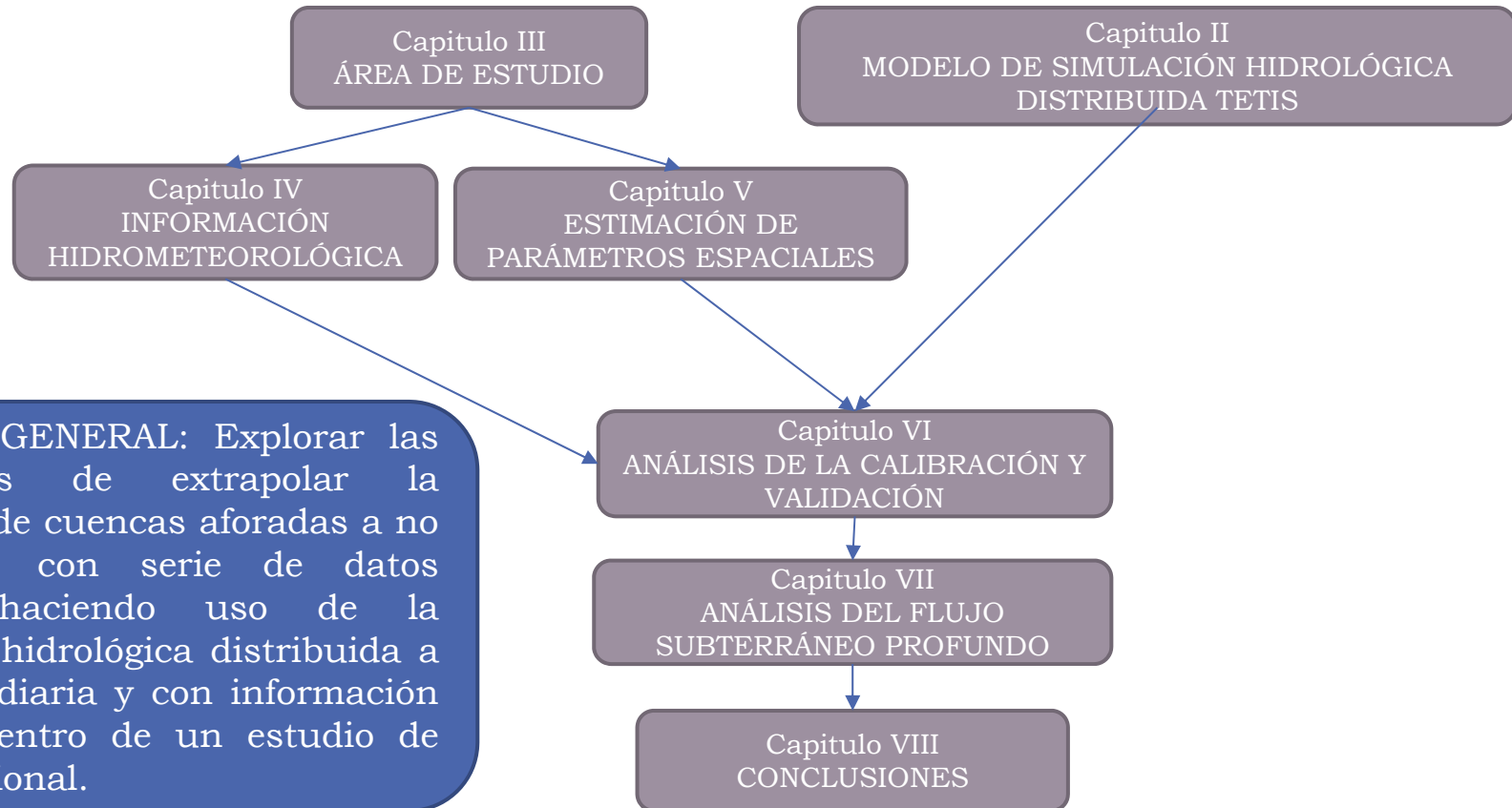

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER: “**ANÁLISIS DE LA
IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO
DISTRIBUIDO TETIS EN EL ÁMBITO REGIONAL DE LA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
UTILIZANDO INFORMACIÓN ESTÁNDAR**”

Autor: Ronny Rios Pacheco

Director: Félix Francés García

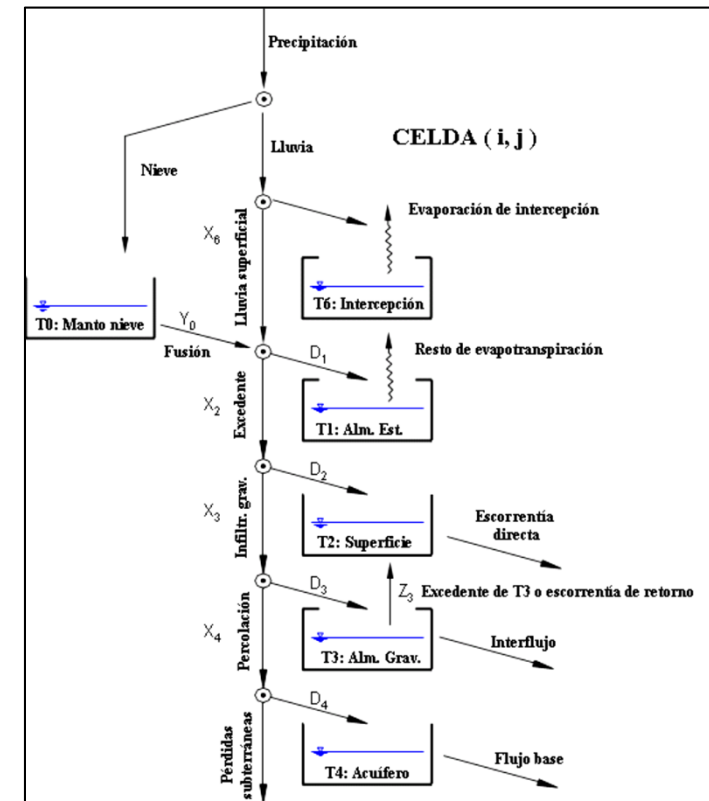
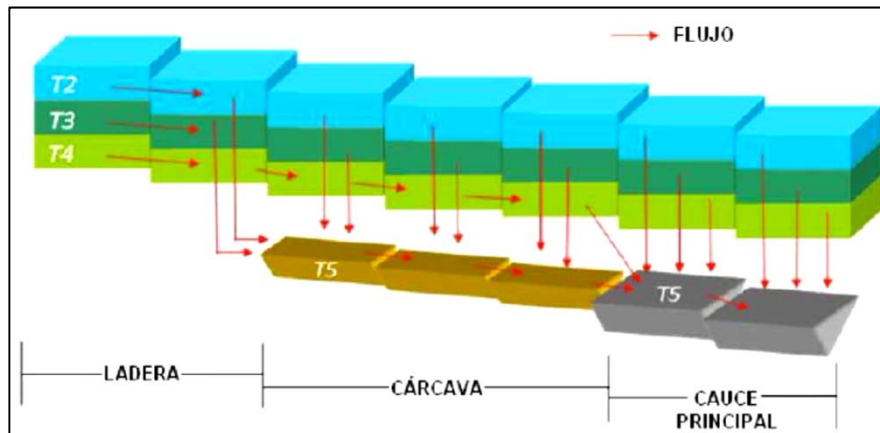


