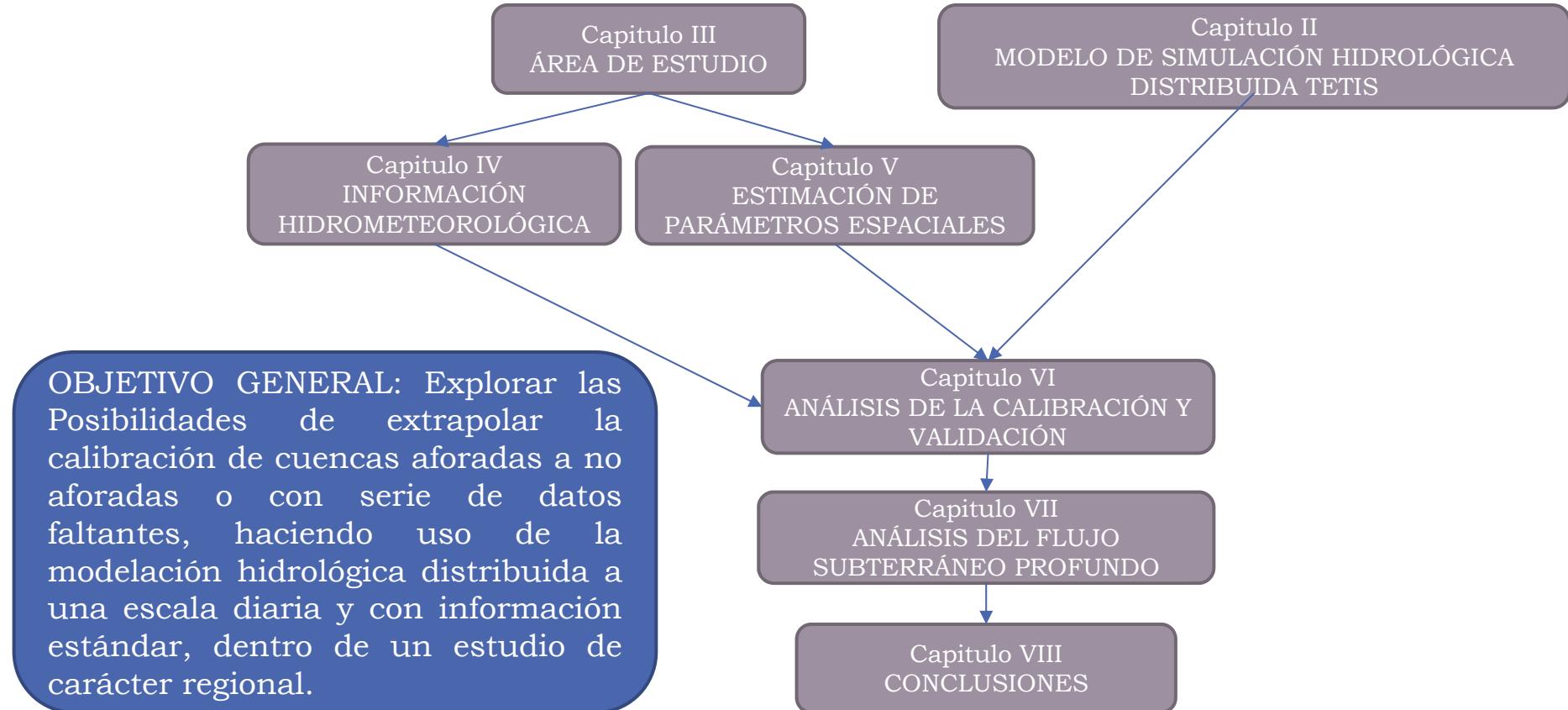


**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER: “*ANÁLISIS DE LA
IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO
DISTRIBUIDO TETIS EN EL ÁMBITO REGIONAL DE LA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
UTILIZANDO INFORMACIÓN ESTÁNDAR*”**

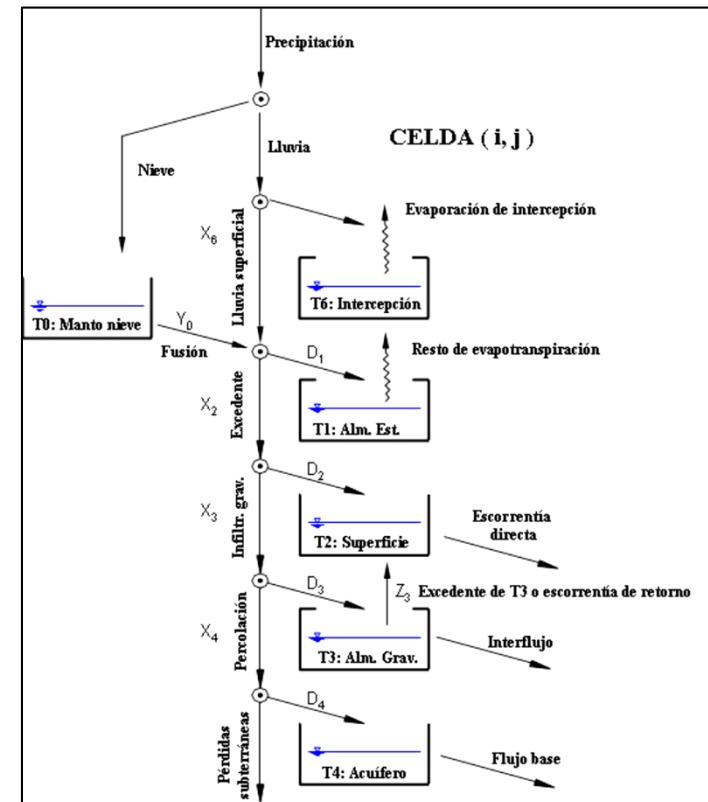
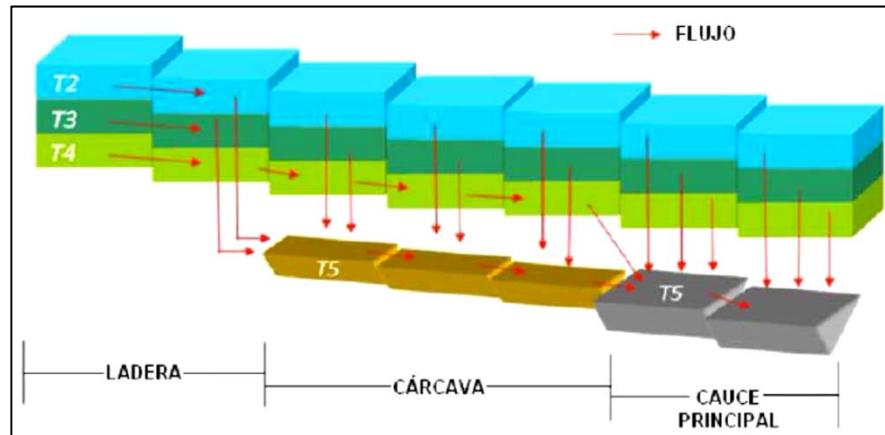
Autor: Ronny Rios Pacheco
Director: Félix Francés García



MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DISTRIBUIDA TETIS

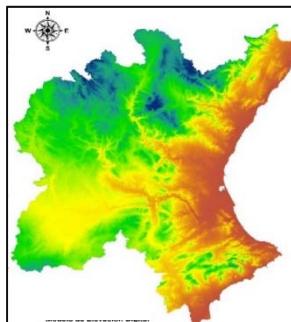
DESCRIPCIÓN DEL MODELO

- Estructura de tanques en cada celda, interconectados vertical y horizontalmente que presentan tres grandes almacenamientos.
- La conceptualización del modelo TETIS es una malla interconectada en tres dimensiones, donde los tanques drenan según la dirección del MED.

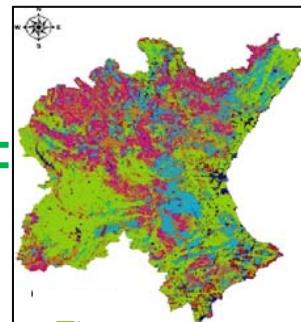


Factor corrector	Parámetro	Símbolo
FC1	Capacidad de almacenamiento hídrico	H_u
FC2	Índice de cobertura de vegetación	λ
FC3	Capacidad de infiltración	K_s
FC4	Velocidad del flujo superficial	u
FC5	Capacidad de percolación	K_p
FC6	Velocidad del interflujo	K_{ss}
FC7	Capacidad de percolación profunda	K_{ps}
FC8	Velocidad del flujo base	K_{sa}
FC9	Velocidad del flujo en canal	v

Estructura separada del parámetro



✗ $FC_s =$

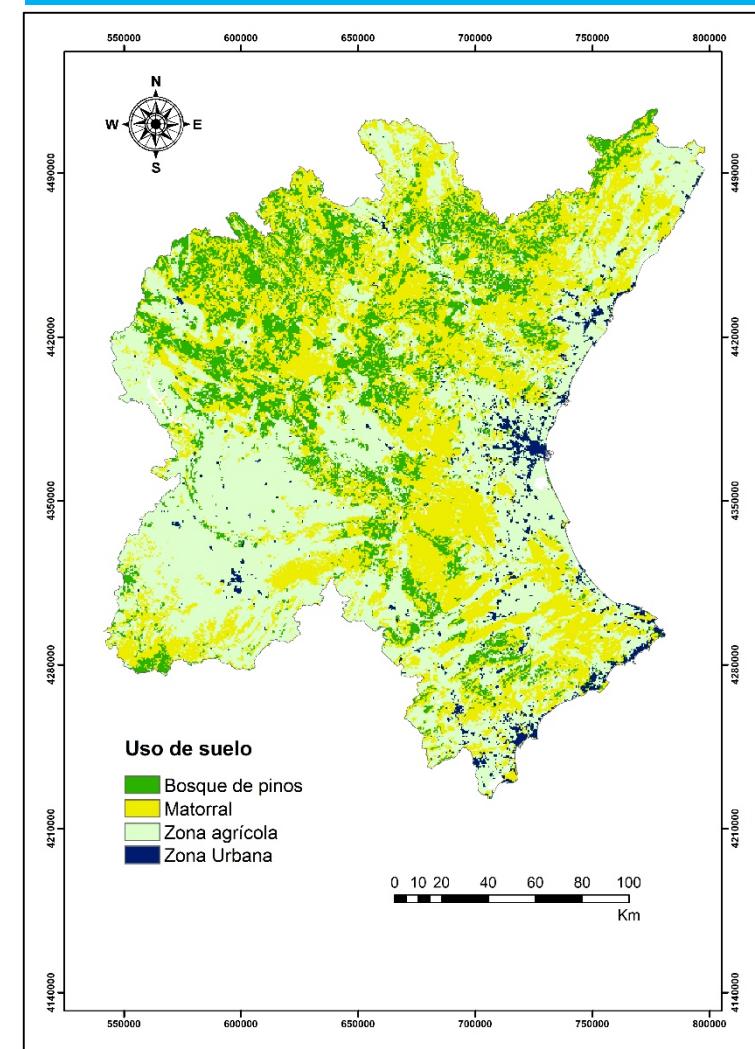


Algoritmo de optimización SCE-UA

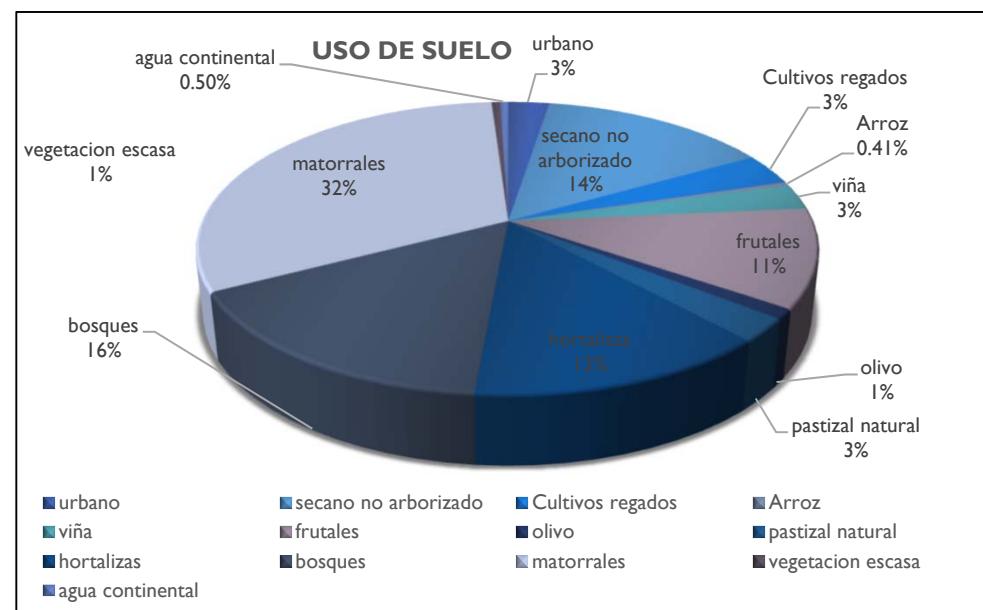
- Búsqueda de conjunto óptimo de parámetros que minimicen la FO (NSE, RMSE)

