



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

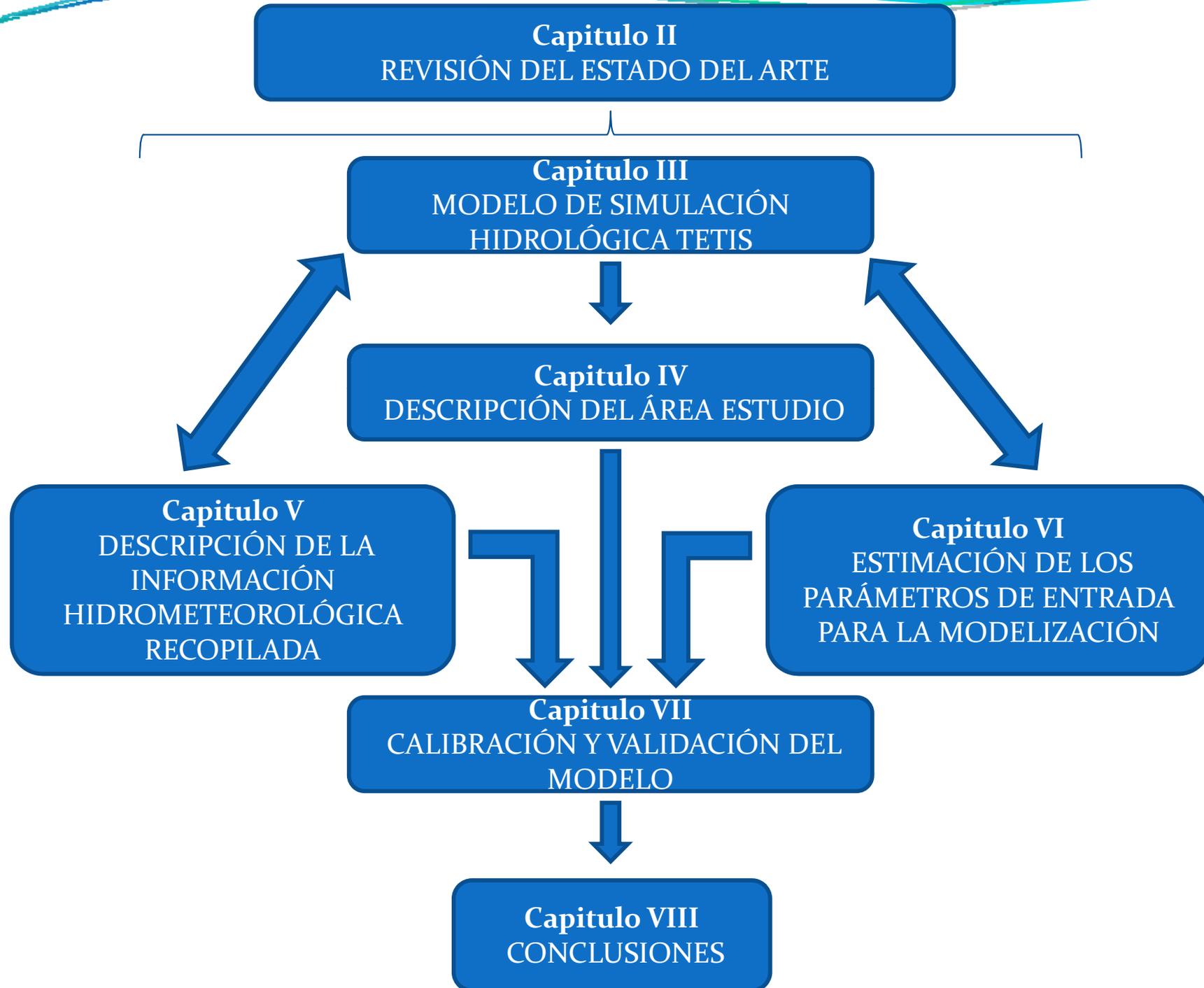
OBJETIVO GENERAL:

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 CUENCAS HIDROGRÁFICAS ESPAÑOLAS CON ESCASEZ DE DATOS Y APROVECHANDO INFORMACIÓN ESTÁNDAR.

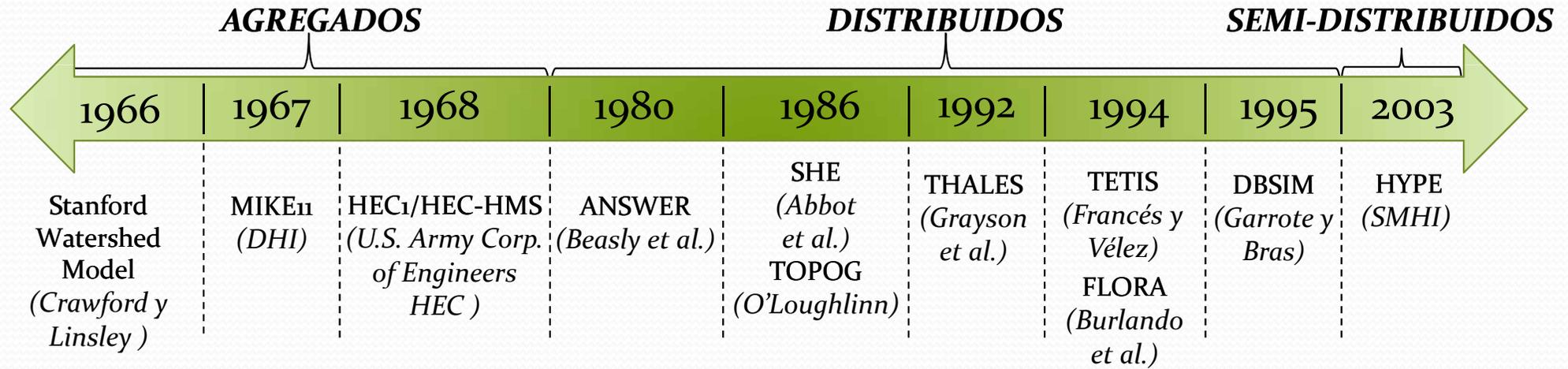


- Revisión del estado del arte relacionado con modelos distribuidos e información estándar .
- Recopilación de los datos existentes y estimación de los parámetros mediante SIG.
- Caracterización climática e hidrológica de las cuencas en estudio.
- Presentación de los resultados de la calibración y validación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

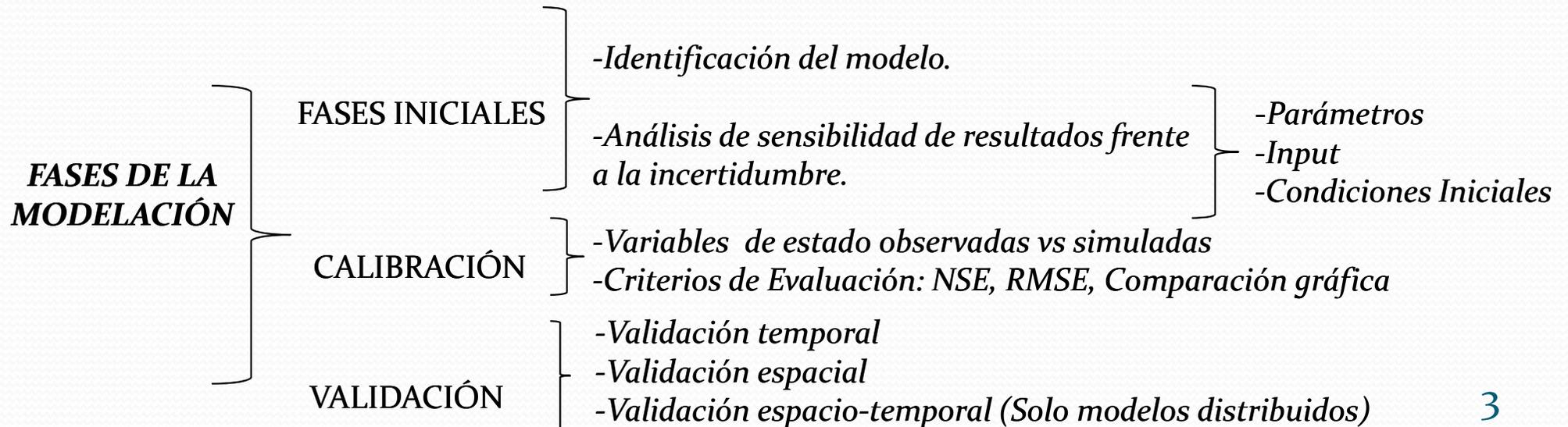
ESTRUCTURA DE LA PRESENTACIÓN



Modelos Hidrológicos



Y: Variables de Estado
X: Input
M: Ecuaciones
Θ: Parámetros



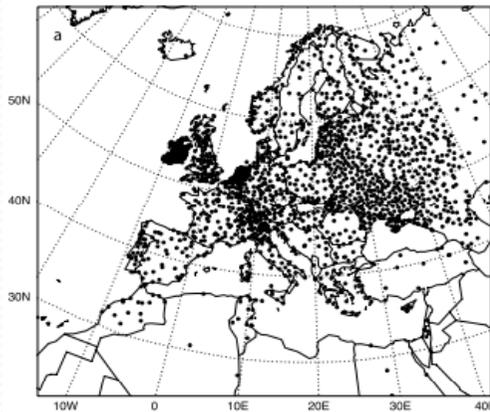
Información Estándar: Base de datos Precipitación y Temperaturas.

DATOS PUNTUALES



GCOS
(Global Climate
Observing System)

10000
observatorios
Mediciones c/6 horas



European Climate
Assessment & Dataset

DATOS INTERPOLADOS

Global Precipitation
Climatology Project: 1⁰



NLDAS
(North American Land Data
Assimilation System) : 1/8⁰



Gridded observational datasets
E-OBS: 25 km



AEMET
(Agencia Estatal de Meteorología)

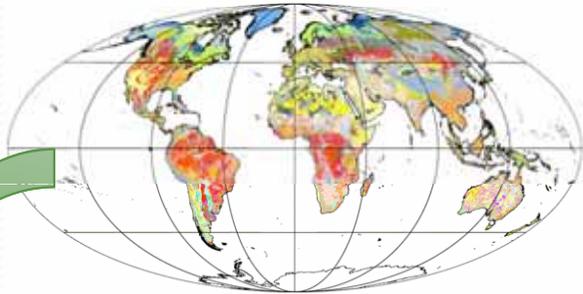
Estaciones {
Red Pluvio: 9000
Red Termo: 4000
Red Termopluvio: 3500



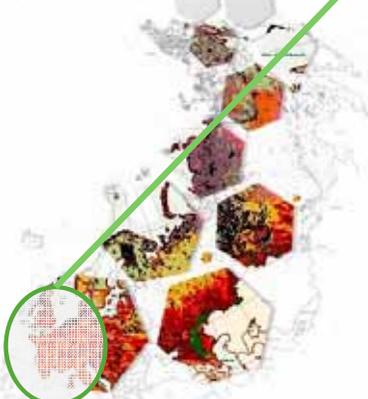
Spain02: 0.20⁰
(1950-2011)

Información Estándar: Suelo.

Digital Soil Map of the World



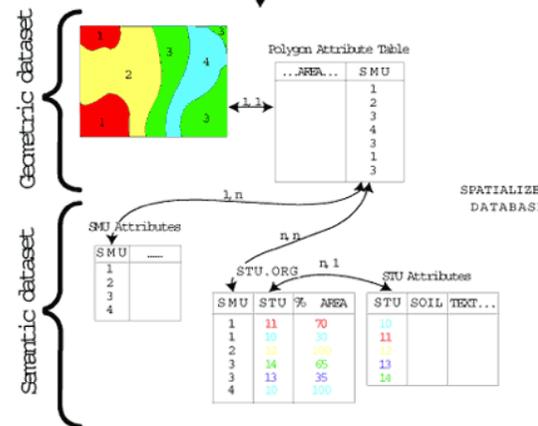
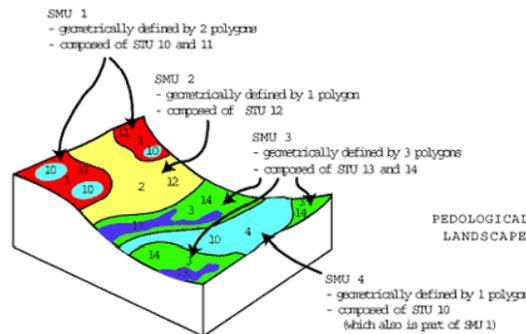
FAO-Unesco Soil Map of the World
1:5.000.000



ESDB- The European Soil Database
1:1.000.000
grid :1kmx1km

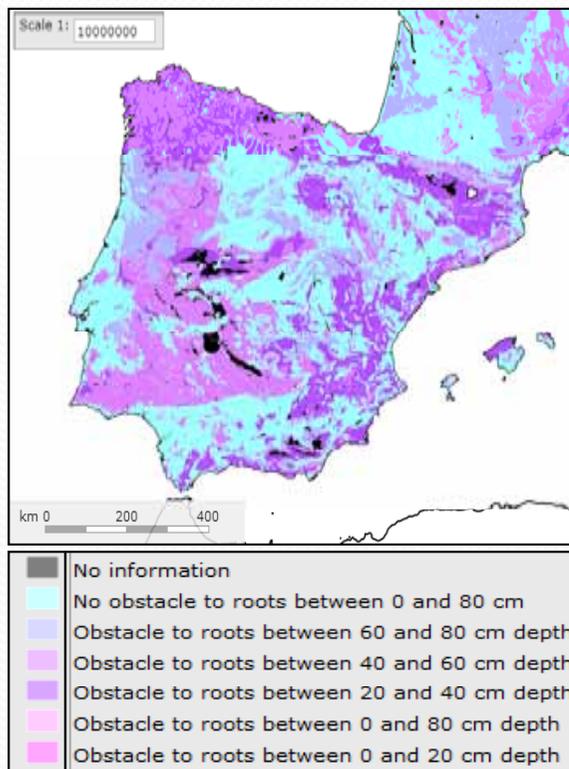


106 tipos diferentes de unidades de suelos o asociaciones

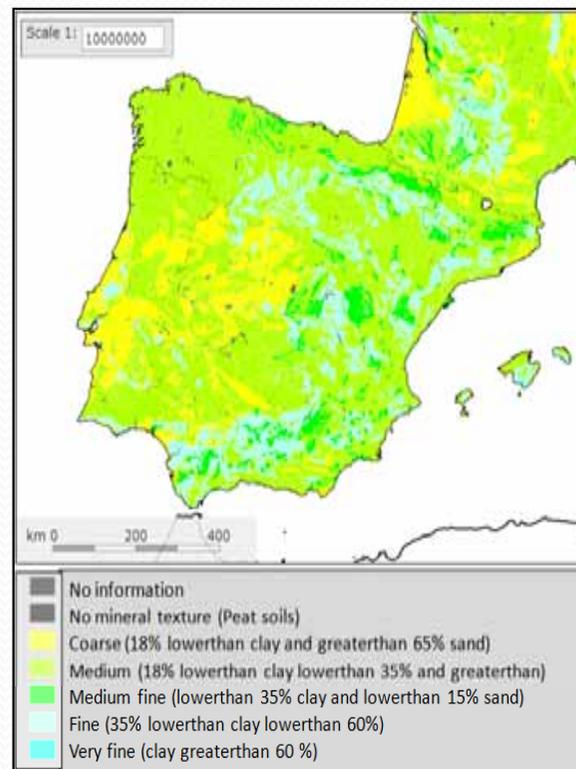


- 73 atributos
- 14 categorías
- Limitación en el uso agrícola.
- Clasificación de suelo (WRB).
- Textura.
- Material Parental.
- Clasificación de suelo según FAO.
- Uso de Suelo.
- Obstáculos-Impermeable- Régimen de Humedad del Suelo.
- Sistema de Gestión de Agua.
- Altitud-Pendiente.
- Propiedades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

