



TRABAJO FIN DE MASTER: TIPO B
**“ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO CON
INFORMACIÓN ESTÁNDAR EN ESPAÑA”**

Intensificación: Sistemas de Recursos Hídricos

Autora: Lina Margarita Ramírez Solano

Directores: Félix Francés García

Gianbattista Bussi

MOTIVACIÓN Y OBJETIVO

Problema: Disponibilidad de datos de entrada fiables en estudios hidrológicos.

Registros deficientes: Periodos de tiempo cortos y/o con falta de datos.



Información Estándar



-Cuenca del río Ésera.

-Cuenca del río Siurana.

-Cuenca del río Júcar.

-Info. Precipitación estándar distribuida en el espacio .

-Info. Estándar sobre las características del suelo

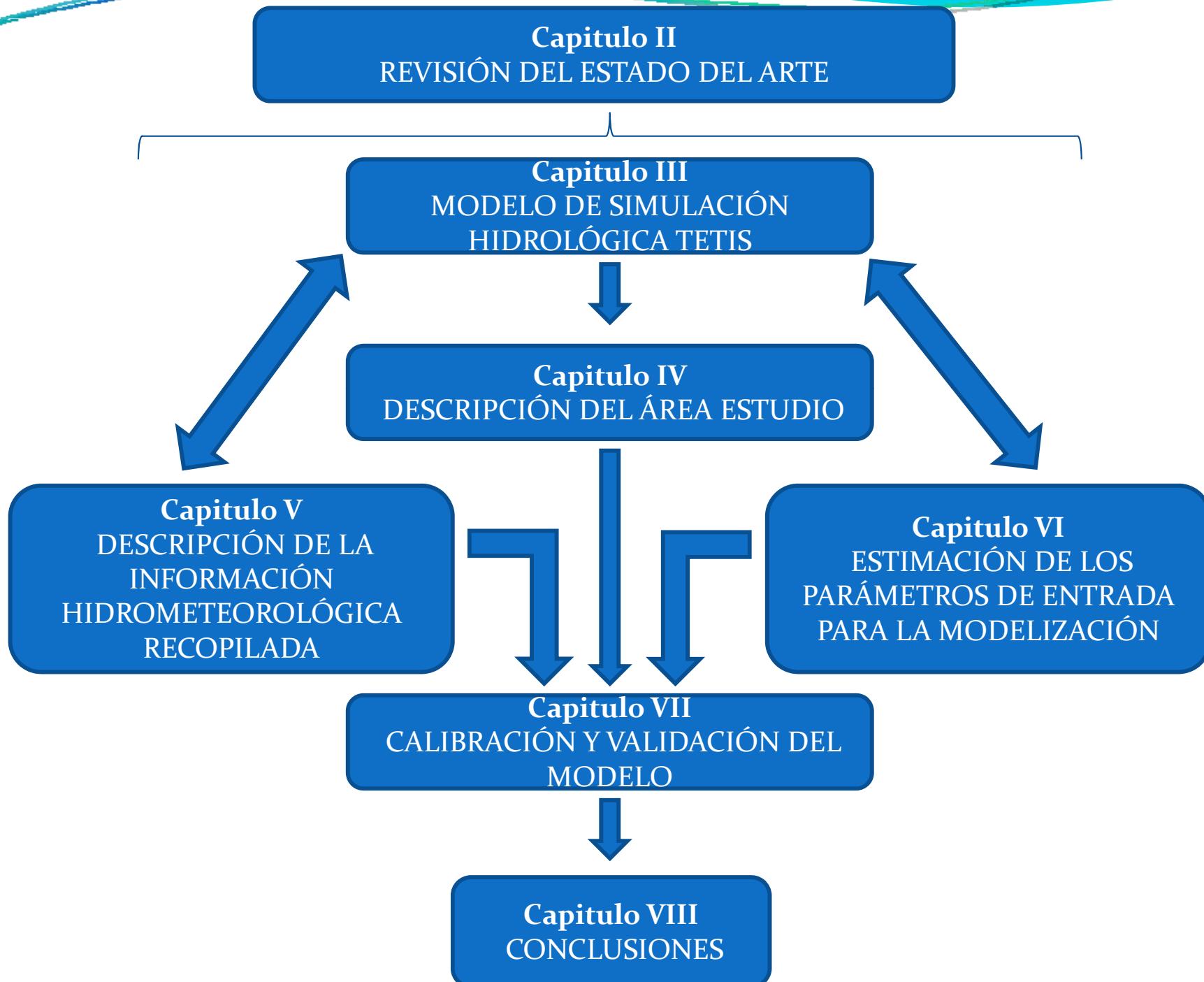
OBJETIVO GENERAL:

APLICACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO, CONCEPTUAL, DISTRIBUIDO EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO, LLAMADO TETIS DESARROLLADO EN EL DIHMA DE LA UPV, PARA PREDECIR Y ANALIZAR LA RESPUESTA HIDROLÓGICA EN CUENCA HIDROGRÁFICAS ESPAÑOLAS CON ESCASEZ DE DATOS Y APROVECHANDO INFORMACIÓN ESTÁNDAR.

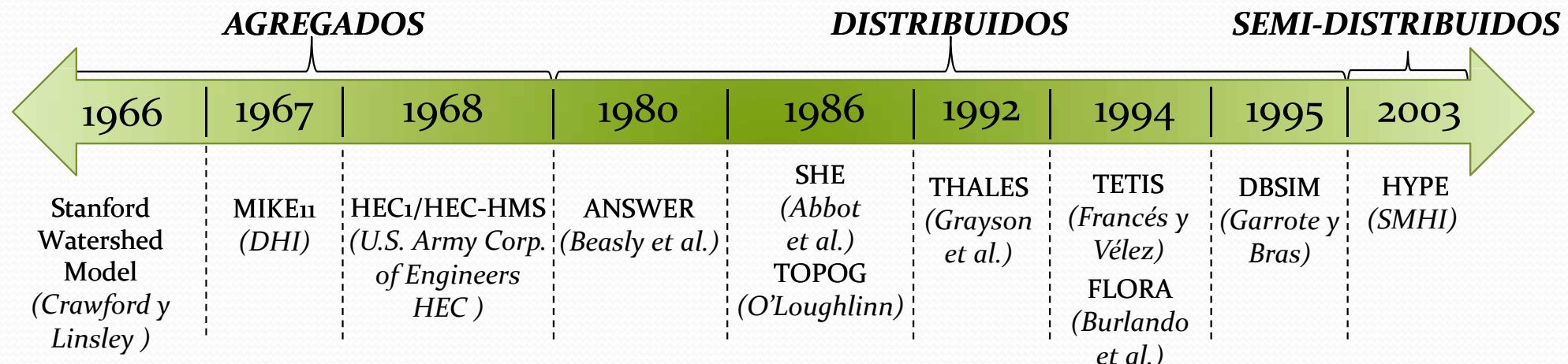


- Revisión del estado del arte relacionado con modelos distribuidos e información estándar .
- Recopilación de los datos existentes y estimación de los parámetros mediante SIG.
- Caracterización climática e hidrológica de las cuencas en estudio.
- Presentación de los resultados de la calibración y validación del modelo en cada una de las cuencas en estudio,

ESTRUCTURA DE LA PRESENTACIÓN



Modelos Hidrológicos

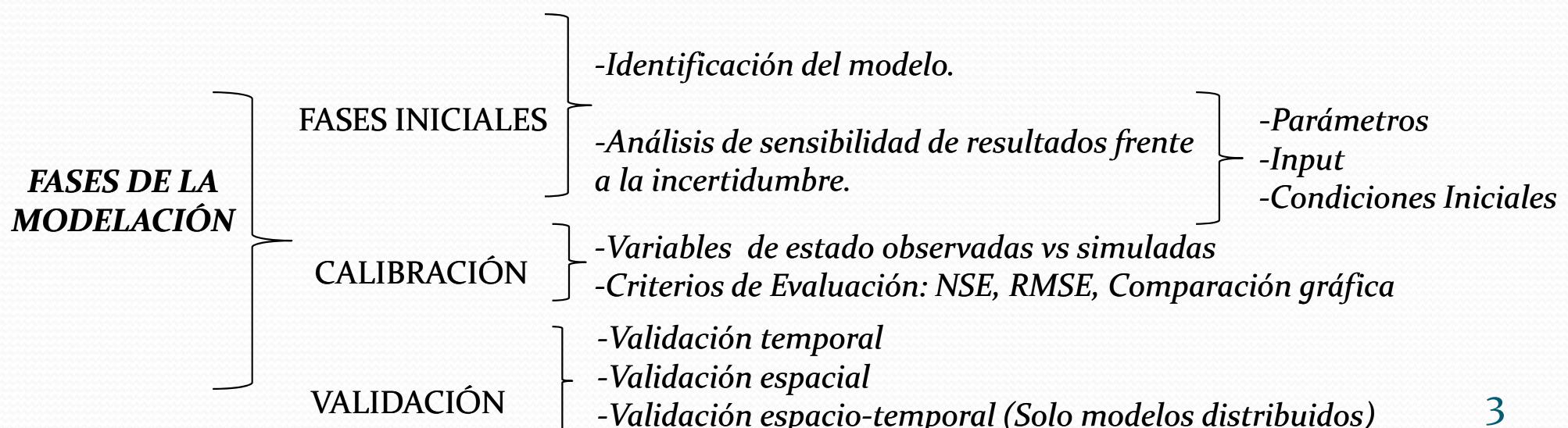
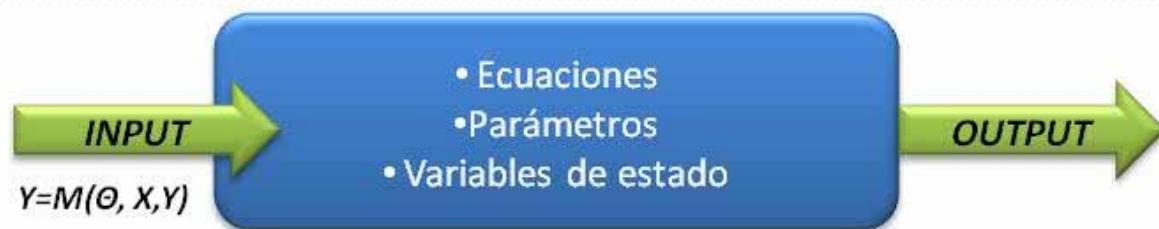


Y: Variables de Estado

X: Input

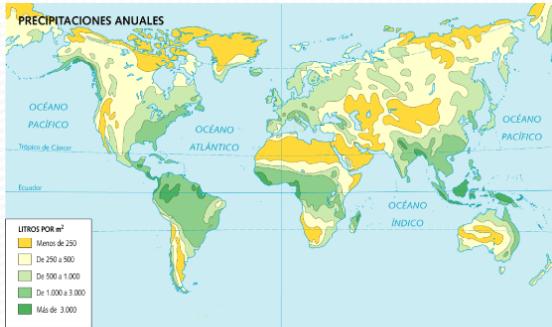
M: Ecuaciones

Θ: Parámetros



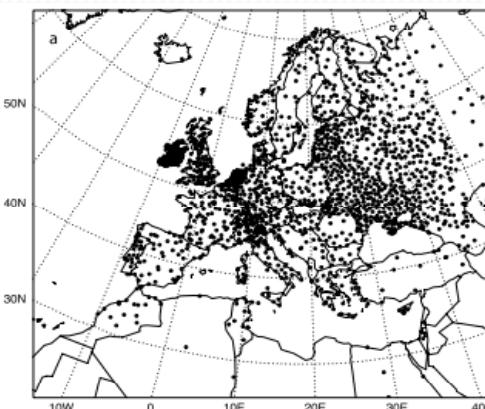
Información Estándar: Base de datos Precipitación y Temperaturas.

DATOS PUNTUALES



GCOS
(Global Climate
Observing System)

10000
observatorios
Mediciones c/6 horas



European Climate
Assessment & Dataset



AEMET
(Agencia Estatal de Meteorología)
Estaciones

Red Pluvio: 9000
Red Termo: 4000
Red Termopluvio: 3500

DATOS INTERPOLADOS

Global Precipitation
Climatology Project: 1°



NLDAS

(North American Land Data
Assimilation System) : 1/8°

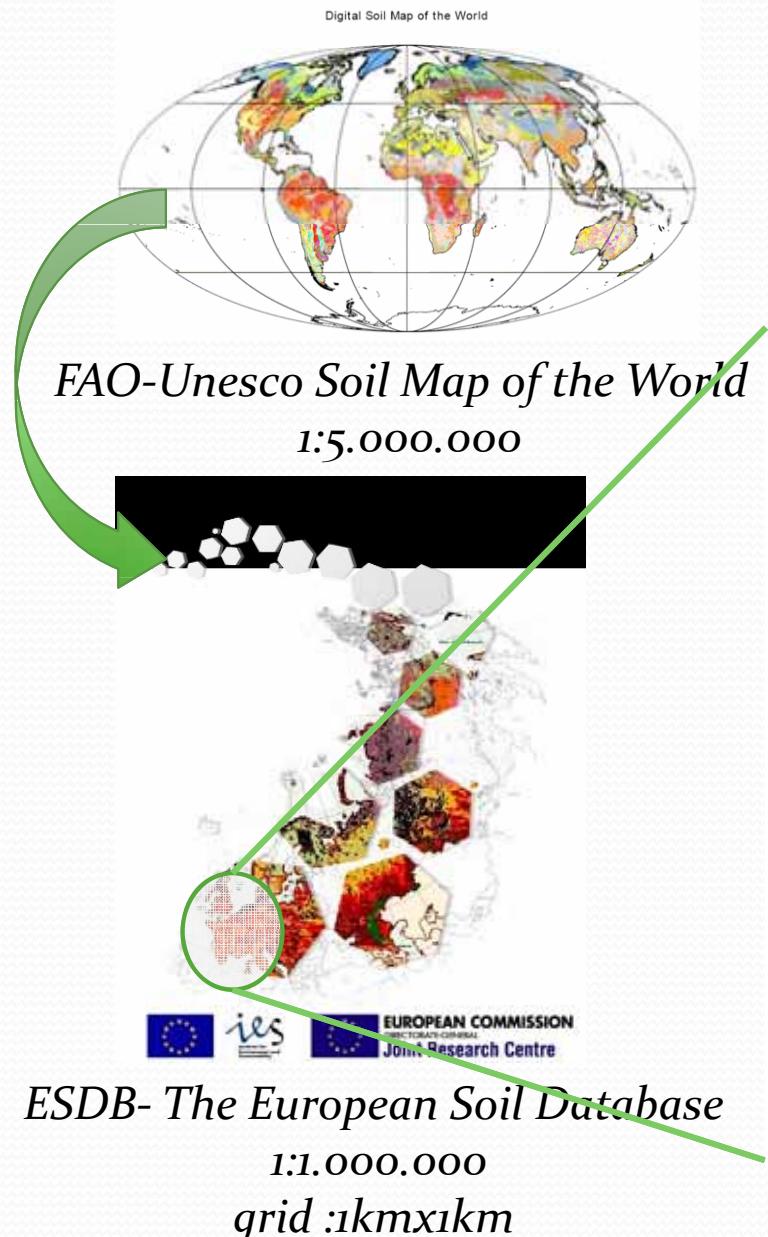


Gridded observational datasets
E-OBS: 25 km

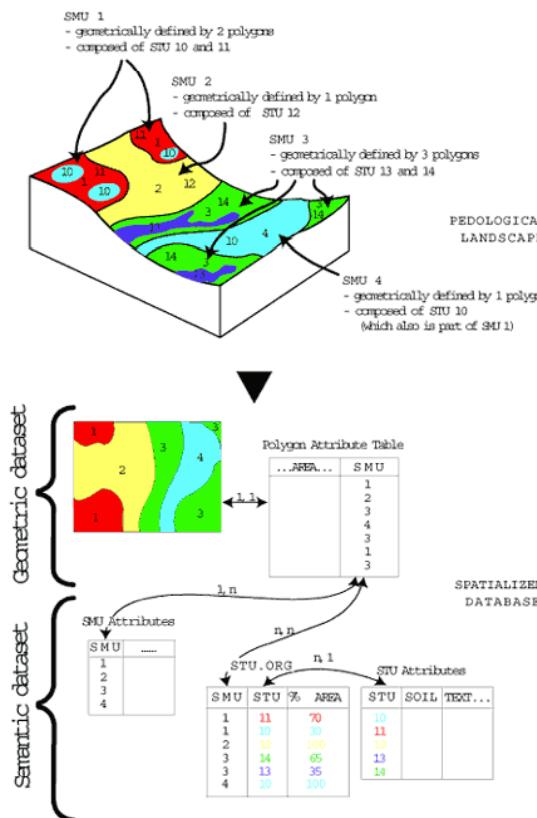


Spain02: 0.20°
(1950-2011)

Información Estándar: Suelo.