ÁREA DE ESTUDIO

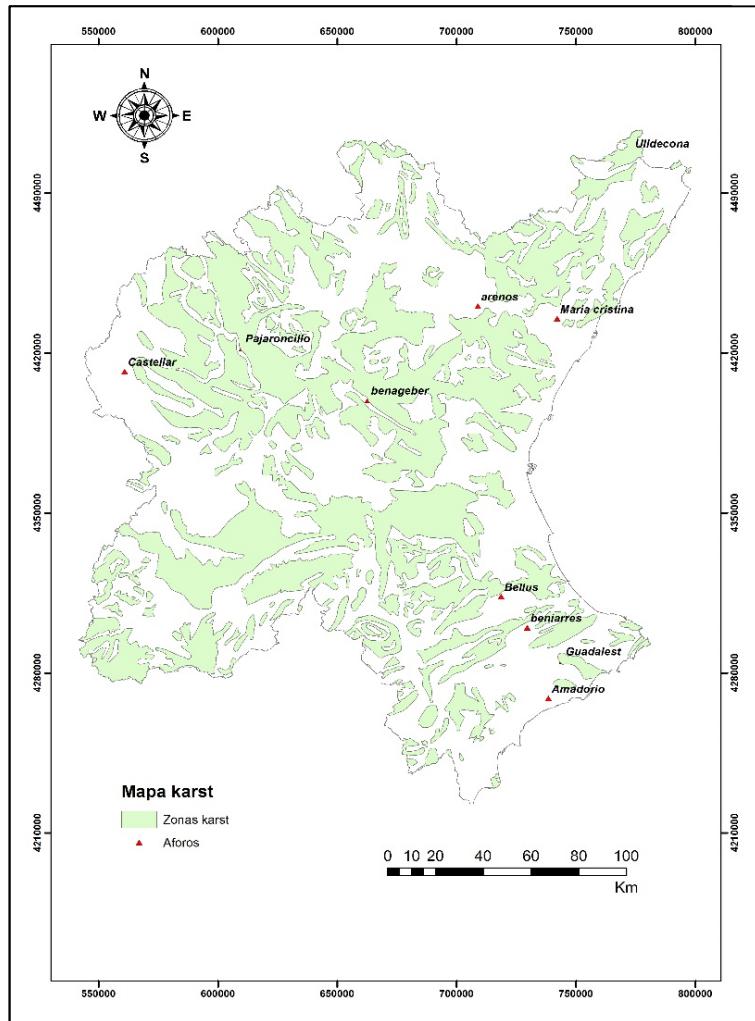
ÁREA DE ESTUDIO



- La CHJ tiene una superficie total 42,851 Km²
- Clima mediterráneo



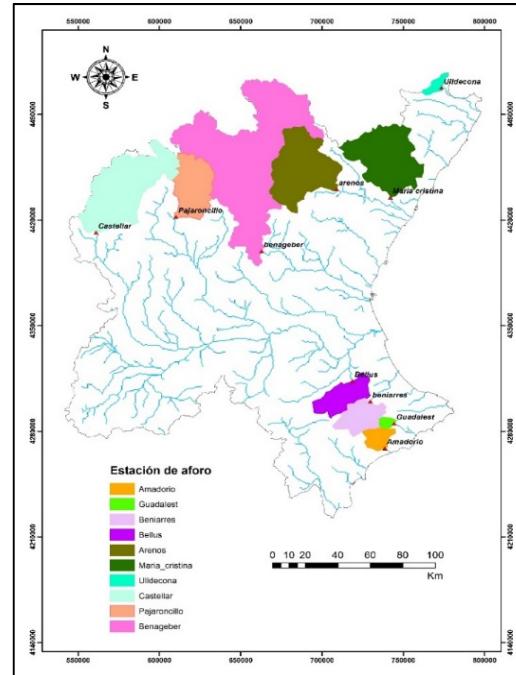
ÁREA DE ESTUDIO



- La CHJ tiene una superficie total 42,851 Km²
- Clima mediterráneo
- Zonas kársticas (43%)

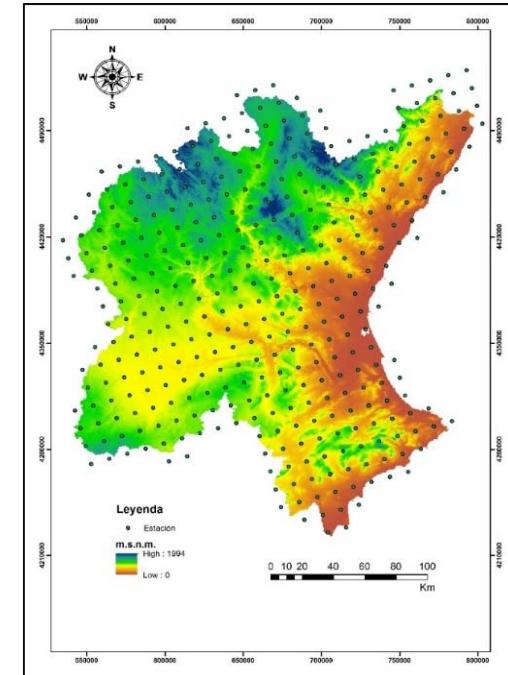
INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

SERIE DE DATOS



- Mapa de ubicación de las cuencas analizadas

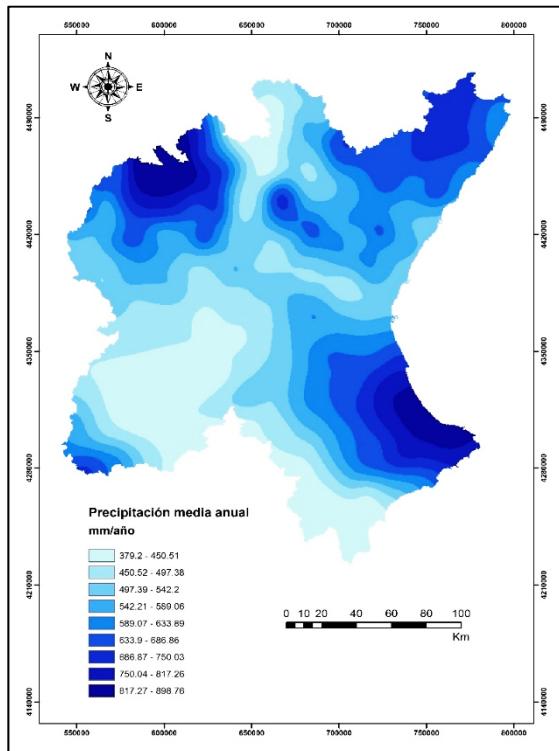
Benageber	Pajaroncillo
Arenós	Ulldecona
Beniarrés	Bellús
Guadalest	Castellar
María Cristina	Amadorio



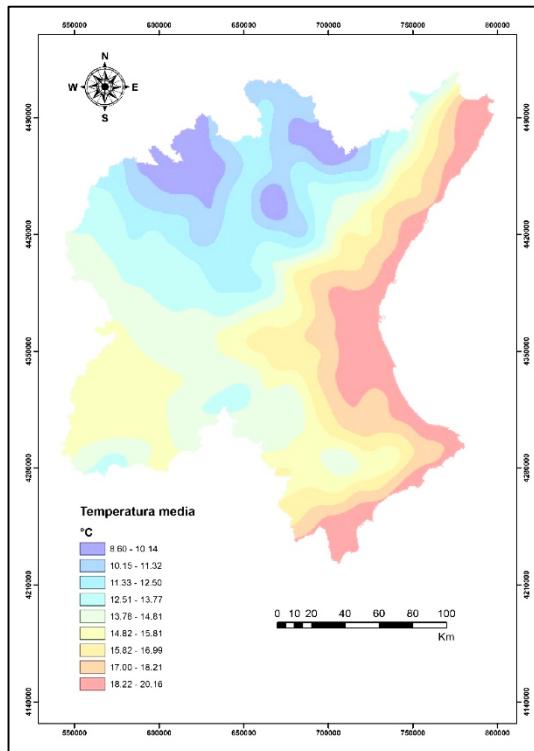
- Mapa de distribución de rejillas de los puntos interpolados del proyecto SPAIN02V4

PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

Precipitación media anual y temperatura media de la serie SPAIN02V4 para el periodo 1971-2010



Precipitación: 370-900 mm/año.



Temperatura: 8- 20°C

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

Para calcular la ETo se usó la ecuación de Hargreaves

ETo

$$ET_0 = 0.0135 * (t_{med} + 17.78) * R_s$$

: Evapotranspiración de referencial (mm/día)

Rs

$$R_s = R_0 * KT * \sqrt{(t_{max} - t_{min})} \quad \dots \text{ecuación (Samani, 2000)}$$

Ro

: radiación solar incidente (mm/día)

Ro

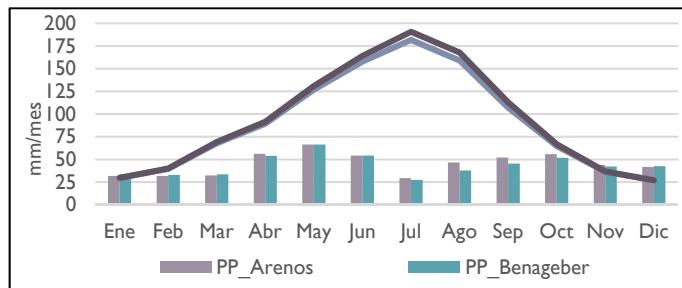
: radiación solar extraterrestre (mm/día)

El coeficiente KT es empírico, Hargreaves (citado en (Samani, 2000), KT=0.17

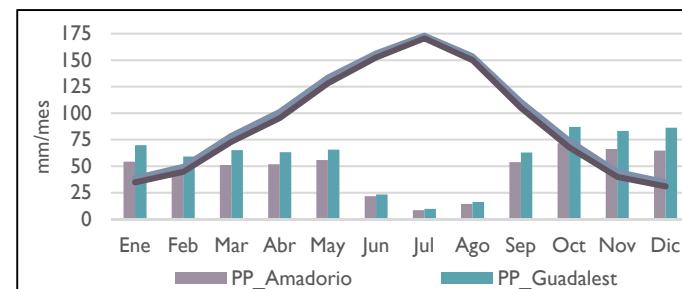
$$ET_0 = 0.0023 * (t_{med} - 17.8) * R_0 * \sqrt{t_{max} - t_{min}}$$

REGIONES HIDROCLIMÁTICAS

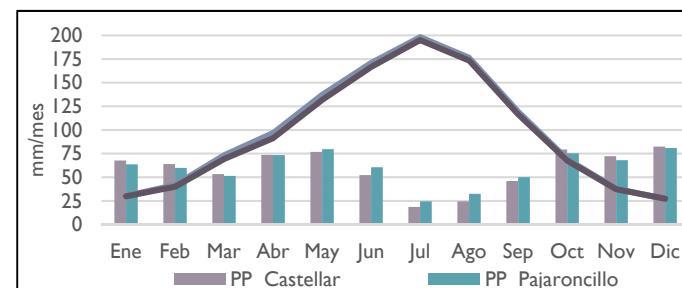
Precipitación y Eto media mensual



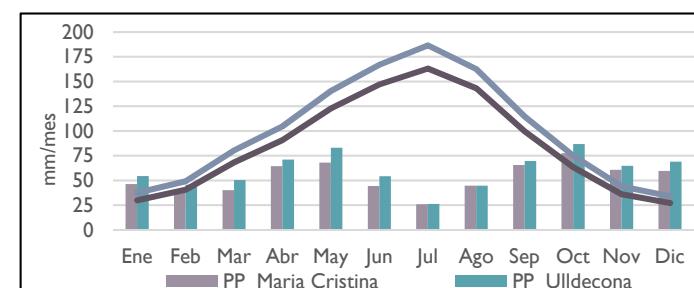
Precipitación
Máxima: 65 mm/mes
Mínima: 27 mm/mes
Etp
Máxima: 175 mm/mes