OBJETIVO GENERAL: Explorar las Posibilidades de extrapolar la calibración de cuencas aforadas a no aforadas o con serie de datos faltantes, haciendo uso de la modelación hidrológica distribuida a una escala diaria y con información estándar, dentro de un estudio de carácter regional.

MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DISTRIBUIDA TETIS

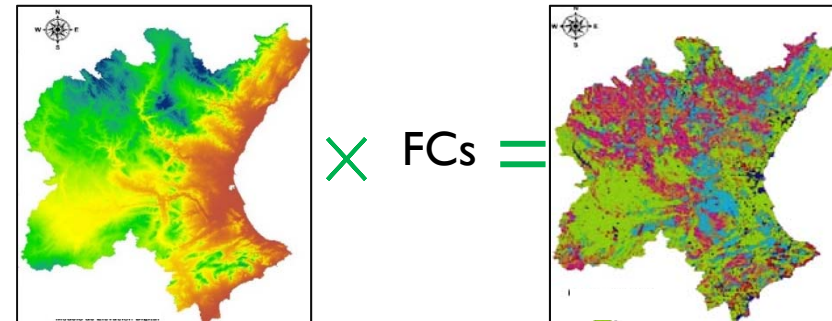
DESCRIPCIÓN DEL MODELO

- 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	Hu
FC2	Índice de cobertura de vegetación	λ
FC3	Capacidad de infiltración	Ks
FC4	Velocidad del flujo superficial	u
FC5	Capacidad de percolación	Kp
FC6	Velocidad del interflujo	Kss
FC7	Capacidad de percolación profunda	Kps
FC8	Velocidad del flujo base	Ksa
FC9	Velocidad del flujo en canal	v

