOMBRE                   | UTM30_X | UTM30_Y | ID_SENSOR | UNIDADES | DESCRIPCIÓN                  | UMBRAL_1 |
|--------|--------------------------|---------|---------|-----------|----------|------------------------------|----------|
| A17    | GENIL-ECIJA              | 318882  | 4158022 | A17_101   | m.l.a.   | Nivel en río                 | 4,00     |
| E30    | SAN RAFAEL DE NAVALLANA  | 357071  | 4202275 | E30_218_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 300,00   |
|        |                          | 357071  | 4202275 | E30_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 158,00   |
| E41    | CANALES                  | 457184  | 4112843 | E41_217_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 40,00    |
|        |                          | 457184  | 4112843 | E41_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 984,50   |
| E42    | QUENTAR                  | 461128  | 4117745 | E42_217_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 40,00    |
|        |                          | 461128  | 4117745 | E42_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 1040,00  |
| E48    | IZNAJAR                  | 377187  | 4128581 | E48_229_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 100,00   |
|        |                          | 377187  | 4128581 | E48_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 421,10   |
| E53    | PEÑAFLORES               | 294857  | 4174371 | E53_213_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 1200,00  |
|        |                          | 294857  | 4174371 | E53_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 45,00    |
| E80    | ALCALA DEL RIO           | 237215  | 4158787 | E80_215_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 1500,00  |
|        |                          | 237215  | 4158787 | E80_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 10,00    |
| E85    | EL GERGALES              | 230837  | 4182338 | E85_215_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 200,00   |
|        |                          | 230837  | 4182338 | E85_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 50,00    |
| E79    | VILLAFRANCA              | 358883  | 4202432 | E79_221_X | m3/s     | Caudal desembalsado (salida) | 800,00   |
|        |                          | 358883  | 4202432 | E79_101   | m.s.n.m. | Nivel de embalse             | 118,80   |
| M10    | RIO GUADALQUIVIR-ANDÚJAR | 408828  | 4210181 | M10_107   | m.s.n.m. | Nivel en río                 | 185,00   |
| M11    | RIO GUADALQUIVIR-MOGÉN   | 488835  | 4213742 | M11_107   | m.l.a.   | Nivel en río                 | 2,00     |

## UMBRALES RESTO CC. HH.

- **GUADIANA, NORTE Y DUERO:** Al estar en sus distintas fases de ejecución, dependiendo del SAIH que se trate, no han establecido los valores umbrales. Su preocupación es la ejecución de la obra y validación del dato.
- **TAJO:** Falta de remitir dichos valores.

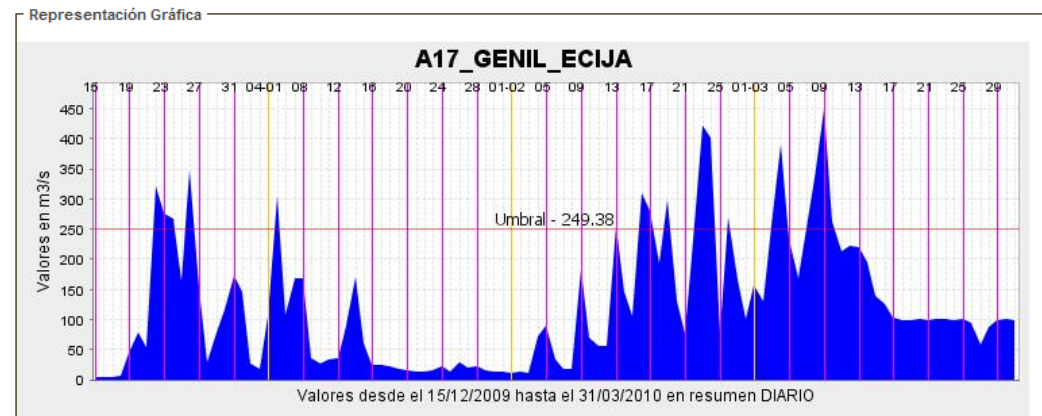
TABLA VALORES UMBRALES REBASA









Seleccione los parámetros de filtrado

Fecha de Inicio: 15/12/2009 Fecha de Fin: 31/03/2010 Período seleccionado: Personalizado Frecuencia: Diario