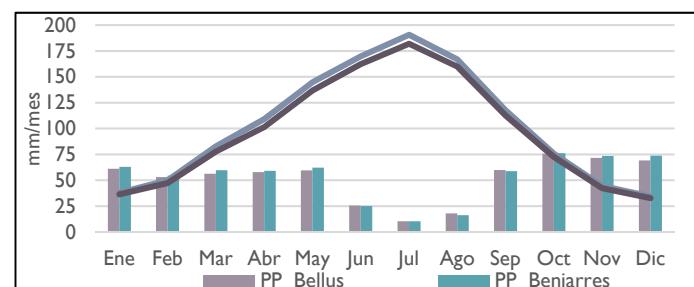
Precipitación
Máxima: 87 mm/mes
Mínima: 10 mm/mes
Etp
Máxima: 170 mm/mes



Precipitación
Máxima: 78 mm/mes
Mínima: 20 mm/mes
Etp
Máxima: 190 mm/mes



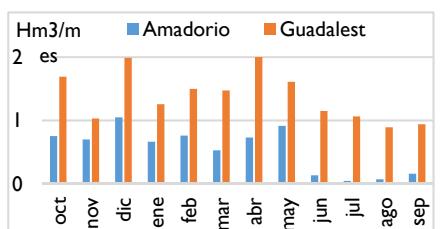
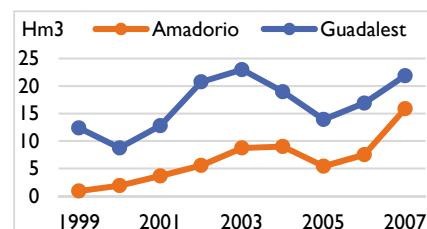
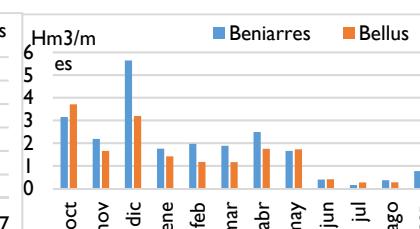
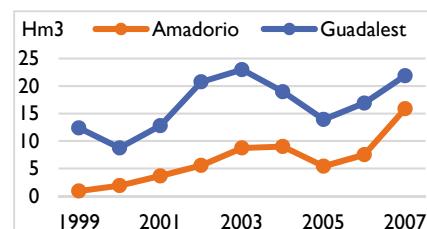
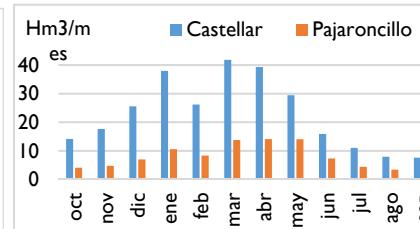
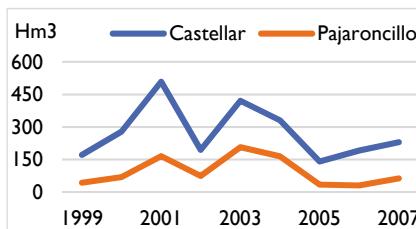
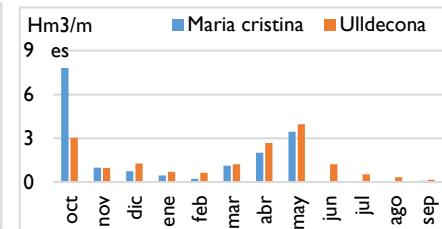
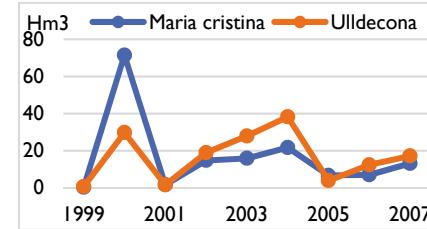
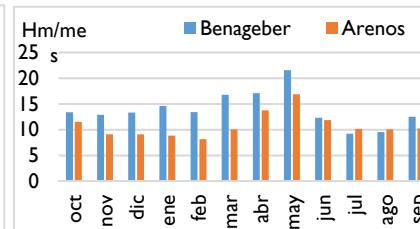
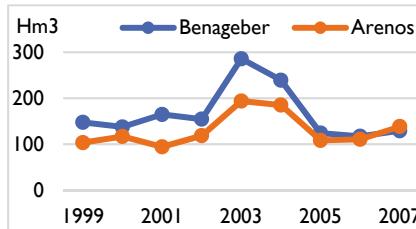
Precipitación
Máxima: 80 mm/mes
Mínima: 25 mm/mes
Etp
Máxima: 165 mm/mes



Precipitación
Máxima: 75 mm/mes
Mínima: 10 mm/mes
Etp
Máxima: 180 mm/mes

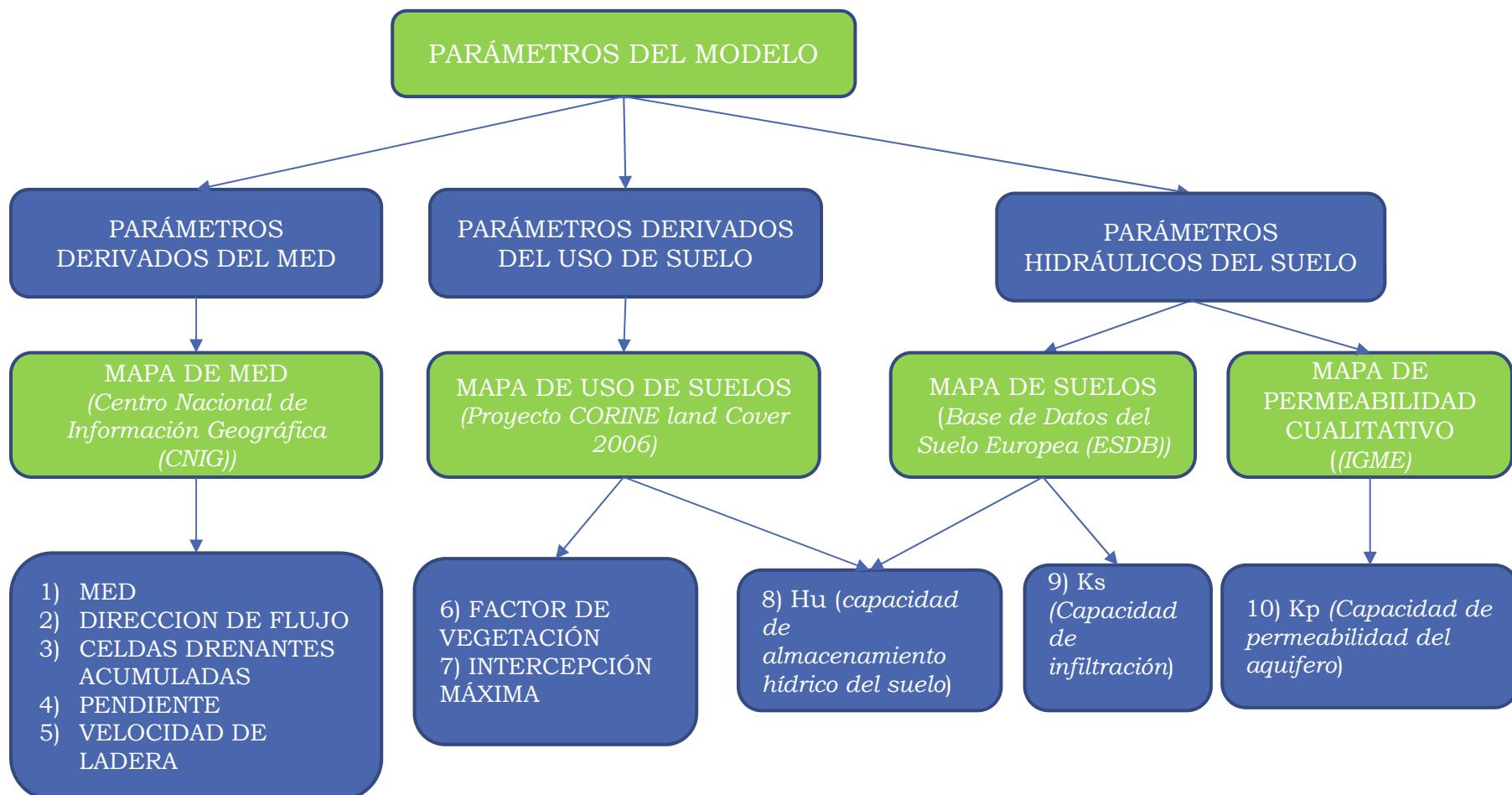
REGIONES HIDROCLIMÁTICAS

Aportaciones anuales y media mensuales en las estaciones analizadas



ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ESPACIALES PARA LA MODELIZACIÓN

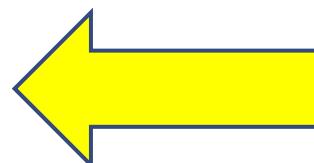
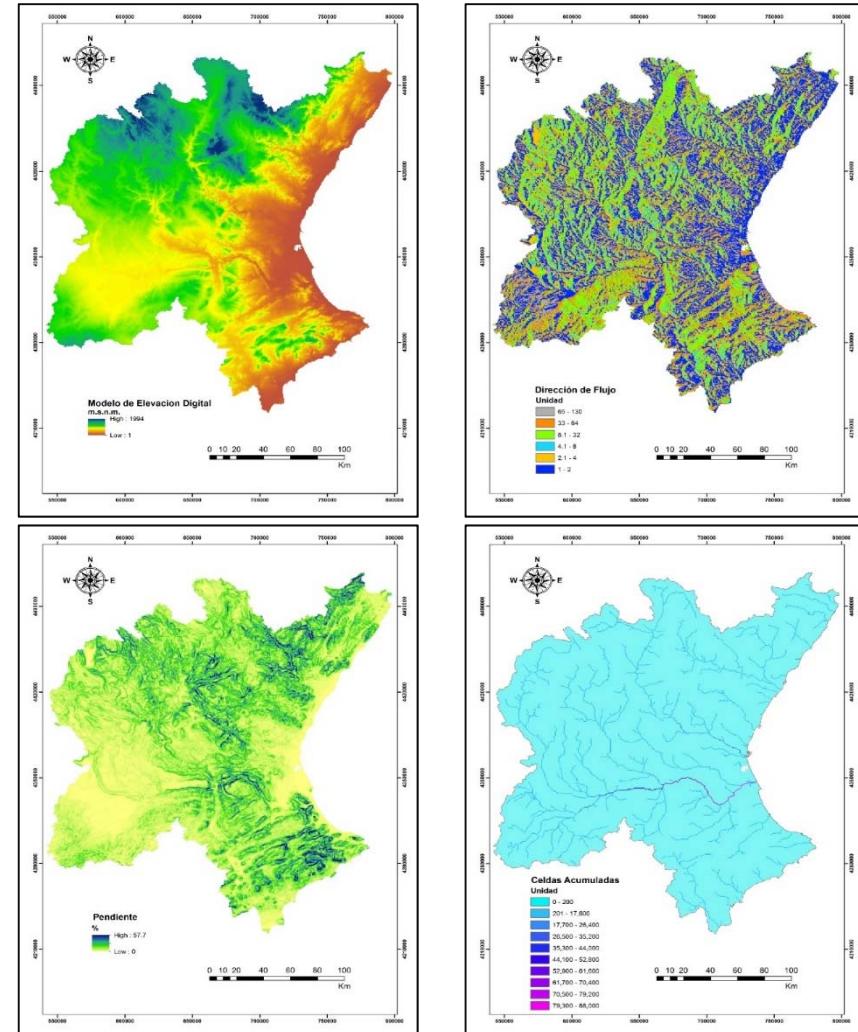
ESTRUCTURA DE ESTIMACIÓN