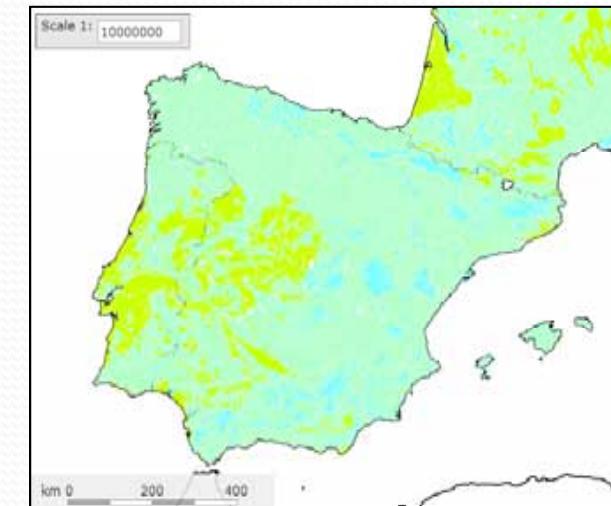
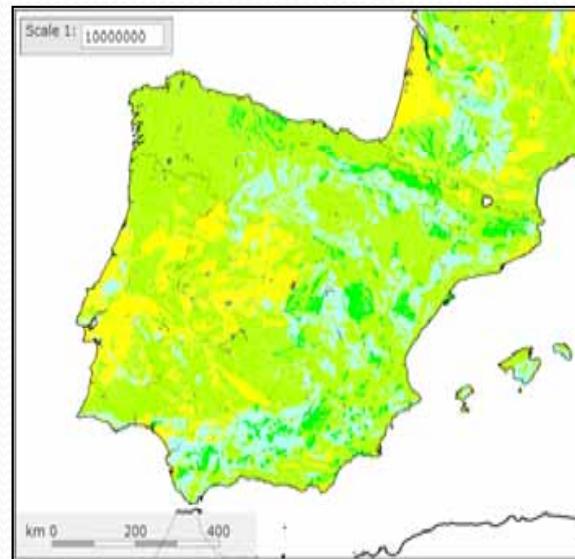
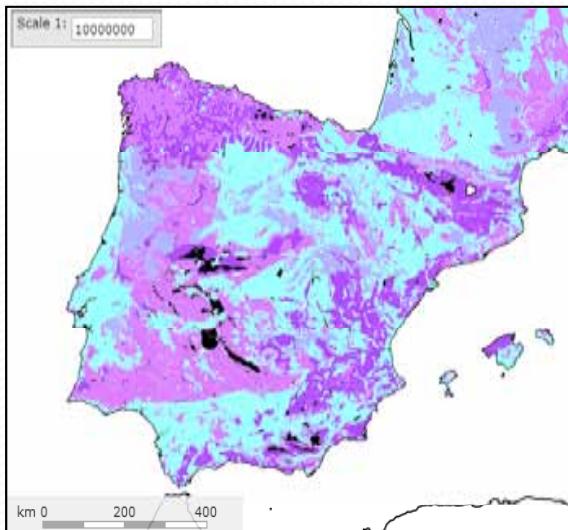
106 tipos diferentes de unidades de suelos o asociaciones



73 atributos
14 categorías

- Limitación en el uso agrícola.
- Clasificación de suelo (WRB).
- Textura.
- Material Parental.
- Clasificación de suelo según FAO.
- Uso de Suelo.
- Obstáculos-Impermeable-Régimen de Humedad del Suelo.
- Sistema de Gestión de Agua.
- Altitud-Pendiente.
- Propiedades Primarias.
- Propiedades Químicas.
- Propiedades Mecánicas.
- Propiedades Hidrológicas.
- Aplicaciones.

Mapa de Atributos derivados de la ESDB para España



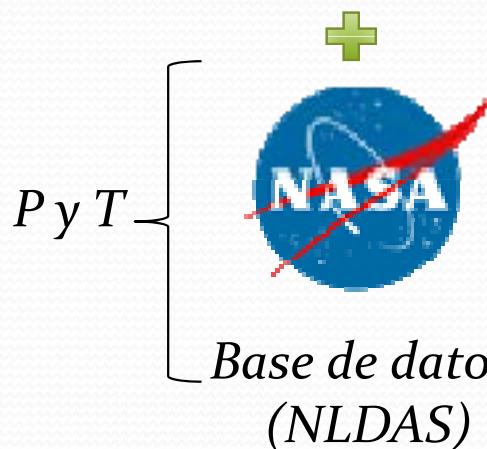
Categoría: Obstáculo.
Atributo: Obstáculo
raíces- ROO.

Categoría: Textura.
Atributo: Textura
Superficial Dominante-
TEXT-SRF-DOM.

Categoría: Propiedades
Hidrológicas.
Atributo: Capacidad de
agua disponible en la capa
superior del suelo-
AWC_TOP.

Modelos hidrológicos con información estándar:

HSPF
*(Hydrologic Simulation Program
Fortran)*

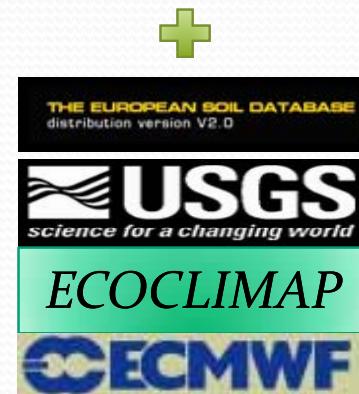


7 Cuencas ubicadas cerca
a Bahía de Chesapeake

160.000 km²

%error V<5%
NSE>0.6

HYPE
*(HYdrological Predictions
for the Environment)*



Tipo de Suelo
Topografía
Cobertura Suelo
P y T

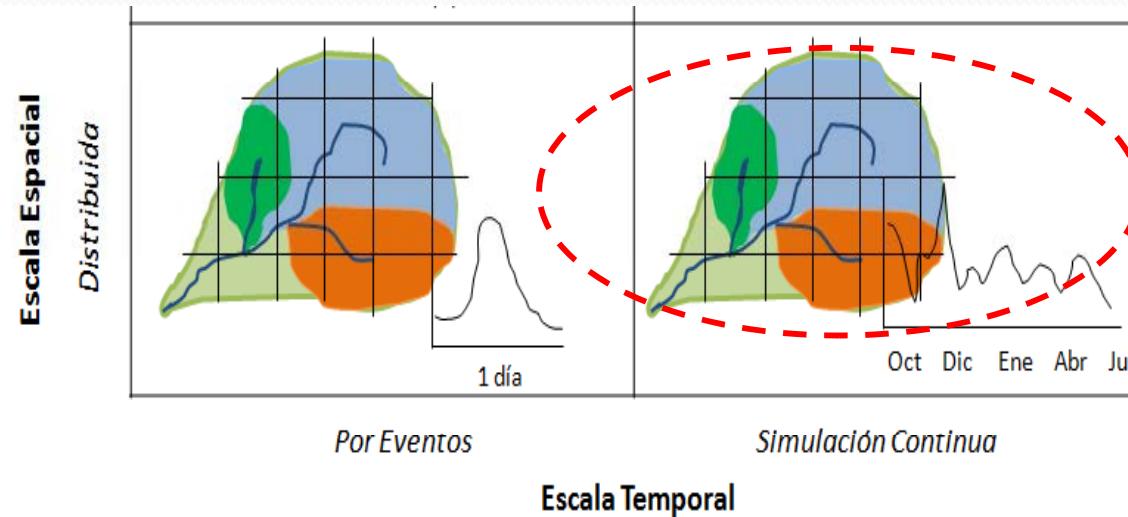
Cuenca del Plata , América
del Sur: 3.2 millones de km²

%error V<25%
NSE= 0.11

Europa:
7 millones de Km²

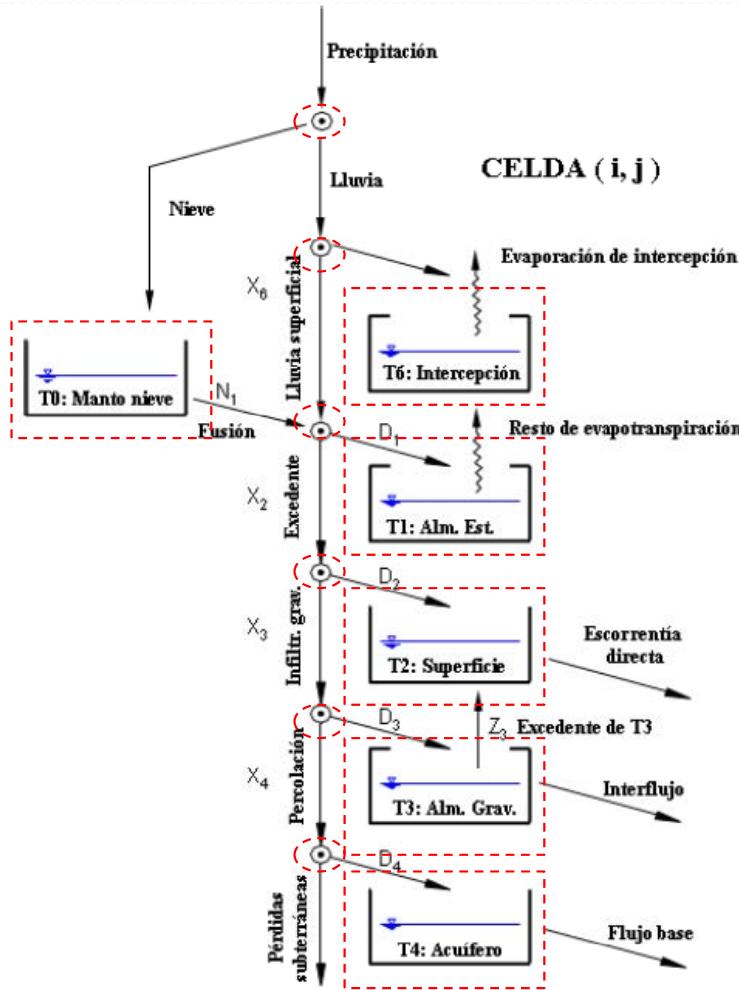
%error V<10%.
NSE=0.49

TETIS



Modelo hidrológico distribuido de tipo conceptual llamado **TETIS** (Francés et al., 2002; Velez et al., 2002), desarrollado en el DIHMA de la UPV, con simulación continua, abordando los tres tipos de tamaño de cuencas (pequeña, mediana y extensa), sirviendo como herramienta para representar la producción de escorrentía.

MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TETIS



Esquema conceptual de tanques a nivel de celda del modelo TETIS.

- 6 nodos de control sin almacenamientos..

- **En ladera:**

- T0: Manto de nieve**
- T6: Intercepción**
- T1: Alm. Estático = Agua retenida suelo por fuerzas capilares + Alm. charcos**
- T2: Superficie de la ladera**
- T3: Alm. Gravitacional**

- **Acuífero:**

- T4: Acuífero**

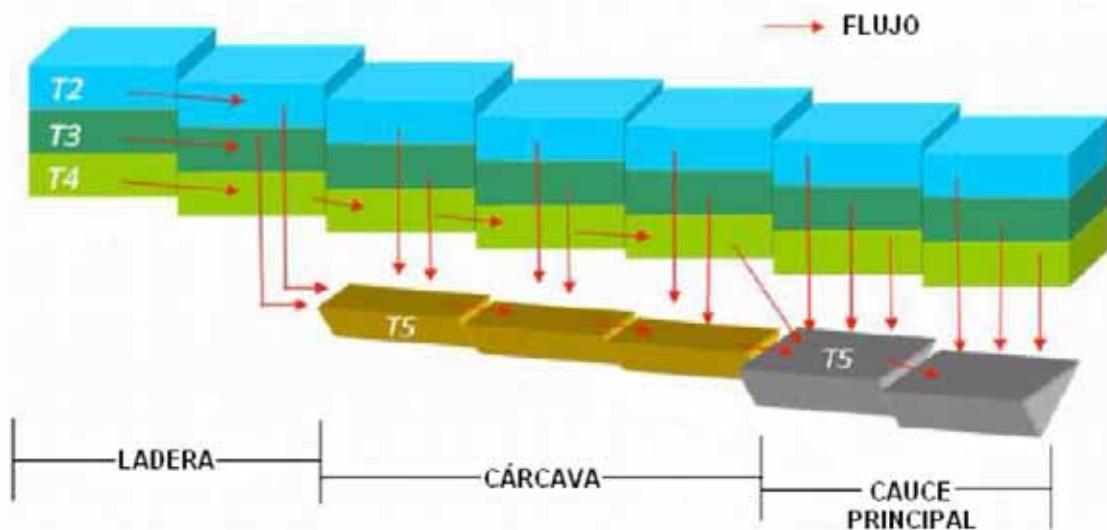
- **Cauce:**

- T5: Cauce**

14 Variables de estado:

7 Almac. (H_i)

7 Flujos de salida de tanque (Y_i)



MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICO TETIS

| Factor corrector (R_i) | Parámetro ($\theta_{i,j}^*$) | Símbolo |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| FC_1 | Capacidad de almacenamiento hídrico | H_u |
| FC_2 | Índice de cobertura de vegetación | λ |
| FC_3 | Capacidad de infiltración | K_s |
| FC_4 | Velocidad del flujo superficial | u |
| FC_5 | Capacidad de percolación | K_p |
| FC_6 | Velocidad del interflujo | K_{ss} |
| FC_7 | Capacidad de percolación profunda | K_{ps} |
| FC_8 | Velocidad del flujo base | K_{sa} |
| FC_o | Velocidad del flujo en canal | v |

- Estructura separada del parámetro

$$\theta_{ij}^* = \theta_{i,j} \cdot R_i = K_s \cdot FC_3$$

- Algoritmo de optimización SCE-UA:

-Búsqueda del conjunto óptimo de parámetros que minimicen una función objetivo.

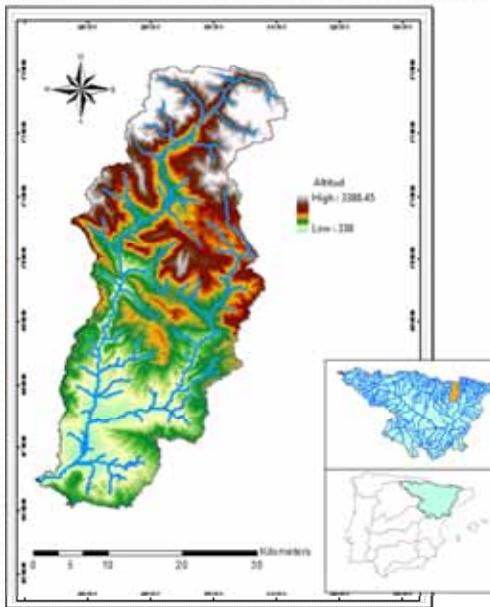
-F.O utilizadas por TETIS:

Índice de eficiencia de Nash y Sutcliffe (NSE).

Error cuadrático medio (RMSE).

AREA DE ESTUDIO

Cuenca del Río Ésera



Área

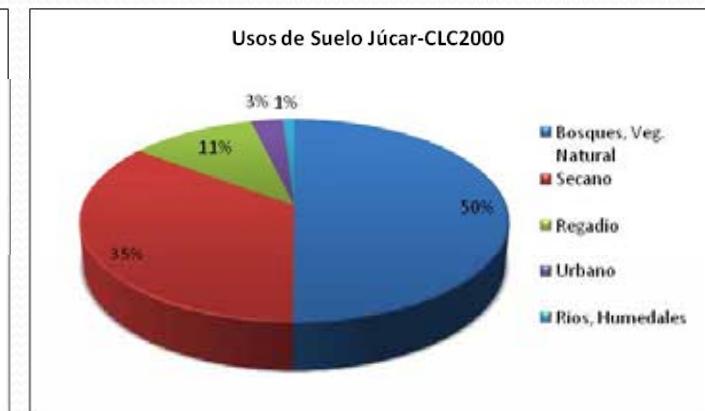
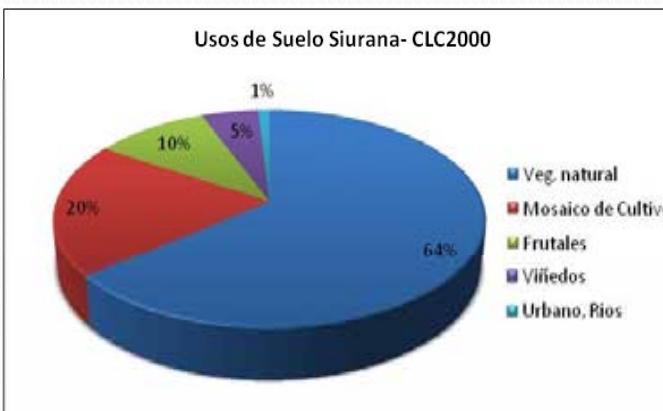
1532 Km²615 Km²21430 Km²

Clima

Zona alta: Nieve
Invierno seco
Verano tormentoso

Clima mediterráneo/ tendencia continental
Calor en verano, T bajas Invierno, Inversión térmica

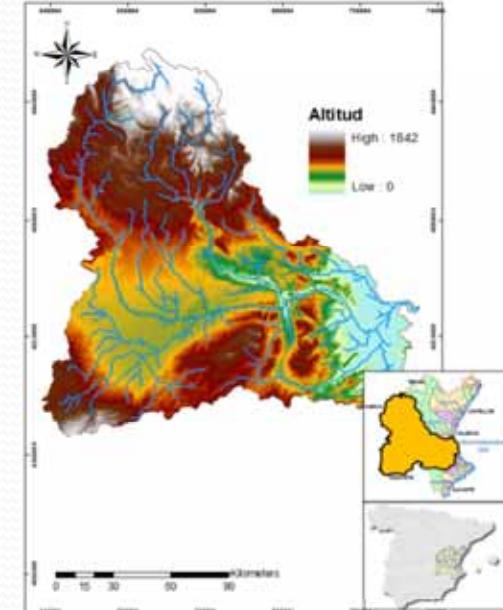
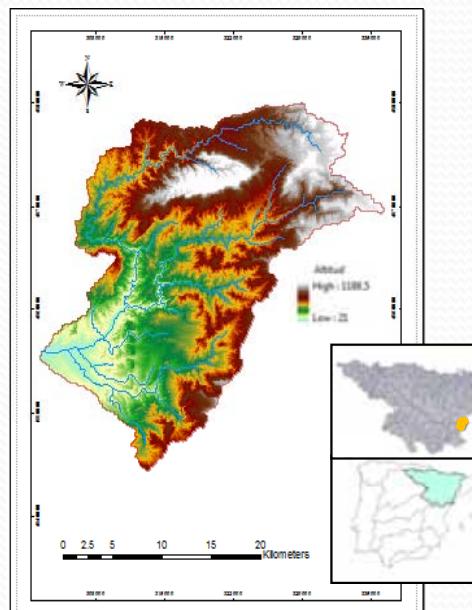
Clima continental
Clima intermedio: Continental/litoral
Clima litoral mediterráneo