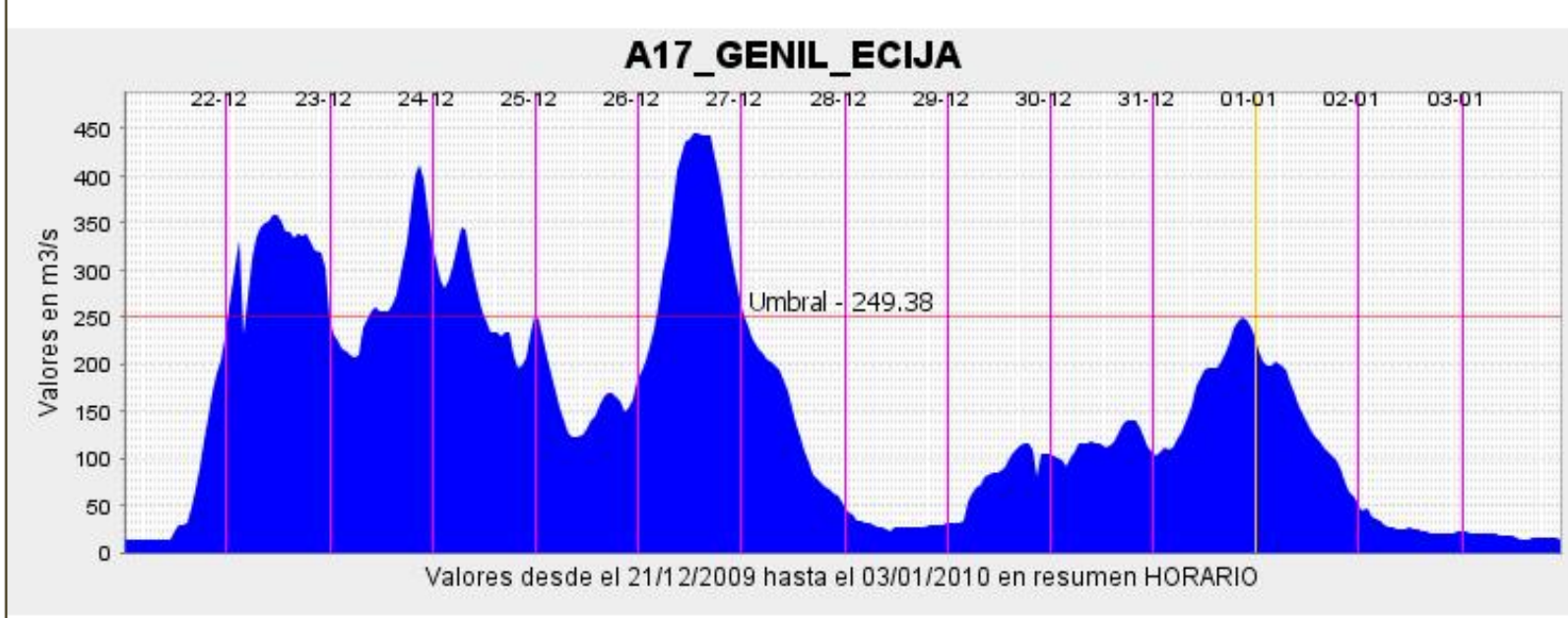
Seleccione los parámetros de filtrado

Fecha de Inicio:  
 Fecha de Fin:  
 Periodo seleccionado:  
 Frecuencia:  





Histórico medido en m3/s. **A17\_GENIL\_ECIJA**

|                   | 00.00 h. | 01.00 h. | 02.00 h. | 03.00 h. | 04.00 h. | 05.00 h. | 06.00 h. | 07.00 h. | 08.00 h. | 09.00 h. | 10.00 h. |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 21 Diciembre 2009 | 13.44    | 13.12    | 13.01    | 12.99    | 12.9     | 12.94    | 12.69    | 12.93    | 13.05    | 12.52    | 11.1     |
| 22 Diciembre 2009 | 224.51   | 258.15   | 302.4    | 329.13   | 231.12   | 269.71   | 309.37   | 333.24   | 342.44   | 348.61   | 350      |