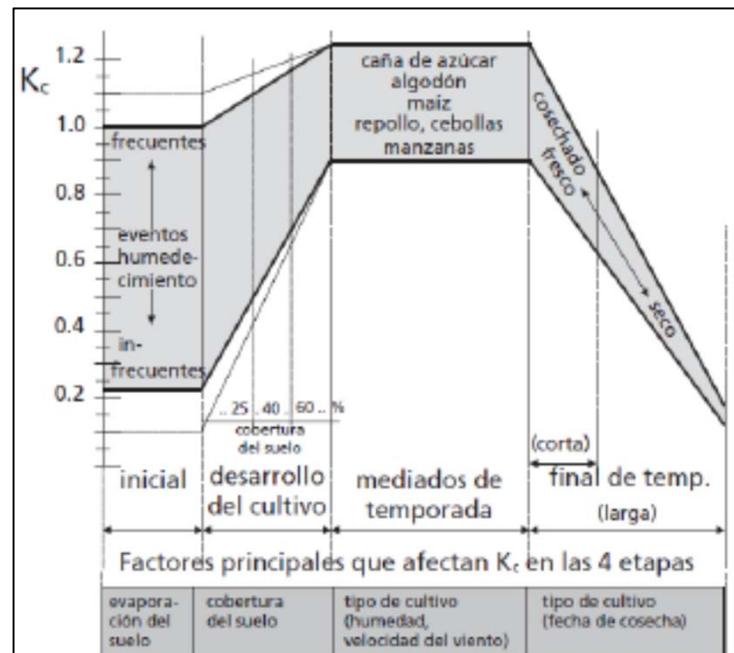
PARÁMETROS DERIVADOS DEL MED

- ▶ MED (500x500, Centro Nacional De Información Geográfica)
- ▶ Dirección de flujo (dirección vertido de agua)
- ▶ Mapa de celdas drenantes acumuladas (Número de celdas que drenan a través de ella)
- ▶ Mapa de pendientes
- ▶ Mapa de velocidades de ladera

$$(v = 1.414 * \sqrt{\text{pendiente} \ (m/m)})$$

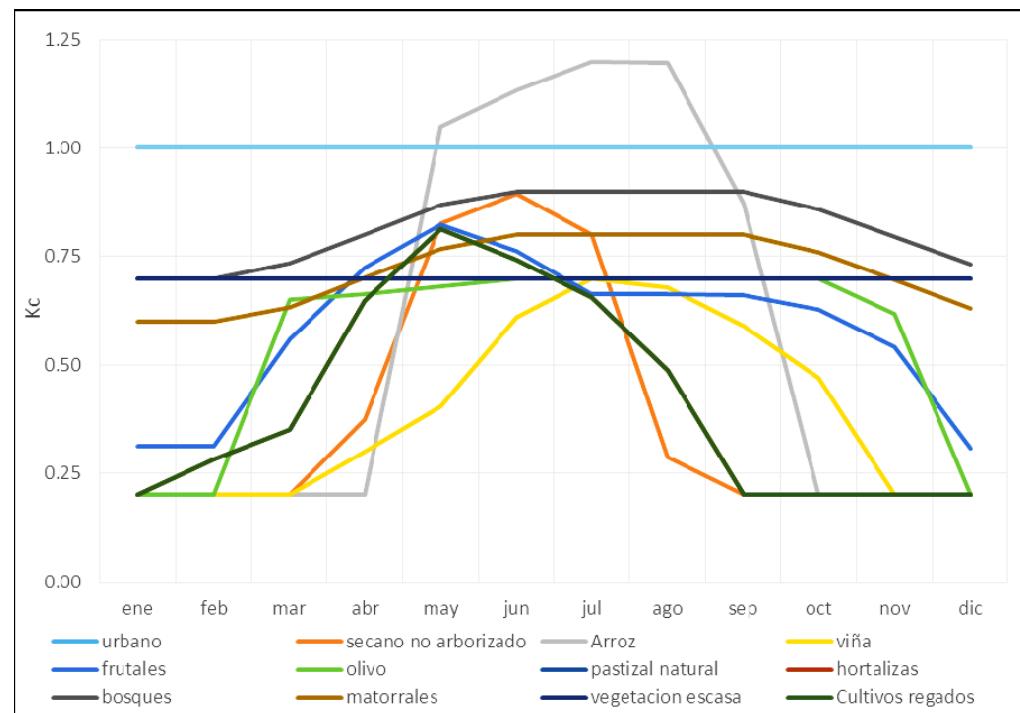


- Factor de vegetación (K_c): medirá la contribución del cultivo sobre las necesidades hídricas del mismo. Tipo y desarrollo del cultivo, se empleo la metodología definida por la FAO.



Valores típicos del valor de K_c para las etapas de crecimiento del cultivo

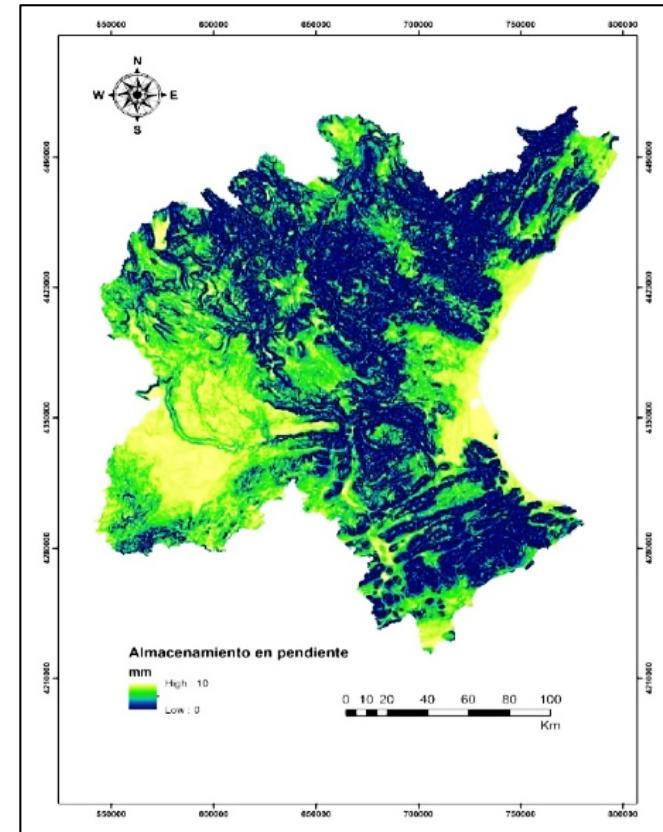
Fuente: Documento FAO N° 56 Riego y Drenaje



Distribución mensual de los factores de vegetación CHJ

- Intercepción máxima, almacenamiento superficial (charcos + pendiente) y profundidad de raíces

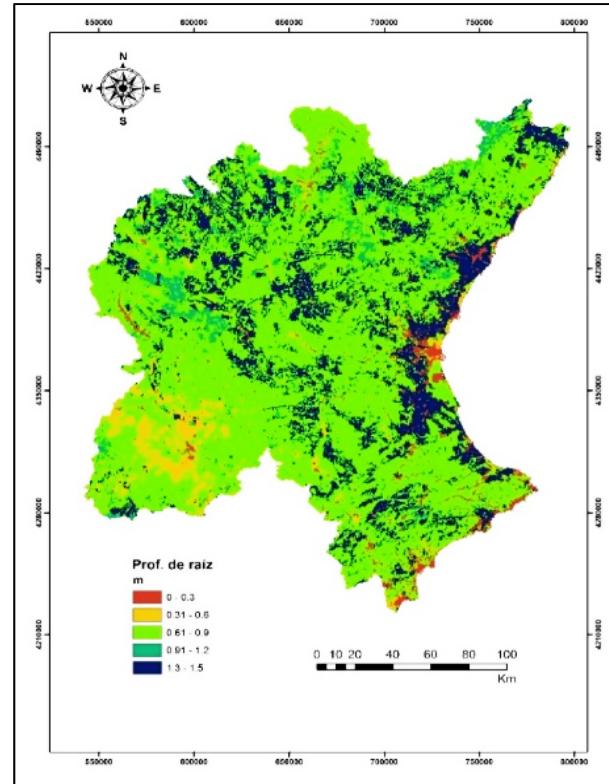
Clases	Código	Clasificación CLC 2006	Prof. Raíces (m)	Almac. Charcos (mm)	Intercepción (mm)
urbano	111	Tejido urbano continuo	0.06	0	0
	112	Tejido urbano discontinuo	0.1	5	3
	121	Zonas industriales o comerciales	0.06	0	0
	122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	0.06	0	0
	123	Zonas portuarias	0.1	0	0
	124	Aeropuertos	0.1	0	0
	131	Zonas de extracción minera	0.01	0	0
	132	Escombreras y vertederos	0.06	0	0
	133	Zonas en construcción	0.06	0	0
	141	Áreas verdes urbanas	0.1	5	3
	142	Instalaciones deportivas y recreativas	0.1	5	3
Secano no arborizado	211	Tierras de labor en secano, cultivo de no regadío	0.8	6	1
	241	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	0.7	6	1
Regadío	212	Terrenos regados permanentemente	0.5	6	1
Arrozales	213	Arrozales	0.75	6	1
Viña	221	Viñedos	0.8	6	1
Frutales	222	Frutales (secano y regadío)	1.5	6	1
	243	Terreno principalmente agrícolas	0.75	6	5
Olivo	223	Olivares	1.45	6	1
Pastizal natural	231	Prados y praderas	0.6	6	3
	321	Pastizales naturales	0.6	6	3
Hortalizas	242	Mosaico de cultivos	0.7	6	1
	244	Sistemas agroforestales	0.55	4	9
	211	Reservas de fauna	1	4	0



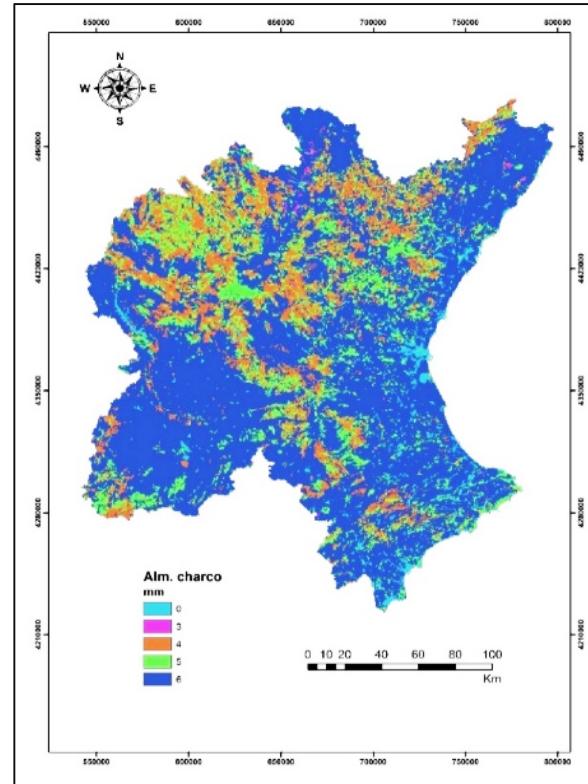
Mapa almacenamiento en pendiente

$$\text{Alm. por pendiente (mm)} = 10 - 1.3 * \text{pendiente (m/m)}$$

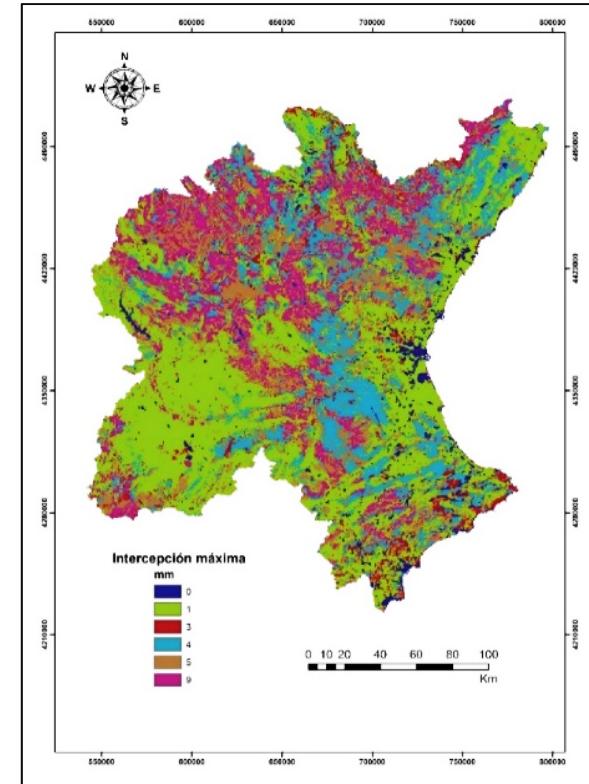
pendiente < 0.075 (m/m)



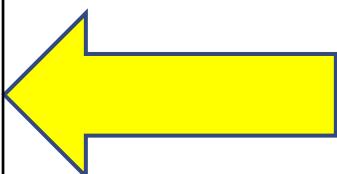
Mapa Prof. de raíz



Mapa Alm. charcos



Mapa Intercepción máxima (.txt)