Estructura separada del parámetro

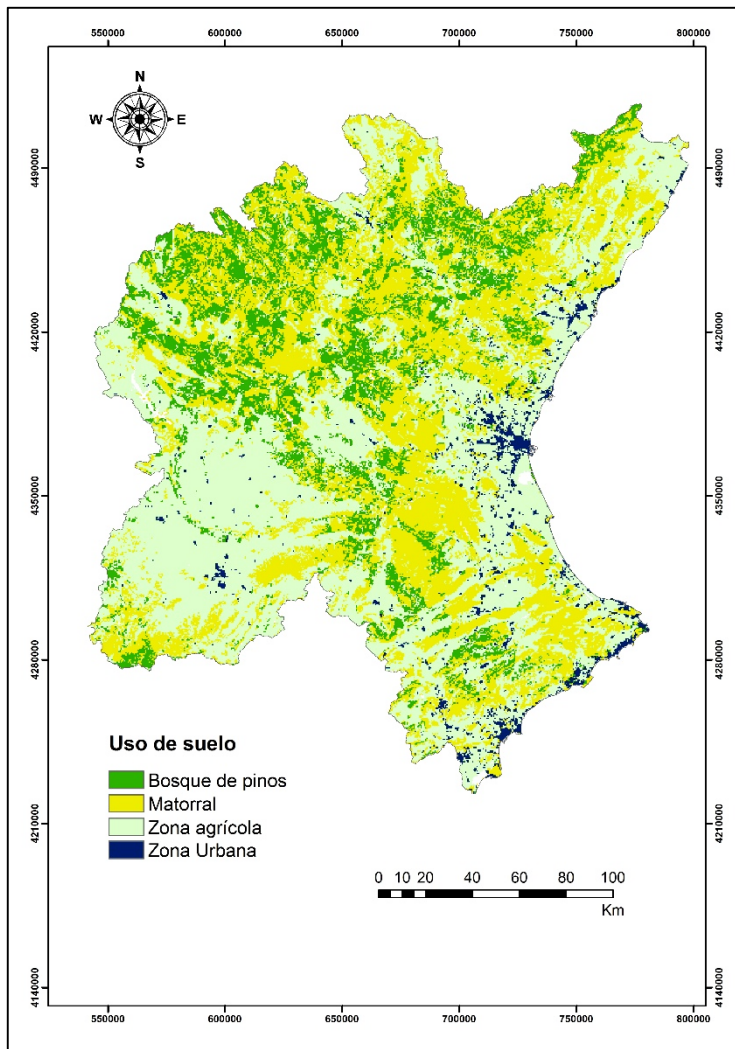


Algoritmo de optimización SCE-UA

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

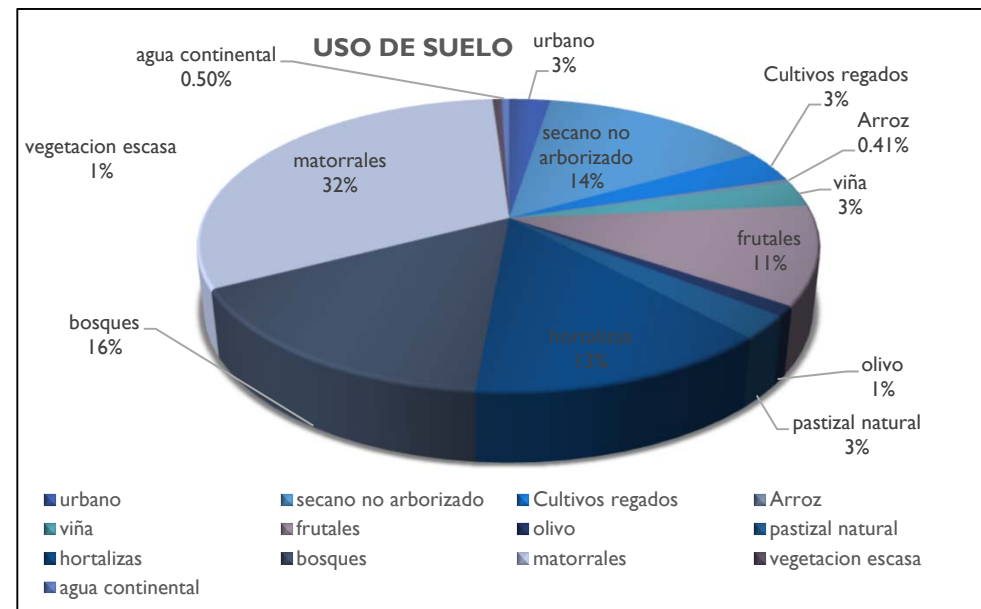
ÀREA DE ESTUDIO

ÀREA DE ESTUDIO

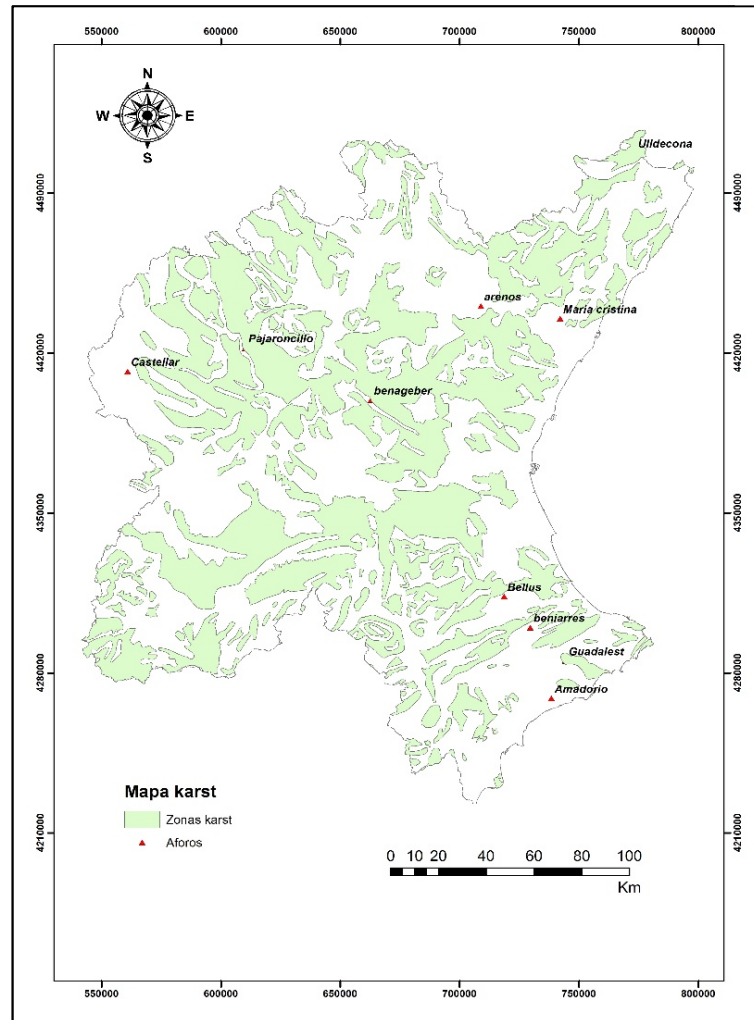


-La CHJ tiene una superficie total 42,851 Km²

-Clima mediterráneo



ÀREA DE ESTUDIO



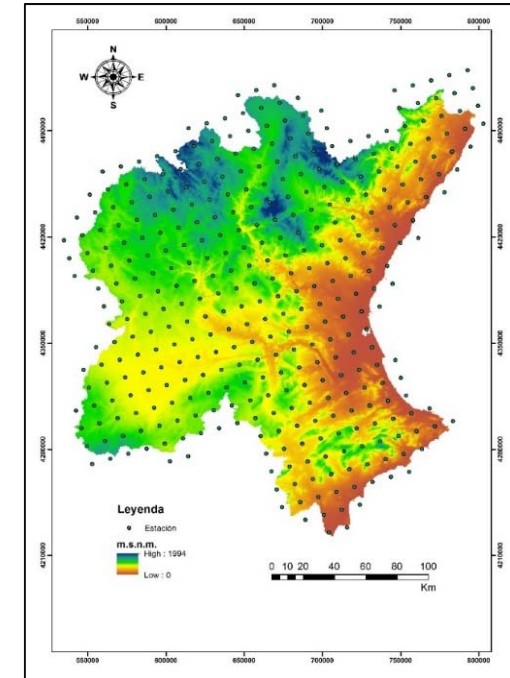
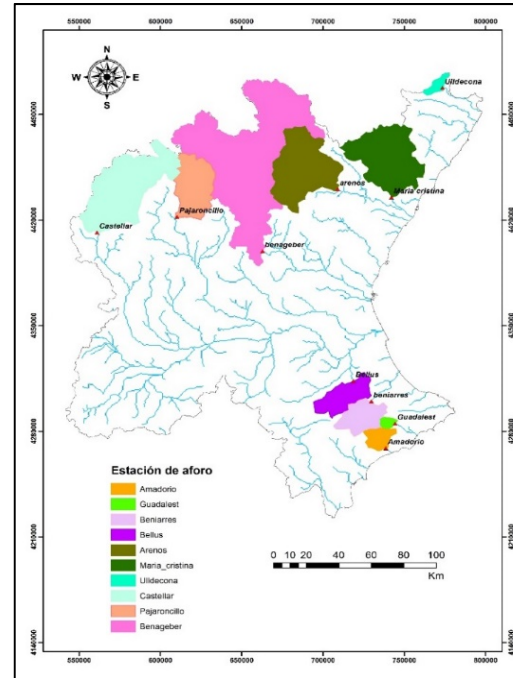
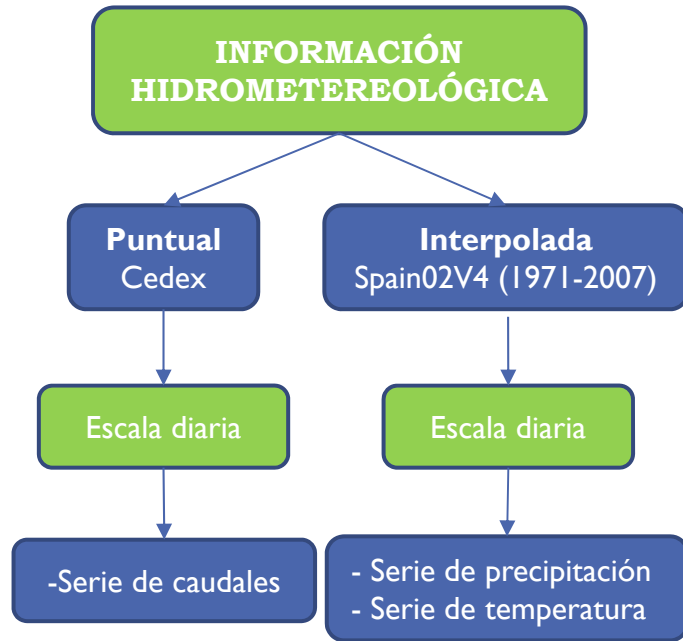
-La CHJ tiene una superficie total 42,851 Km²