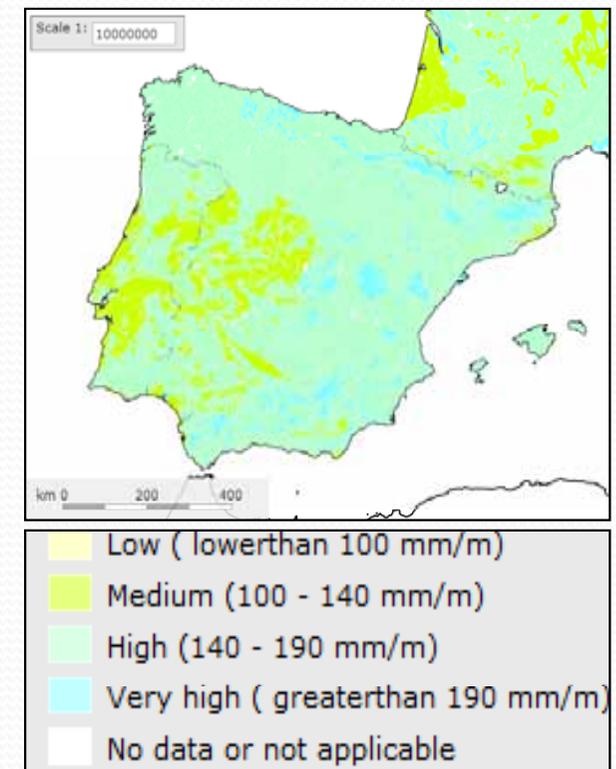
Mapa de Atributos derivados de la ESDB para España



Categoría: Obstáculo.
Atributo: Obstáculo raíces- ROO.



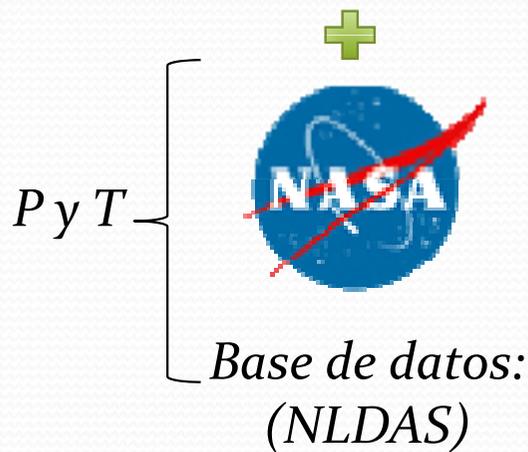
Categoría: Textura.
Atributo: Textura Superficial Dominante-
TEXT-SRF-DOM.



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 $V < 5\%$
 $NSE > 0.6$

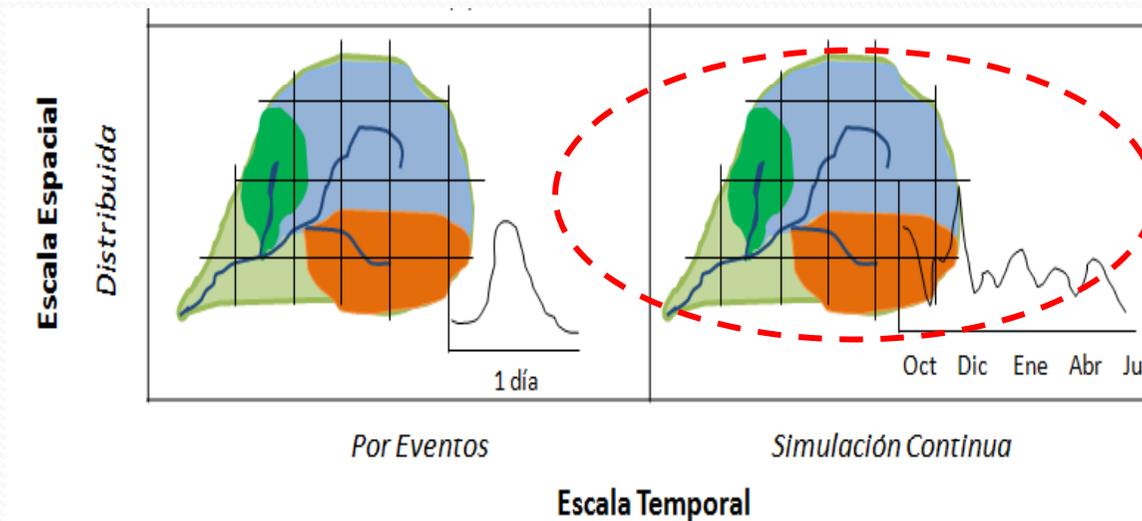
HYPE
(HYdrological Predictions
for the Environment)



Cuenca del Plata, América
del Sur: 3.2 millones de km²
%error $V < 25\%$
 $NSE = 0.11$

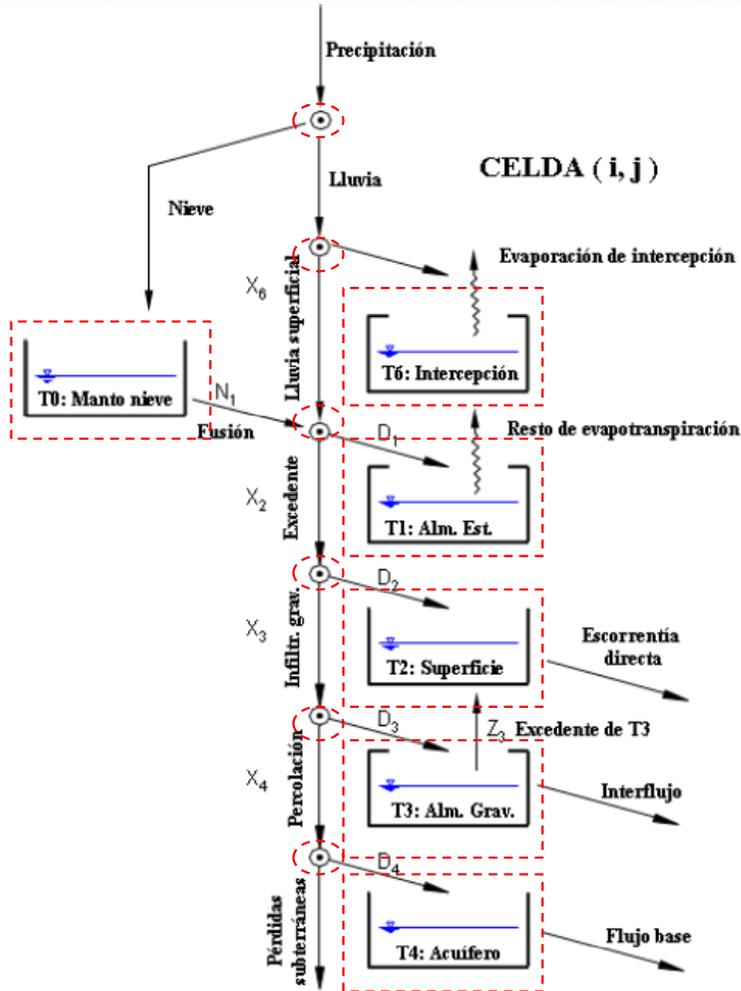
Europa:
7 millones de Km²
%error $V < 10\%$
 $NSE = 0.49$

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:

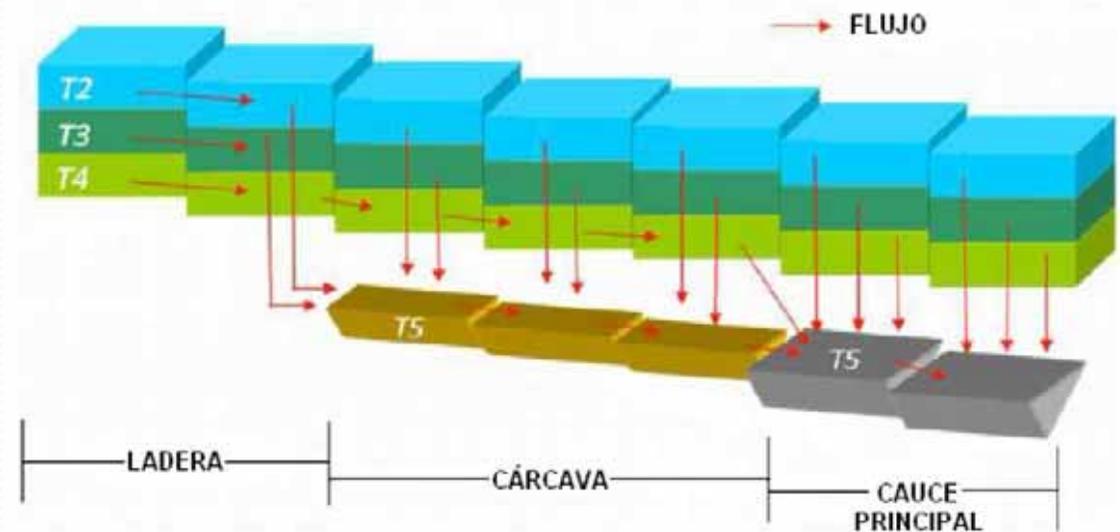
T5: Cauce

• 7 tanques

14 Variables de estado:

7 Almac. (Hi)

7 Flujos de salida de tanque (Yi)



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_0	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 optimo de parámetros que minimicen una función objetivo.

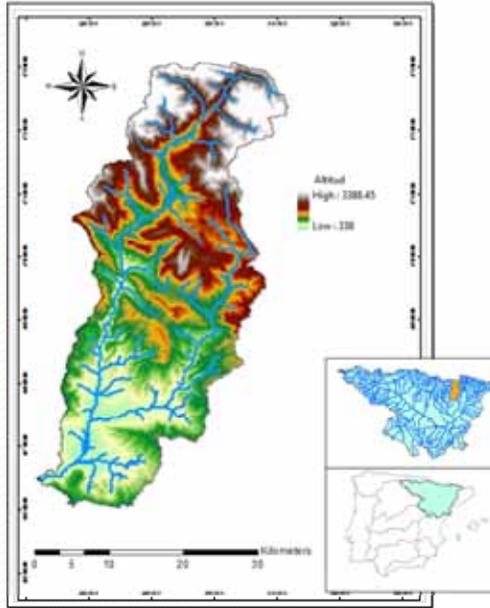
-F.O utilizadas por TETIS:

Índice de eficiencia de Nash y Sutcliffe (NSE).

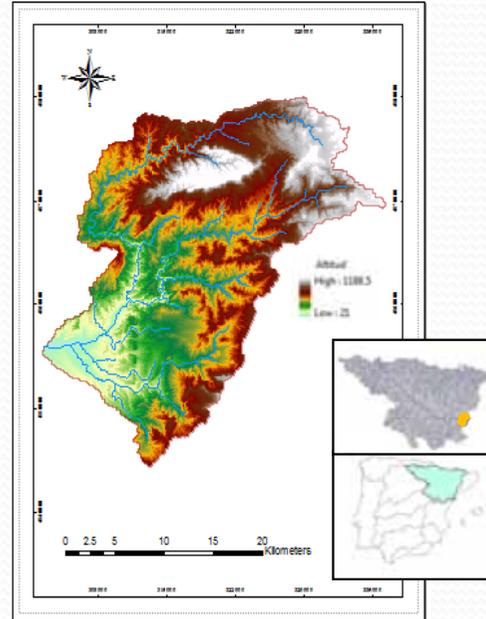
Error cuadrático medio (RMSE).

AREA DE ESTUDIO

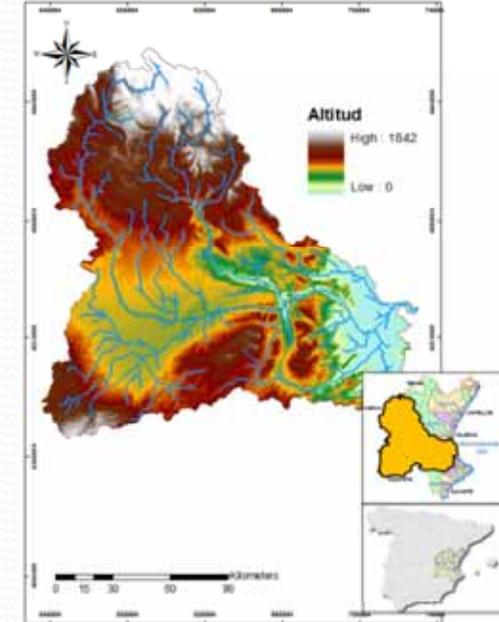
Cuenca del Río Ésera



Cuenca del Río Siurana

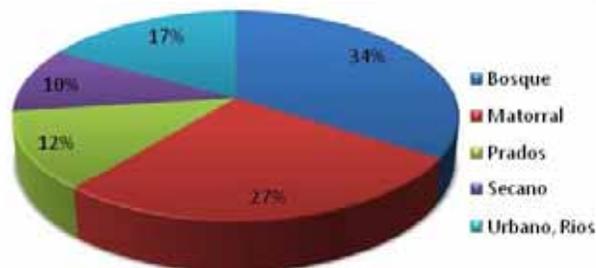


Cuenca del Río Júcar

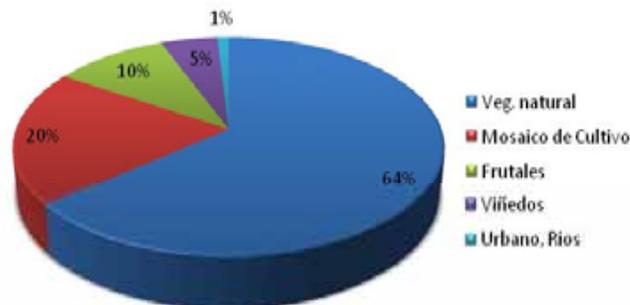


Área	1532 Km ²	615 Km ²	21430 Km ²
Clima	Zona alta: Nieve Invierno seco Verano tormentoso	Clima mediterráneo/ tendencia continental Calor en verano, T bajas Invierno, Inversión térmica	Clima continental Clima intermedio: Continental/litoral Clima litoral mediterráneo