Modelo TETIS Área de estudio Inf. Hidrometeorológica
Análisis del flujo subterráneo Conclusiones

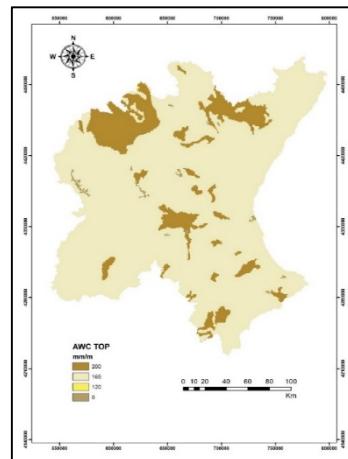
Parámetros espaciales

Análisis de la calibración y validación

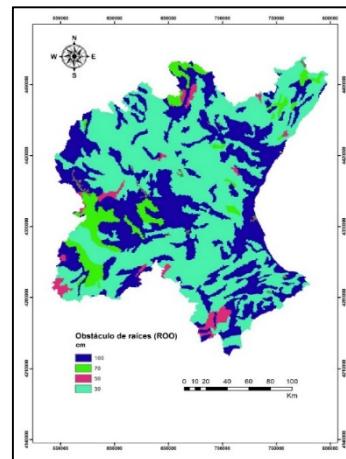
- ▶ Hu : Capacidad de almacenamiento hídrico del suelo (ESDB + Parámetros derivados de uso del suelo)

$$Hu = Almsup + AWC * TOP * \min(Prof. raíces; ROO)$$

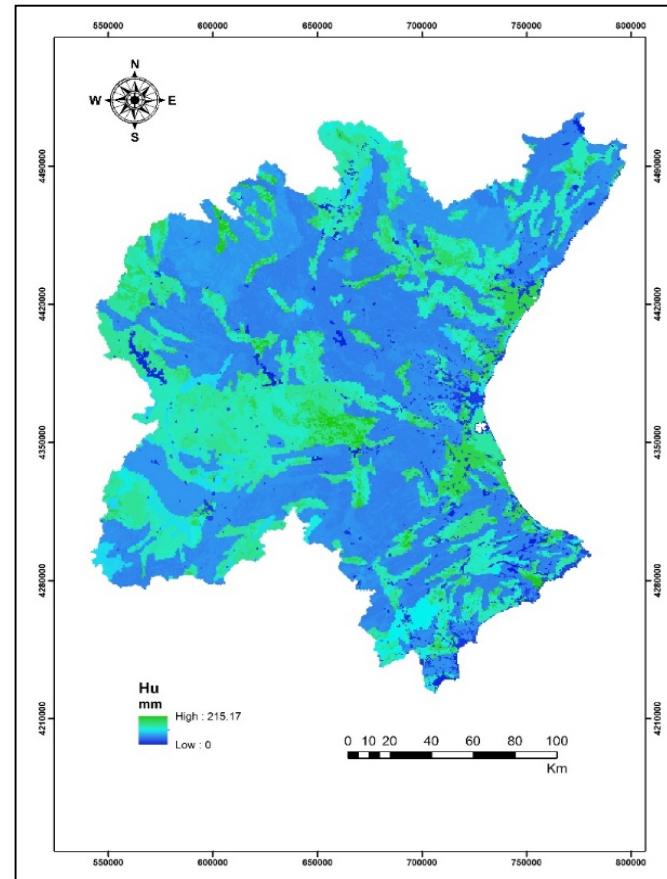
Mapas tomados de la base de datos de suelo Europea (ESDB).



Mapa capacidad de agua disponible en la capa superior del suelo



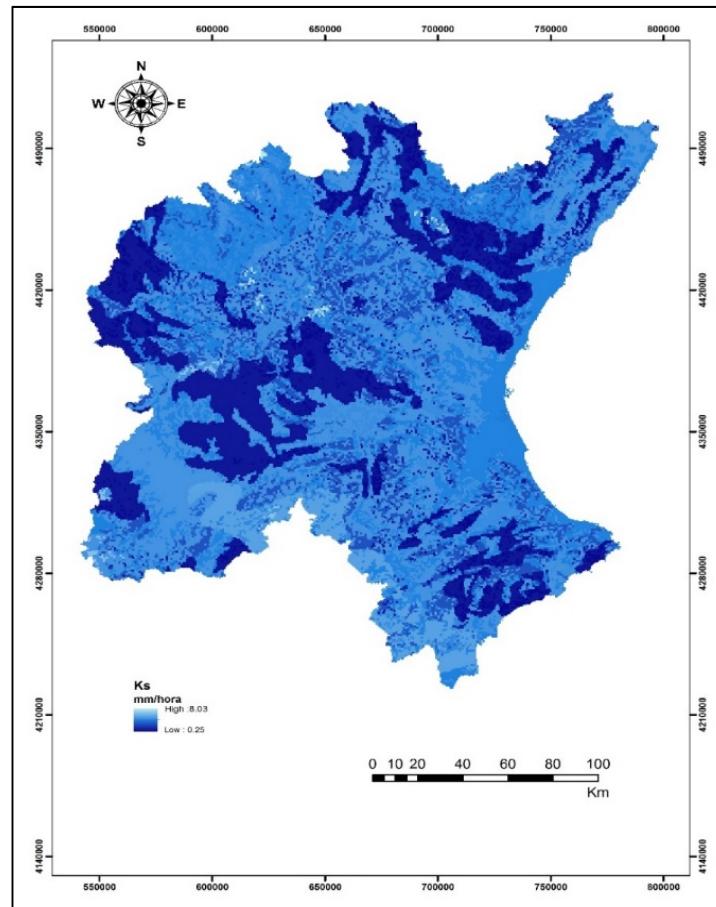
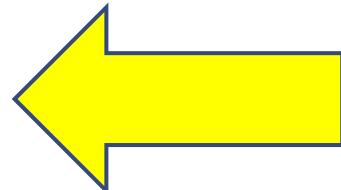
Mapa obstáculo de raíces



Mapa Hu de la CHJ

► **Ks: Capacidad de infiltración:**

Se obtiene aplicando las funciones de pedotransferencia de Saxton y Rawls, empleando los datos de textura del suelo de la Base de Datos del Suelo Europea (ESDB).

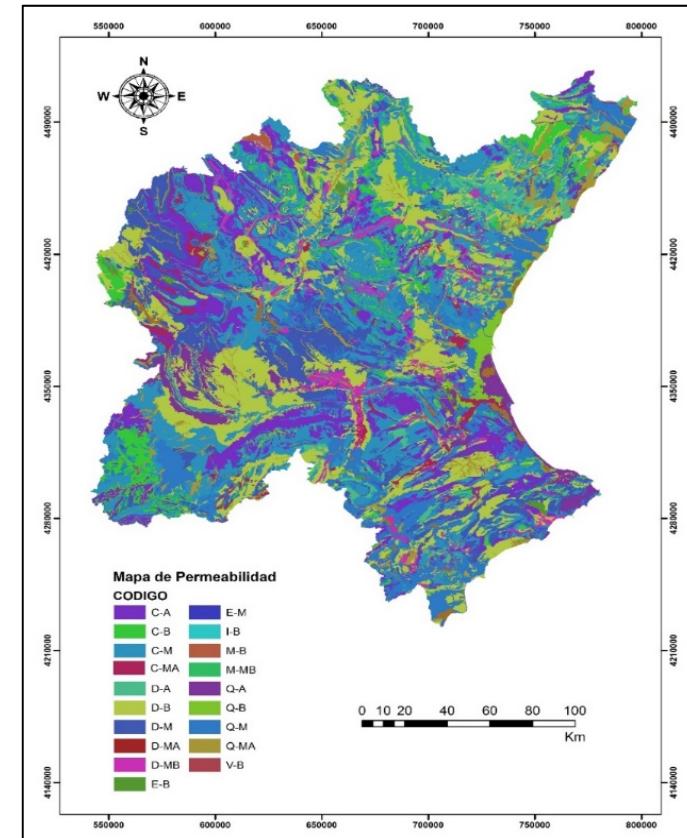


Mapa Ks de la CHJ

PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL TERRENO

- ▶ **K_p**: Capacidad de percolación y permeabilidad acuífero: Se estudió más este parámetro, dado la gran cantidad de zonas kársticas.

Categoría	K _{p0} (mm/h)	Tipo de roca (K _{p1} y K _{p2})	K _{p1} (mm/h)	K _{p2} (mm/h)					
C-MB	0.000417	rocas carbonáticas	0.041667	0.000417					
C-B	0.074095	rocas carbonáticas	0.416667	0.041667					
C-M	13.176157	rocas carbonáticas	4.166667	4.166667					
C-A	2343.088855	rocas carbonáticas	416.666667	416.666667					
C-MA	416666.666700	rocas carbonáticas	41666.666667	41666.666667					
E-MB	0.041667	yesos	0.041667	0.000417					
Rocas consolidadas	Rocas ígneas y metamórficas								
	no fracturadas		fracturadas						
	Pizarras y esquistos								
	no fracturadas	fracturadas							
	Basaltos								
	no fracturados	con estructuras de flujo							
	Argilitas y limolitas								
	Sal: yesos								
	sin disolución	?							
	con disolución								
Areniscas	no fracturadas		fracturadas						
	fracturadas		poco consolidadas						
	Tobas								
Rocas carbonáticas	no fracturadas		fracturadas						
	carstificadas								
	Conductividad hidráulica, [m/día]								
Q-A	10 ⁻⁹ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ 10 ⁻³ 10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ¹ 10 ² 10 ³ 10 ⁴ 10 ⁵ 10 ⁶								
Fuente: M. Puricelli (2003), Tesis Doctoral									
Q-MA	16.666667								
V-MB	0.360000	ígneas	0.041667	0.000417					
V-B	1.138420	ígneas	0.416667	0.041667					
I-MB	0.000000	ígneas	0.041667	0.000417					
I-B	0.000036	ígneas	0.416667	0.041667					



FENÓMENOS KÁRSTICOS

Producido por la disolución del carbonato cálcico de las rocas calizas debido a la acción de aguas ligeramente ácidas.

METODOLOGÍA

Reclasificando la geología

1) Informe de las Marinas (IIAMA, 2011)+x parámetros. **Kp_Karst**

Mapa karst-IGME

2) Permeabilidad del acuífero (kp) + 15 mm/hora. **Kp_s_15**

3) Permeabilidad del acuífero (kp) + 50 mm/hora. **Kp_s_50**

4) $k_{ss} \times 200$ en las zonas no kársticas y por 1000 en las zonas kársticas + 15 (Kp). **Kp_s_15_Kss**

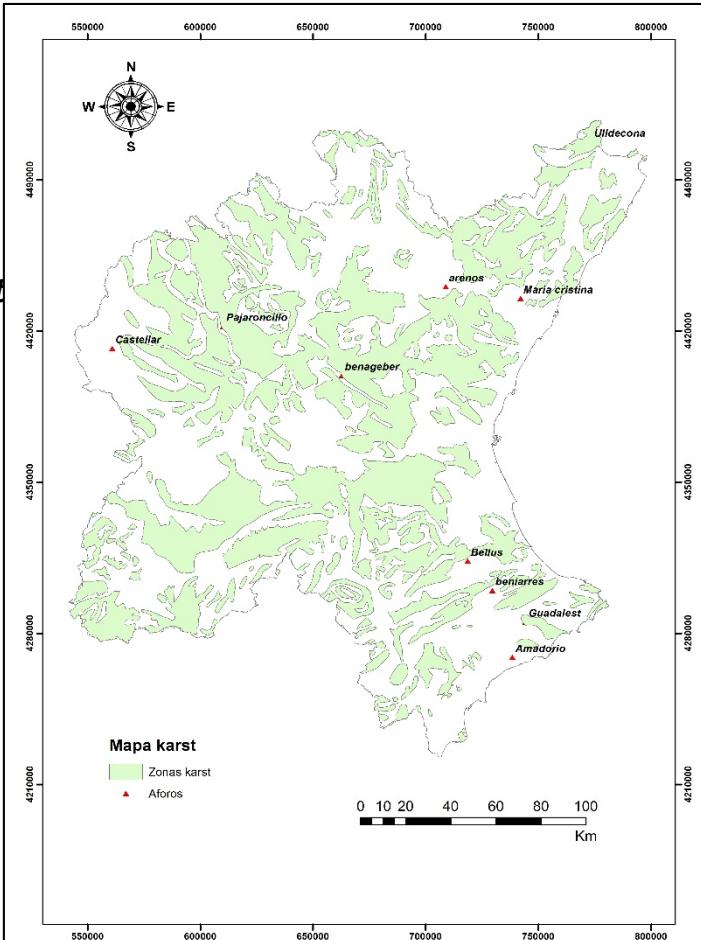
5) $k_{ss} \times 200$ en las zonas no kársticas y por 1000 en las zonas kársticas + 50 (Kp). **Kps_50_Kss**