Representación Gráfica



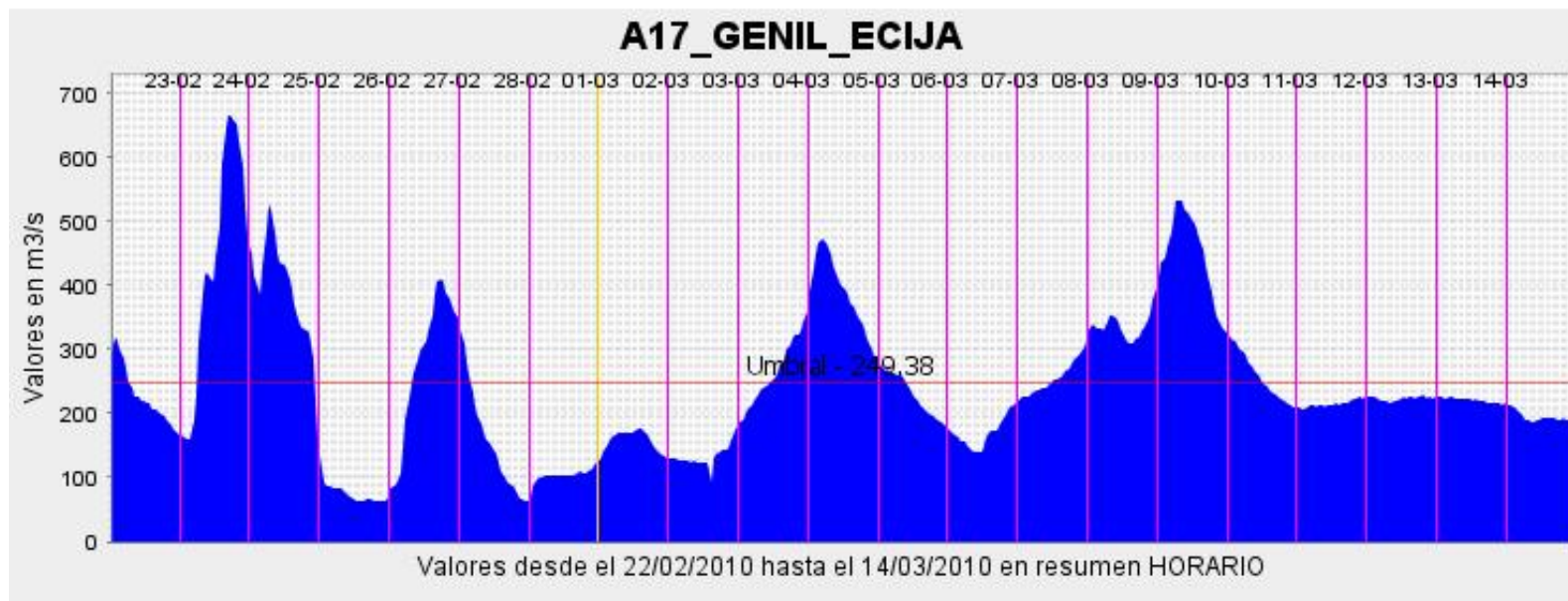
Seleccione los parámetros de filtrado

Fecha de Inicio:  
 Fecha de Fin:  
 Periodo seleccionado:  
 Frecuencia:  





Histórico medido en m3/s. **A17\_GENIL\_ECIJA**

|                 | 00.00 h. | 01.00 h. | 02.00 h. | 03.00 h. | 04.00 h. | 05.00 h. | 06.00 h. | 07.00 h. | 08.00 h. | 09.00 h. | 10.00 h. |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 22 Febrero 2010 | 213.73   | 290.85   | 316.88   | 312.55   | 298.04   | 284.53   | 267.07   | 246.67   | 236.42   | 224.79   | 223.02   |
| 23 Febrero 2010 | 164.9    | 163.53   | 161.82   | 158.87   | 158.7    | 187.69   | 227.74   | 309.24   | 382.78   | 414.86   | 416.23   |