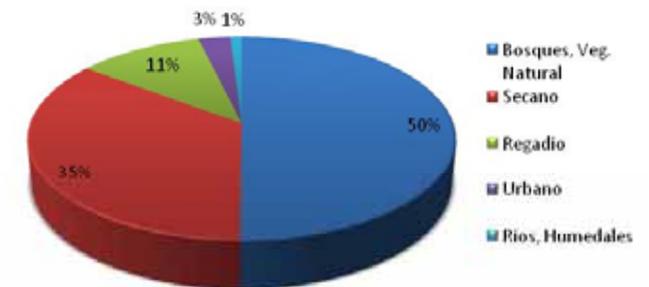
Usos de Suelo Ésera-CLC2000



Usos de Suelo Siurana- CLC2000

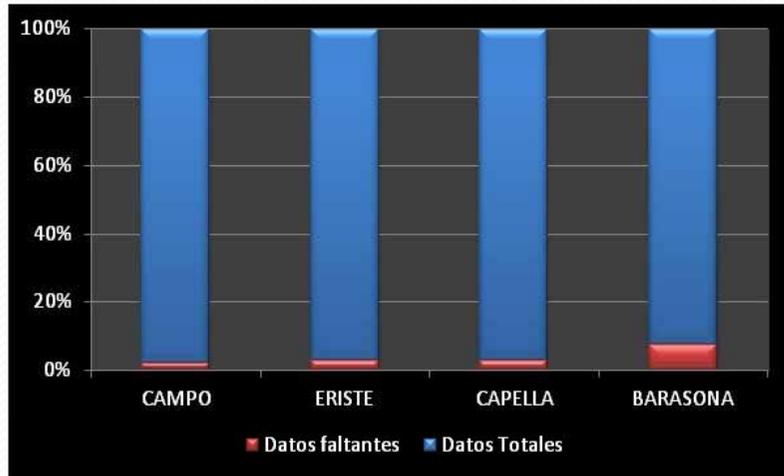


Usos de Suelo Júcar-CLC2000



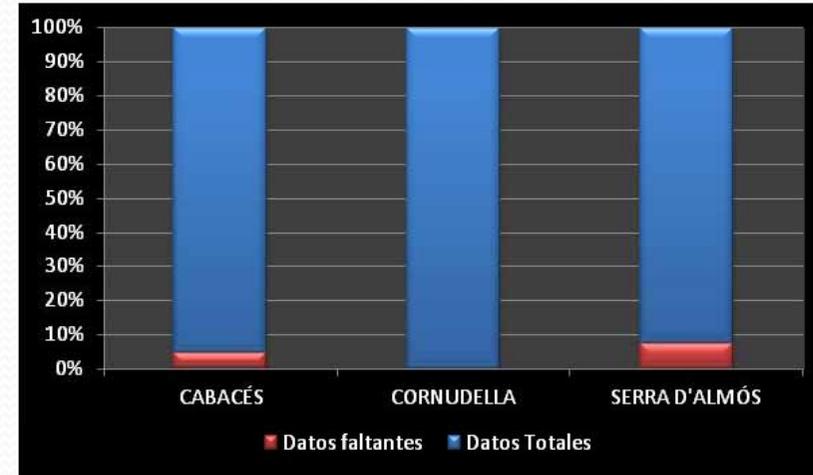
INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Series P y T puntual

Cuenca del Río Ésera



$P=590-902$
mm/año

Cuenca del Río Siurana

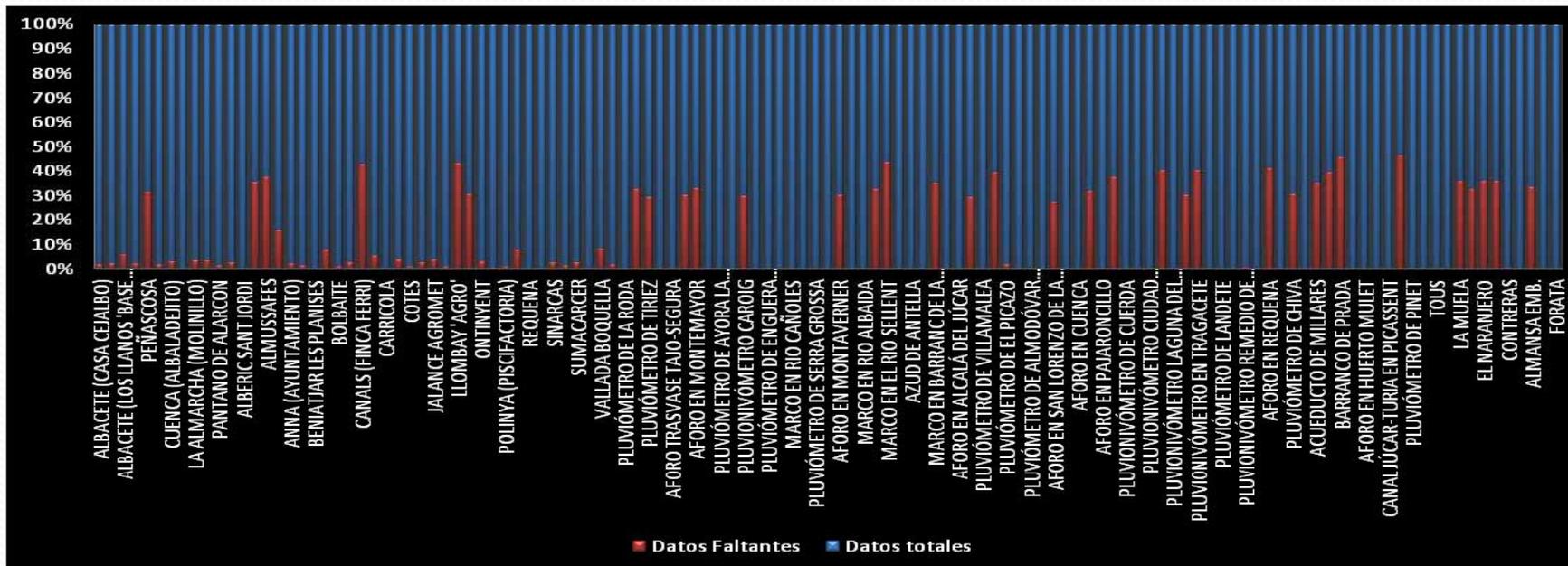


$P=209-315$
mm/año

Periodo 1997-2007 (Fuente: SAIH CHE)

Periodo 2003-2007 (Fuente: ACA)

Cuenca del Río Júcar



Estaciones
AEMET: 44
SAIH CHJ: 79

$P=117-822$
mm/año

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

INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Series P y T interpolada

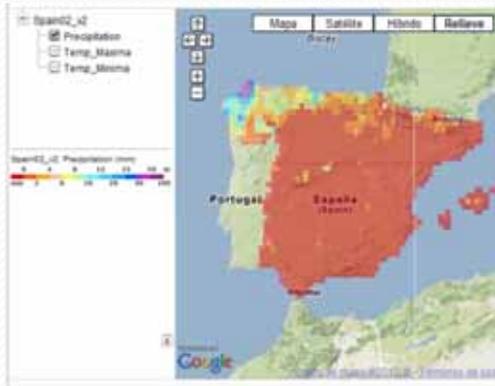
Base de datos interpoladas: definidas en rejillas regulares de alta resolución espacial y temporal, permitiendo análisis espacialmente homogéneos.



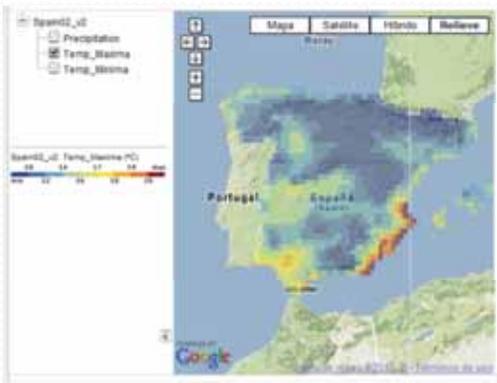
Control de calidad de la serie :

- ✓ Eliminación de errores puntuales (outliers)
- ✓ Porcentaje de datos registrados(1950-2003).
- ✓ Análisis de la homogeneidad mediante tests de hipótesis

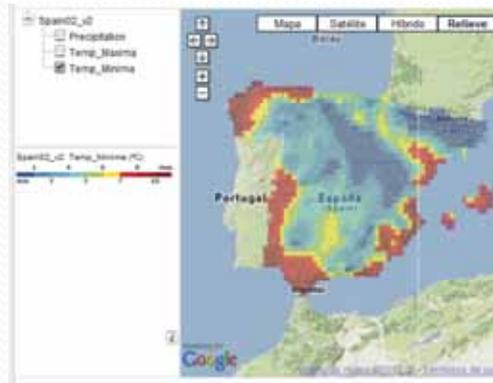
- Angular Distance Weighting (ADW).
- Kriging Ordinario (OK)
- Thin Plate Splines (TPS)
- Indicator Kriging (IK)



Precipitación



Temp. máxima



Temp. mínima

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

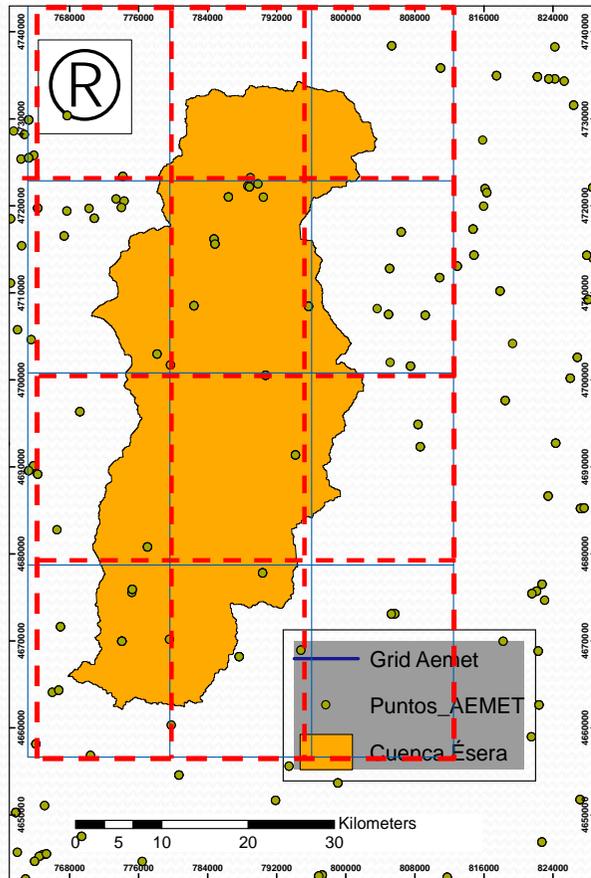
Spain02_V1 : periodo 1950 a 2003 (P)

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)

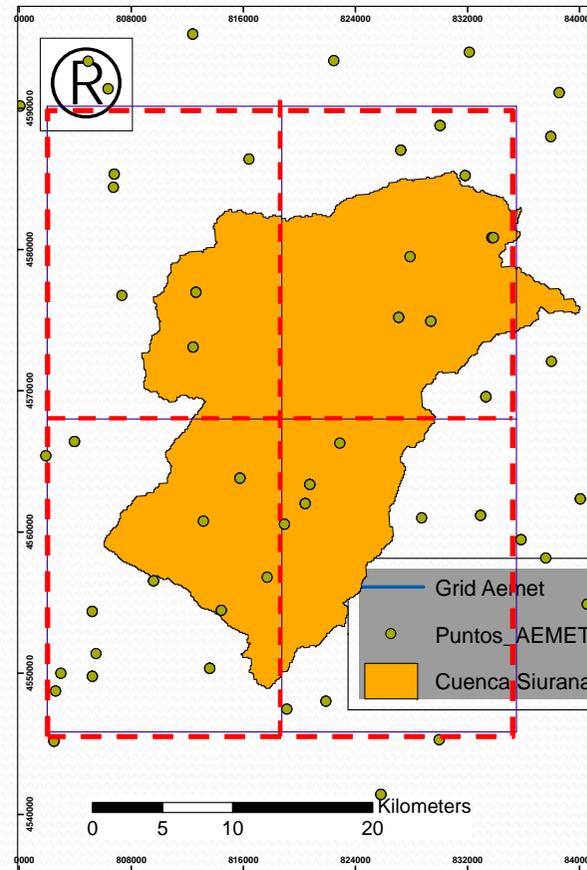
Zona Alta:

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

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)

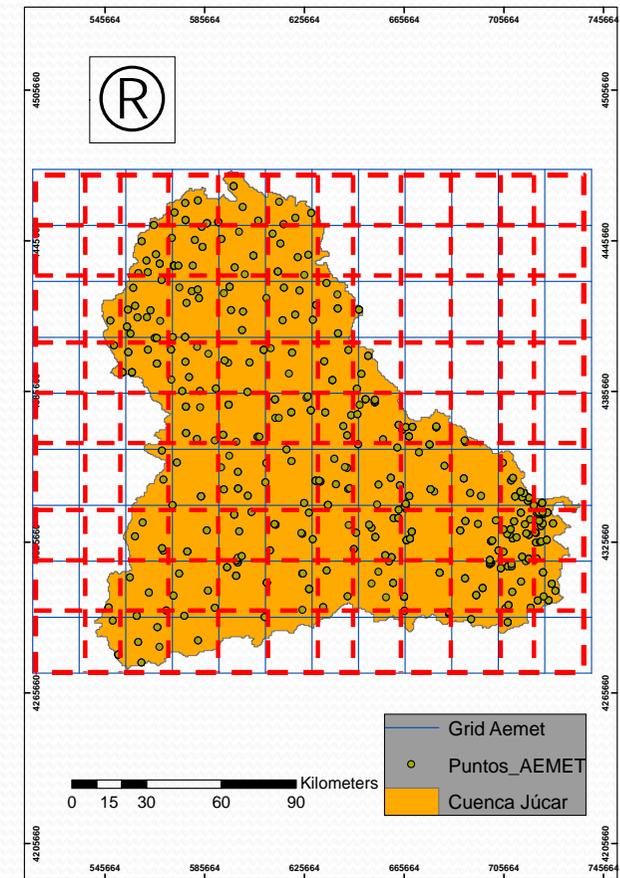
Zona Alta:

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

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

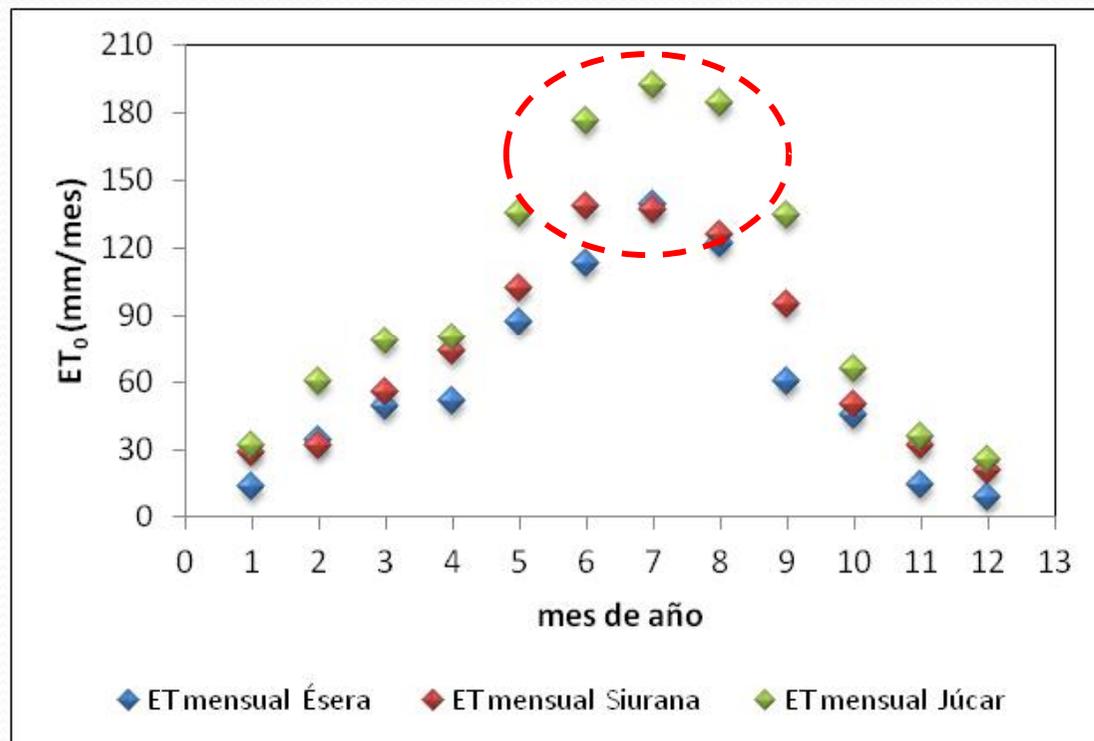
ETP

ET₀

Máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo cubierto de vegetación en su totalidad, que se desarrolla en óptimas condiciones y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua.