Kp0
Kp0_karst
Kp0_15

Kp1
Kp1_karst
Kp1_15
Kp1_50
Kp1_15kss
Kp1_15kss

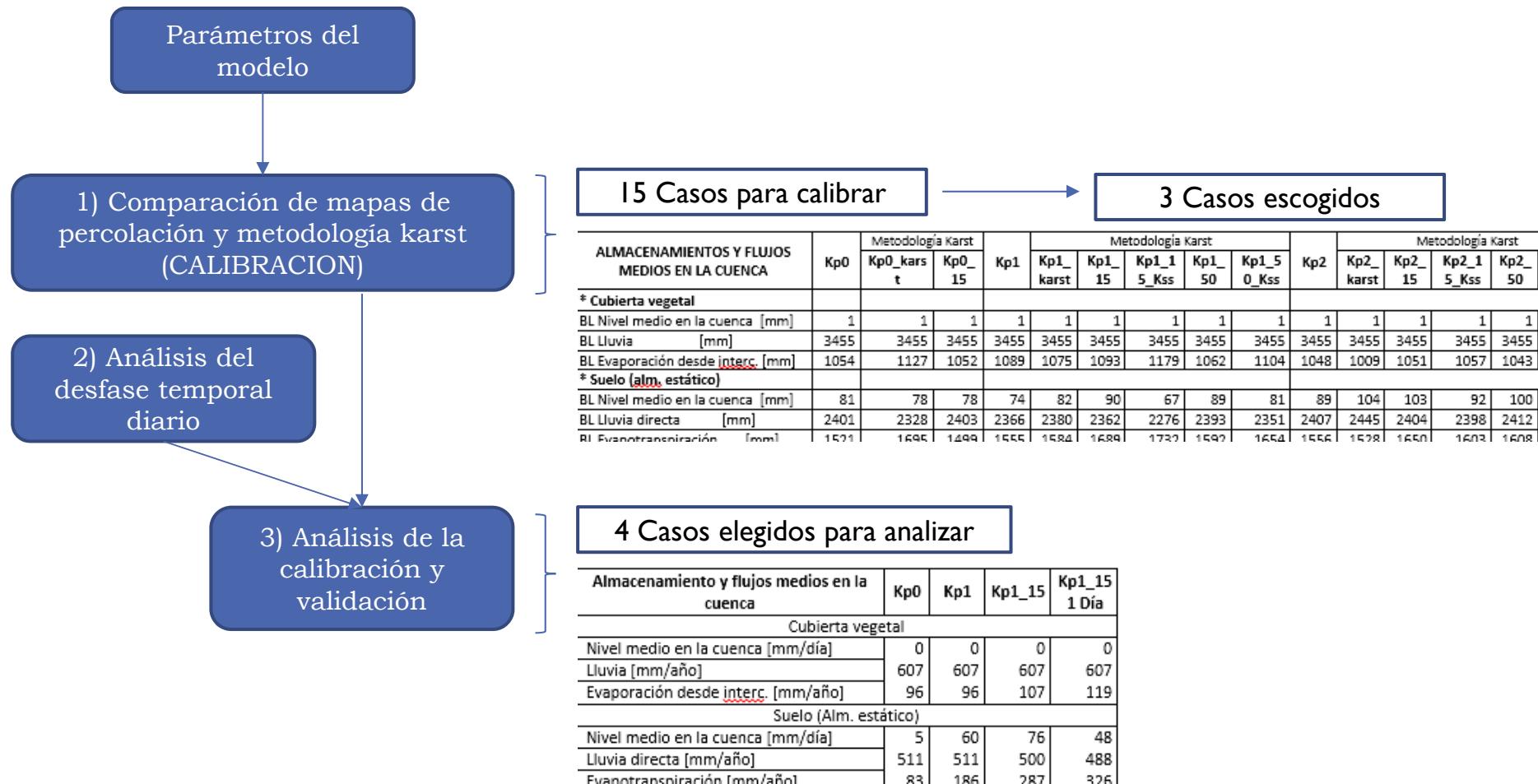
Kp2
Kp2_karst
Kp2_15
Kp2_50
Kp2_15kss
Kp2_15kss

15 Casos por analizar



ANÁLISIS DE LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

ESQUEMA DE TRABAJO



- Calibracion-estación de **Pajaroncillo**.
- Representa de la mejor manera los flujos medios de la cuenca y Nash aceptable.
- $Kp0$, $Kp1$ y la metodología $Kp1_15$.

ALMACENAMIENTOS Y FLUJOS MEDIOS EN LA CUENCA	$Kp0$	Metodología Karst		$Kp1$	Metodología Karst					$Kp2$	Metodología Karst						
		Metodología Karst			Metodología Karst						Metodología Karst						
		$Kp0_karst$	$Kp0_15$		$Kp1_karst$	$Kp1_15$	$Kp1_15_Kss$	$Kp1_50$	$Kp1_50_Kss$		$Kp2_karst$	$Kp2_15$	$Kp2_15_Kss$	$Kp2_50$	$Kp2_50_Kss$		
* Cubierta vegetal																	
BL Nivel medio en la cuenca [mm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
BL Lluvia [mm]	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455	3455		
BL Evaporación desde interc. [mm]	1054	1127	1052	1089	1075	1093	1179	1062	1104	1048	1009	1051	1057	1043	1243		
* Suelo (alm. estático)																	
BL Nivel medio en la cuenca [mm]	81	78	78	74	82	90	67	89	81	89	104	103	92	100	46		
BL Lluvia directa [mm]	2401	2328	2403	2366	2380	2362	2276	2393	2351	2407	2445	2404	2398	2412	2212		
BL Evapotranspiración [mm]	1521	1695	1499	1555	1584	1689	1732	1592	1654	1556	1528	1650	1603	1608	1707		
* Agua en superficie																	
BL Nivel medio en la cuenca [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BL Excedente [mm]	829	589	853	780	762	640	524	764	667	810	862	710	758	759	493		
BL Escorrentía directa [mm]	63	0.9	69	53	21	17	7	4	2	63	3	48	5	8	5		
* Almacenamiento gravitacional																	
BL Nivel medio en la cuenca [mm]	9	2	8	8	11	1	0	11	0	8	3	8	0	2	0		
BL Infiltración [mm]	766	588	784	727	741	623	517	760	665	747	858	662	753	751	488		
BL Interflujo [mm]	333	202	322	347	397	30	16	63	18	326	79	318	72	68	48		
* Acuífero																	
BL Nivel medio en la cuenca [mm]	0	15	0	2	1	14	15	10	23	0	16	0	12	12	8		
BL Percolación [mm]	432	385	461	379	342	593	501	689	647	420	778	343	681	682	440		
BL Flujo subt. conectado [mm]	0	174	0	9	10	332	316	313	348	0	332	0	288	297	230		
BL Flujo subt. profundo [mm]	432	203	461	379	342	262	184	380	290	420	445	343	385	375	206		
Caudal de salida de la cuenca [mm]	395	377	391	409	428	378	339	381	368	389	415	366	365	373	283		
NASH	0.7	0.79	0.74	0.72	0.72	0.75	0.74	0.76	0.72	0.74	0.75	0.76	0.8	0.78	0.55		

DESFASE TEMPORAL A ESCALA DIARIA

- ▶ La lluvia diaria se mide de 7 a 7 y se asigna al día de comienzo
- ▶ Los caudales de 0 a 24
- ▶ Los niveles de embalse al final del día

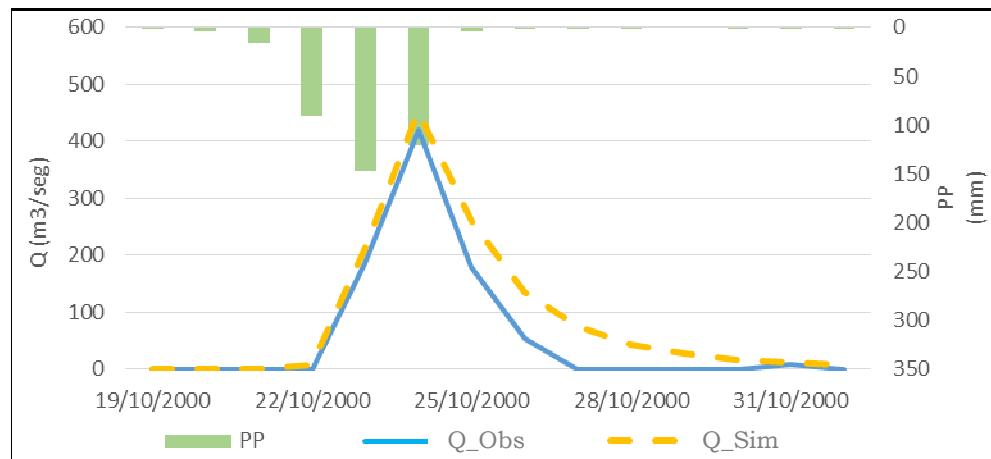


Figura N° 6.1 Desfase temporal entre los datos de precipitación y de aforo en el embalse de María Cristina

- ▶ Precipitación del proyecto Spain02V4, y de aforo del CEDEX se observó que ocurría un desfase temporal.
- ▶ Al desplazar el caudal a un día anterior mejora el resultado de las simulaciones.

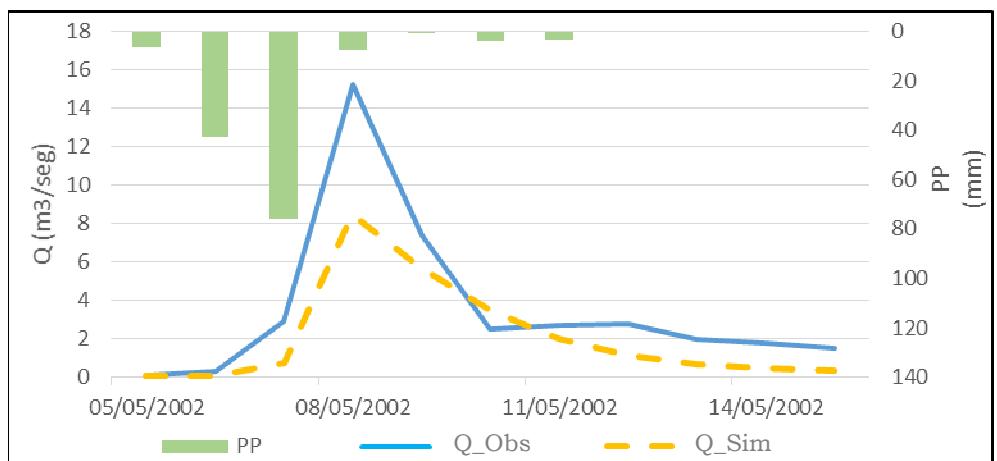


Figura N° 6.2 Desfase temporal entre los datos de precipitación y de aforo en el embalse de Beniarrés.