Representación Gráfica



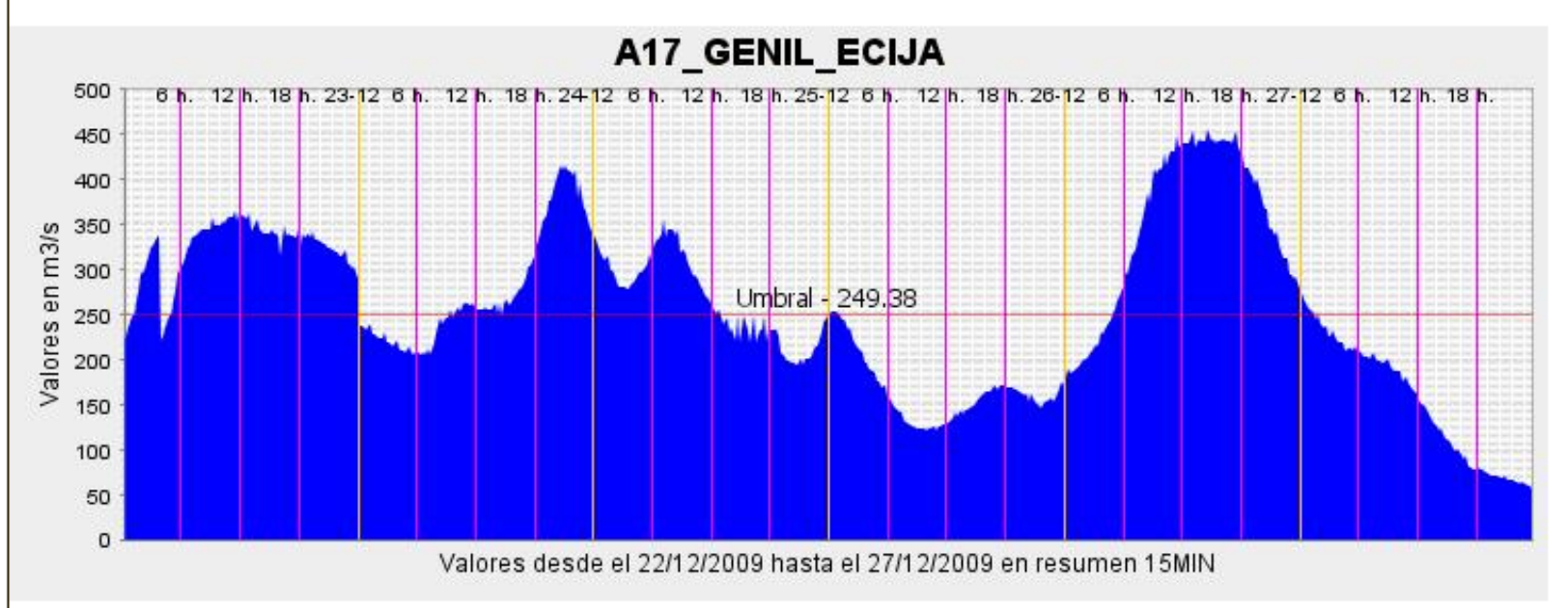
Seleccione los parámetros de filtrado

Fecha de Inicio:  
 Fecha de Fin:  
 Periodo seleccionado:  
 Frecuencia:  

Histórico medido en m3/s. **A17\_GENIL\_ECIJA**

| 08.15 h. | 08.30 h. | 08.45 h. | 09.00 h. | 09.15 h. | 09.30 h. | 09.45 h. | 10.00 h. | 10.15 h. | 10.30 h. | 10.45 h. | 11.00 h. | 11.15 h. |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 342.58   | 342.39   | 343.44   | 342.73   | 357.39   | 347.88   | 346.43   | 347.20   | 350.95   | 350.40   | 353.75   | 356.28   | 355.48   |
| 236.61   | 244.94   | 238.85   | 244.20   | 243.85   | 253.59   | 245.15   | 248.79   | 255.92   | 252.41   | 258.22   | 260.09   | 260.22   |
| 339.27   | 336.88   | 341.57   | 317.41   | 320.06   | 313.79   | 305.03   | 299.97   | 292.58   | 289.49   | 284.79   | 278.10   | 276.59   |

Representación Gráfica



# CONCLUSIONES



- **Los sistemas SAIHs son una herramienta muy útil y se han acreditado como muy eficientes en diversos campos y situaciones:**
  - ✓ Gestión de recursos hídricos
  - ✓ Control de avenidas y seguridad de presas
  - ✓ Inundaciones
  - ✓ Colaboración con otras Administraciones Públicas
  - ✓ Innovación tecnológica Gestión de recursos hidráulicos
- **A pesar de la fuerte inversión realizada en los dos Sistemas, ésta es muy rentable con amortización rápida** (Evita pérdidas de vidas humanas y económicas cuantiosas).
- **Se está trabajando en la implementación de los SADs** en todos los SAIHs que no disponen de dicha Herramienta.
- **Se está colaborando de forma activa con los Servicios de Protección civil, Comisión Europea (JRC) y otras Organizaciones.**



# Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) y Programa ERHIN:

[http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas\\_continental\\_zonas\\_asoc/saih/index.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continental_zonas_asoc/saih/index.htm)

GRACIAS POR SU ATENCIÓN