Cuenca del Río Siurana

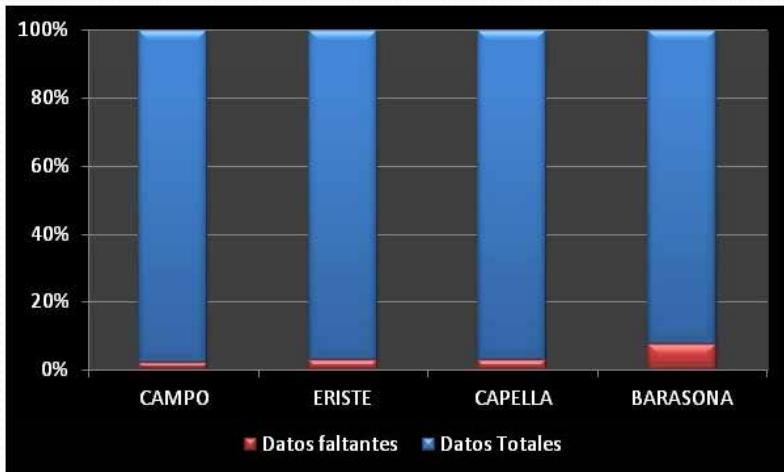
Cuenca del Río Júcar

Cuenca del Río Júcar



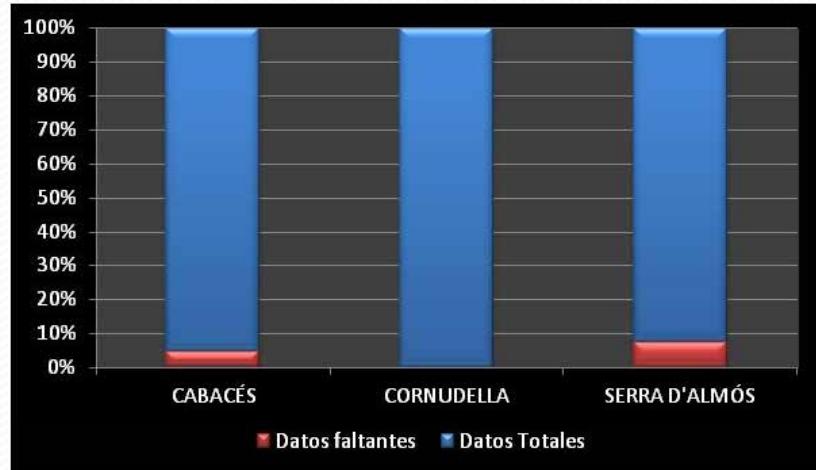
INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Series P y T puntual

Cuenca del Río Ésera



Periodo 1997-2007 (Fuente: SAIH CHE)

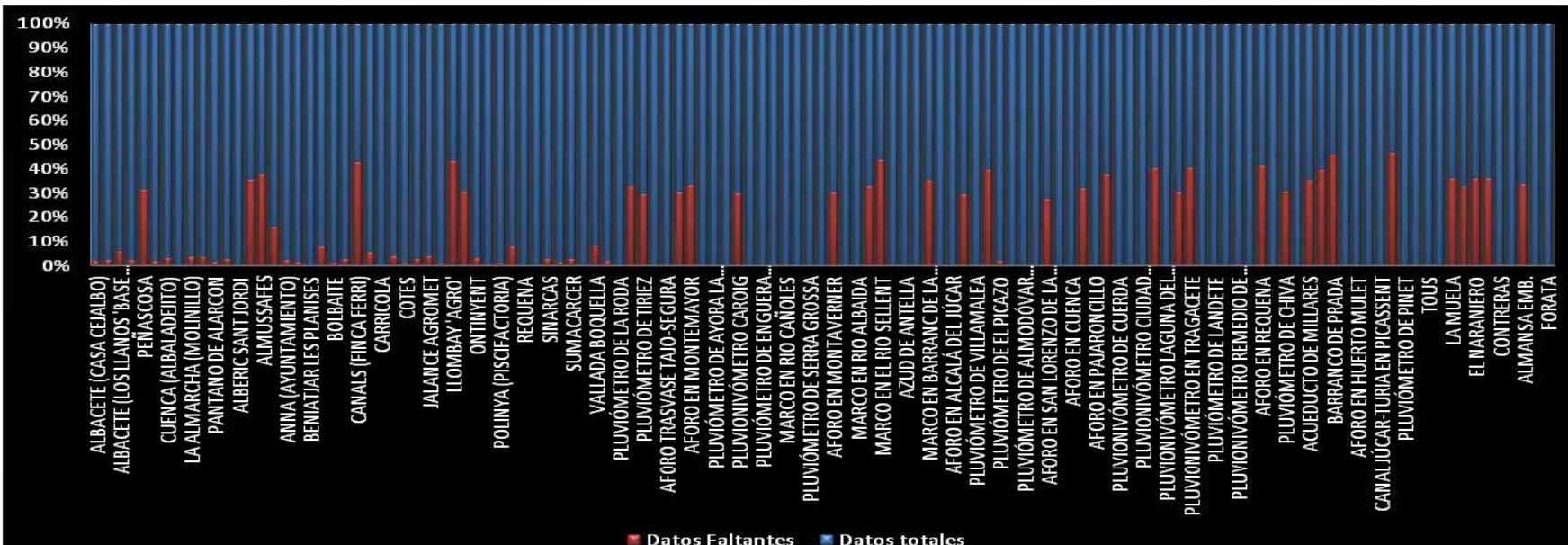
$$P=590-902 \text{ mm/año}$$



Periodo 2003-2007 (Fuente: ACA)

$$P=209-315 \text{ mm/año}$$

Cuenca del Río Júcar



Periodo 1999-2008 (Fuente: SAIH CHJ y AEMET)

Estaciones
AEMET: 44
SAIH CHJ: 79

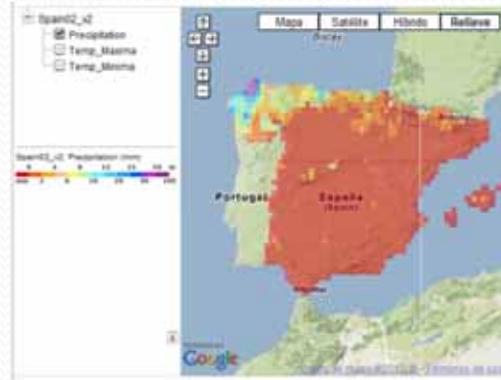
$$P=117-822 \text{ mm/año}$$

INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Series P y T interpolada

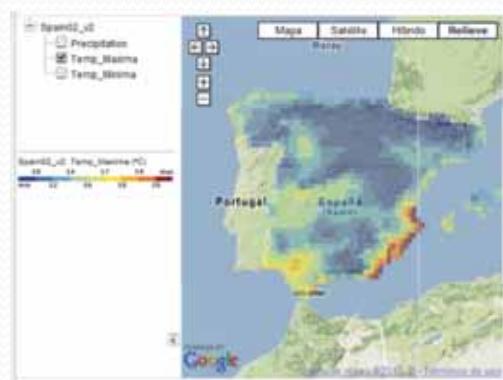
Base de datos interpoladas: definidas en rejillas regulares de alta resolución espacial y temporal, permitiendo análisis espacialmente homogéneos.



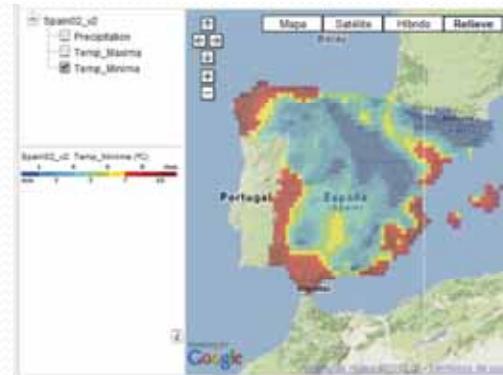
- Control de calidad de la serie :
- ✓ Eliminación de errores puntuales (outliers)
 - ✓ Porcentaje de datos registrados (1950-2003).
 - ✓ Análisis de la homogeneidad mediante tests de hipótesis
- Angular Distance Weighting (ADW).
- Kriging Ordinario (OK)
- Thin Plate Splines (TPS)
- Indicator Kriging (IK)



Precipitación



Temp. máxima



Temp. mínima

Spain02. Grid de alta resolución (aprox. 20 km).

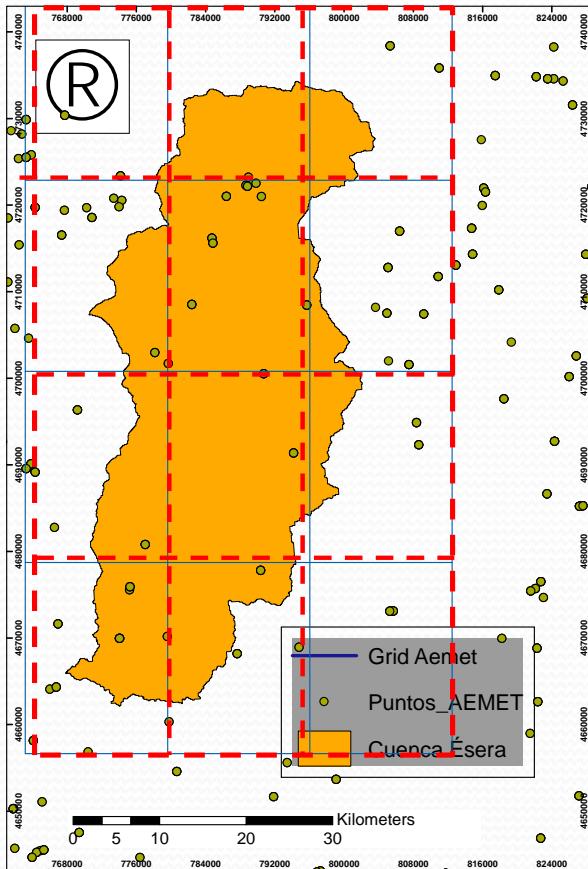
Spain02_V1 : periodo 1950 a 2003 (P)

Spain02_V3 : periodo 1950 a 2011 (P) (T)

P interpolada a partir de una red de 500 estaciones (90% de datos puntuales).

INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Series P y T interpolada

Cuenca del Río Ésera



Periodo 1997 a 2007 (P,T)

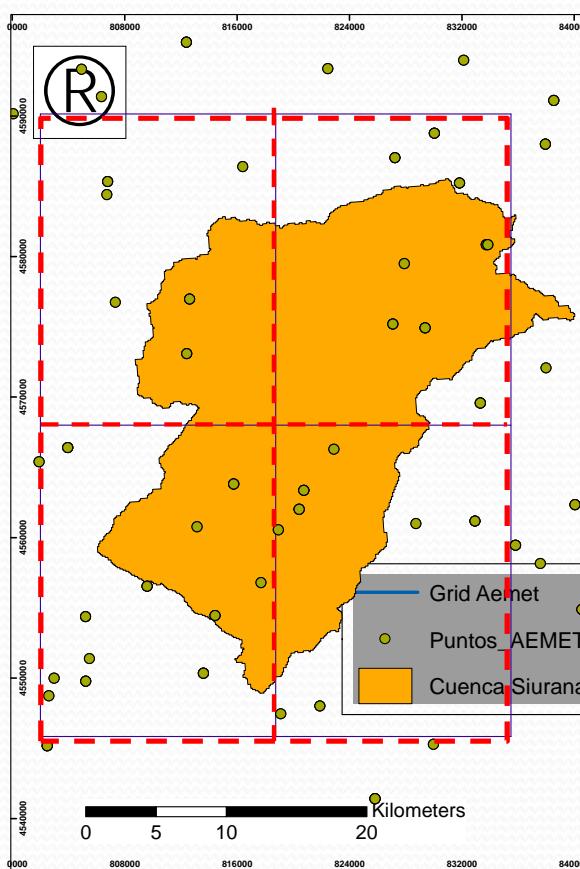
Zona Alta:

$P_{med} = 990 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 9.7^{\circ}\text{C}$

Zona Baja:

$P_{med} = 570 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 15.3^{\circ}\text{C}$

Cuenca del Río Siurana



Periodo 2003 a 2007 (P,T)

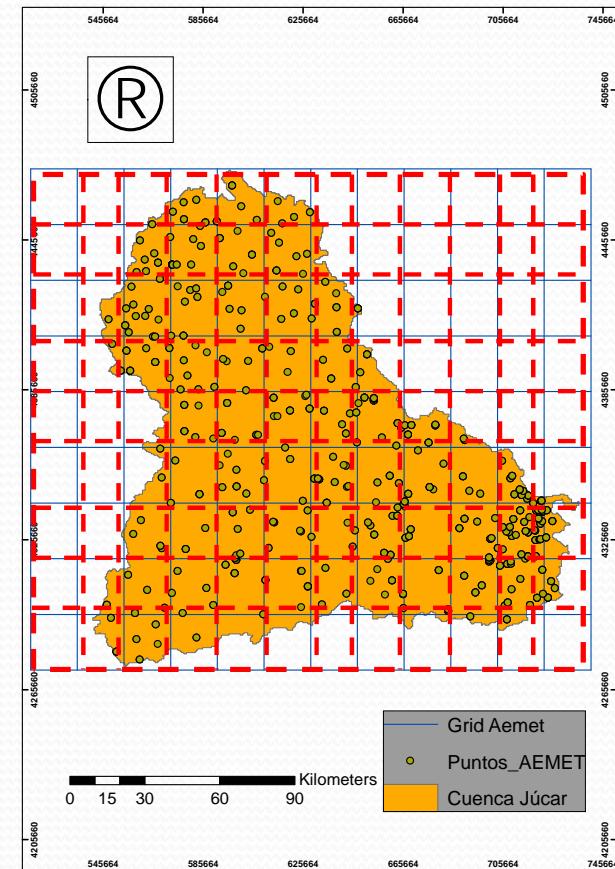
Zona Alta:

$P_{med} = 370 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 11.5^{\circ}\text{C}$

Zona Baja:

$P_{med} = 465 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 15^{\circ}\text{C}$

Cuenca del Río Júcar



Periodo 1999 a 2008 (P,T)

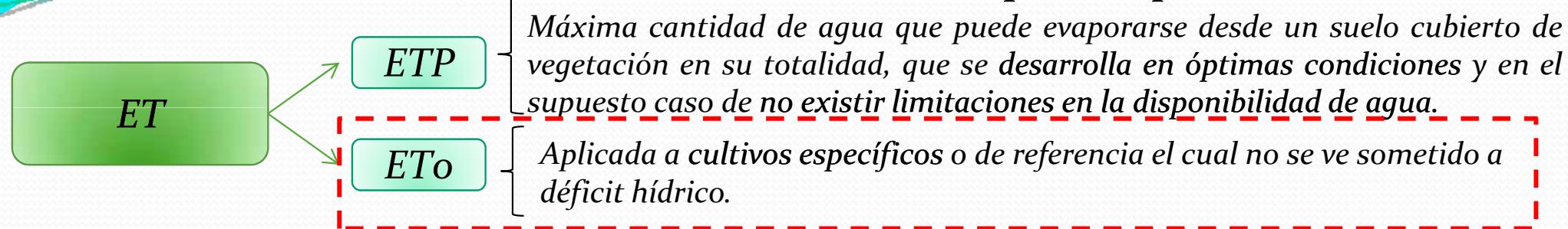
Zona Alta:

$P_{med} = 580 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 11.6^{\circ}\text{C}$

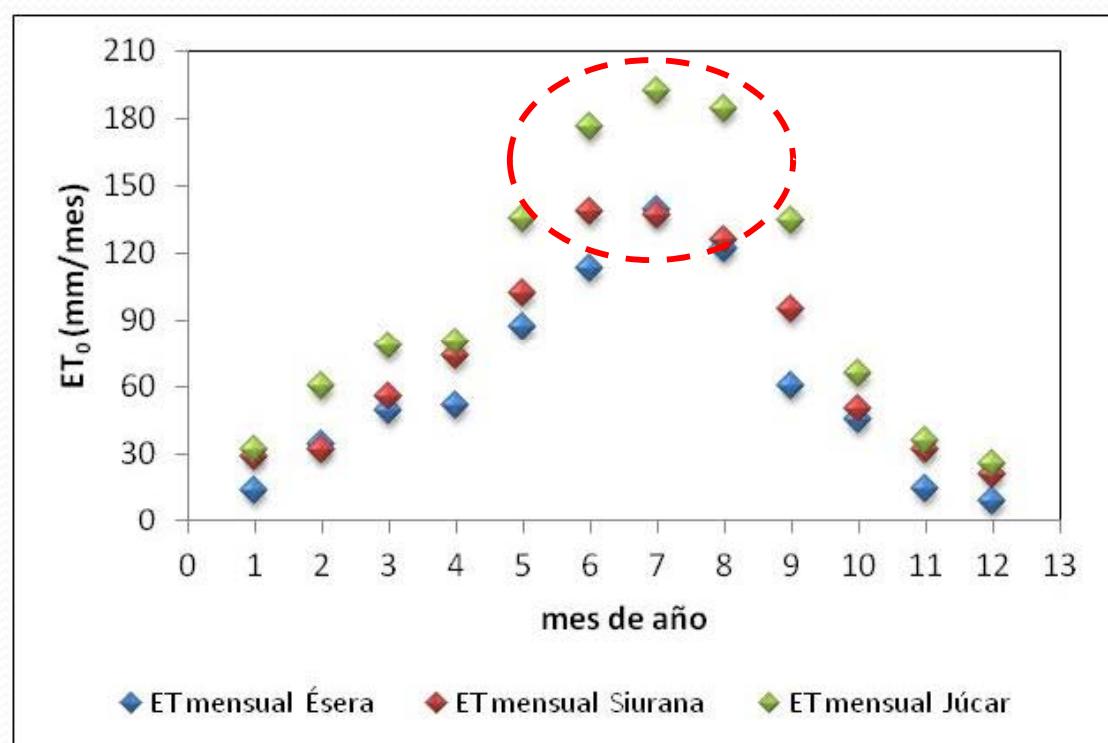
Zona Baja:

$P_{med} = 440 \text{ mm/año}$; $T_{med} = 18^{\circ}\text{C}$

INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Evapotranspiración (ET)



$$ET_0 = 0.0135 * KT * (T_{med} + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} * R_a \quad \text{Ec. de Hargreaves}$$

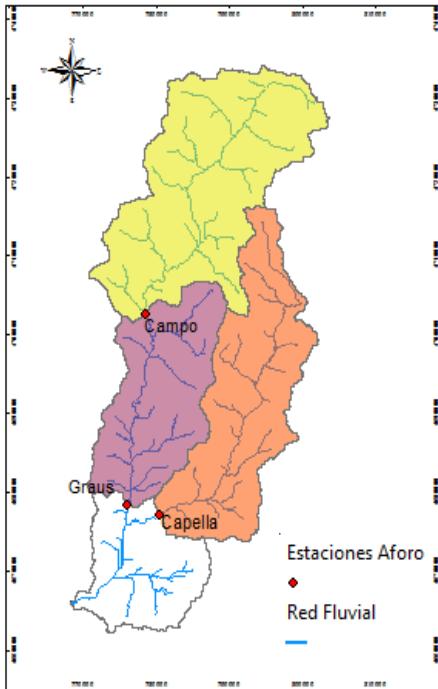


- C. Río Ésera
 - Zona Alta: → Carácter excedentario
 - $ET_0 = 700 \text{ mm/año}$
 - Zona Baja: → Carácter deficitario
 - $ET_0 = 900 \text{ mm/año}$
- C. Río Siurana
 - Zona Alta: → Carácter deficitario
 - $ET_0 = 840 \text{ mm/año}$
 - Zona Baja: → Carácter deficitario
 - $ET_0 = 900 \text{ mm/año}$
- C. Río Júcar
 - Zona Alta: → Carácter deficitario
 - $ET_0 = 1200 \text{ mm/año}$
 - Zona Baja: → Carácter deficitario
 - $ET_0 = 1040 \text{ mm/año}$

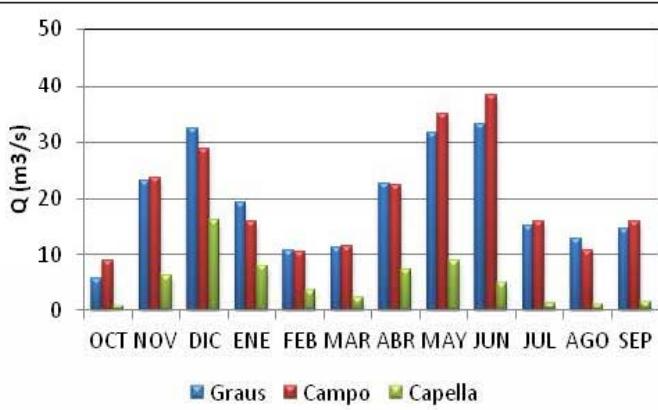
INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Serie de caudales en EA.

Cuenca del Río Ésera

SAIH-CHE: 1997-2007 (10 años)

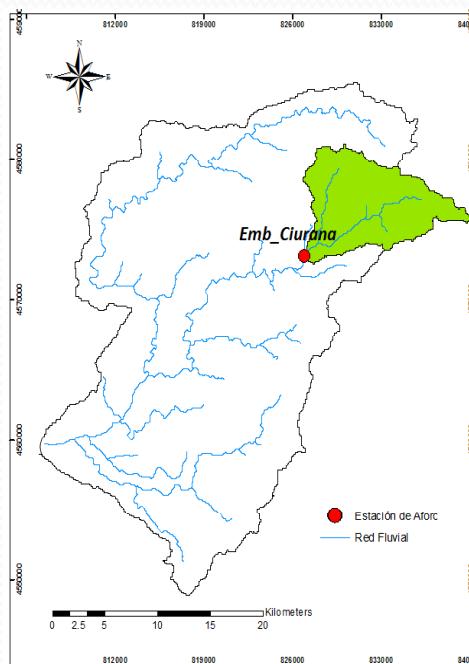


Régimen fluvial: Bimodal

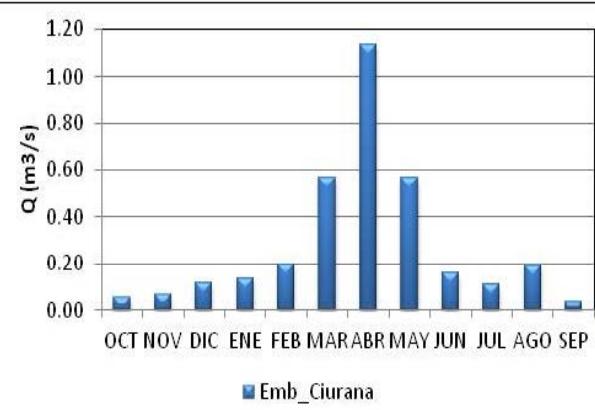


Cuenca del Río Siurana

SAIH-ACA: 2003-2007 (4 años)

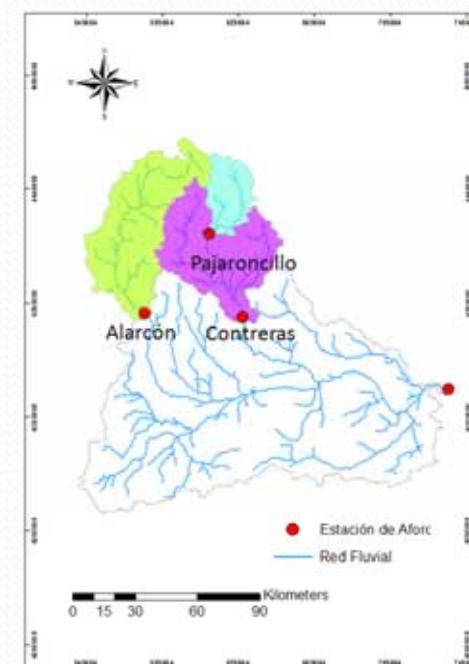


Régimen fluvial: pluvial

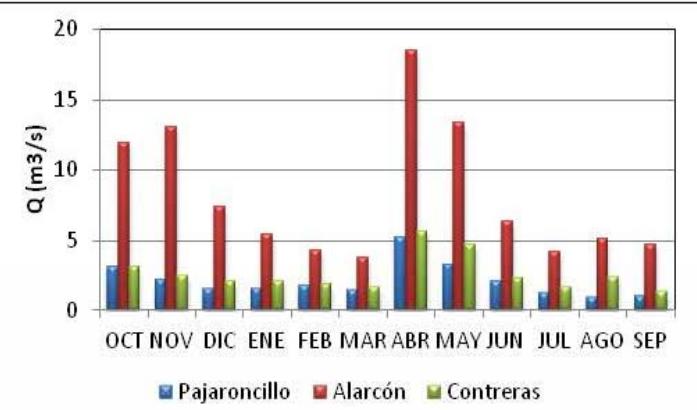


Cuenca del Río Júcar

SAIH-CHJ: 1999-2008 (9 años)



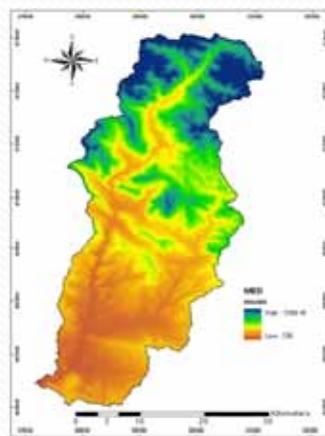
Régimen fluvial: Bimodal



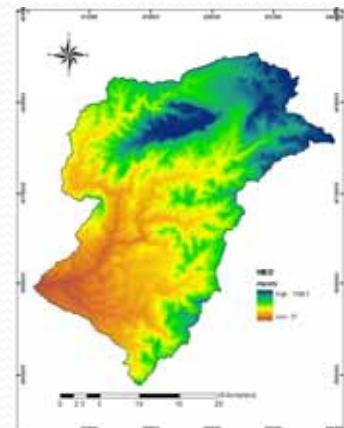
Parámetros derivados del Modelo de Elevación Digital (MED)

| Mapas | Formato Original y Escala | Parámetros estimados |
|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Modelo de Elevación Digital | Digital, píxel de 25 x 25 m | Mapa de direcciones de flujo, Mapa de celdas acumuladas, Mapa de pendiente y Mapa de velocidad de flujo en la ladera. |

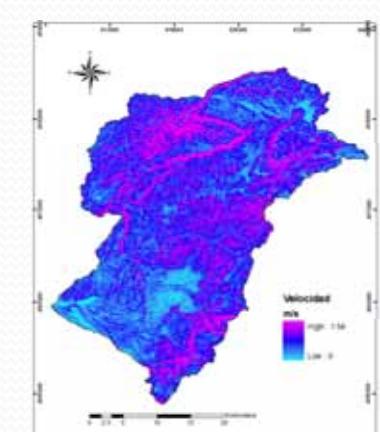
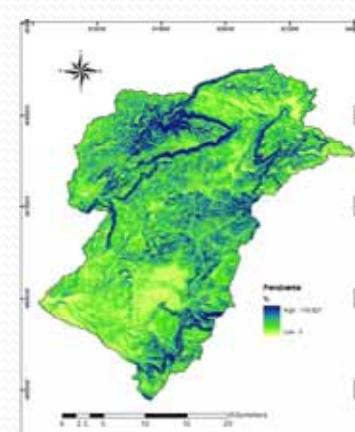
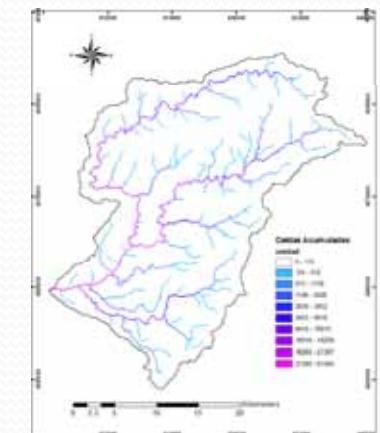
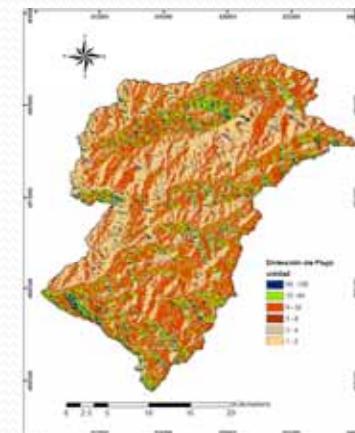
Tamaño Celda: 100 x 100 m



100 x 100 m



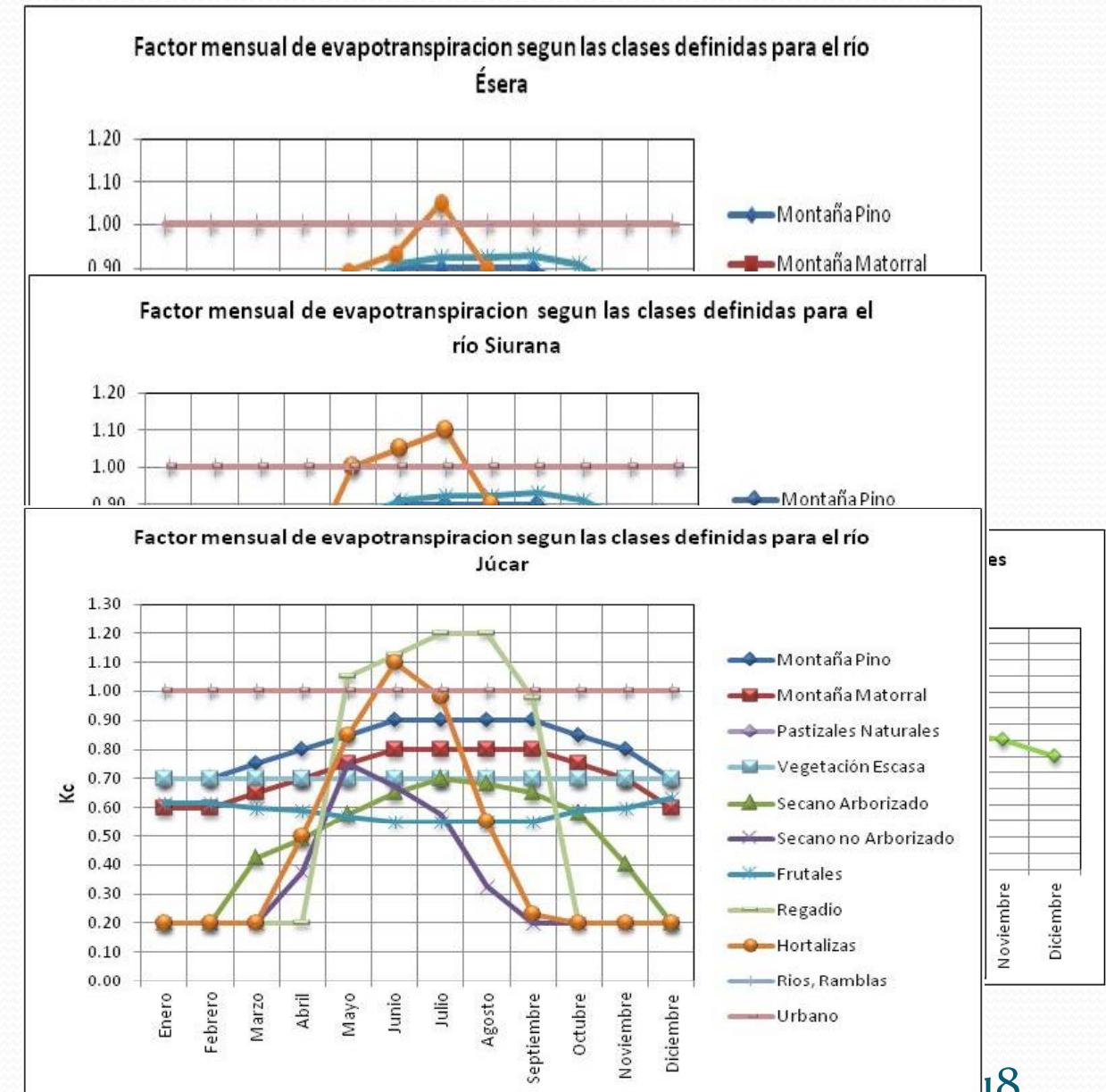
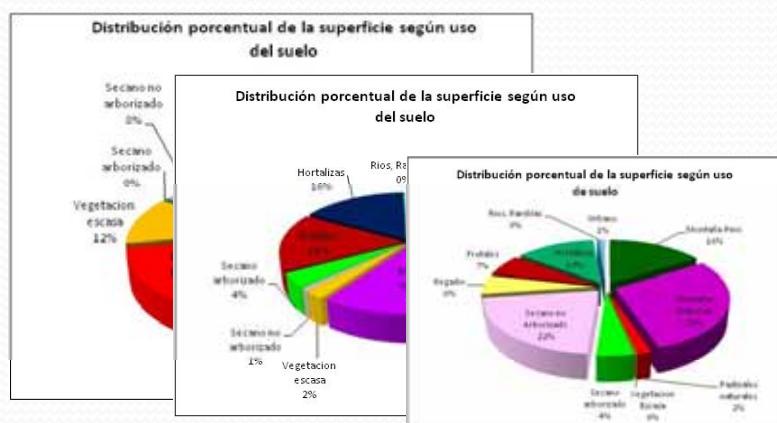
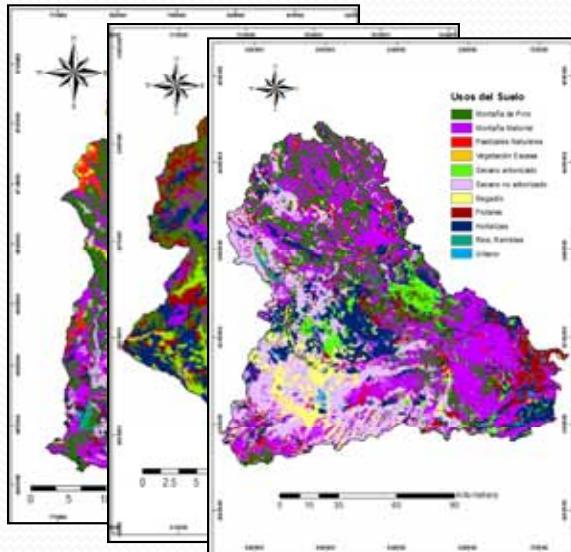
500 x 500 m



Parámetros derivados del mapa de coberturas vegetales: Factor de Vegetación (Kc)

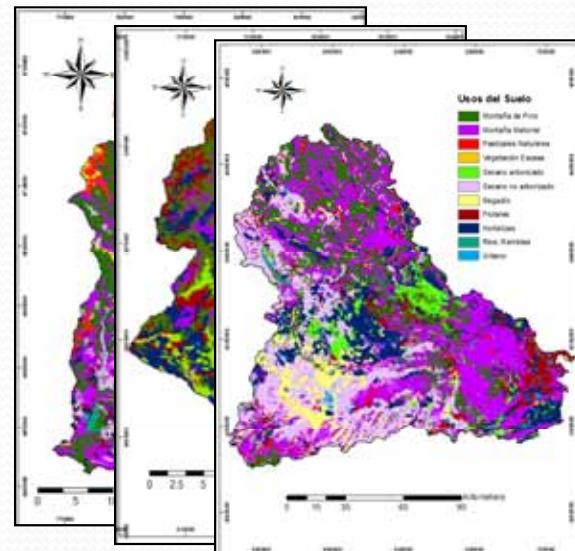
CORINE land cover 2006

Digital, 1:100.000



Parámetros derivados del mapa de coberturas vegetales: Intercepción y Almacenamiento superficial

Intercepción.