Aplicada a cultivos específicos o de referencia el cual no se ve sometido a déficit hídrico.

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



C. Río Ésera

Zona Alta: → **Carácter excedentario**

ET₀= 700 mm/año

Zona Baja: → **Carácter deficitario**

ET₀= 900 mm/año

C. Río Siurana

Zona Alta:

ET₀= 840 mm/año → **Carácter deficitario**

Zona Baja:

ET₀= 900 mm/año

C. Río Júcar

Zona Alta:

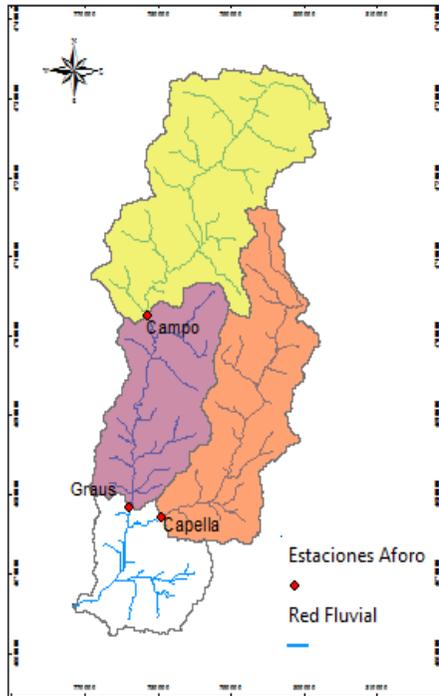
ET₀= 1200 mm/año → **Carácter deficitario**

Zona Baja:

ET₀= 1040 mm/año

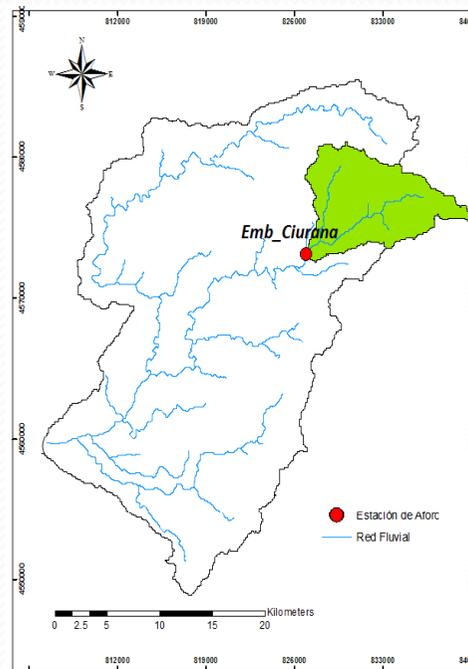
INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA: Serie de caudales en EA.

Cuenca del Río Ésera
SAIH-CHE: 1997-2007 (10 años)



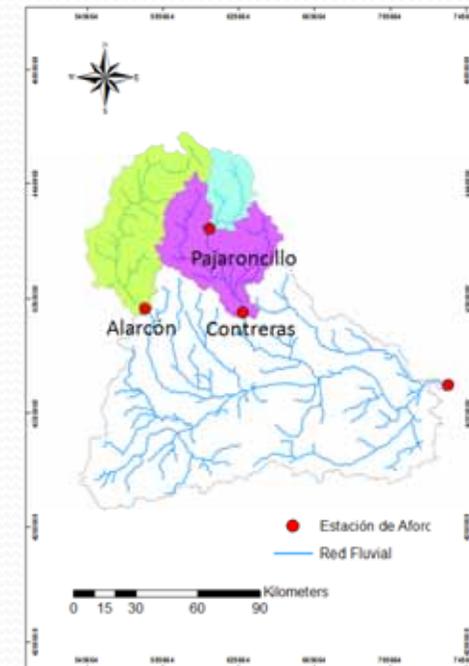
Régimen fluvial: Bimodal

Cuenca del Río Siurana
SAIH-ACA: 2003-2007 (4 años)

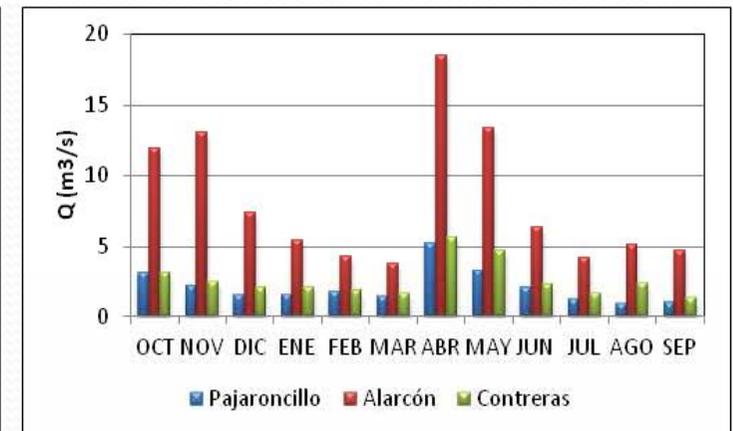
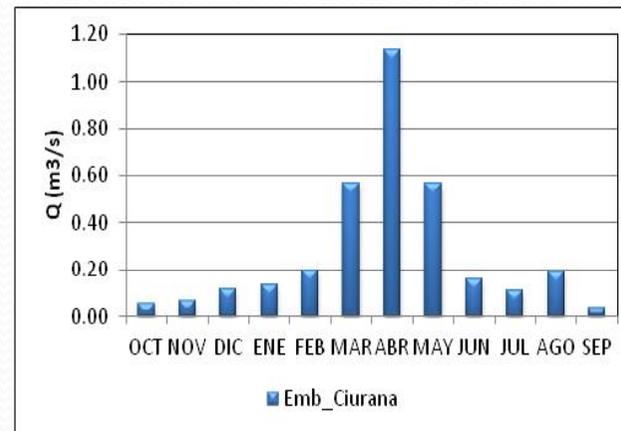
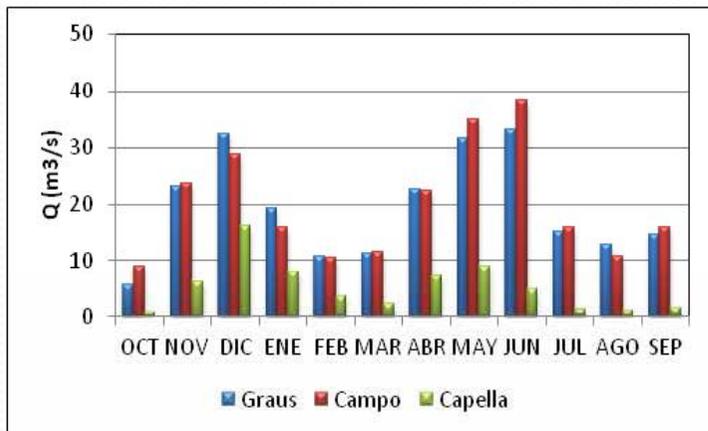


Régimen fluvial: pluvial

Cuenca del Río Júcar
SAIH-CHJ: 1999-2008 (9 años)



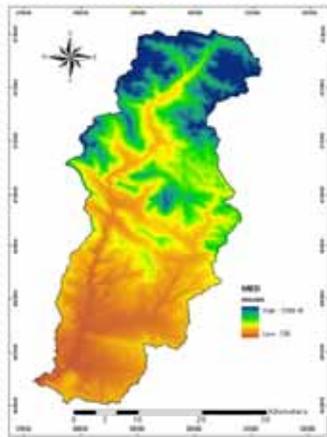
Régimen fluvial: Bimodal



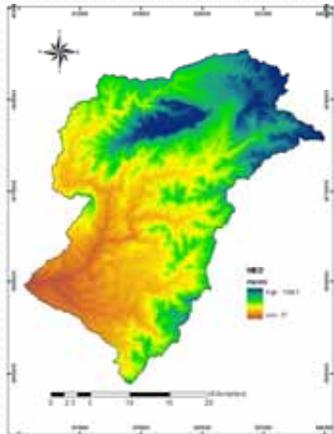
Parámetros derivados del Modelo de Elevación Digital (MED)

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.

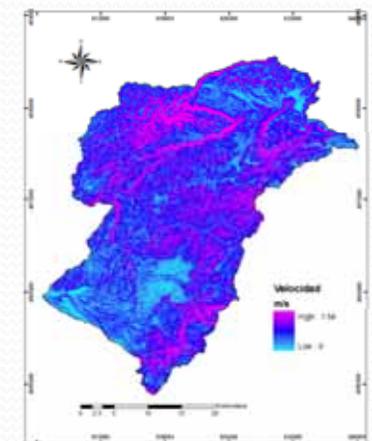
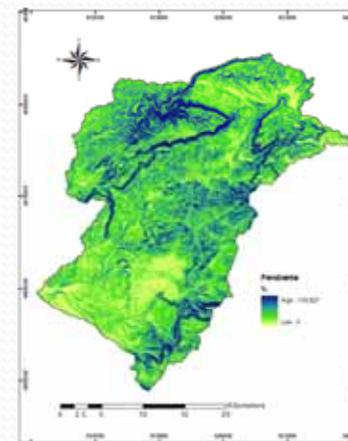
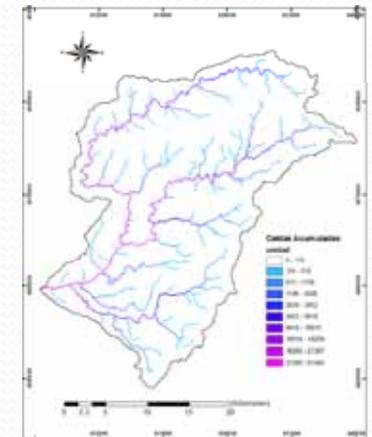
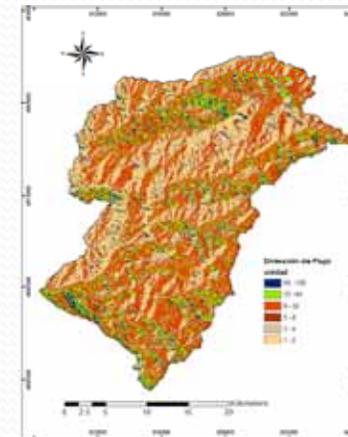
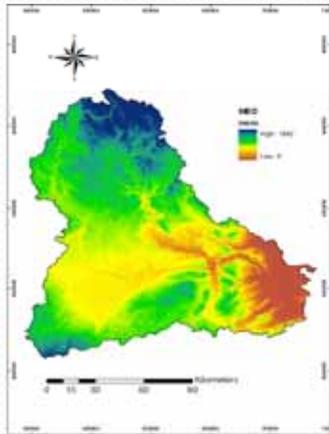
Tamaño Celda: 100 x 100 m