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

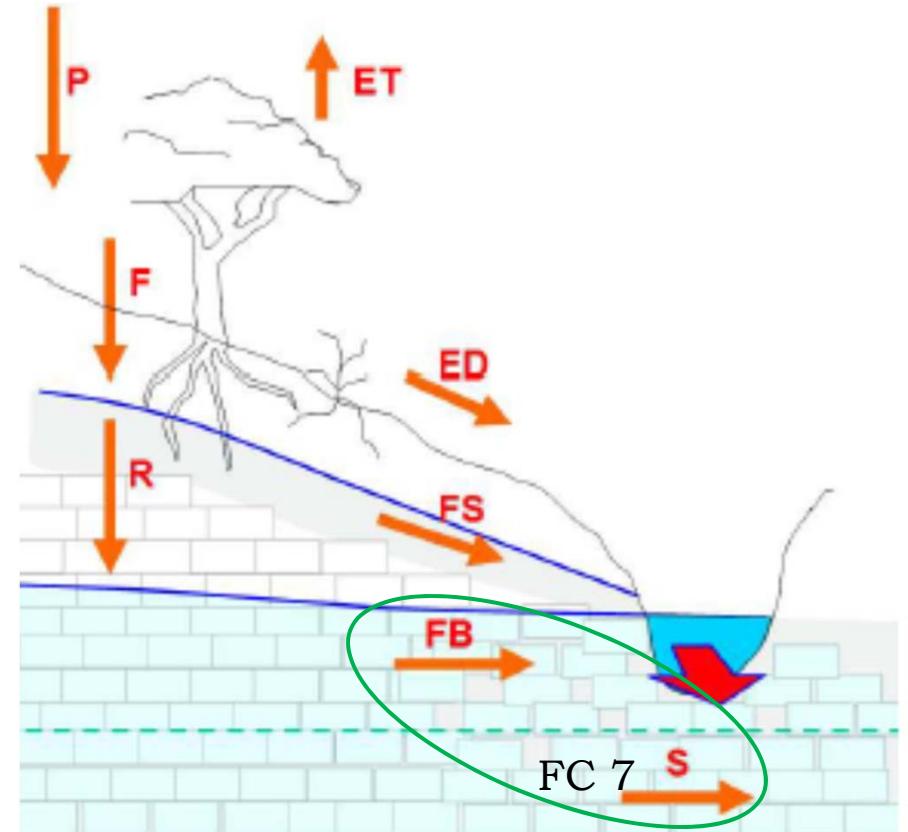
- ▶ Se observa una mejora general al modificar el mapa de capacidad de percolación, de la misma manera implementar el karst.
- ▶ Mejora aun mas corrigiendo el desfase temporal
- ▶ La validación espacial y espacio-temporal (cruzada) no brindaron buenos resultados.

	Benagebe	Arenos	Beniarres	Guadalest	Maria_cristi	Pajaroncillo	Ullddecona	Bellus	Castellar	Amadorio
CALIBRACION-Nash										
Kp0	0.35	0.59	0.37	0.37	0.44	0.70	0.48	0.32	0.74	0.24
Kp1	0.22	0.64	0.46	0.49	0.44	0.72	0.48	0.42	0.74	0.32
Kp1_15	0.25	0.52	0.49	0.49	0.60	0.75	0.49	0.43	0.76	0.56
Kp1_15 1 día	0.30	0.53	0.53	0.64	0.63	0.82	0.54	0.86	0.76	0.51
VALIDACION TEMPORAL-Nash										
Kp0	0.66	0.27	0.29	-0.15	0.44	0.55	0.52	0.35	0.74	0.02
Kp1	0.11	0.27	0.31	0.25	0.62	0.54	0.51	0.19	0.73	0.13
Kp1_15	0.19	0.42	0.29	0.26	0.54	0.31	0.52	0.22	0.75	0.31
Kp1_15 1 día	0.61	0.43	0.57	0.48	0.77	0.77	0.63	0.44	0.61	0.31

ANÁLISIS DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

ESQUEMA DE TRABAJO

- ▶ Al no ser TETIS un modelo específico de acuífero, se optó por calibrar el FC 7, con el fin de mejorar los resultados de simulación del anterior capítulo y ver si es extrapolable el reparto del flujo subterráneo.
- ▶ Se empleó los mapas que brindaron mejores resultados en el capítulo anterior, los cuales son *Kp1_15* y *Kp1_15 día*.



SIN CALIBRAR EL FC 7 (Kp1_15)

Código de colores

- ▶ Anaranjado: Nash positivo
- ▶ Verde: %error V +- 50 %

VALIDACION ESPACIAL (2004-2007)												VALIDACION ESPACIAL-TEMPORAL (2002-2003)											
Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benagel	Beniarre	Castella	Guadale	María C	Pajaron	Ulldeco	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benagel	Beniarre	Castella	Guadale	María C	Pajaron	Ulldeco
Amadorio	% Error Vol.		-96%	-48%	-92%	-17%	-99%	-88%	38%	-93%	-99%	Amadorio	% Error Vol.		-86%	59%	-81%	25%	-98%	-93%	20%	-91%	-99%
	Nash		-2.97	0.09	-2.26	0.34	-1.57	0.13	0.07	-0.38	-0.09		Nash		-1.31	0.07	-1.14	-0.31	-1.14	-1.15	0.03	-0.60	-0.07
Arenós	% Error Vol.	291%		128%	63%	182%	-56%	-4%	1029%	2%	-87%	Arenós	% Error Vol.	361%		467%	83%	332%	-60%	-27%	941%	-14%	-86%
	Nash	-10.19		0.26	-1.72	-0.74	-0.26	0.10	-2.37	0.33	-0.05		Nash	-12.12		-0.55	-1.64	-6.51	-0.21	-0.39	-2.21	0.26	-0.04
Bellús	% Error Vol.	27%	-94%		-89%	34%	-96%	-57%	98%	-92%	-98%	Bellús	% Error Vol.	-62%	-92%		-87%	-4%	-94%	-84%	-42%	-92%	-98%
	Nash	-16.11	-2.83		-1.98	-0.32	-1.34	-1.73	0.20	-0.36	-0.06		Nash	-0.05	-1.59		-1.17	0.04	-0.79	-2.35	0.08	-0.59	-0.01
Benageber	% Error Vol.	223%	-50%	97%		151%	-67%	-13%	834%	-27%	-90%	Benageber	% Error Vol.	143%	-48%	278%		201%	-70%	-48%	492%	-46%	-92%
	Nash	-31.06	-0.63	-0.16		-6.72	-0.63	-1.02	-6.64	0.17	-0.06		Nash	-8.76	-0.66	-1.67		-20.97	-0.38	-2.70	-3.19	0.06	-0.05
Beniarrés	% Error Vol.	-32%	-97%	-47%	-96%		-99%	-85%	-18%	-97%	-100%	Beniarrés	% Error Vol.	-81%	-96%	-14%	-93%		-98%	-97%	-72%	-96%	-100%
	Nash	-0.60	-3.14	0.21	-2.42		-1.57	0.03	0.14	-0.47	-0.09		Nash	-0.11	-1.84	0.27	-1.50		-1.09	-1.56	0.01	-0.68	-0.07
Castellar	% Error Vol.	384%	-16%	213%	93%	275%		43%	1547%	54%	-72%	Castellar	% Error Vol.	426%	26%	655%	139%	513%		11%	1559%	38%	-65%
	Nash	-20.06	0.15	-0.16	-8.28	-1.12		-0.08	-10.84	0.50	0.12		Nash	-13.26	-0.34	-3.61	-6.35	-7.80		-0.44	-11.59	0.51	0.14
Guadalest	% Error Vol.	221%	-45%	91%	14%	138%	-61%		898%	-17%	-86%	Guadalest	% Error Vol.	153%	-51%	268%	-5%	189%	-58%		505%	-33%	-87%
	Nash	-4.06	-0.34	0.05	-0.11	-0.27	-0.41		-2.22	0.28	-0.04		Nash	-0.52	-0.24	-0.38	-0.08	-0.93	-0.19		-1.08	0.15	-0.04
María Cristina	% Error Vol.	-37%	-95%	-49%	-93%	-8%	-98%	-87%		-93%	-99%	María Cristina	% Error Vol.	-39%	-87%	62%	-83%	36%	-98%	-91%		-92%	-99%
	Nash	-0.35	-2.88	0.16	-2.19	0.32	-1.53	-0.01		-0.38	-0.08		Nash	-0.18	-1.20	0.51	-0.91	-2.57	-1.09	-1.60		-0.59	-0.07
Pajaroncillo	% Error Vol.	186%	-73%	68%	-29%	114%	-61%	15%	765%		-83%	Pajaroncillo	% Error Vol.	137%	-54%	245%	-4%	151%	-47%	-19%	591%		-77%
	Nash	-55.67	-1.21	-0.55	-0.89	-4.63	-0.03	-6.20	-18.05		0.00		Nash	-22.50	-0.48	-19.23	-1.42	-27.10	0.18	-20.62	-15.74		-0.02
Ulldecona	% Error Vol.	437%	18%	362%	220%	344%	66%	55%	2310%	163%		Ulldecona	% Error Vol.	543%	102%	1125%	283%	715%	113%	27%	2871%	155%	
	Nash	#####	-16.62	-4.47	-79.80	-6.81	-4.95	-5.17	-53.80	-6.92			Nash	-95.16	-17.57	-27.68	-42.05	-31.15	-4.91	-18.98	-66.77	-6.68	

Validación aceptable NSE>0.5 (literatura (Moriasi D. N,2007))

➤ FC de Castellar se da una validación **aceptable** en la estación de Pajaroncillo

CALIBRANDO EL FC 7 (Kp1_15)

VALIDACION ESPACIAL (2004-2007)															VALIDACION ESPACIAL-TEMPORAL (2002-2003)														
Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benagel	Beniarré	Castella	Guadalest	María C	Pajaroncillo	Ulldetona	Estación FC 7	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benagel	Beniarré	Castella	Guadalest	María C	Pajaroncillo	Ulldetona						
Amadorio	% Error Vol.		-27%	0%	0%	0%	0%	49%	0%	-50%		Amadorio	% Error Vol.		2%	136%	22%	32%	27%	-29%	26%	2%	-34%						
	Nash		-0.80	0.10	-1.70	0.34	-0.17	0.31	0.19	0.48	0.44		Nash		-0.50	-0.10	-1.19	-0.23	-0.27	0.44	0.02	0.32	0.46						
Arenós	% Error Vol.	236%		99%	51%	143%	0%	0%	853%	0%	-21%	Arenós	% Error Vol.	276%		405%	69%	271%	5%	-24%	894%	-12%	-5%						
	Nash	-9.00	0.29	-1.00	-0.70	0.67	0.11	-1.70	0.27	0.31			Nash	-8.60	-0.34	-1.30	-5.00	0.56	-0.31	-2.10	0.33	0.32	0.32						
Bellús	% Error Vol.	23%	-68%		-35%	29%	-33%	0%	103%	-26%	-78%	Bellús	% Error Vol.	-67%	-72%		-34%	-18%	-2%	-77%	-38%	-19%	-75%						
	Nash	-17.00	-1.00	0.02	-0.31	0.15	-1.82	0.30	0.66	0.19			Nash	-0.03	-0.69	0.01	0.26	-0.07	-0.90	0.08	0.27	0.24							
Benageber	% Error Vol.	172%	-13%	0%		123%	0%	646%	646%	0%	-47%	Benageber	% Error Vol.	84%	7%	225%		166%	12%	-35%	467%	-13%	-40%						
	Nash	-31.00	-1.00	0.43		-6.00	0.30	-1.00	-6.20	0.46	0.21		Nash	-7.00	-1.80	-1.60	-20.00	0.36	-2.00	-3.14	0.47	0.23							
Beniarrés	% Error Vol.	0%	-70%	0%	-40%		-41%	0%	0%	-44%	-82%	Beniarrés	% Error Vol.	-76%	-79%	46%	-44%		-10%	-44%	-67%	-30%	-78%						
	Nash	-0.99	-1.00	0.23	-0.40		0.18	0.16	0.19	0.49	0.13		Nash	-0.06	-1.10	0.23	-0.21		0.08	0.19	0.02	0.18	0.20						
Castellar	% Error Vol.	151%	0%	75%	0%	150%		0%	500%	0%	-42%	Castellar	% Error Vol.	115%	39%	317%	22%	261%		30%	527%	0%	-26%						
	Nash	-12.00	-1.39	0.16	-1.13	-0.50		0.11	-1.70	0.57	0.32		Nash	-2.00	-1.15	-1.15	0.04	-3.00		-0.29	-2.13	0.62	0.32						
Guadalest	% Error Vol.	89%	-30%	13%	0%	68%	0%		306%	0%	-56%	Guadalest	% Error Vol.	4%	-20%	125%	31%	90%	15%		153%	-8%	-46%						
	Nash	-2.00	0.06	0.10	-0.68	-0.20	0.23		-0.30	0.32	0.24		Nash	0.43	0.13	-0.10	-1.00	-0.48	0.22		-0.18	0.37	0.24						
María Cristina	% Error Vol.	0%	-46%	0%	0%	0%	0%	0%		-58%		María Cristina	% Error Vol.	-6%	-15%	155%	33%	37%	28%	-25%		-3%	-39%						
	Nash	-0.46	-0.20	0.20	-1.23	0.33	-0.09	0.20		0.60	0.35		Nash	0.03	0.23	0.31	-1.30	-1.70	0.20	-0.01		0.62	0.36						
Pajaroncillo	% Error Vol.	36%	-50%	0%	0%	34%	-5%	0%	240%		-63%	Pajaroncillo	% Error Vol.	-16%	-33%	129%	28%	41%	30%	-35%	140%		-50%						
	Nash	-52.00	-1.00	-0.46	-3.95	-4.00	-2.00	-5.74	-17.00		-0.01		Nash	-17.00	-1.50	-17.00	-5.80	-19.00	-3.00	-18.00	-13.00		-0.06						
Ulldetona	% Error Vol.	417%	23%	352%	183%	321%	80%	64%	2306%	159%		Ulldetona	% Error Vol.	488%	103%	1037%	247%	611%	123%	3100%	2795%	139%							
	Nash	#####	-16.00	-4.00	-58.00	-6.00	-6.00	-5.00	-55.00	-6.80			Nash	-79.00	-17.00	-26.00	-35.00	-26.00	-5.00	-18.00	-64.00	-5.97							

- Con los FC de Arenós se da una validación **aceptable** en la estación de Castellar.
- Con los FC de Castellar se da una validación **aceptable** en la estación de Pajaroncillo y Ulldetona.
- Con los FC de María Cristina se da una validación **aceptable** en la estación de Pajaroncillo.