Almac. Superficial

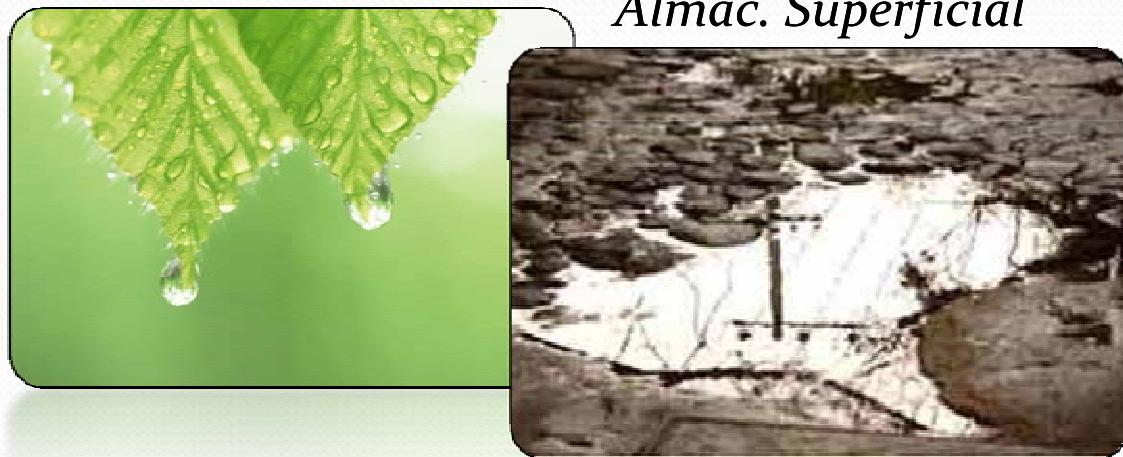


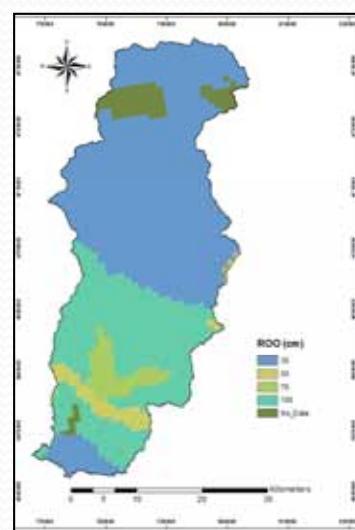
Tabla 6.18 Intercepción y almacenamiento superficial para diferentes coberturas.

| Clasificación usos del suelo | Clasificación CLC 2006 | Prof. Raíces (m) | Almac. Superf. (mm) | Intercep. (mm) |
|------------------------------|--|------------------|---------------------|----------------|
| MONTAÑA DE PINOS | Bosques de frondosas | 1.00 | 4.00 | 9.00 |
| | Bosques de coníferas | 1.25 | 4.00 | 9.00 |
| | Bosques mixtos | 1.00 | 4.00 | 9.00 |
| MONTAÑA MATORRAL | Paramos y landas | 0.70 | 6.00 | 3.00 |
| | Vegetación esclerófila | 0.70 | 6.00 | 4.00 |
| | Bosques de transición, arbustos | 0.70 | 5.00 | 5.00 |
| PASTIZALES NATURALES | Pastizales | 0.60 | 6.00 | 3.00 |
| | Praderas naturales | 0.60 | 6.00 | 3.00 |
| VEGETACION ESCASA | Playas, dunas, arenas | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Roca desnuda | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| | Áreas con escasa vegetación | 0.02 | 3.00 | 0.00 |
| | Zonas quemadas | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SECANO ARBORIZADO | Viñedos | 0.80 | 6.00 | 1.00 |
| | Olivos | 1.45 | 6.00 | 1.00 |
| SECANO NO ARBORIZADO | Tierras de cultivo de no regadío | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Cultivos anuales asociados con permanencia | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| REGADÍO | Tierras regadas permanentemente | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Campos de arroz | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

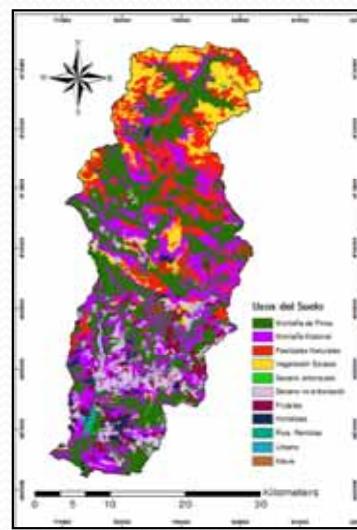
Parámetros Hidráulicos: Almacenamiento estático del suelo (Hu)

Hu= Almac. capilar del suelo + Almac. Superficial por depresiones

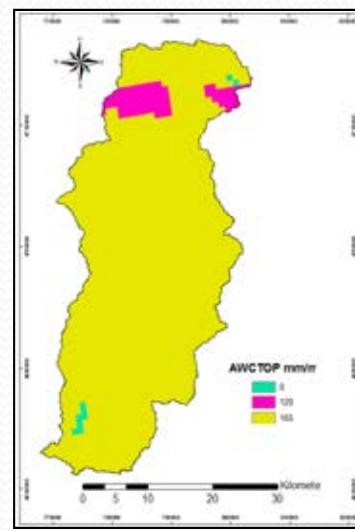
ESDB



Obstáculo de
Prof. raíces

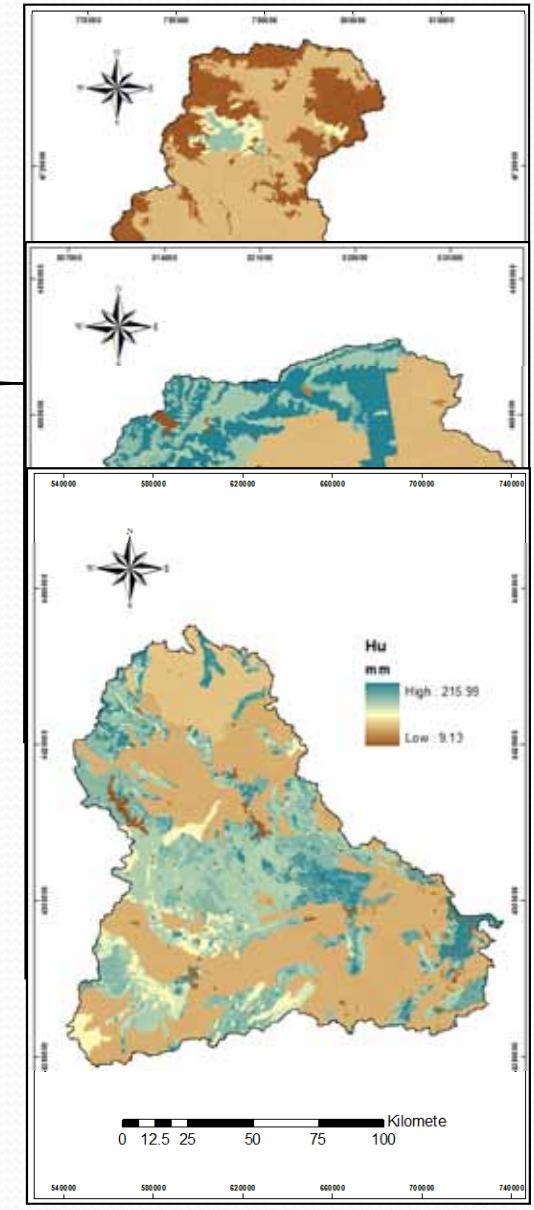


Prof. raíces



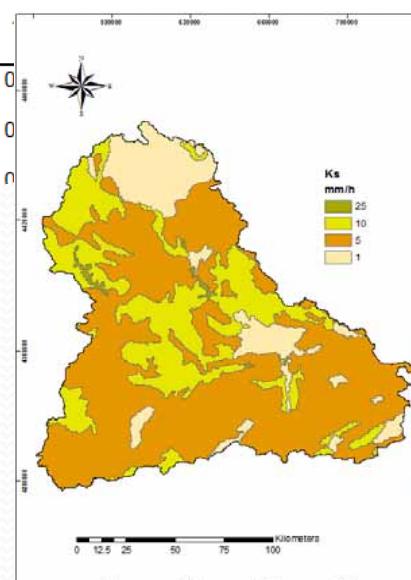
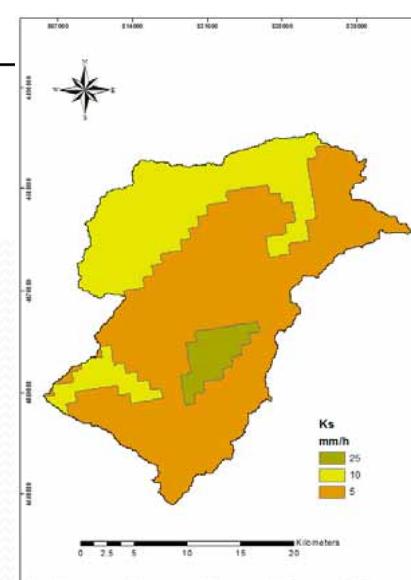
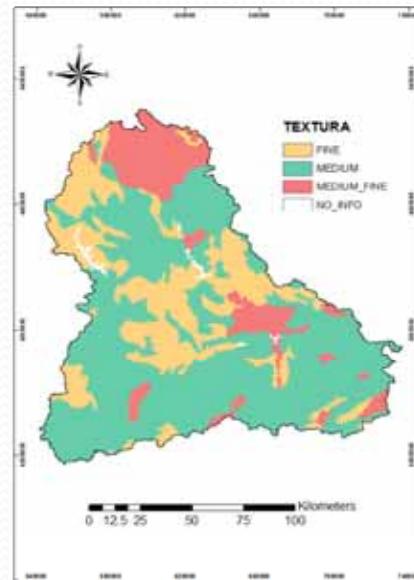
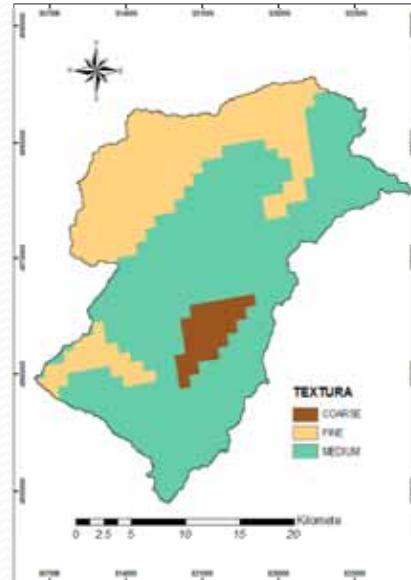
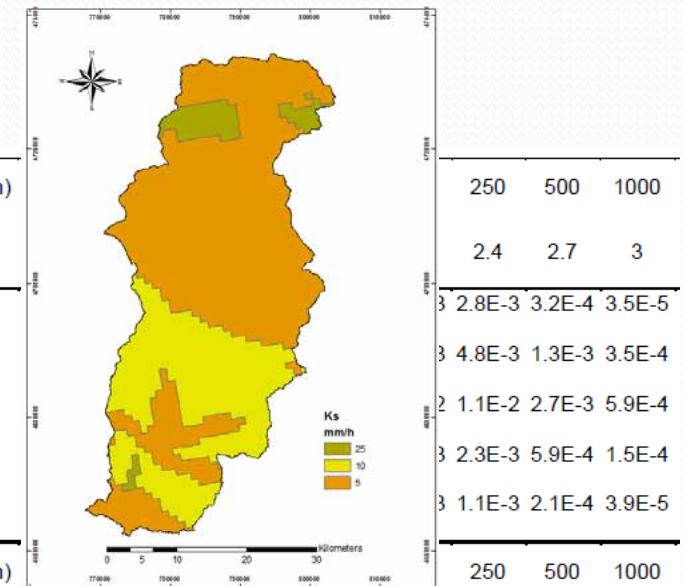
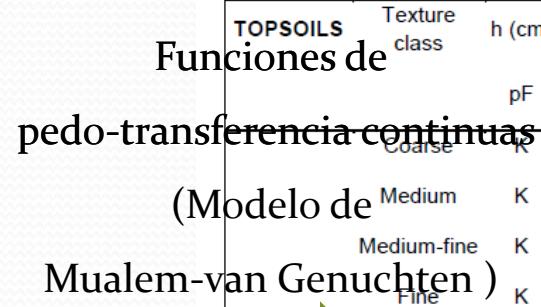
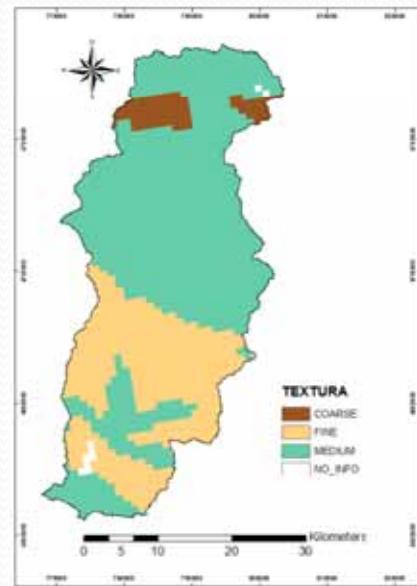
Capac. de agua
(AWC_TOP)

Profundidad de
almacenamiento
estático



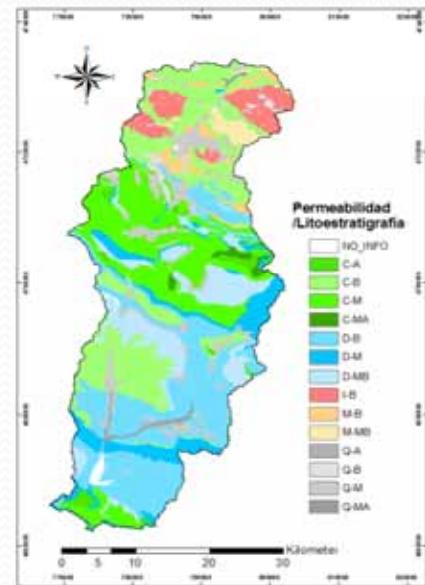
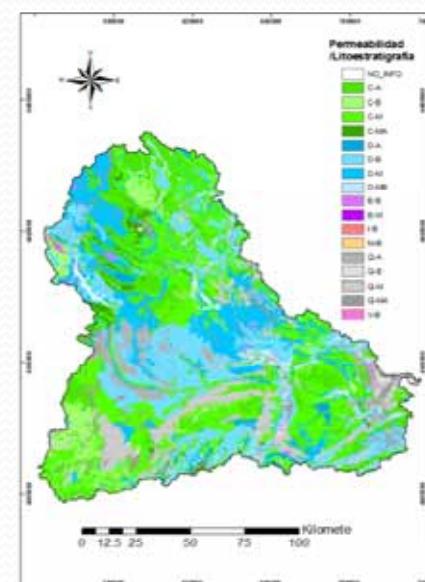
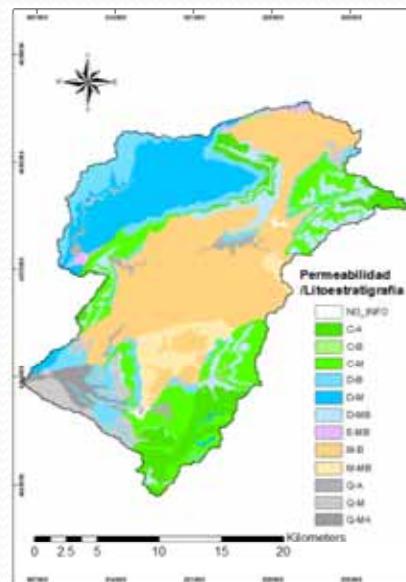
Parámetros Hidráulicos: Conductividad hidráulica del suelo (K_s)