-Clima mediterráneo

-Zonas kársticas (43%)

INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

SERIE DE DATOS



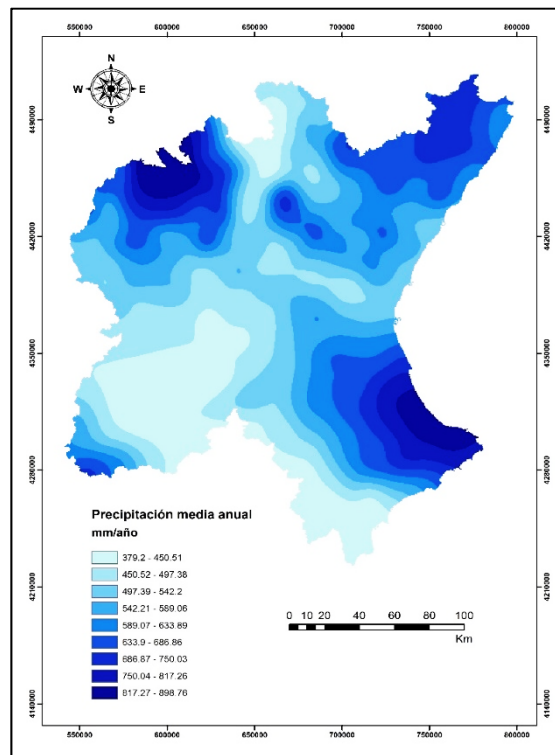
- *Mapa de ubicación de las cuencas analizadas*

Benageber	Pajaroncillo
Arenós	Ulldecona
Beniarrés	Bellús
Guadalest	Castellar
María Cristina	Amadorio

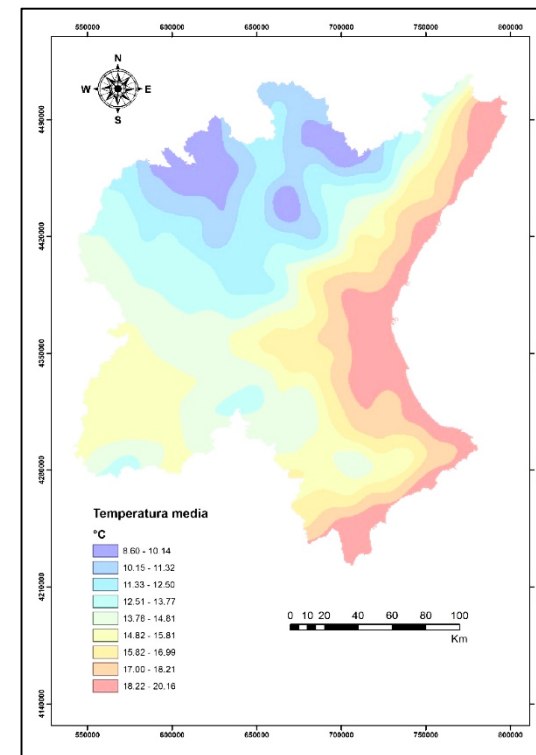
- *Mapa de distribución de rejillas de los puntos interpolados del proyecto SPAIN02V4*

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 ET_0 se usó la ecuación de Hargreaves

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

ET_0 : Evapotranspiración de referencial (mm/día)

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

R_s : radiación solar incidente (mm/día)

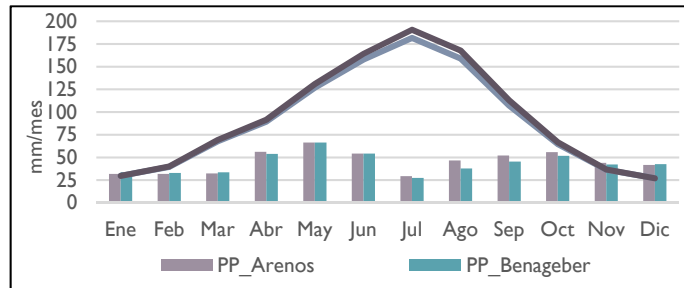
R_0 : radiación solar extraterrestre (mm/día)