100 x 100 m



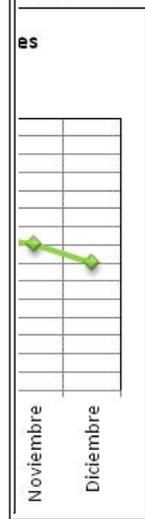
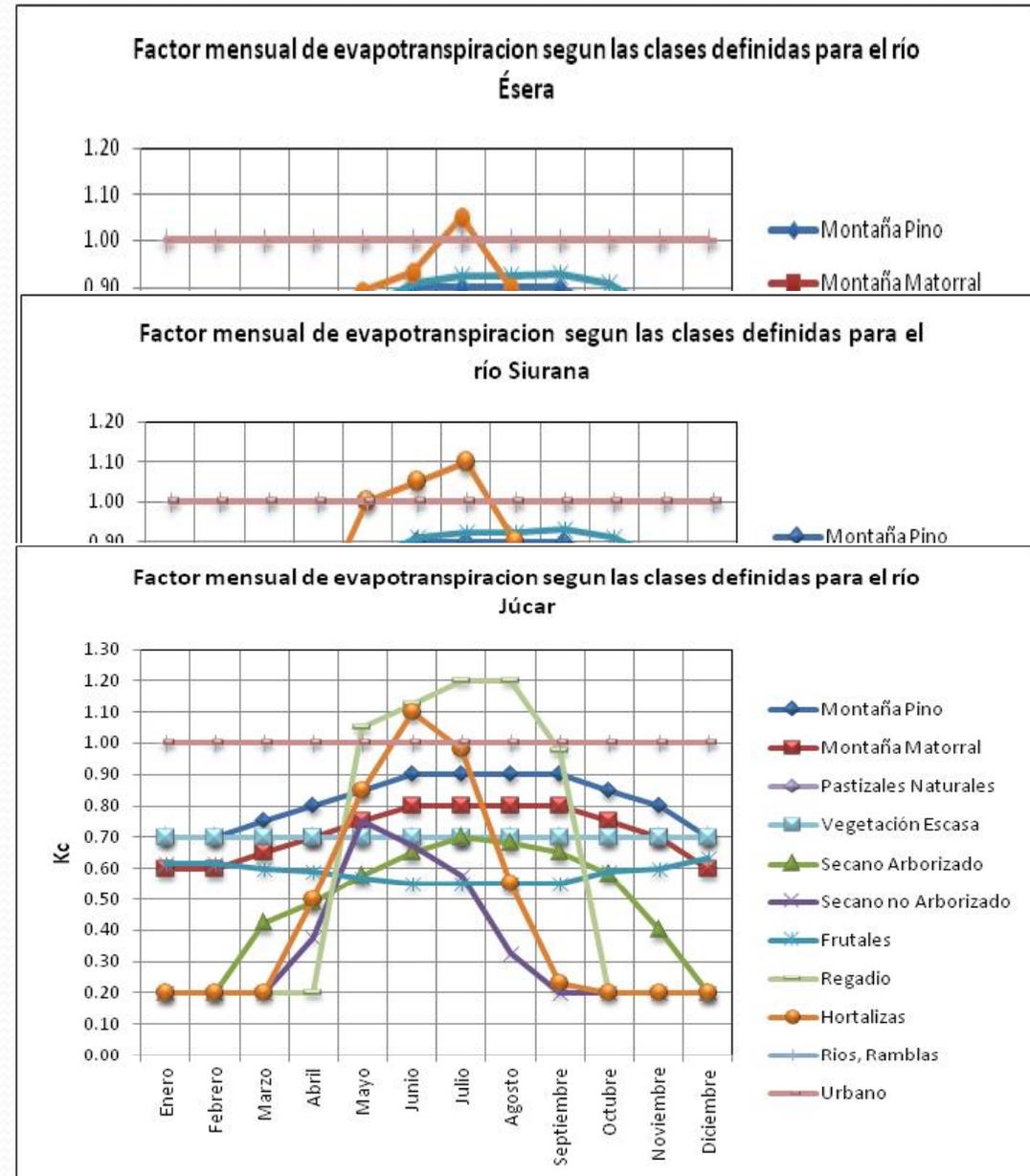
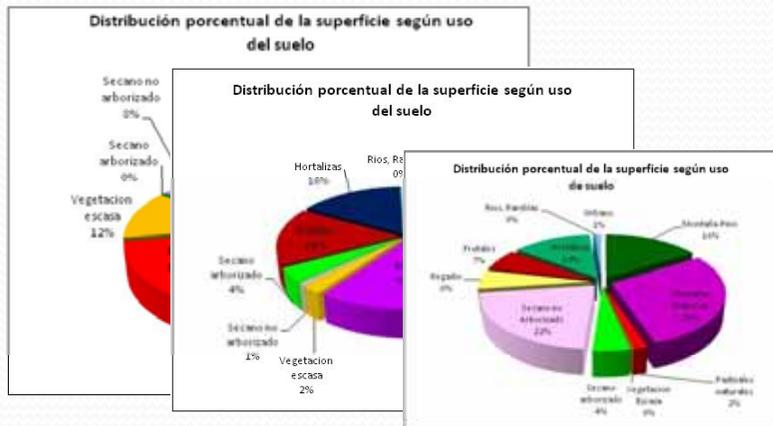
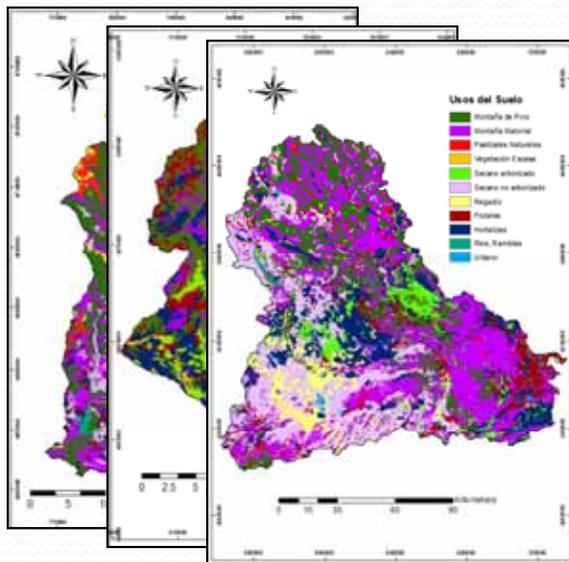
500 x 500 m



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

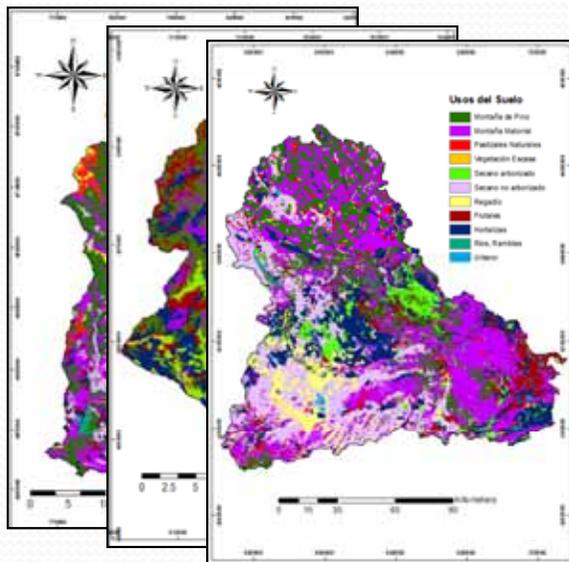


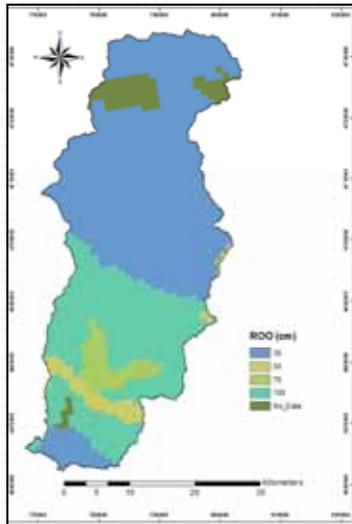
Tabla 6.18 Intercepción y almacenamiento superficial para diferentes coberturas.

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	Viveros	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 permanentes	0.00	0.00	0.00
REGADIO	Tierras regadas permanentemente	0.00	0.00	0.00
	Campos de arroz	0.00	0.00	0.00

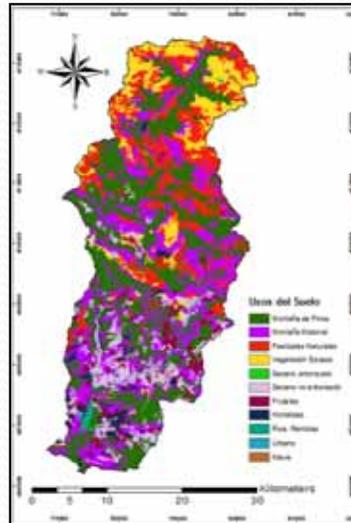
Parámetros Hidráulicos: Almacenamiento estático del suelo (Hu)

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

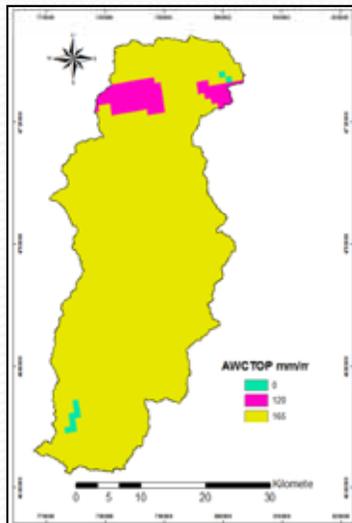
ESDB



Obstáculo de Prof. raíces

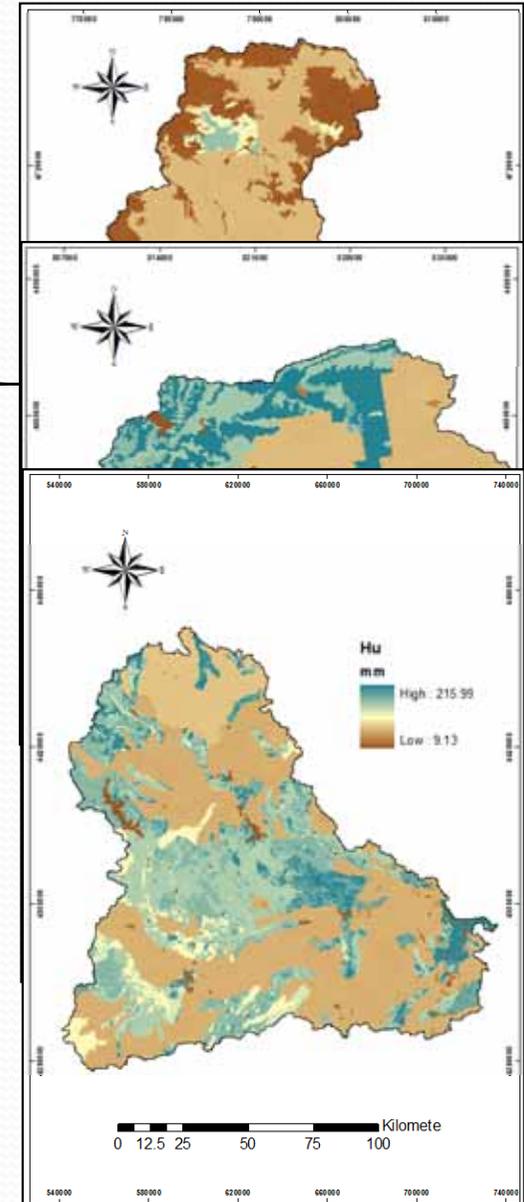


Prof. raíces



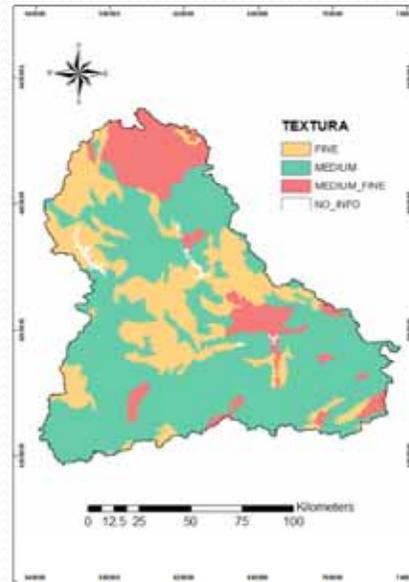
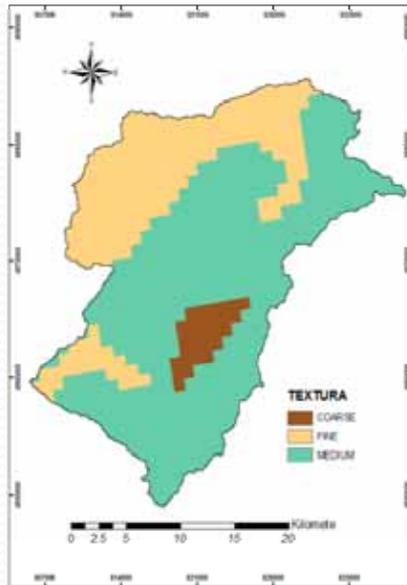
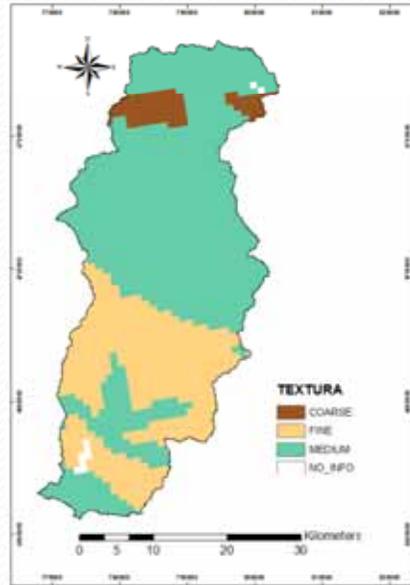
Capac. de agua (AWC_TOP)

Profundidad de almacenamiento estático



Parámetros Hidráulicos: Conductividad hidráulica del suelo (Ks)

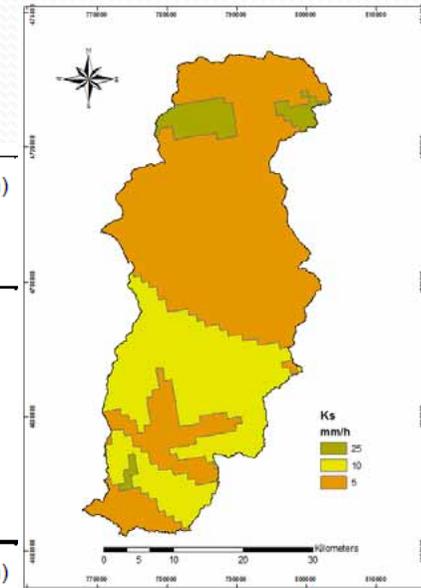
ESDB



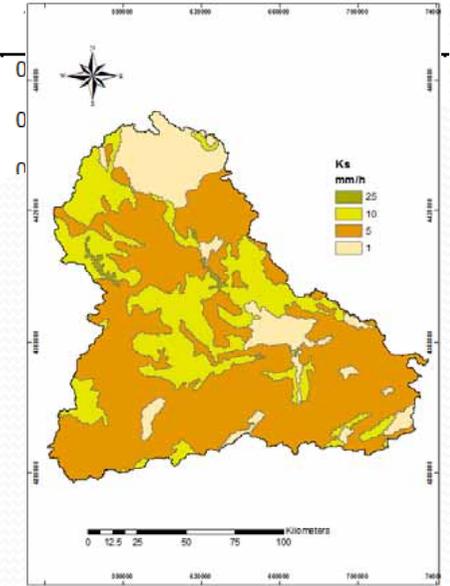
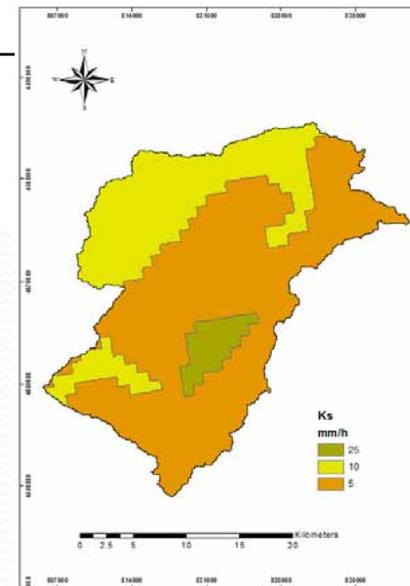
Funciones de pedo-transferencia continuas (Modelo de Mualem-van Genuchten)



TOPSOILS	Texture class	h (cm)
	Coarse	pF
	Medium	K
	Medium-fine	K
	Fine	K
	Very fine	K
SUBSOILS	Texture class	h (cm)

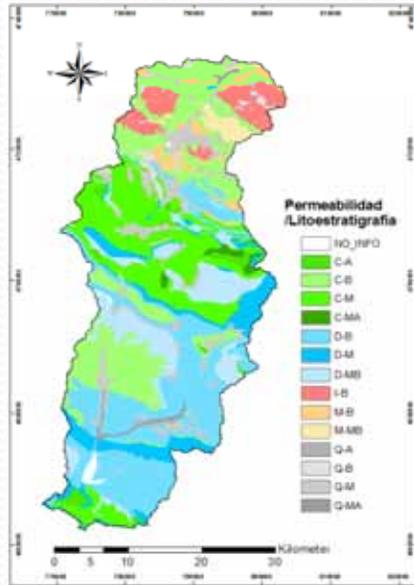


	250	500	1000
	2.4	2.7	3
	2.8E-3	3.2E-4	3.5E-5
	4.8E-3	1.3E-3	3.5E-4
	1.1E-2	2.7E-3	5.9E-4
	2.3E-3	5.9E-4	1.5E-4
	1.1E-3	2.1E-4	3.9E-5