ESDB



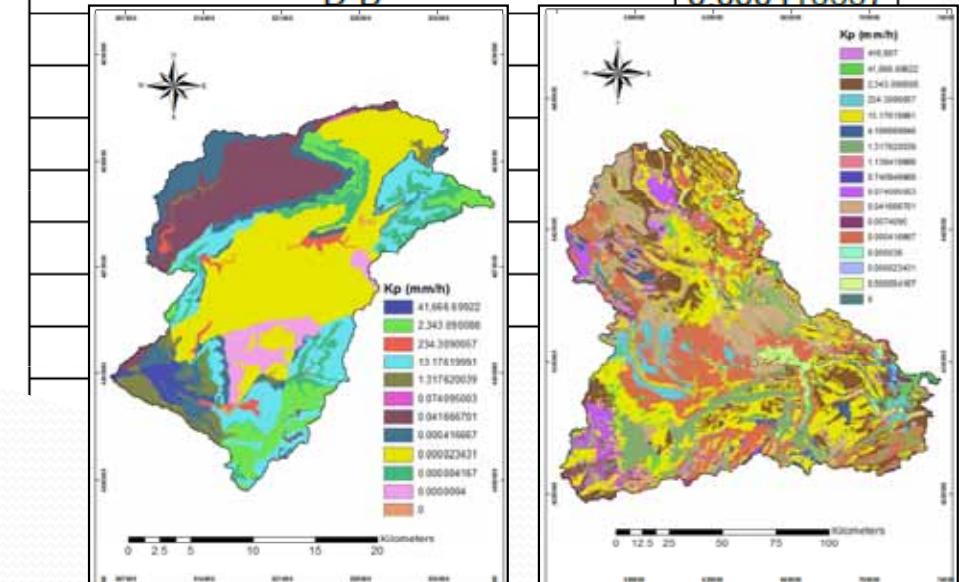
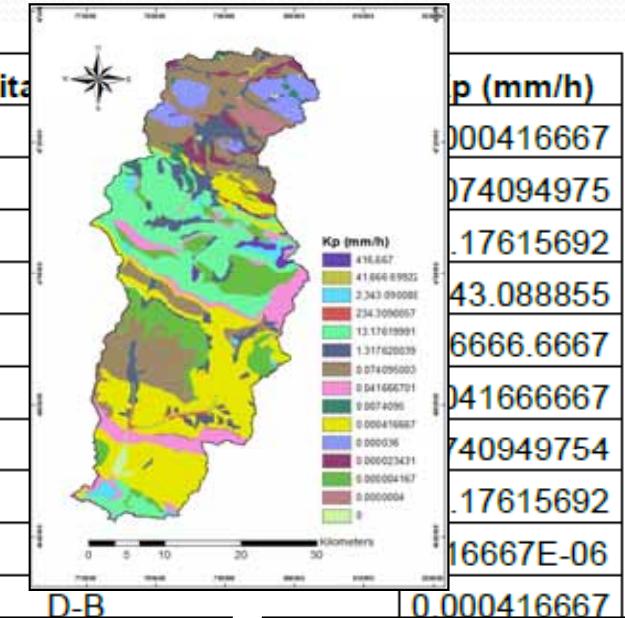
Parámetros Hidráulicos: Conductividad hidráulica del acuífero (Kp)

IGME

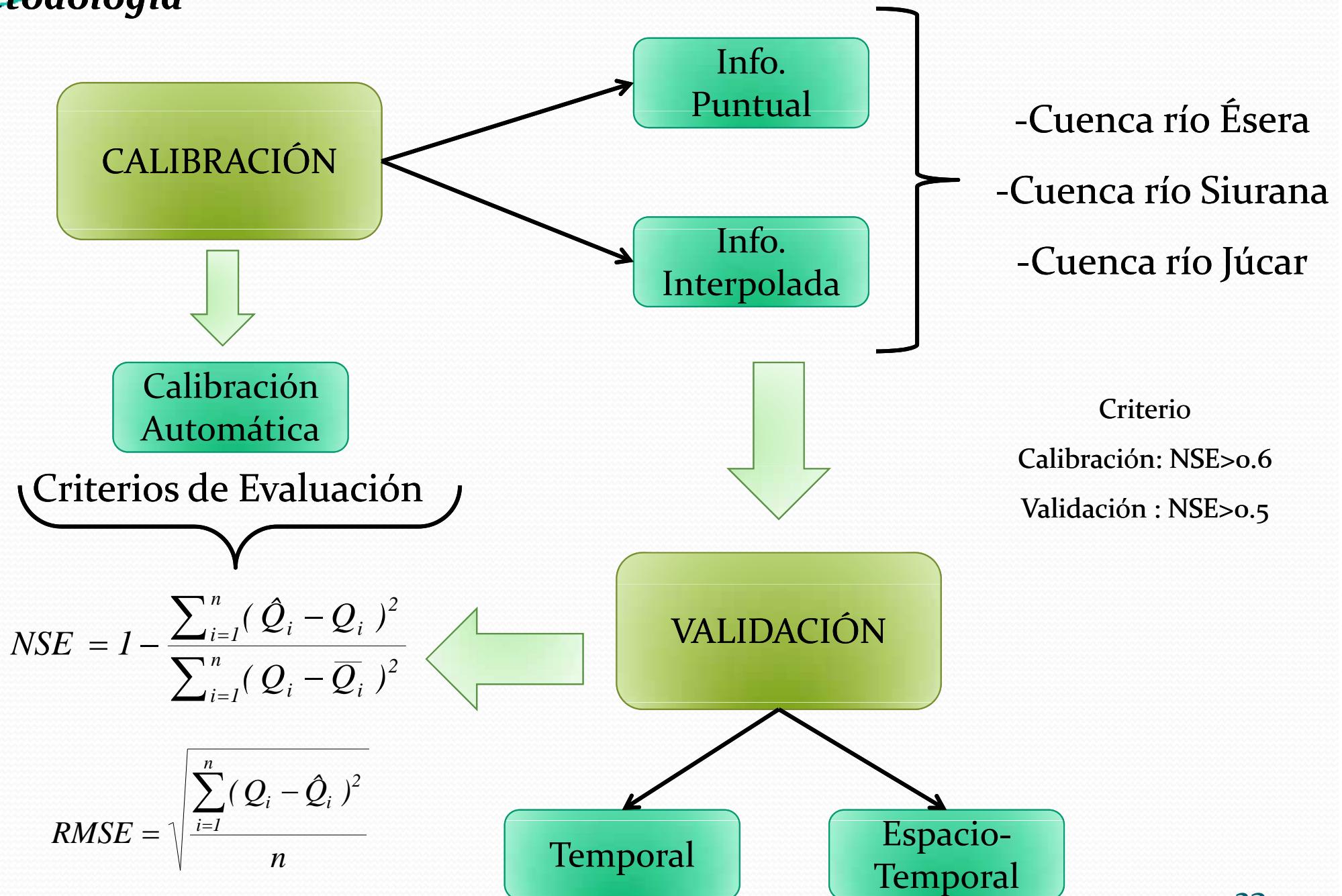
Mapa d
de

Categoría cualitativa

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

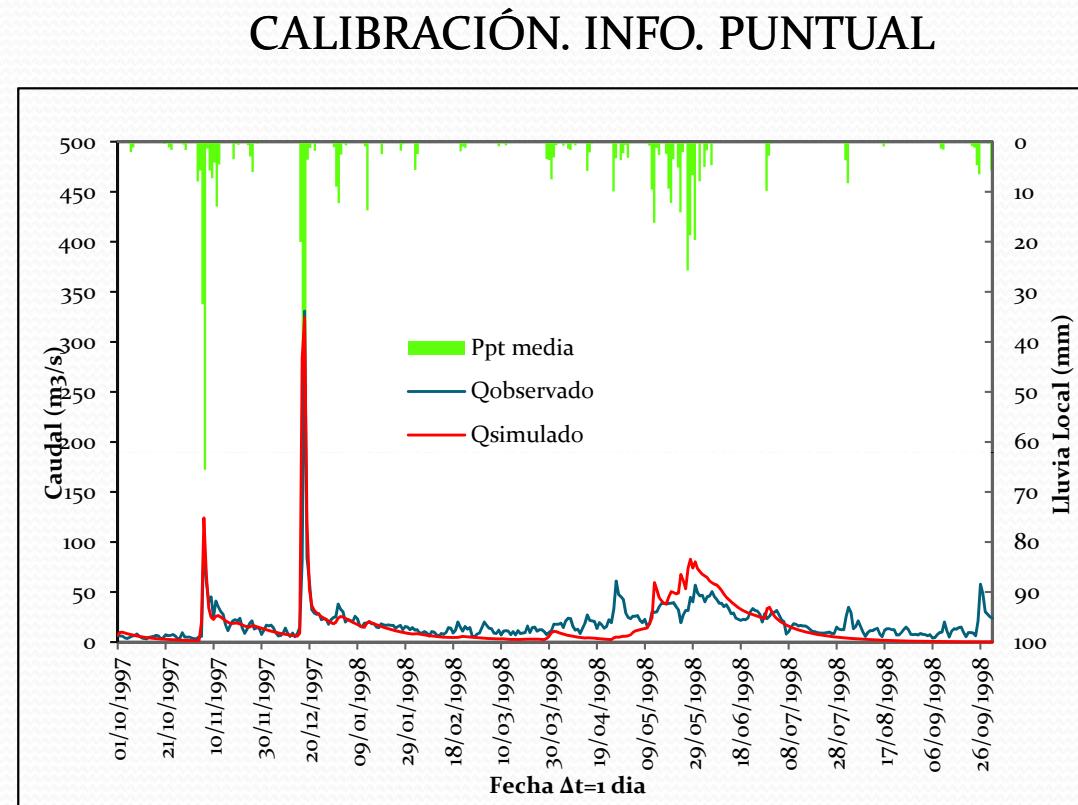


Metodología



Cuenca río Ésera. Calibración en Graus_013. Oct de 1997 a Sep de 1998

| Factores Correctores | Calibración automática |
|---|------------------------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 2.47126 |
| FC ₂ Evaporación | 0.80015 |
| FC ₃ Infiltración | 0.27543 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 1.00000 |
| FC ₅ Percolación | 0.00020 |
| FC ₆ Interflujo | 45.83107 |
| FC ₇ Pérdidas | 0.10500 |
| FC ₈ Flujo base | 15.50930 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 0.25856 |



| Variables Fusión de Nieve | |
|--|----------|
| Coef de fusión de nieve (mm/°C día) | 0.75306 |
| Coef de fusión de nieve por lluvia (mm/°C día) | 2.88967 |
| Temp base fusión de nieve (°C) | -1.46443 |

Serie de Precipitación SAIH CHE

| Criterio de evaluación | R. Ésera |
|--------------------------|--------------------------|
| Indice de eficiencia NSF | Evento 1997/98 0.4056 |
| RMSE (m³/s) | 16.252 |

Cuenca río Ésera. Calibración en Graus_013. Oct de 1997 a Sep de 1998

Aqua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 588.541

Flujo de salida E directa [Hm³]: 97.846

Aqua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 489.723

Flujo de salida Es+T [Hm³]: 276.173

Aqua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 498.723

Escorrentía directa [Hm³]: 86.683

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 412.022

Flujo Subsuperficial [Hm³]: 420.325

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 4.724

Flujo Base [Hm³]: 2.250

Perdidas subterráneas [Hm³]: 4.724

Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: 509.336

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL**BALANCE HÍDRICO:**

Aportación al Caudal total:

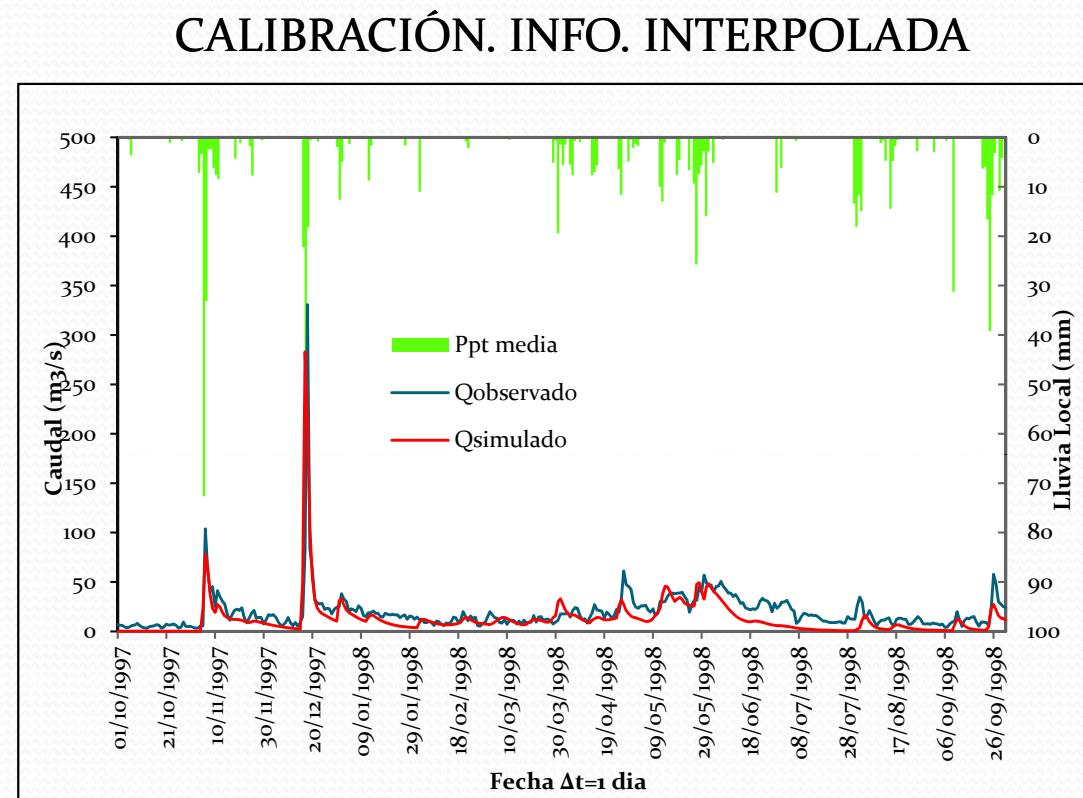
-Escorrentía directa (17%)

-Flujo Subsuperficial (82.5%)

-Flujo base (0.5%)

Cuenca río Ésera. Calibración en Graus_013. Oct de 1997 a Sep de 1998

| Factores Correctores | Calibración automática |
|---|------------------------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 1.72820 |
| FC ₂ Evaporación | 0.80015 |
| FC ₃ Infiltración | 0.18580 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 1.00000 |
| FC ₅ Percolación | 0.00020 |
| FC ₆ Interflujo | 34.50860 |
| FC ₇ Pérdidas | 0.10500 |
| FC ₈ Flujo base | 15.50930 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 0.04070 |



| Variables Fusión de Nieve | |
|--|---------|
| Coef de fusión de nieve (mm/°C día) | 2.66950 |
| Coef de fusión de nieve por lluvia (mm/°C día) | 4.05810 |
| Temp base fusión de nieve (°C) | 1.61720 |

**Serie de Precipitación
GRID AEMET**

| Criterio de evaluación | R. Ésera Evento 1997/98 |
|--------------------------|-------------------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.6074 |
| RMSE (m³/s) | 13.209 |