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

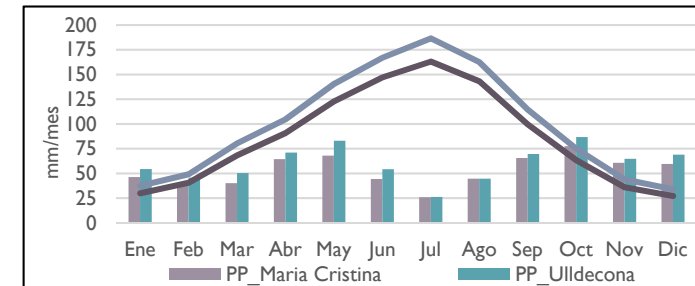
$$ET_0 = 0.0023 * (t_{med} - 17.8) * R_0 * \sqrt{t_{max} - t_{min}}$$

REGIONES HIDROCLIMÁTICAS

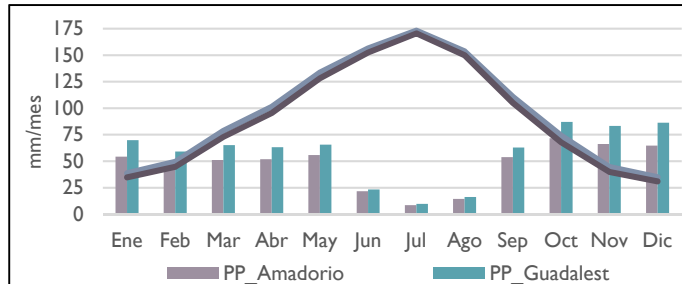
Precipitación y Eto media mensual



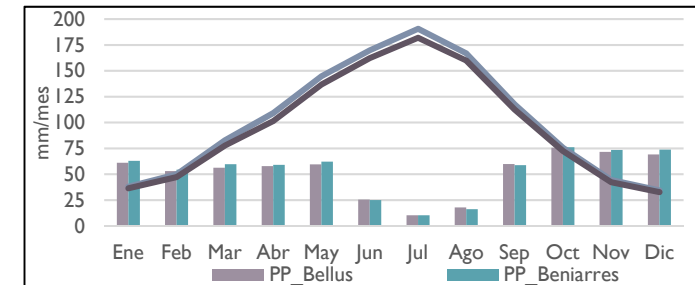
Precipitación
Máxima: 65 mm/mes
Mínima: 27 mm/mes
Etp
Máxima: 175 mm/mes



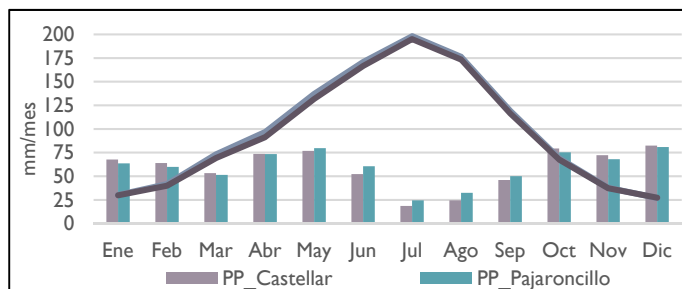
Precipitación
Máxima: 80mm/mes
Mínima: 25 mm/mes
Etp
Máxima: 165 mm/mes



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



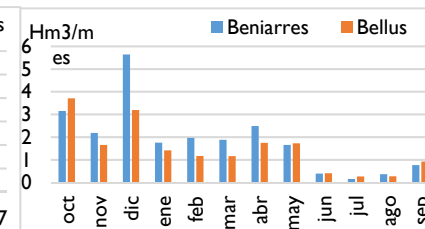
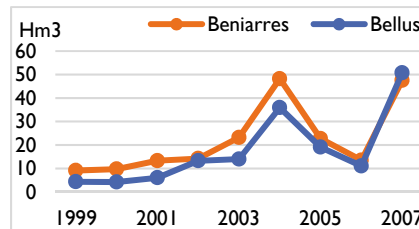
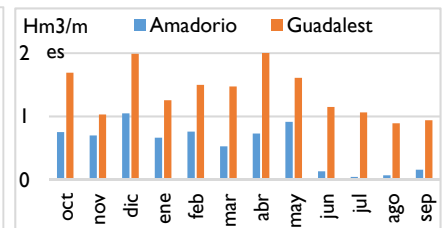
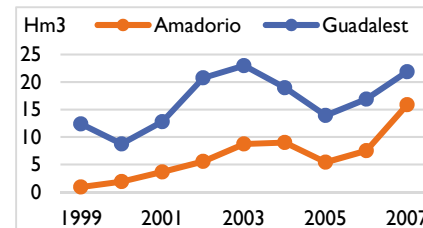
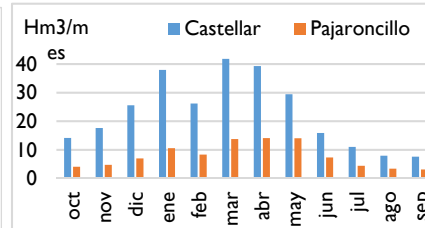
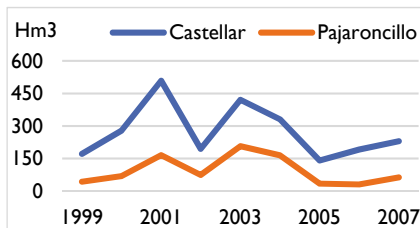
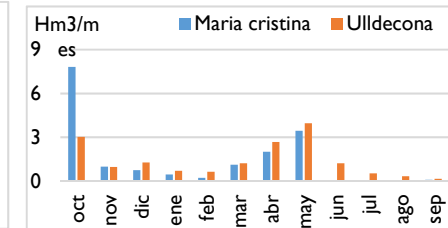
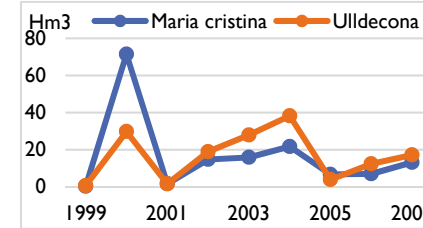
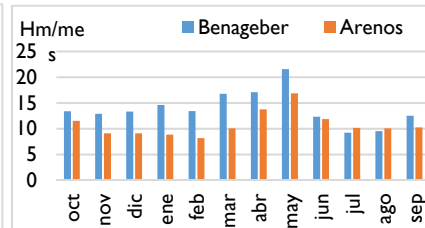
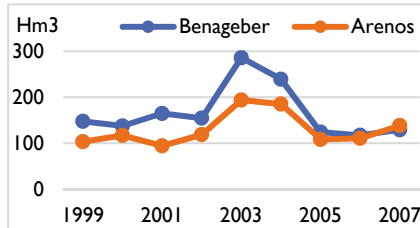
Precipitación
Máxima: 75mm/mes
Mínima: 10 mm/mes
Etp
Máxima: 180 mm/mes