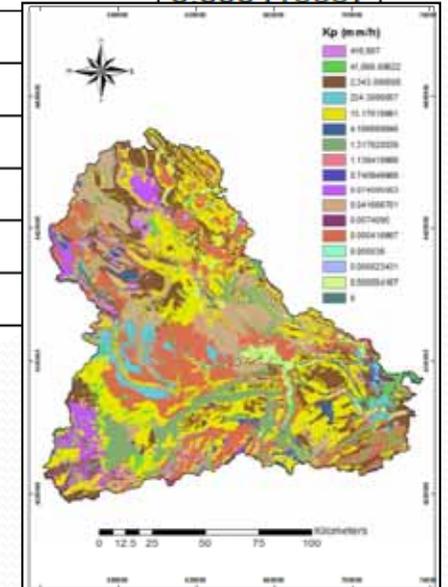
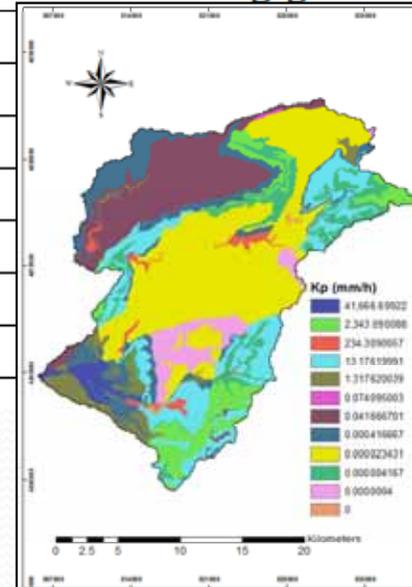
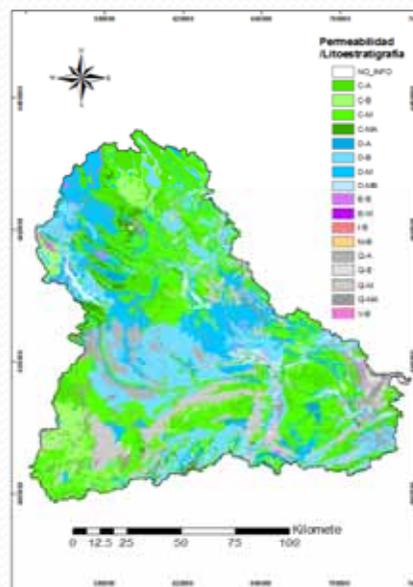
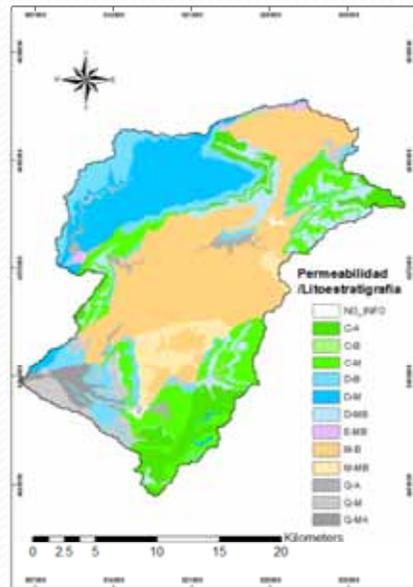
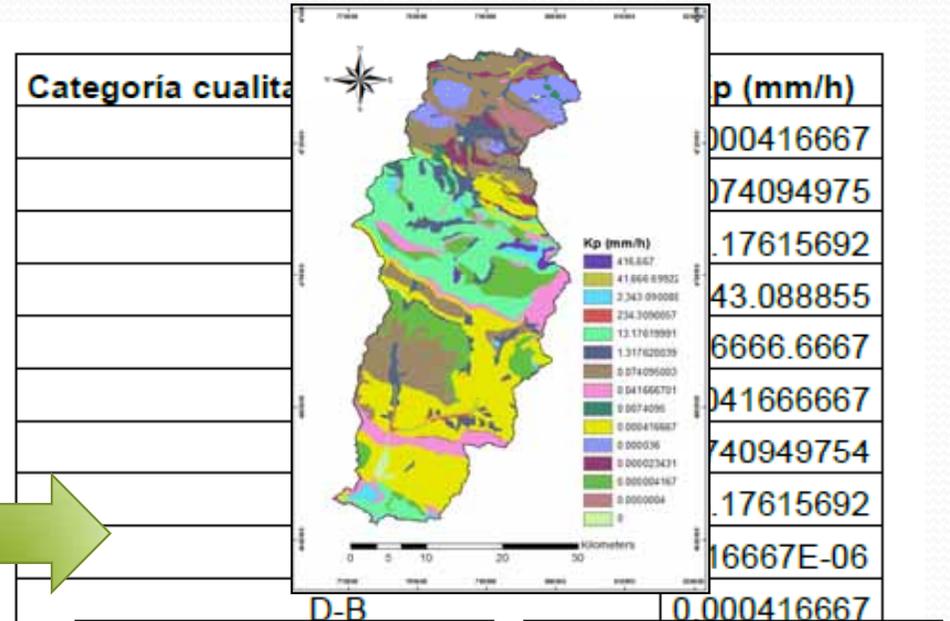


Parámetros Hidráulicos: Conductividad hidráulica del acuífero (Kp)

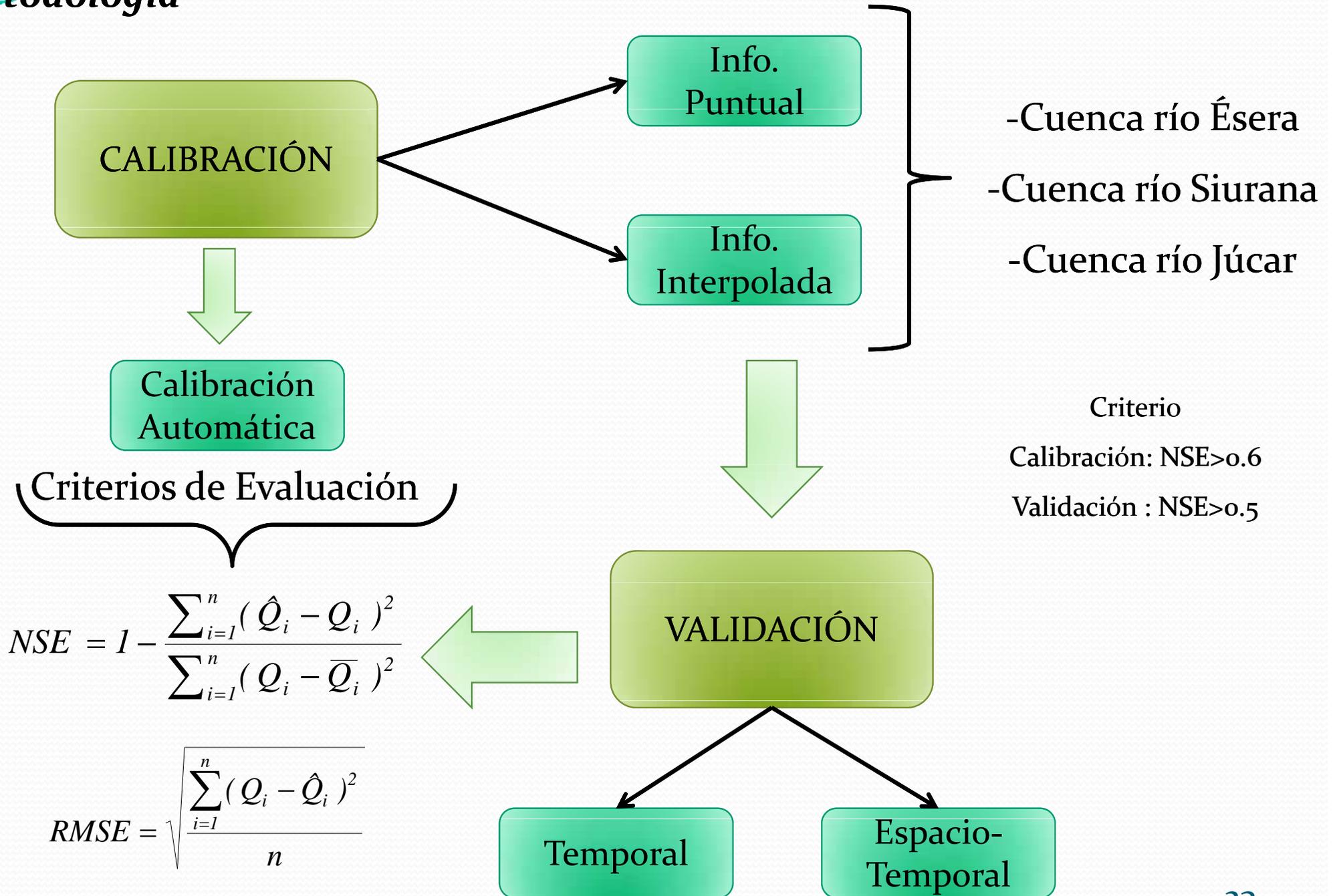
IGME



Mapa de



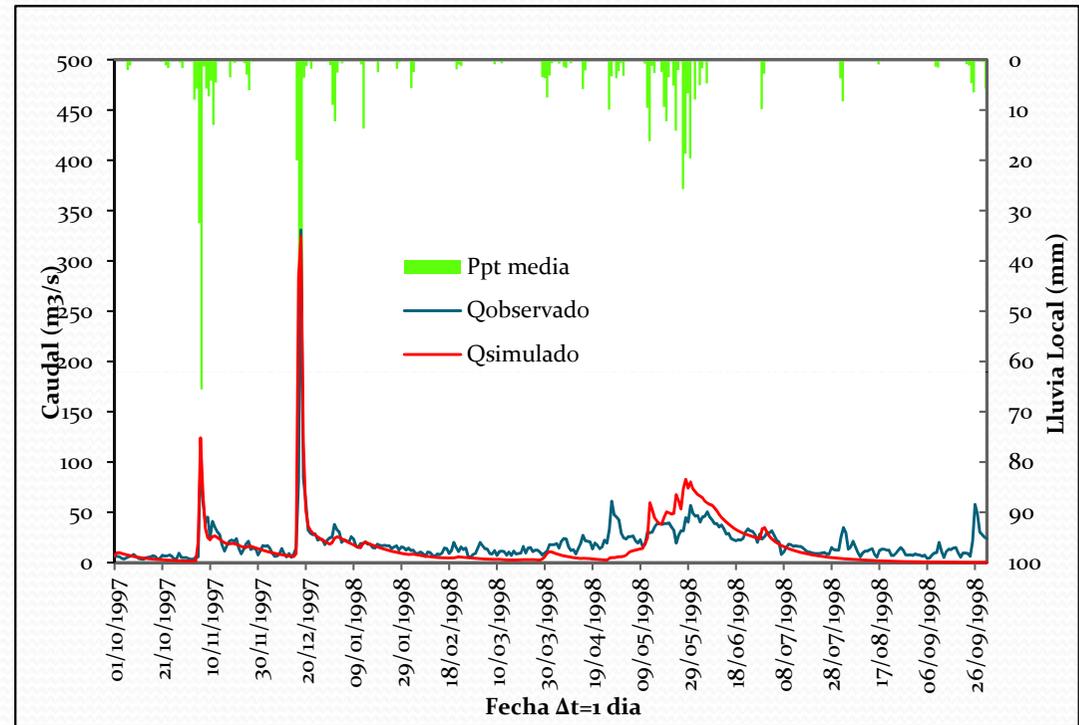
Metodología



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

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL



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 Evento 1997/98
Indice de eficiencia NSE	0.4056
RMSE (m³/s)	16.252

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

Agua interceptada por la vegetación:	
Entrada por Lluvia [Hm ³]:	588.541
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	97.846
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	489.723
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	276.173
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	498.723
Escorrentía directa [Hm ³]:	86.683
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	412.022
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	420.325
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	4.724
Flujo Base [Hm ³]:	2.250
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	4.724
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	509.336

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

-Escorrentía directa (17%)

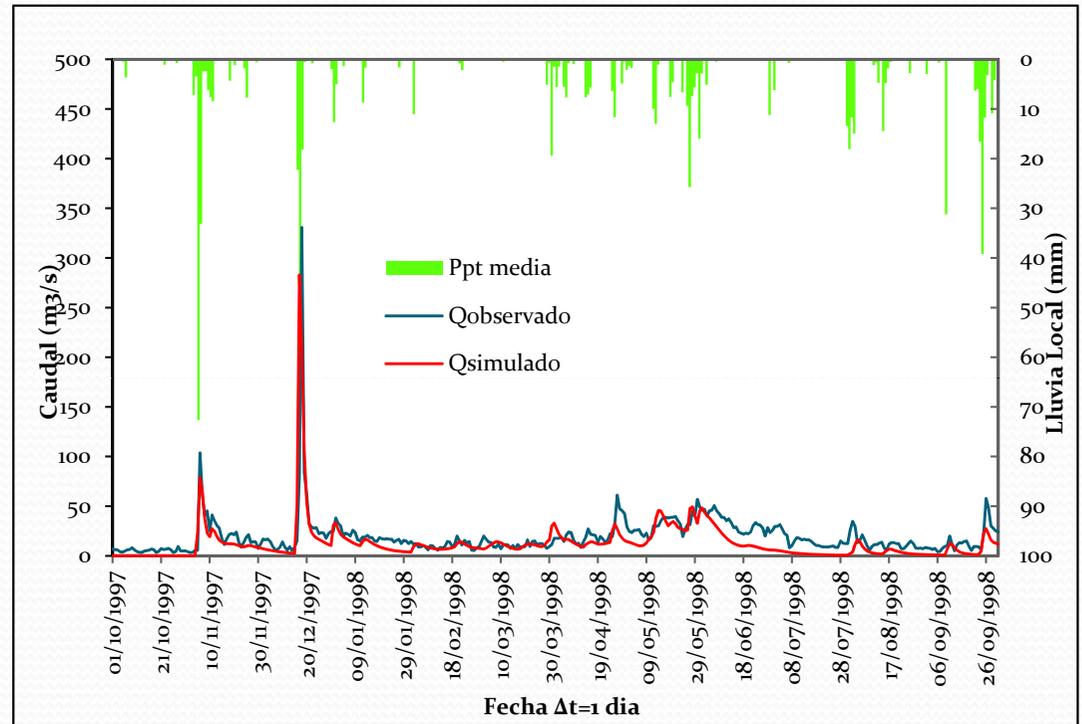
-Flujo Subsuperficial (82.5%)

-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

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA



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

Agua interceptada por la vegetación:	
Entrada por Lluvia [Hm ³]:	693.734
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	114.575
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	577.021
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	248.510
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	484.971
Escorrentía directa [Hm ³]:	78.558
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	406.390
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	379.946
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	5.077
Flujo Base [Hm ³]:	2.250
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	5.077
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	436.167