Cuenca río Ésera. Calibración en Graus_013. Oct de 1997 a Sep de 1998

Aqua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 693.734

Flujo de salida E directa [Hm³]: 114.575

Aqua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 577.021

Flujo de salida Es+T [Hm³]: 248.510

Aqua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 484.971

Escorrentía directa [Hm³]: 78.558

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 406.390

Flujo Subsuperficial [Hm³]: 379.946

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 5.077

Flujo Base [Hm³]: 2.250

Perdidas subterráneas [Hm³]: 5.077

Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: 436.167

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

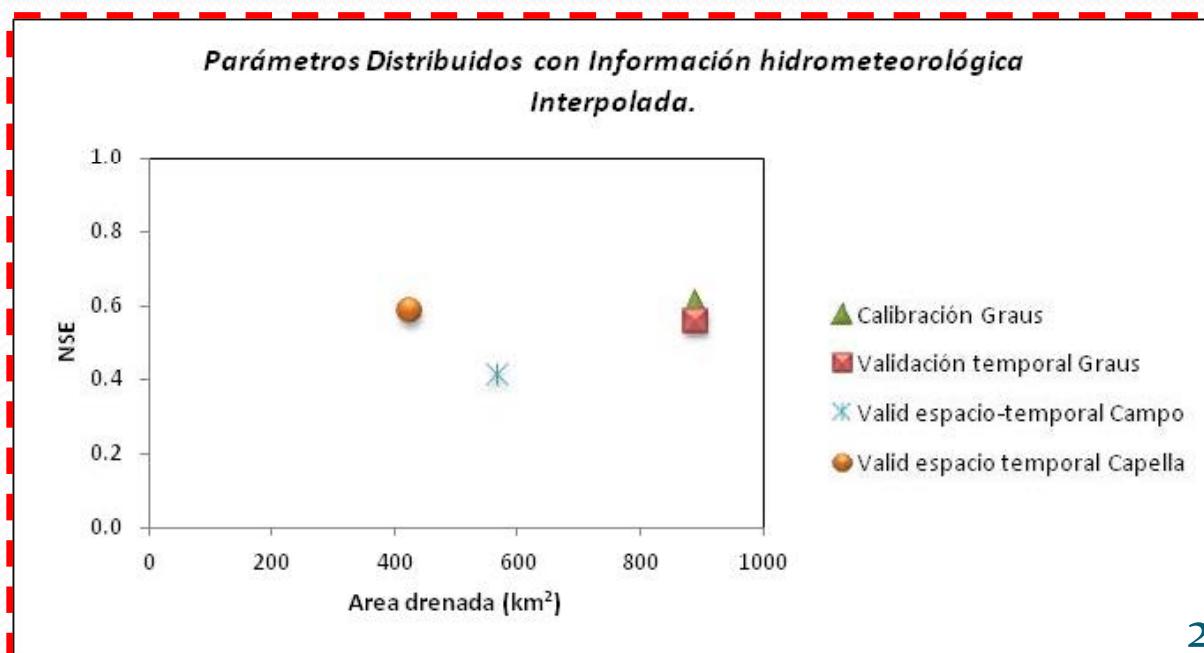
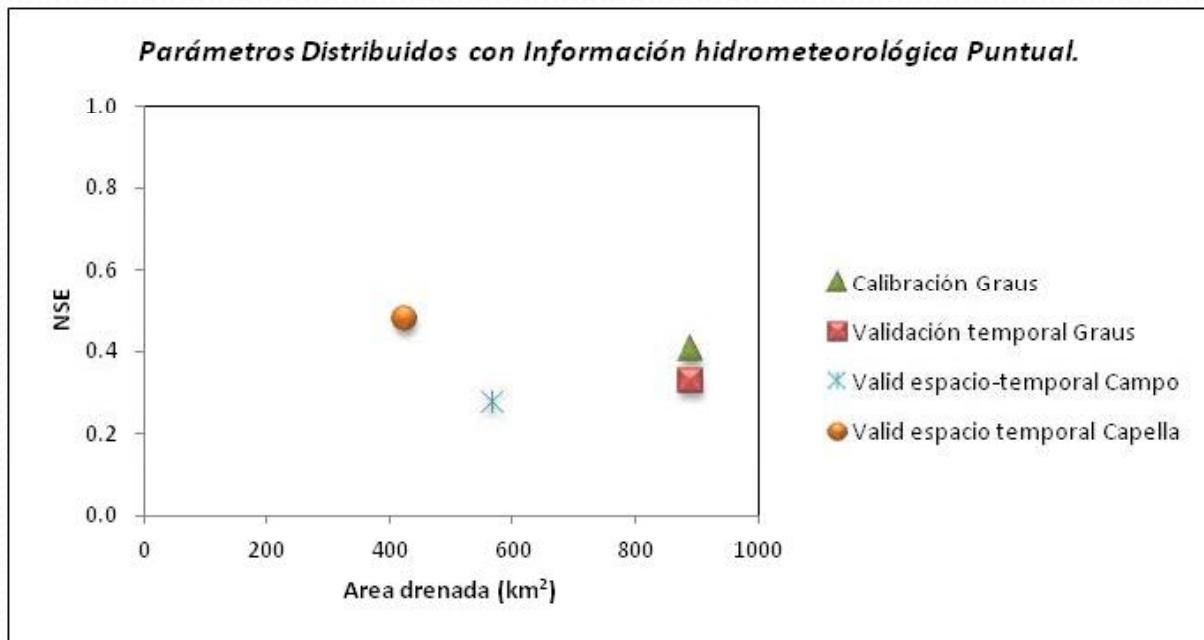
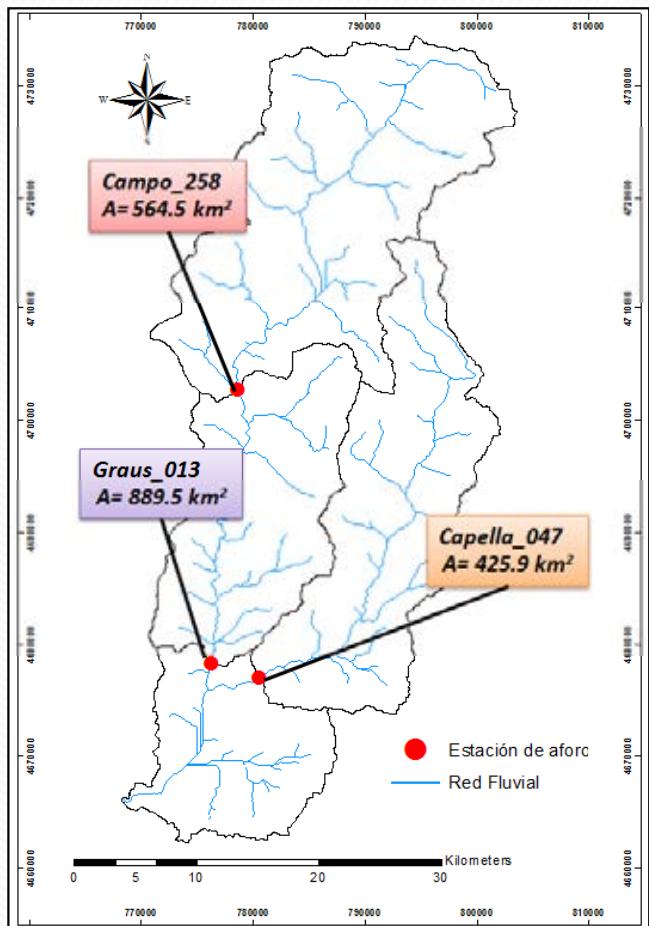
-Escorrentía directa (17%)

-Flujo Subsuperficial (82.5%)

-Flujo base (0.5%)

Cuenca río Ésera. Validación temporal y espacio-temporal.

Oct de 1997 a Sep de 2007



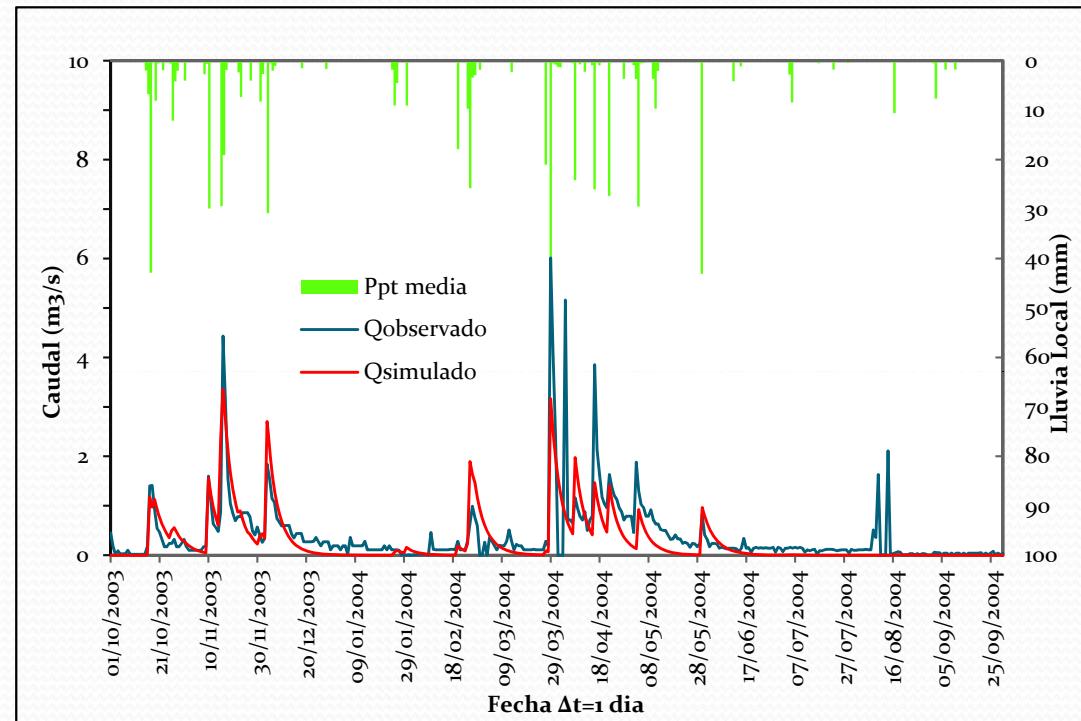
Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868

Oct de 2003 a Sep de 2004

| Factores Correctores | Calibración automática |
|---|------------------------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 0.29409 |
| FC ₂ Evaporación | 1.74460 |
| FC ₃ Infiltración | 12.85109 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 11.18369 |
| FC ₅ Percolación | 6.31780 |
| FC ₆ Interflujo | 164.66239 |
| FC ₇ Pérdidas | 15.58010 |
| FC ₈ Flujo base | 32.31740 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 19.03180 |

Serie de Precipitación
SAIH ACA

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL



| Criterio de evaluación | R. Siurana Evento 2003/04 |
|--------------------------|---------------------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.5326 |
| RMSE (m³/s) | 0.457 |

Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868. Oct de 2003 a Sep de 2004

Agua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 37.438Flujo de salida E directa [Hm³]: **12.288**

Agua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 25.150Flujo de salida Es+T [Hm³]: **9.225**

Agua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 15.901Escorrentía directa [Hm³]: **1.503**

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 15.901Flujo Subsuperficial [Hm³]: **9.246**

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 6.650Flujo Base [Hm³]: **0.00**Perdidas subterráneas [Hm³]: **6.645**Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: **10.749****CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL****BALANCE HÍDRICO:**

Aportación al Caudal total:

-Escorrentía directa (14%)

-Flujo Subsuperficial (86%)

-Flujo base (0.0%)

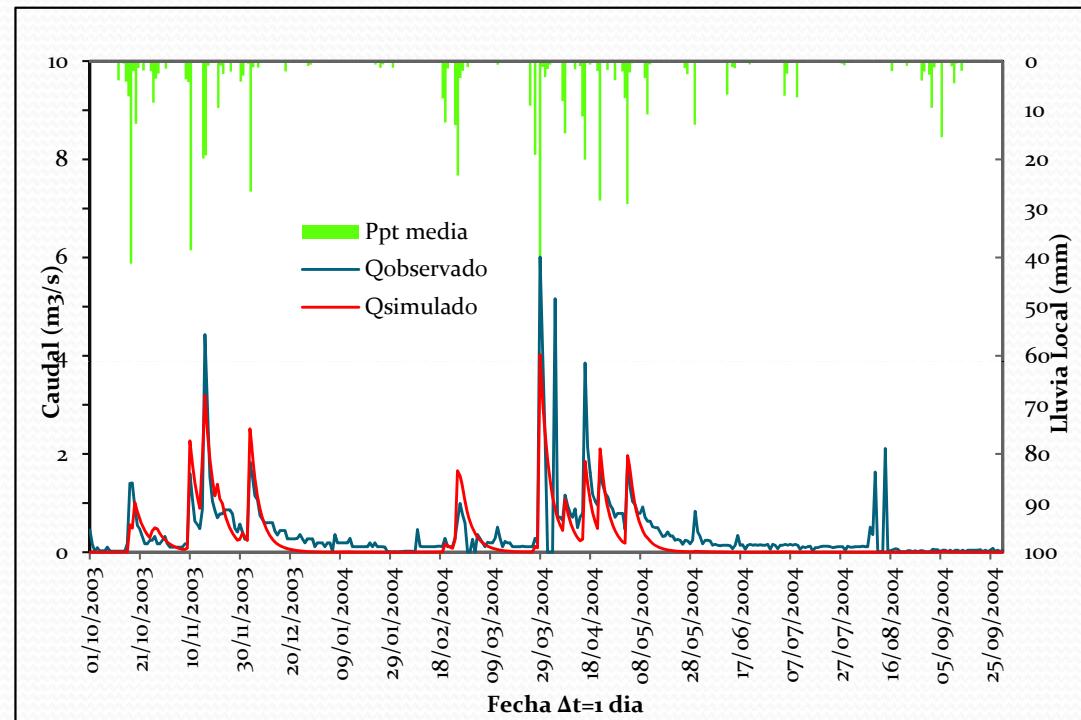
Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868

Oct de 2003 a Sep de 2004

| Factores Correctores | Calibración automática |
|---|------------------------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 0.54280 |
| FC ₂ Evaporación | 1.08820 |
| FC ₃ Infiltración | 11.97230 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 10.57500 |
| FC ₅ Percolación | 5.61220 |
| FC ₆ Interflujo | 194.81010 |
| FC ₇ Pérdidas | 15.05790 |
| FC ₈ Flujo base | 41.65570 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 21.94580 |

Serie de Precipitación
GRID AEMET

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA



| Criterio de evaluación | R. Siurana Evento 2003/04 |
|--------------------------|---------------------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.6224 |
| RMSE (m^3/s) | 0.424 |

Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868. Oct de 2003 a Sep de 2004

Agua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 38.906Flujo de salida E directa [Hm³]: 13.579

Agua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 25.326Flujo de salida Es+T [Hm³]: 9.650

Agua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 15.507Escorrentía directa [Hm³]: 2.503

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 15.901Flujo Subsuperficial [Hm³]: 8.820

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 6.682Flujo Base [Hm³]: 0.00Perdidas subterráneas [Hm³]: 6.677Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: 11.323**CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA****BALANCE HÍDRICO:**

Aportación al Caudal total:

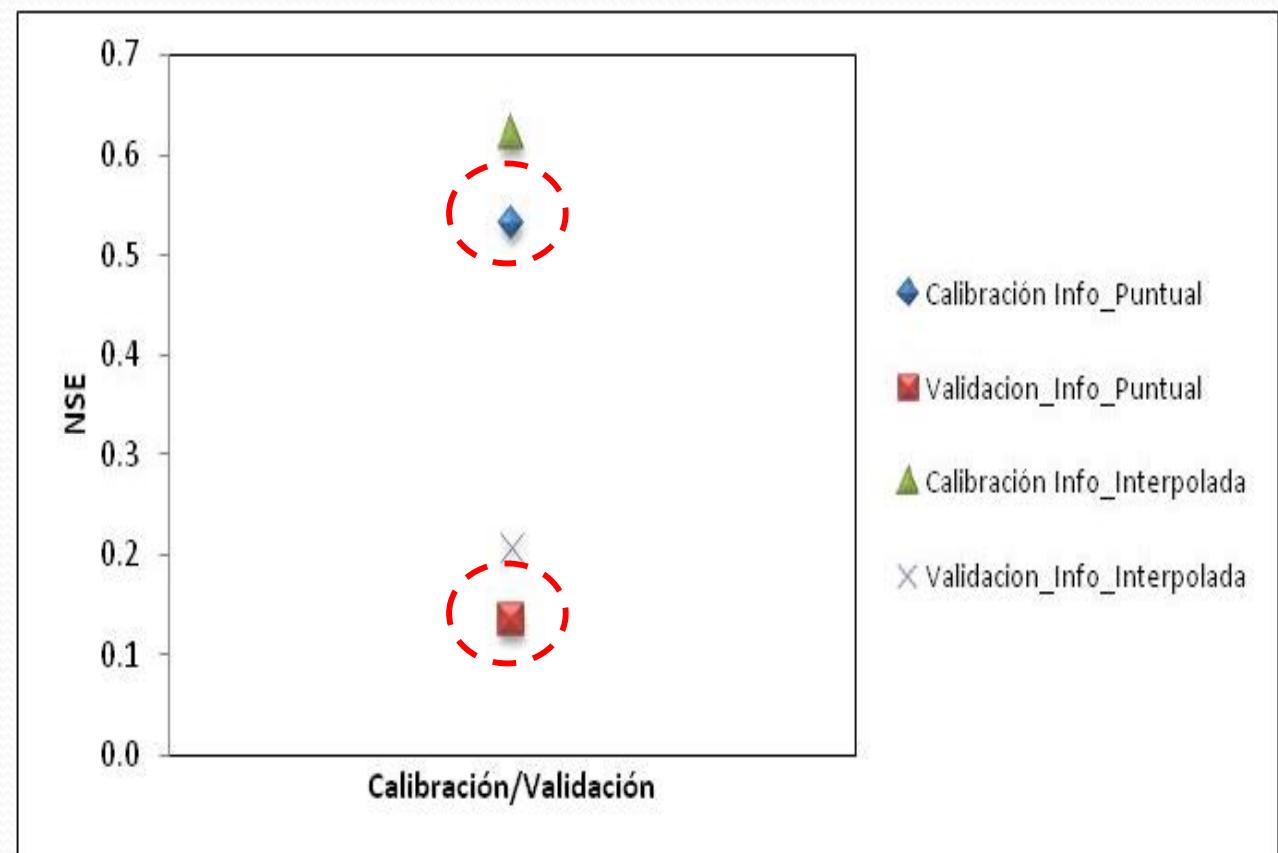
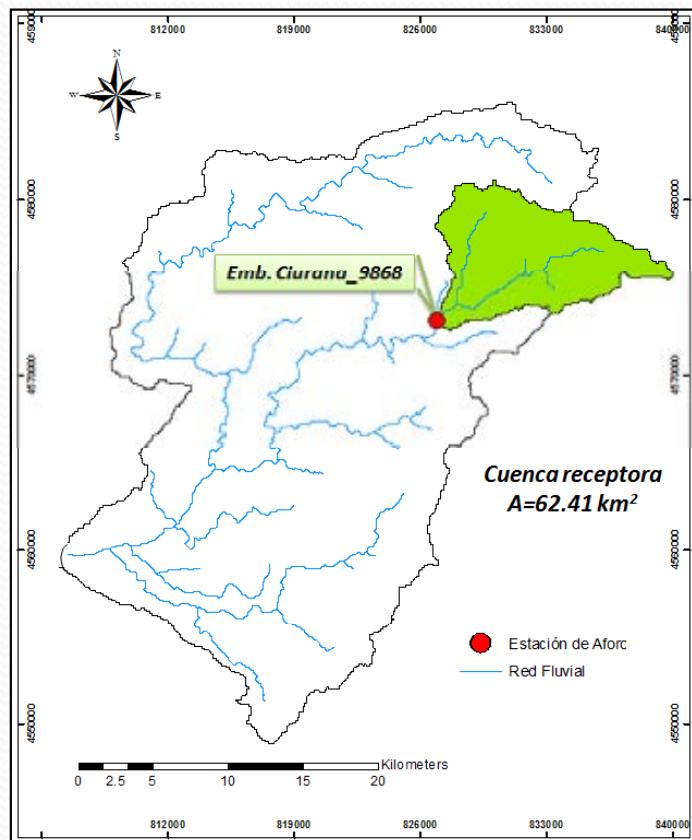
-Escorrentía directa (22%)

-Flujo Subsuperficial (78%)

-Flujo base (0.0%)

Cuenca río Siurana. Validación temporal.