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

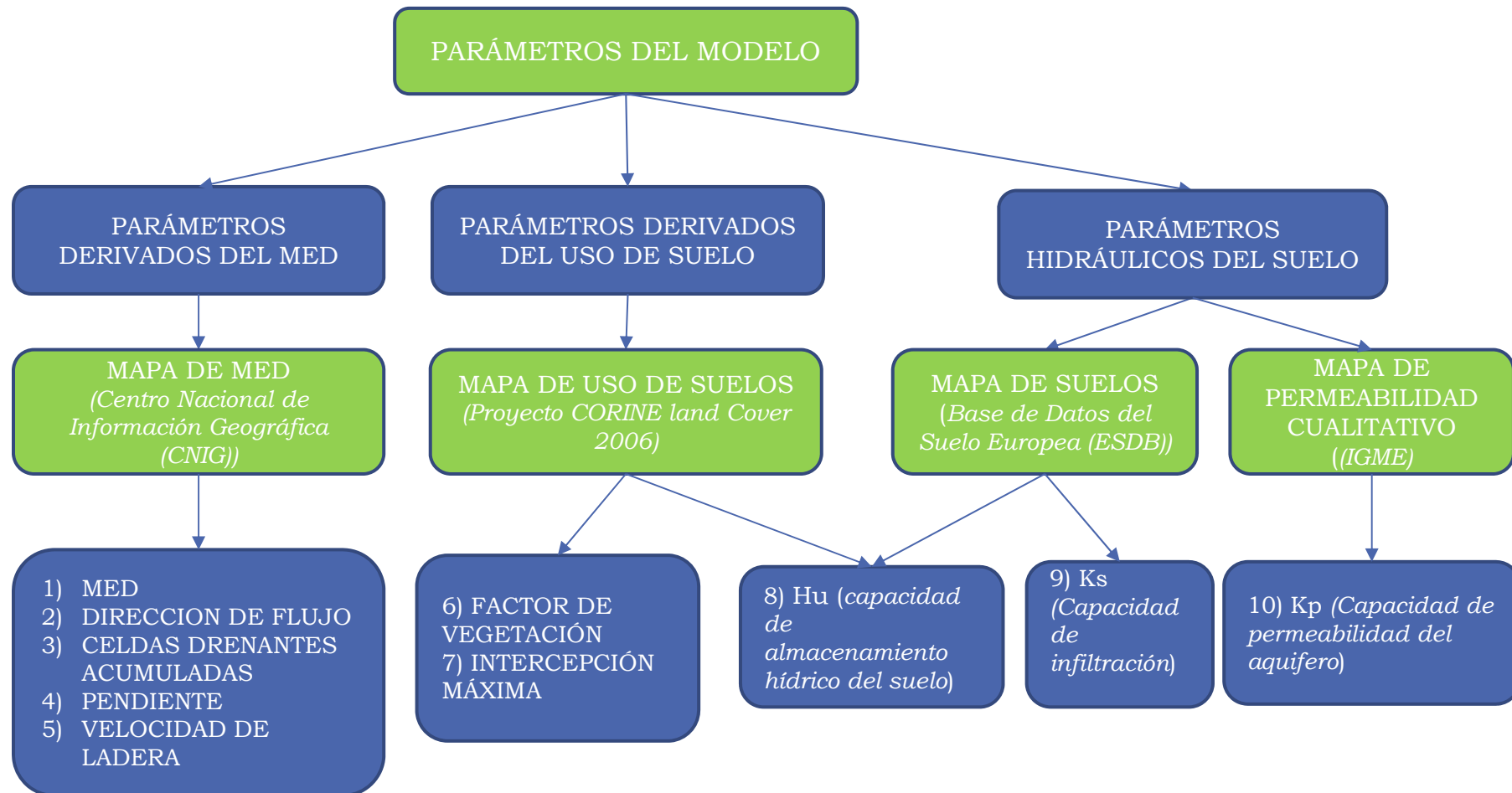
REGIONES HIDROCLIMÁTICAS

Aportaciones anuales y media mensuales en las estaciones analizadas



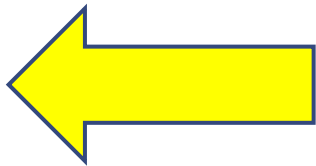
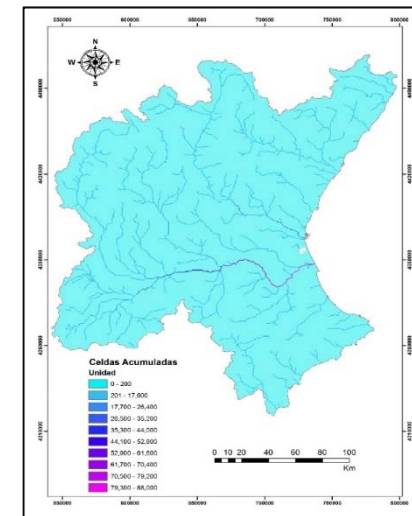
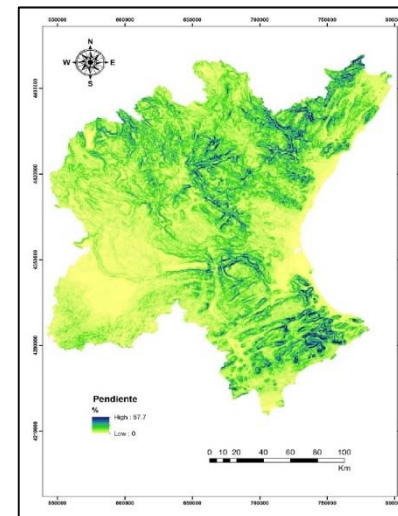
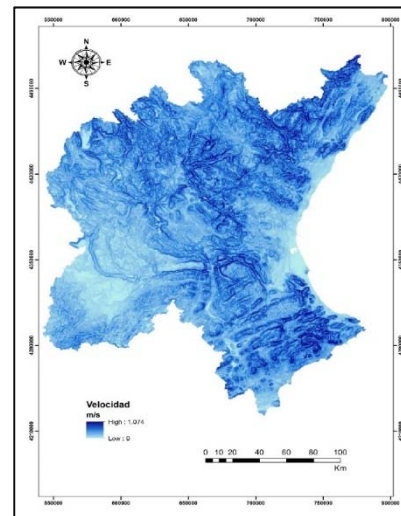
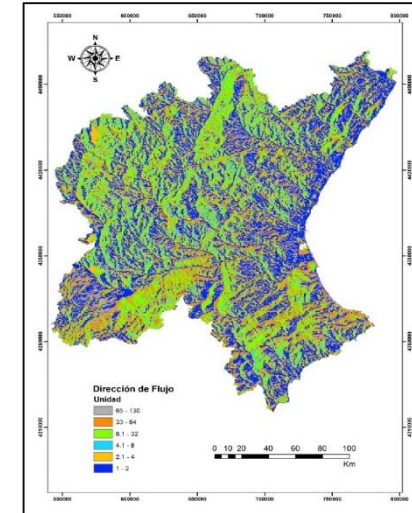
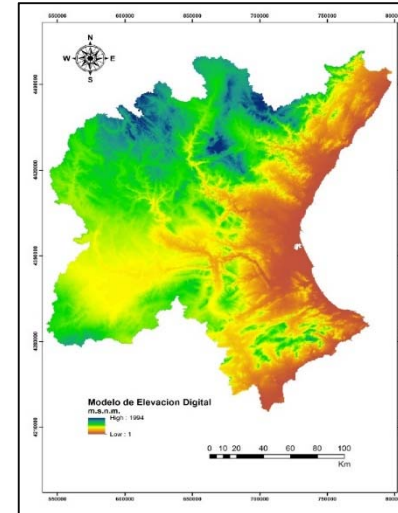