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

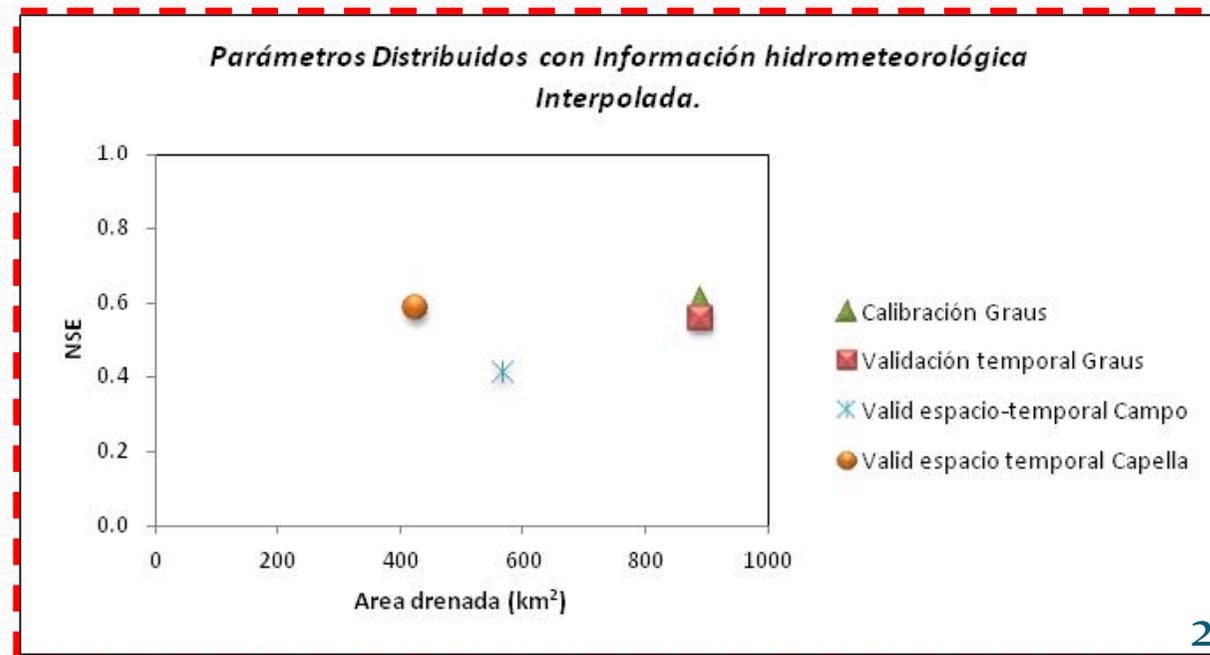
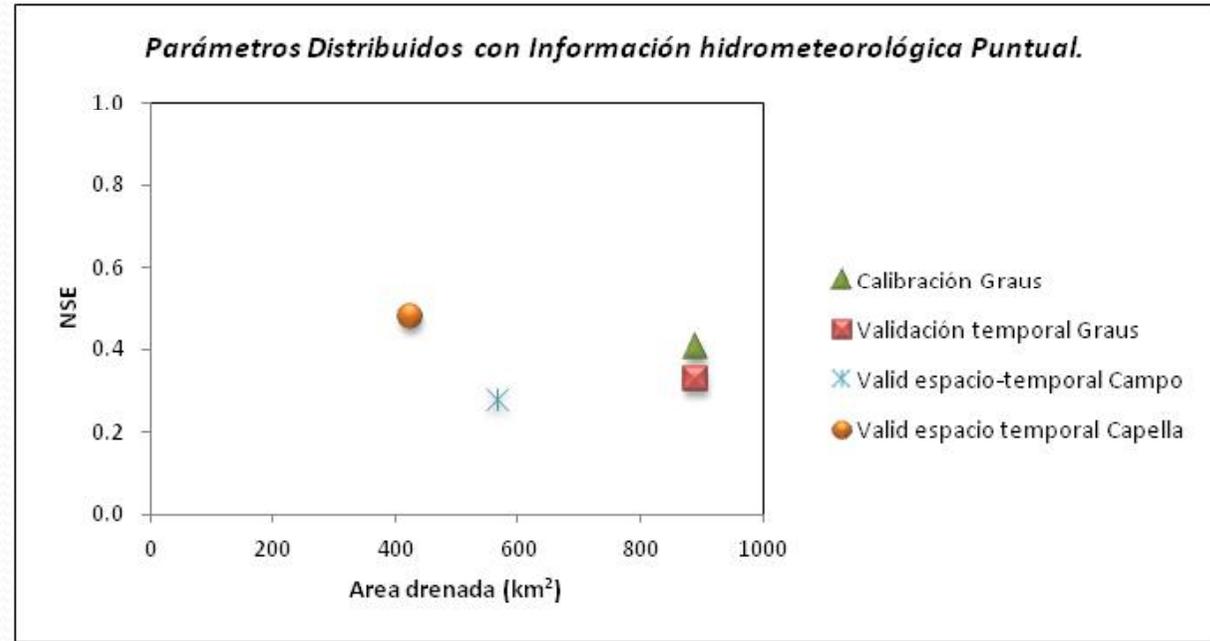
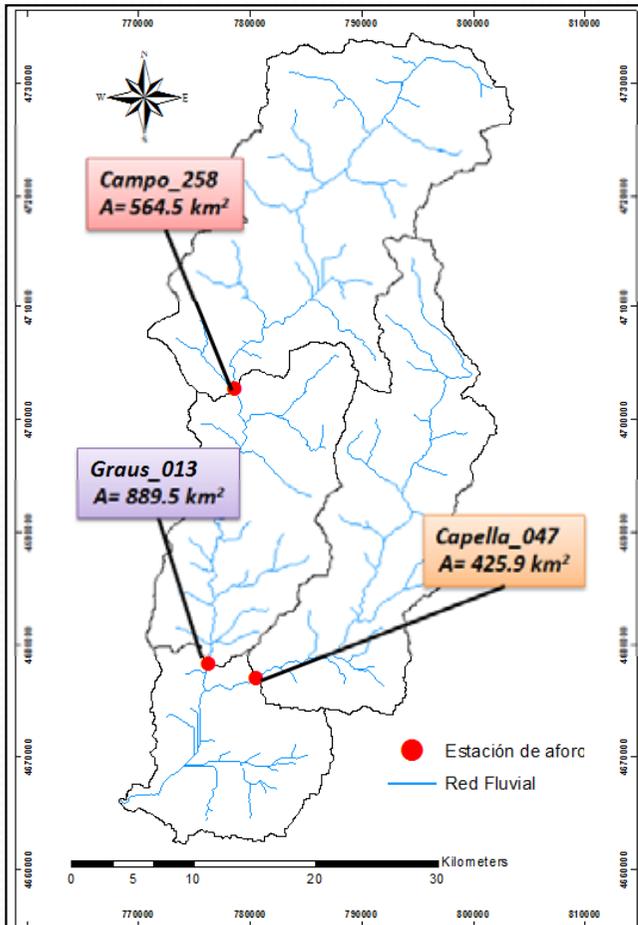
-Escorrentía directa (17%)

-Flujo Subsuperficial (82.5%)

-Flujo base (0.5%)

Cuenca río Ésera. Validación temporal y espacio-temporal.

Oct de 1997 a Sep de 2007



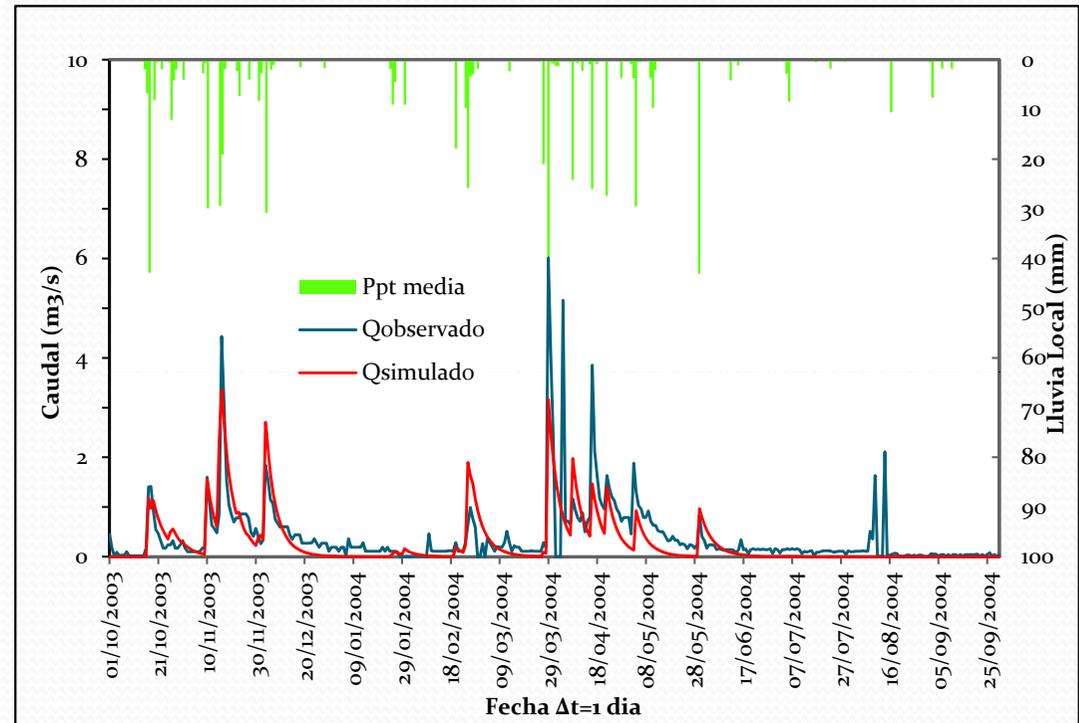
Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868

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 (m ³ /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 [Hm ³]:	37.438
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	12.288
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	25.150
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	9.225
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	15.901
Escorrentía directa [Hm ³]:	1.503
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	15.901
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	9.246
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	6.650
Flujo Base [Hm ³]:	0.00
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	6.645
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	10.749

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

-Escorrentía directa (14%)

-Flujo Subsuperficial (86%)

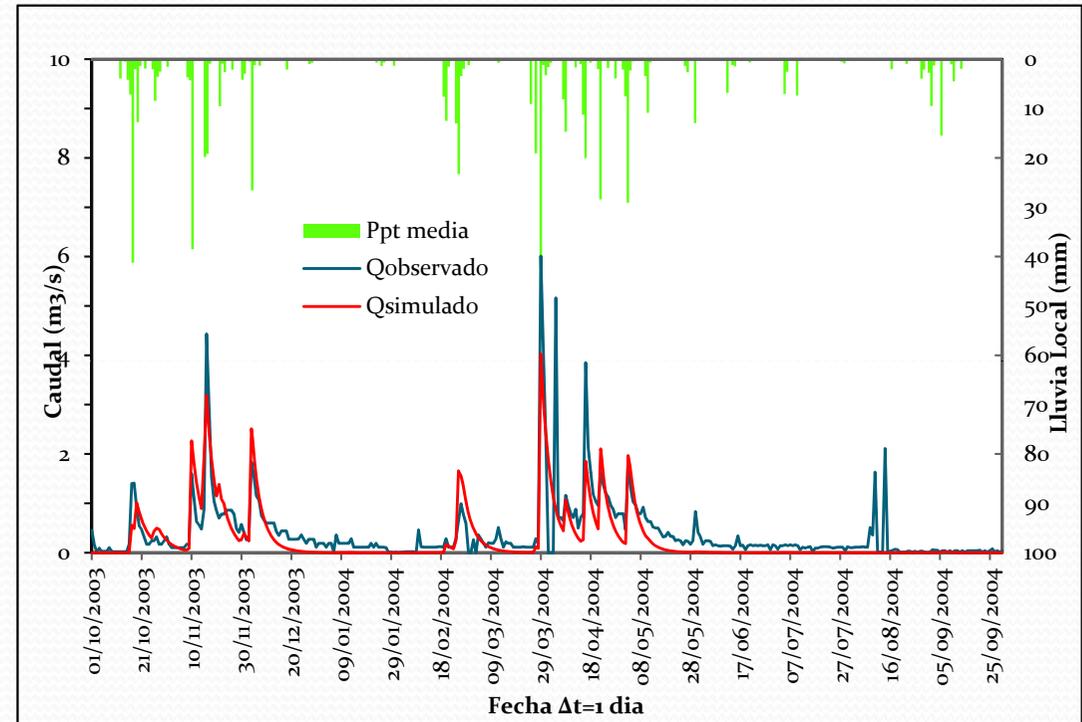
-Flujo base (0.0%)

Cuenca río Siurana. Calibración en Emb. Siurana _9868

Oct de 2003 a Sep de 2004

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA

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

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 [Hm ³]:	38.906
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	13.579
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	25.326
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	9.650
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	15.507
Escorrentía directa [Hm ³]:	2.503
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	15.901
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	8.820
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	6.682
Flujo Base [Hm ³]:	0.00
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	6.677
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	11.323