Oct de 2003 a Sep de 2007



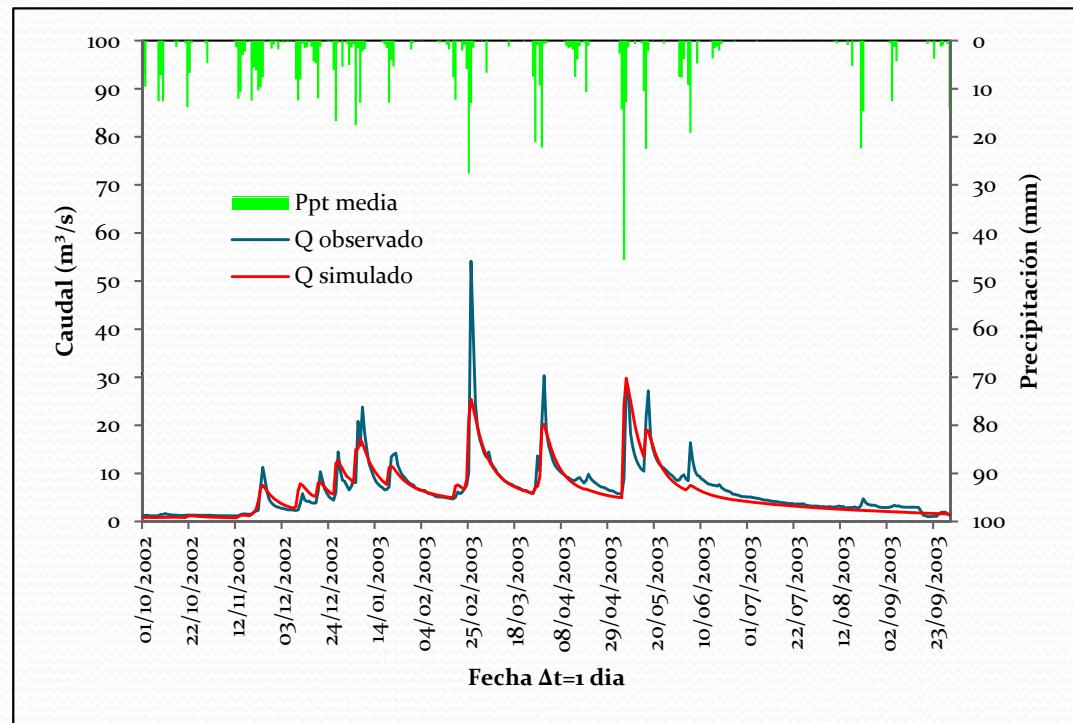
Cuenca río Júcar. Calibración en Pajaroncillo_8090

Oct de 2002 a Sep de 2003

| Factores Correctores | Valores |
|---|---------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 1.5797 |
| FC ₂ Evaporación | 0.6343 |
| FC ₃ Infiltración | 0.3228 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 0.003 |
| FC ₅ Percolación | 0.1913 |
| FC ₆ Interflujo | 58.7452 |
| FC ₇ Pérdidas | 0.0074 |
| FC ₈ Flujo base | 17.9703 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 0.9812 |

Serie de Precipitación
SAIH CHJ+AEMET

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL



| Criterio de evaluación | R. Júcar Evento 2002/03 |
|--------------------------|-------------------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.786 |
| RMSE (m³/s) | 2.681 |

Cuenca río Júcar. Calibración en Pajaroncillo_8090. Oct de 2002 a Sep de 2003

Agua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 652.601Flujo de salida E directa [Hm³]: 150.956

Agua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 498.718Flujo de salida Es+T [Hm³]: 251.636

Agua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 260.887Escorrentía directa [Hm³]: 65.844

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 185.718Flujo Subsuperficial [Hm³]: 56.110

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 122.873Flujo Base [Hm³]: 75.167Perdidas subterráneas [Hm³]: 53.354Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: 197.099**CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL****BALANCE HÍDRICO:**

Aportación al Caudal total:

-Escorrentía directa (33%)

-Flujo Subsuperficial (28%)

-Flujo base (38%)

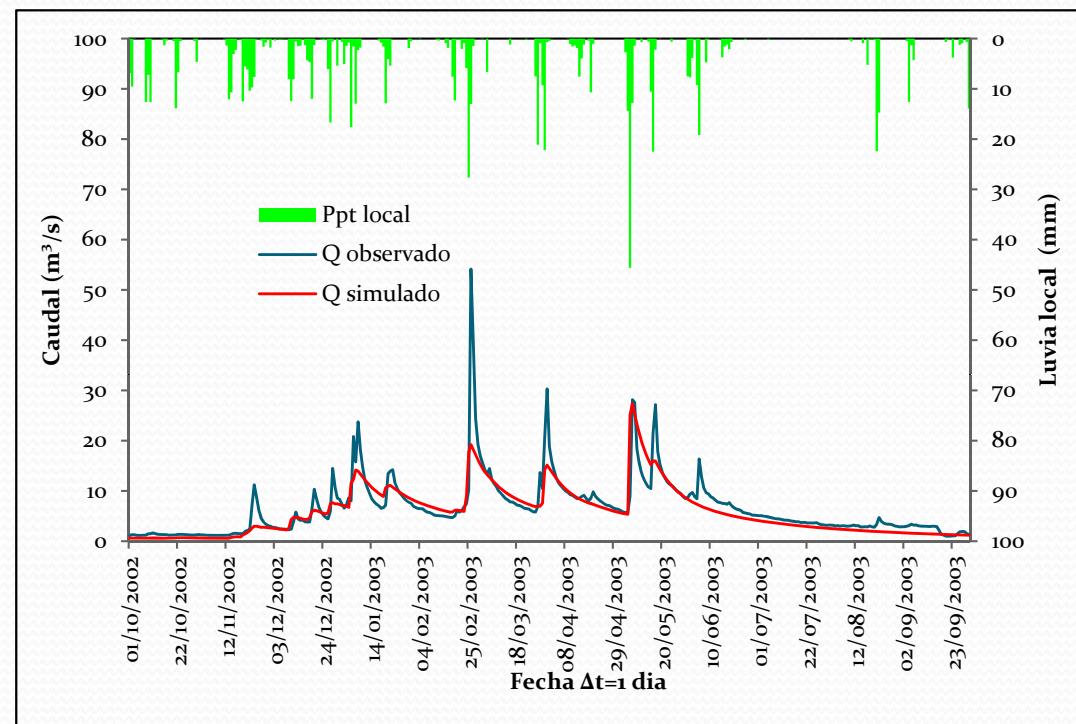
Cuenca río Júcar. Calibración en Pajaroncillo_8090

Oct de 2002 a Sep de 2003

| Factores Correctores | Valores |
|---|----------|
| FC ₁ Almacenamiento estático | 1.37510 |
| FC ₂ Evaporación | 0.68710 |
| FC ₃ Infiltración | 0.43000 |
| FC ₄ Escorrentía directa | 0.00210 |
| FC ₅ Percolación | 0.26730 |
| FC ₆ Interflujo | 85.03140 |
| FC ₇ Pérdidas | 0.00710 |
| FC ₈ Flujo base | 25.00160 |
| FC ₉ Velocidad del flujo | 0.98290 |

Serie de Precipitación
GRID AEMET

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA



| Criterio de evaluación | R. Júcar Evento 2002/03 |
|--------------------------------|-------------------------|
| Índice de eficiencia NSE | 0.695 |
| RMSE (m^3/s) | 3.201 |

Cuenca río Júcar. Calibración en Pajaroncillo_8090. Oct de 2002 a Sep de 2003

Aqua interceptada por la vegetación:

Entrada por Lluvia [Hm³]: 615.217

Flujo de salida E directa [Hm³]: 141.877

Aqua capilar en el suelo:

Entrada por "throughfall" [Hm³]: 469.954

Flujo de salida Es+T [Hm³]: 223.533

Aqua en superficie:

Excedente de Ppt [Hm³]: 252.741

Escorrentía directa [Hm³]: 46.166

Almacenamiento gravitacional:

Cantidad de Infiltración [Hm³]: 206.568

Flujo Subsuperficial [Hm³]: 60.173

Nivel del acuífero:

Entrada por Percolación [Hm³]: 140.888

Flujo Base [Hm³]: 78.841

Perdidas subterráneas [Hm³]: 59.531

Caudal de salida de la cuenca
[Hm³]: 185.158

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA**BALANCE HÍDRICO:**

Aportación al Caudal total:

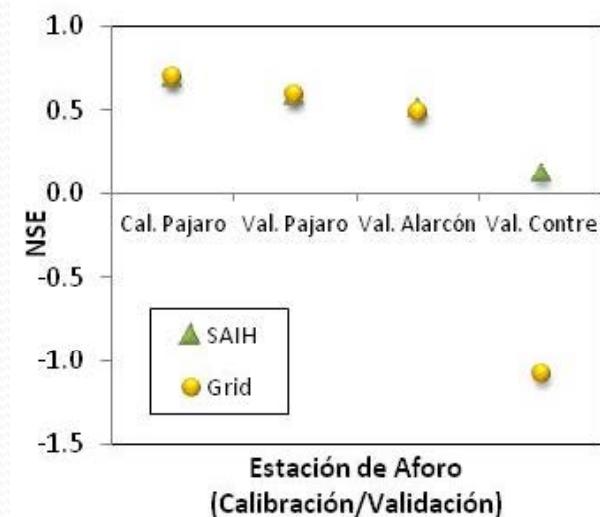
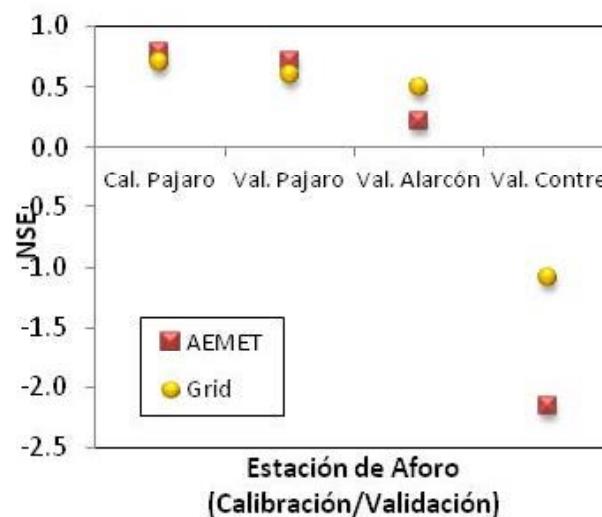
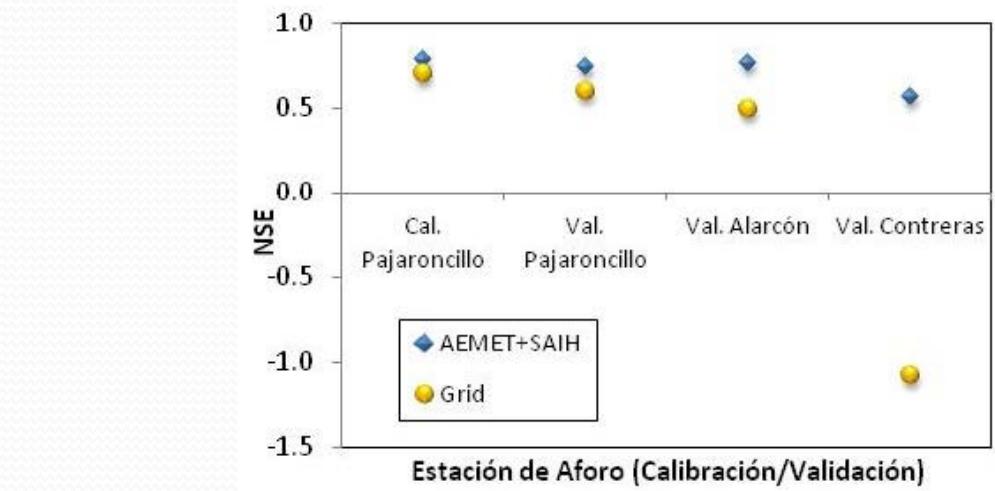
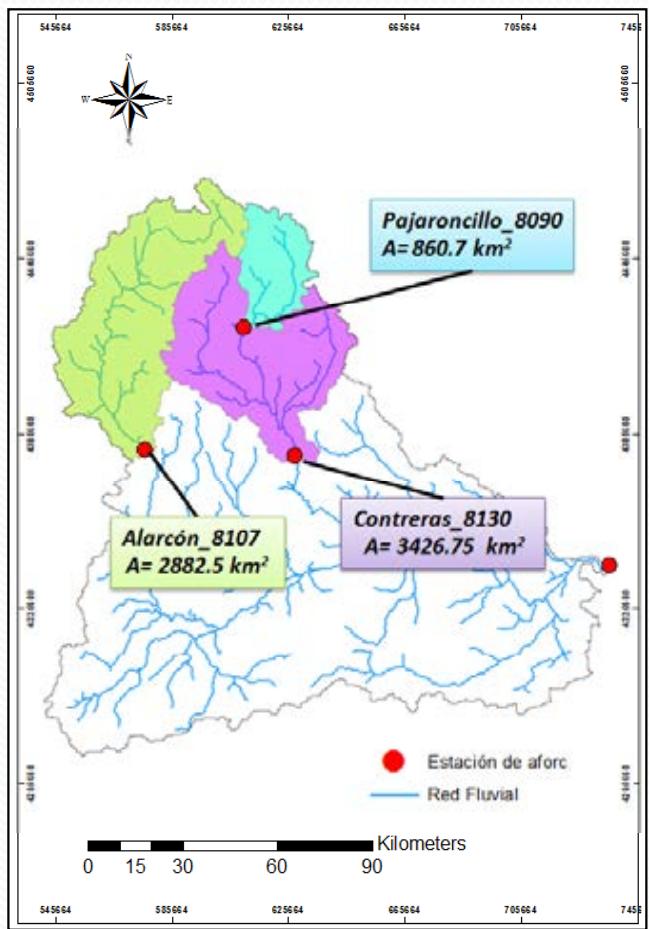
-Escorrentía directa (25%)

-Flujo Subsuperficial (32%)

-Flujo base (43%)

Cuenca río Júcar. Validación temporal y espacio-temporal.

Oct de 2003 a Sep de 2008



Conclusiones

- El modelo presenta en la mayoría de los casos tendencia a subestimar los caudales picos.
- Los resultados óptimos se esperan de los modelos donde se tenga mayor densidad de información lo cual ayuda a distribuir mejor la entrada de precipitación.
- La mayor aportación a la escorrentía total, está dada por el flujo subsuperficial, seguido por la escorrentía directa y luego por el flujo base, esto para el caso de las cuencas Ésera y Siurana. Para la cuenca del río Júcar, la mayor aportación a la escorrentía total está dada en primer lugar por el flujo base, seguido el flujo subsuperficial y finalmente aporte de la escorrentía directa.
- En términos generales los resultados indican que los conjuntos de datos interpolados y mapas globales pueden ser utilizados para predicciones hidrológicas en las regiones donde existen datos dispersos.
- Finalmente es importante tener en cuenta la presencia de datos faltantes en las series de caudales diarios y de lluvia puntual, siendo un factor influyente en los resultados obtenidos por el modelo TETIS.

Aportes del trabajo

- Aplicación del modelo TETIS a 3 cuencas españolas con distintos climas y distintas resoluciones espaciales;
- Utilización de la precipitación y temperatura interpolada Spain02, nunca probadas hasta ahora en aplicaciones hidrológicas;
- Desarrollo de una metodología estándar y reproducible para la estimación de parámetros distribuidos a partir de información de suelos y vegetación disponibles en toda Europa;
- Demonstración de la posibilidad de la implementación de un modelo hidrológico distribuido a escala nacional partiendo de información homogénea sobre todo el territorio español.
- Mejora de una metodología sencilla y basada en bibliografía para la estimación del factor de vegetación para el cálculo de la evapotranspiración;
- Implementación de modelos hidrológicos para estudios futuros sobre cambio climático, cambio de uso del suelo, etc;

Líneas Futuras de Investigación

- Dentro del proyecto SCARCE se prevé el estudio de procesos específicos como: dinámica de transporte de sedimentos , interacción río- acuífero, etc; y el análisis del efecto del cambio climático sobre estos procesos, para la planificación del recurso a largo plazo.
- Estudios sobre calidad de las fuentes de información: estudios para distinguir entre las fuentes específicas de los errores en las bases de datos requeridas en los modelos y las posibilidades de mejoras.
- Estudio correspondiente a mapas globales de suelo: estimación de mapas globales con mayor variabilidad espacial.

A wide-angle photograph of a rural landscape. In the foreground, a narrow, light-colored road or path winds its way through a valley between two large, green, rolling hills. The hills are covered in dense vegetation, with some darker patches suggesting rocky outcrops or different types of grass. The sky above is a clear, pale blue with a few wispy white clouds. The overall scene is peaceful and suggests a remote, natural setting.

Gracias por la atención