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ESPACIALES PARA LA MODELIZACIÓN

ESTRUCTURA DE ESTIMACIÓN

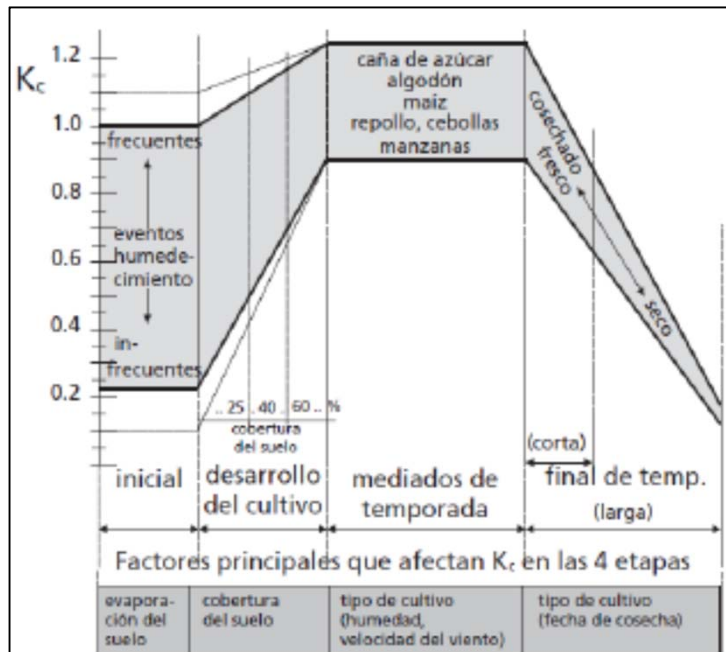


PARÁMETROS DERIVADOS DEL MED

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

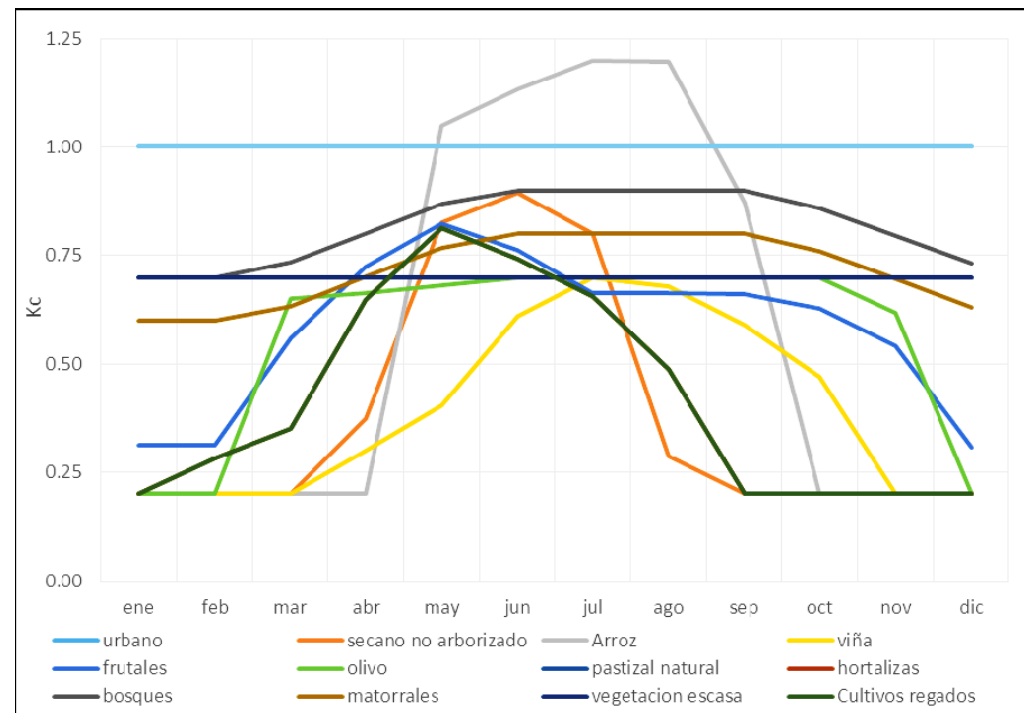


- **Factor de vegetación (K_c):** medirá la contribución del cultivo sobre las necesidades hídricas del mismo. Tipo y desarrollo del cultivo, se emplea la metodología definida por la FAO.