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

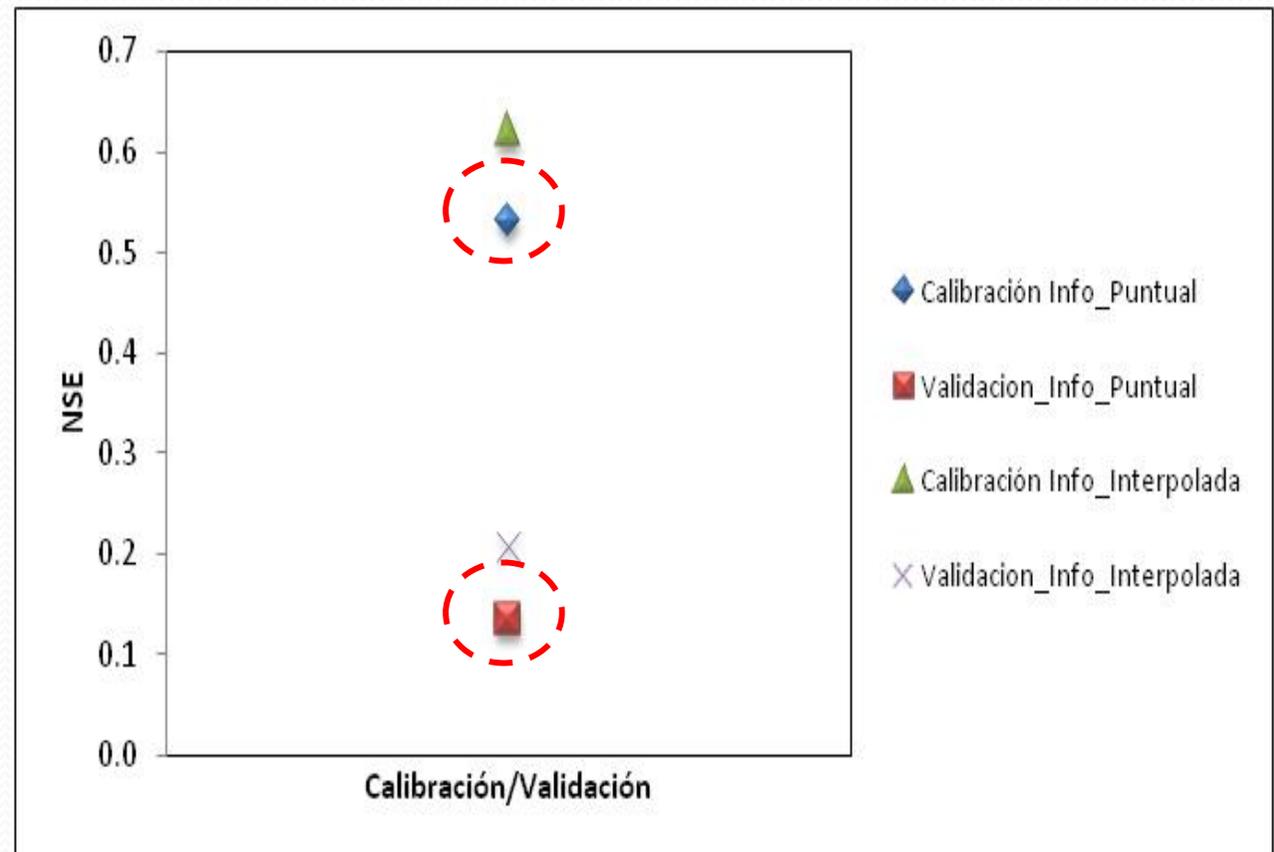
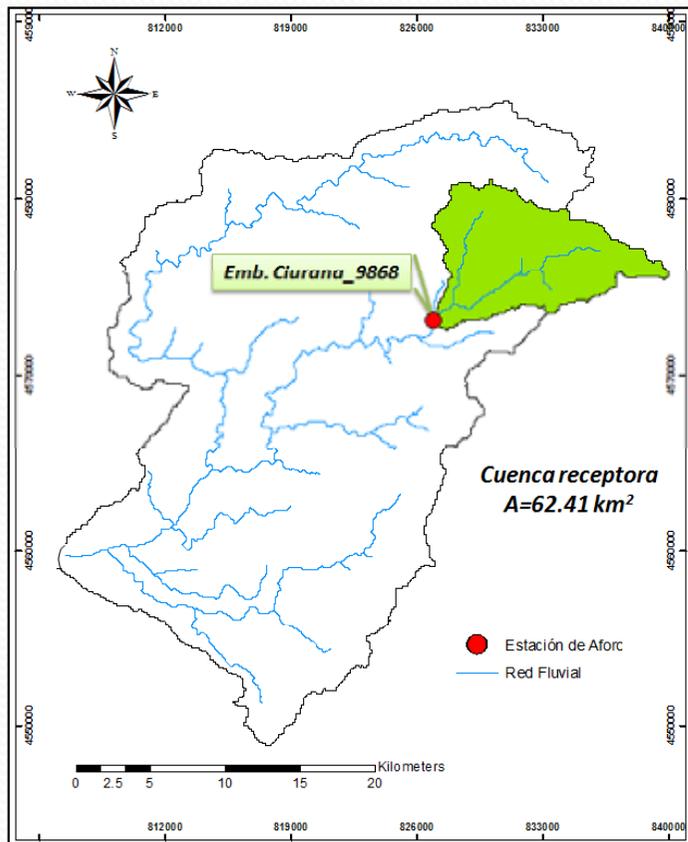
-Escorrentía directa (22%)

-Flujo Subsuperficial (78%)

-Flujo base (0.0%)

Cuenca río Siurana. Validación temporal.

Oct de 2003 a Sep de 2007

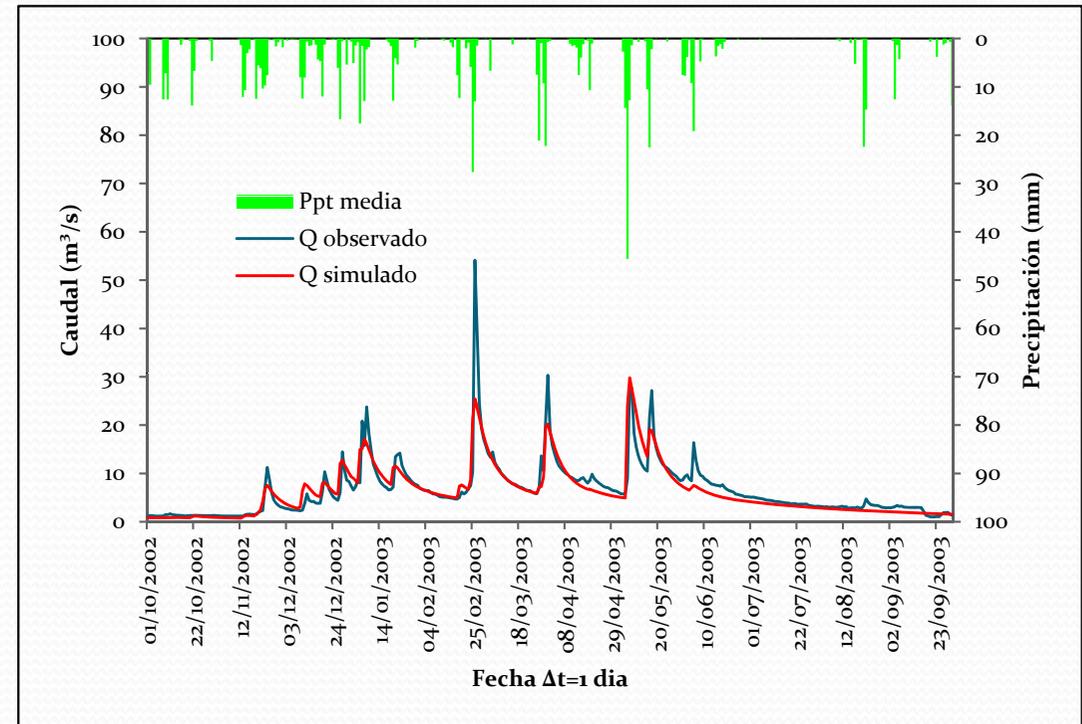


Cuenca río Júcar. Calibración en Pajaroncillo_8090

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

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL



Serie de Precipitación
SAIH CHJ+AEMET

Criterio de evaluación	R. Júcar Evento 2002/03
Índice de eficiencia NSE	0.786
RMSE (m ³ /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 [Hm ³]:	652.601
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	150.956
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	498.718
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	251.636
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	260.887
Escorrentía directa [Hm ³]:	65.844
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	185.718
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	56.110
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	122.873
Flujo Base [Hm ³]:	75.167
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	53.354
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	197.099

CALIBRACIÓN. INFO. PUNTUAL

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

-Escorrentía directa (33%)

-Flujo Subsuperficial (28%)

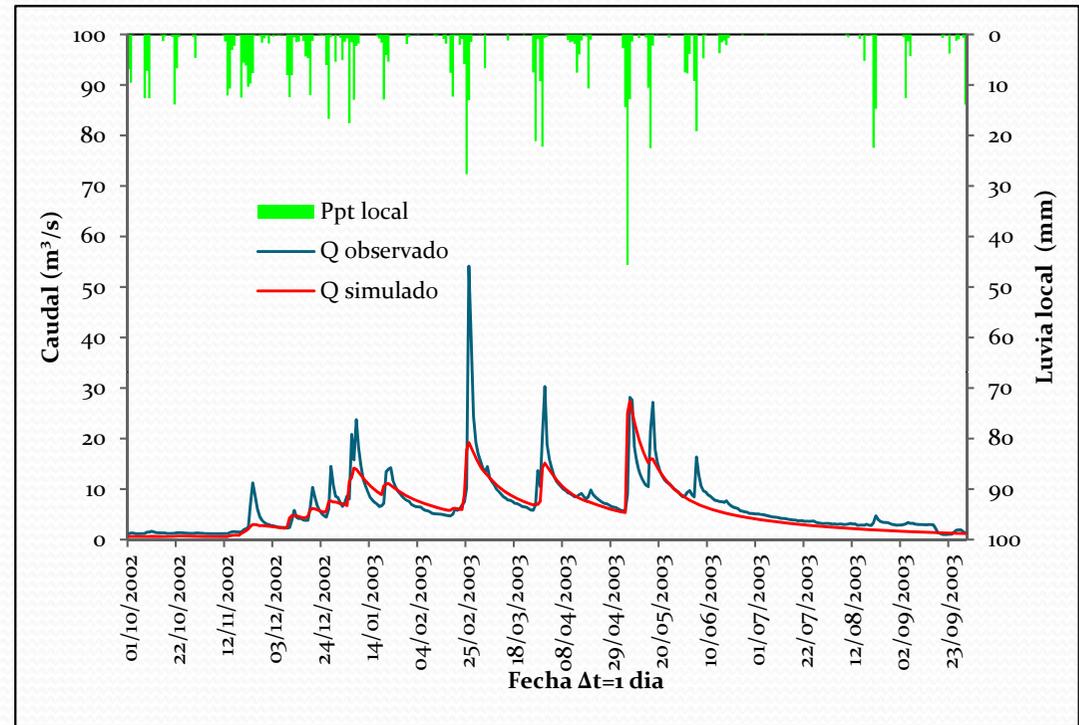
-Flujo base (38%)

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

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA



Serie de Precipitación
GRID AEMET

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

Agua interceptada por la vegetación:	
Entrada por Lluvia [Hm ³]:	615.217
Flujo de salida E directa [Hm ³]:	141.877
Agua capilar en el suelo:	
Entrada por "throughfall" [Hm ³]:	469.954
Flujo de salida Es+T [Hm ³]:	223.533
Agua en superficie:	
Excedente de Ppt [Hm ³]:	252.741
Escorrentía directa [Hm ³]:	46.166
Almacenamiento gravitacional:	
Cantidad de Infiltración [Hm ³]:	206.568
Flujo Subsuperficial [Hm ³]:	60.173
Nivel del acuífero:	
Entrada por Percolación [Hm ³]:	140.888
Flujo Base [Hm ³]:	78.841
Perdidas subterráneas [Hm ³]:	59.531
Caudal de salida de la cuenca [Hm ³]:	185.158

CALIBRACIÓN. INFO. INTERPOLADA

BALANCE HÍDRICO:

Aportación al Caudal total:

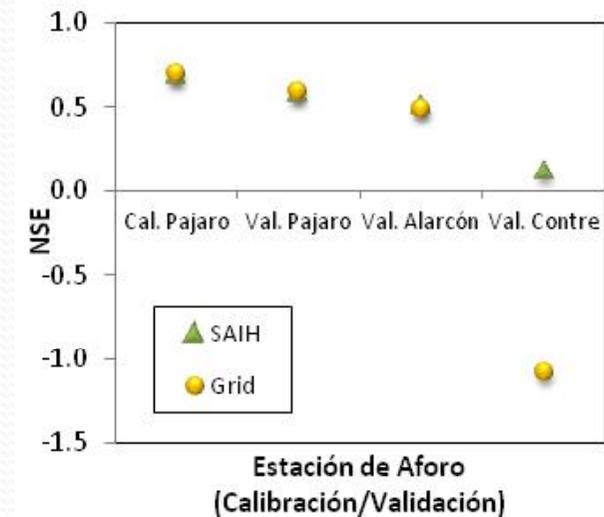
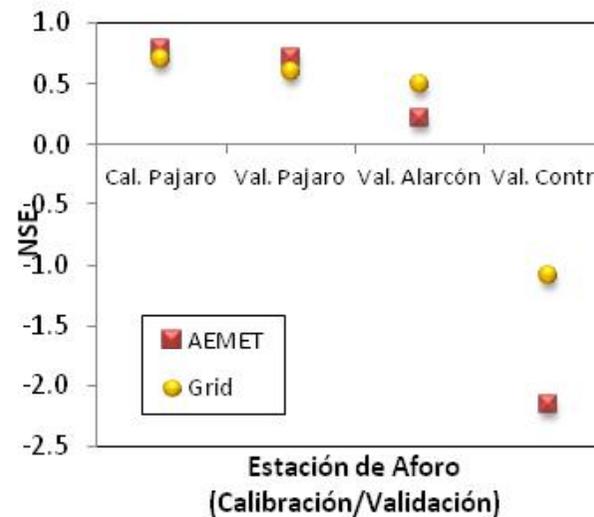
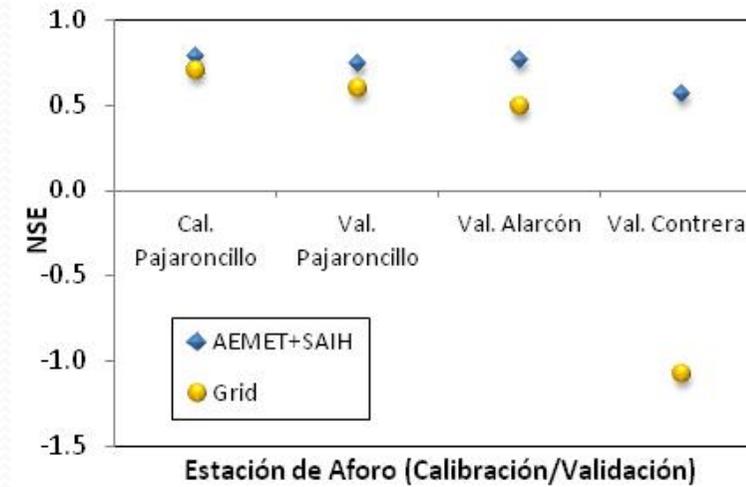
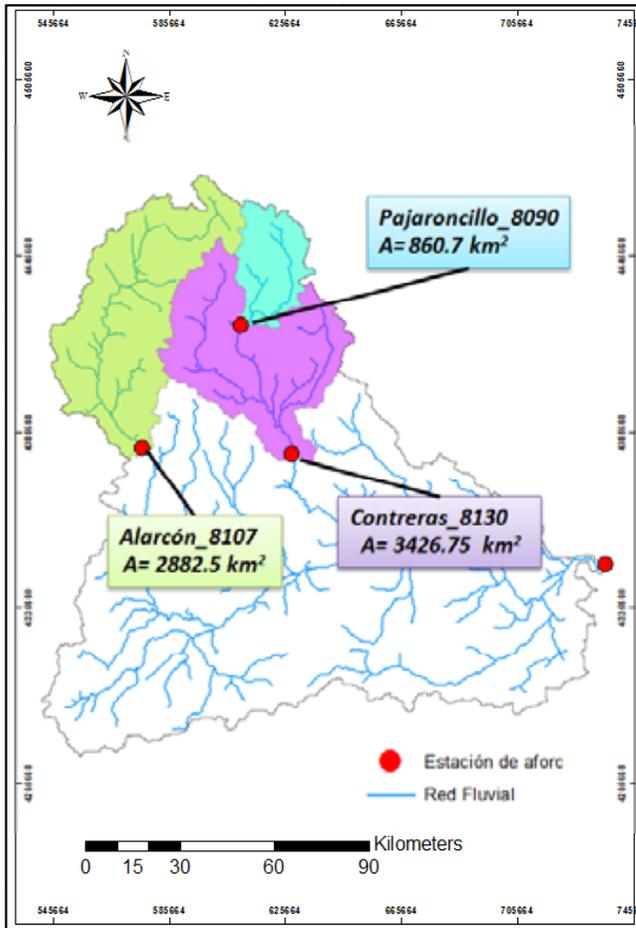
-Escorrentía directa (25%)

-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.

An aerial photograph of a vast, rolling landscape of green hills and valleys. A river winds through a valley in the lower-left quadrant. The hills are covered in dense green vegetation, and the sky is filled with soft, white clouds. The overall scene is peaceful and scenic.

Gracias por la atención