SIN CALIBRAR EL FC 7 (Kp1_15 1 día)

VALIDACION ESPACIAL (2004-2007)												VALIDACION ESPACIAL-TEMPORAL (2002-2003)											
Estación FC 7	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castell	Guadal	María C	Pajaron	Ulldenco	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castell	Guadal	María C	Pajaron	Ulldenco
Amadorio	% Error Vol.		-96%	-48%	-93%	-18%	-98%	-83%	4%	-95%	-99%	Amadorio	% Error Vol.		-93%	-29%	-89%	-41%	-97%	-92%	-16%	-94%	99%
	Nash		-3.06	0.12	-2.32	0.50	-1.55	0.20	0.18	-0.44	-0.09		Nash		-2.05	0.21	-1.62	0.52	-0.49	-0.28	0.10	-0.66	-0.08
Arenós	% Error Vol.	300%		126%	51%	186%	-54%	-5%	959%	-8%	-88%	Arenós	% Error Vol.	363%		317%	74%	223%	-56%	-22%	1080%	-24%	83%
	Nash	-12.70		0.45	-1.52	-1.10	-0.17	0.39	-2.50	0.38	-0.05		Nash	-0.60		-0.31	-1.40	-1.63	0.03	0.20	-2.36	0.26	-0.04
Bellús	% Error Vol.	73%	-94%		-90%	-51%	-93%	-44%	131%	-94%	-97%	Bellús	% Error Vol.	-5%	-91%		-82%	9%	-87%	-68%	-4%	-86%	-98%
	Nash	-41.00	-2.80		-2.06	-3.33	-1.41	-1.96	-2.52	-0.40	-0.02		Nash	-15.80	-1.93		-1.25	-1.76	-0.13	-2.77	0.34	-0.39	-0.01
Benageber	% Error Vol.	243%	-51%	110%		175%	-57%	-12%	817%	-33%	-89%	Benageber	% Error Vol.	196%	-40%	230%		170%	-59%	-37%	804%	-45%	-84%
	Nash	-16.00	-0.34	0.50		-2.60	-0.36	0.28	-2.90	0.16	-0.05		Nash	-6.40	0.25	0.02		-1.92	-0.07	0.08	-1.53	0.07	-0.05
Beniarrés	% Error Vol.	-37%	-97%	-51%	-96%		-98%	9%	-24%	-98%	-99%	Beniarrés	% Error Vol.	-72%	-95%	-44%	-93%		-97%	-94%	-45%	-96%	-99%
	Nash	-0.87	-3.18	0.36	-2.50		-1.57	0.30	0.32	-0.50	-0.01		Nash	-0.60	-2.25	0.39	-1.87		-0.48	-0.45	0.11	-0.69	-0.01
Castellar	% Error Vol.	341%	-33%	170%	55%	235%		33%	1350%	30%	-75%	Castellar	% Error Vol.	362%	-7%	362%	93%	282%		11%	1248%	17%	-73%
	Nash	-21.57	0.19	-0.01	-4.35	-1.10		0.04	-8.84	0.62	0.15		Nash	-18.00	0.35	-2.19	-3.65	-1.23		-0.20	-6.70	0.62	0.15
Guadalest	% Error Vol.	98%	-85%	21%	-57%	49%	-61%		431%	0%	-89%	Guadalest	% Error Vol.	14%	-7%	56%	-30%	4%	-49%		423%	-32%	-84%
	Nash	-1.18	-2.19	0.12	-0.71	0.33	-0.33		-0.54	0.20	-0.06		Nash	-0.19	-1.15	0.23	-0.23	0.48	0.06		-0.55	0.15	-0.05
María Cristina	% Error Vol.	-32%	-96%	-53%	-94%	-17%	-98%	-87%		-94%	-99%	María Cristina	% Error Vol.	-40%	-91%	-4%	-9%	-10%	-97%	-90%		-93%	-99%
	Nash	-0.53	-2.97	0.28	-2.29	0.55	-1.52	0.27		-0.40	-0.01		Nash	-0.63	-1.70	0.56	-1.40	-0.10	-0.45	-0.43		-0.62	-0.07
Pajaroncillo	% Error Vol.	140%	-77%	61%	-37%	85%	-45%	10%	729%		-77%	Pajaroncillo	% Error Vol.	103%	-61%	150%	-1%	78%	-25%	-12%	628%		-72%
	Nash	-33.25	-1.38	0.63	-0.23	-1.57	0.23	-2.46	-10.30		0.40		Nash	-20.26	-0.21	-6.60	-0.78	-2.80	0.62	-6.94	-7.40		0.42
Ulldenca	% Error Vol.	410%	0%	335%	163%	319%	70%	50%	2210%	134%		Ulldenca	% Error Vol.	540%	56%	756%	228%	450%	84%	41%	2311%	102%	
	Nash	#####	-20.60	-5.75	-83.00	-8.48	-8.16	-6.57	-80.45	-8.89			Nash	#####	-24.50	-42.95	-58.00	-12.85	-2.38	-19.00	-67.20	-7.13	

- Con los FC de Amadorio se da una validación **aceptable** en la estación de Beniarrés
- Con los FC de Castellar se da una validación **aceptable** en la estación de Pajaroncillo.

CALIBRANDO EL FC 7 (Kp1_15 1 día)

VALIDACION ESPACIAL (2004-2007)												VALIDACION ESPACIAL-TEMPORAL (2002-2003)											
Estación FC 7	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castella	Guadal	María C	Pajaron	Ullddec	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castella	Guadal	María C	Pajaron	Ullddec
Amadorio	% Error Vol.		-96%	-48%	-93%	-18%	-98%	10%	4%	24%	-71%	Amadorio	% Error Vol.		-93%	-29%	-89%	-41%	-97%	-17%	-16%	8%	-72%
	Nash		-3.06	0.12	-2.32	0.50	-1.55	0.30	0.18	0.45	0.35		Nash			-2.05	0.21	-1.62	0.52	-0.49	0.51	0.10	0.35
Arenós	% Error Vol.	300%		126%	51%	186%	-54%	-5%	959%	-8%	-19%	Arenós	% Error Vol.	363%		317%	74%	223%	-56%	-22%	1080%	-24%	-13%
	Nash	-12.70		0.45	-1.52	-1.10	-0.17	0.39	-2.50	0.38	0.50		Nash	-0.60		-0.31	-1.40	-1.63	0.03	0.20	-2.36	0.26	0.52
Bellús	% Error Vol.	73%	-94%		-90%	-51%	-93%	-44%	131%	-1%	-82%	Bellús	% Error Vol.	-5%	-91%		-82%	9%	-87%	-68%	-4%	-27%	-85%
	Nash	-41.00	-2.80		-2.06	-3.33	-1.41	-1.96	-2.52	0.18	0.20		Nash	-15.80	-1.93		-1.25	-1.76	-0.13	-2.77	0.34	0.10	0.30
Benageber	% Error Vol.	0%	-14%	62%		175%	-57%	8%	817%	62%	-41%	Benageber	% Error Vol.	0%	2%	148%		170%	-59%	-7%	804%	72%	-38%
	Nash	-16.00	0.56	0.54		-2.60	-0.36	0.29	-2.90	0.21	0.26		Nash	-6.40	0.61	0.30		-1.92	-0.07	0.24	-1.53	0.30	0.23
Beniarrés	% Error Vol.	-37%	-97%	-51%	-96%		-98%	-9%	-24%	-63%	-81%	Beniarrés	% Error Vol.	-72%	-95%	-44%	-93%		-97%	-30%	-45%	-23%	-85%
	Nash	-0.87	-3.18	0.36	-2.50		-1.57	0.37	0.32	0.16	0.19		Nash	-0.60	-2.25	0.39	-1.87		-0.48	0.22	0.11	0.10	0.23
Castellar	% Error Vol.	341%	-33%	88%	55%	235%		-40%	1350%	30%	-38%	Castellar	% Error Vol.	362%	-7%	212%	93%	282%		-50%	1248%	17%	-37%
	Nash	-21.57	0.19	0.18	-4.35	-1.10		0.14	-8.84	0.62	0.47		Nash	-18.00	0.35	-0.84	-3.65	-1.23		-0.14	-6.70	0.62	0.45
Guadalest	% Error Vol.	98%	-85%	21%	-57%	49%	-40%		431%	0%	-76%	Guadalest	% Error Vol.	14%	-7%	56%	-30%	4%	-4%		423%	-32%	70%
	Nash	-1.18	-2.19	0.12	-0.71	0.33	0.01		-0.54	0.20	0.05		Nash	-0.19	-1.15	0.23	-0.23	0.48	0.45		-0.55	0.15	0.05
María Cristina	% Error Vol.	-32%	-40%	-53%	-94%	-17%	-98%	17%		-94%	-49%	María Cristina	% Error Vol.	-40%	-13%	-4%	-9%	-10%	-97%	8%		-93%	-46%
	Nash	-0.53	0.04	0.28	-2.29	0.55	-1.52	0.40		-0.40	0.53		Nash	-0.63	0.12	0.56	-1.40	-0.10	-0.45	0.25		-0.62	0.54
Pajaroncillo	% Error Vol.	140%	-77%	-40%	-37%	85%	-45%	10%	729%		-66%	Pajaroncillo	% Error Vol.	103%	-61%	9%	-1%	78%	-25%	-12%	628%		-62%
	Nash	-33.25	-1.38	0.70	-0.23	-1.57	0.23	-2.46	-10.30		0.40		Nash	-20.26	-0.21	-4.50	-0.78	-2.80	0.62	-6.94	-7.40		0.50
Ulldconca	% Error Vol.	410%	0%	335%	163%	319%	70%	50%	2210%	134%		Ulldconca	% Error Vol.	540%	56%	756%	228%	450%	84%	41%	2311%	102%	
	Nash	#####	-20.60	-5.75	-83.00	-8.48	-8.16	-6.57	-80.45	-8.89			Nash	#####	-24.50	-42.95	-58.00	-12.85	-2.38	-19.00	-67.20	-7.13	

- Con los FC de Amadorio se da una validación **aceptable** en la estación de Beniarrés.
- Con los FC de Arenós se da una validación **aceptable** en la estación de Ulldconca.
- Con los FC de Benageber validación **aceptable** en la estación de Arenós.
- Con los FC de Castellar se da una validación **aceptable** en la estación de Pajaroncillo.
- Con los FC de María Cristina validación **aceptable** en la estación de Ulldconca.

CONCLUSIONES

- ▶ Se ha desarrollado una metodología que permite estimar regionalmente de forma explícita los fenómenos kársticos.
- ▶ La estimación de los parámetros trae consigo una serie de incertidumbres debidas a la escala espacial y/o a la calidad de los datos, sin embargo estos errores son corregidos en su mayoría por los FCs del modelo TETIS.
- ▶ El emplear mapas estándar a escala regional (suelo, geológico, uso de suelo, elevación) y variable en el espacio, facilitan y uniformizan la estimación de los parámetros del modelo TETIS.

CONCLUSIONES

- ▶ En modelos diarios, un desfase temporal entre los datos de precipitación y de aforo puede llegar a ser importante.
- ▶ Puede llevarse a cabo el traslado de los FCs de cuencas aforadas a cuencas no aforadas, solo cuando tengan características hidroclimáticas similares.
- ▶ En el modelo TETIS, es más difícilmente extrapolable el reparto del flujo subterráneo, necesitando generalmente la calibración de este flujo, o combinar TETIS con un modelo de acuíferos (MODFLOW).



**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**