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

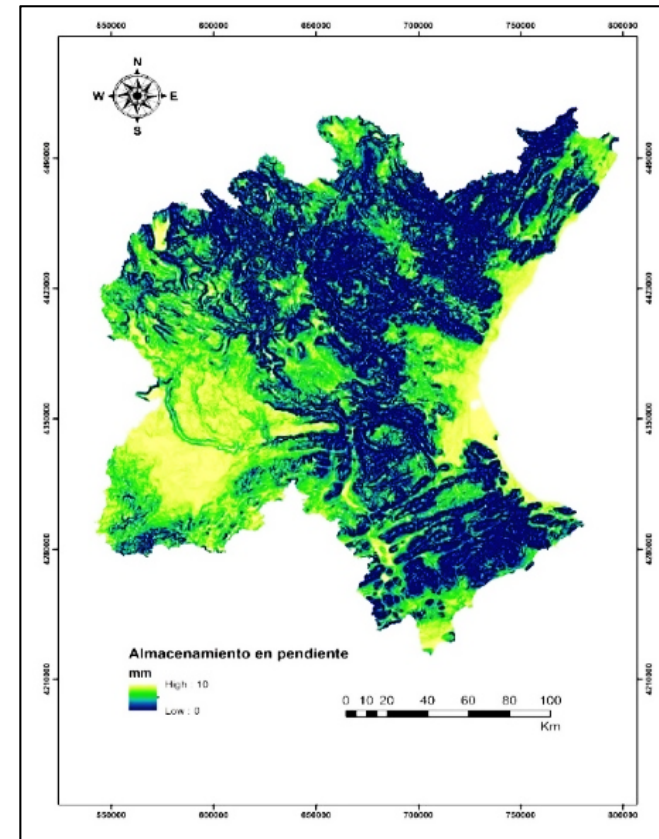
Fuente: Documento FAO N° 56 Riego y Drenaje



Distribución mensual de los factores de vegetación CHJ

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

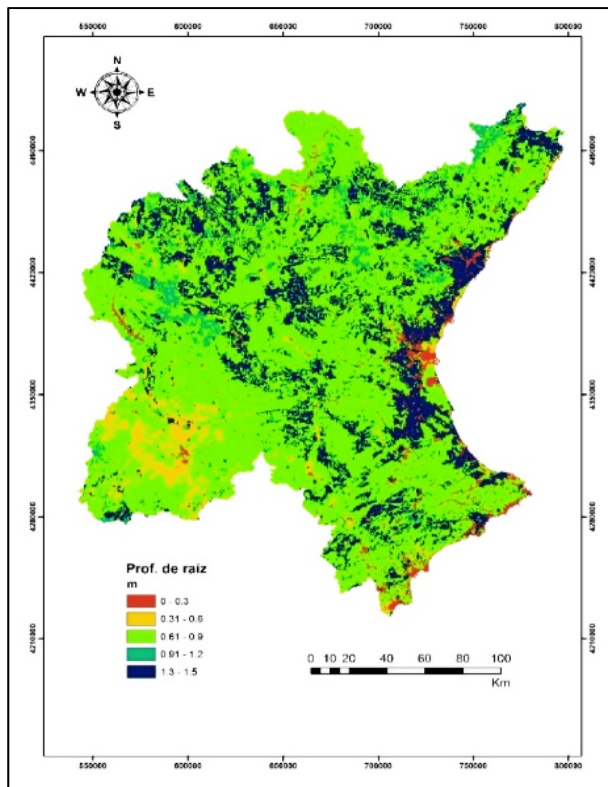
Clases	Código	Clasificación CLC 2006	Prof. Raíces (m)	Almac. Charcos (mm)	Intercepción (mm)
urbano	111	Tejido urbano continuo	0.06	0	0
	112	Tejido urbano discontinuo	0.1	5	3
	121	Zonas industriales o comerciales	0.06	0	0
	122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	0.06	0	0
	123	Zonas portuarias	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
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
	245	Reservas de frondosas	1	4	0



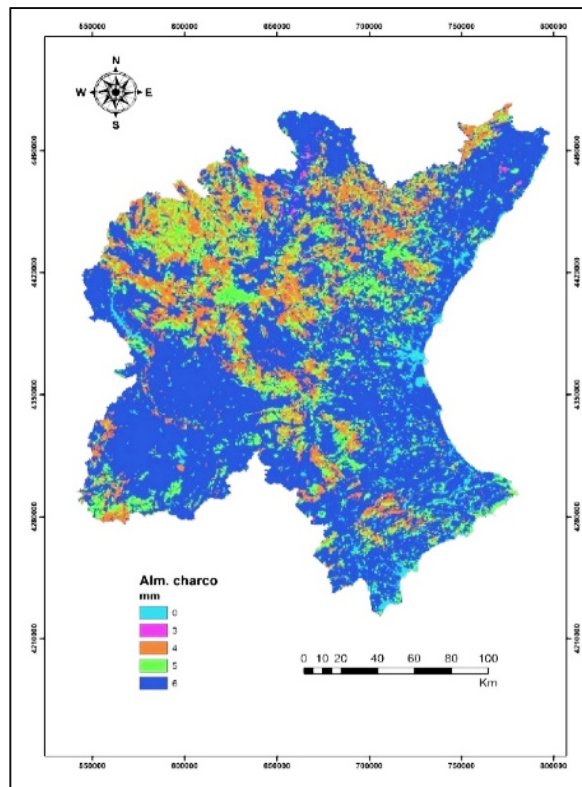
Mapa almacenamiento en pendiente

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

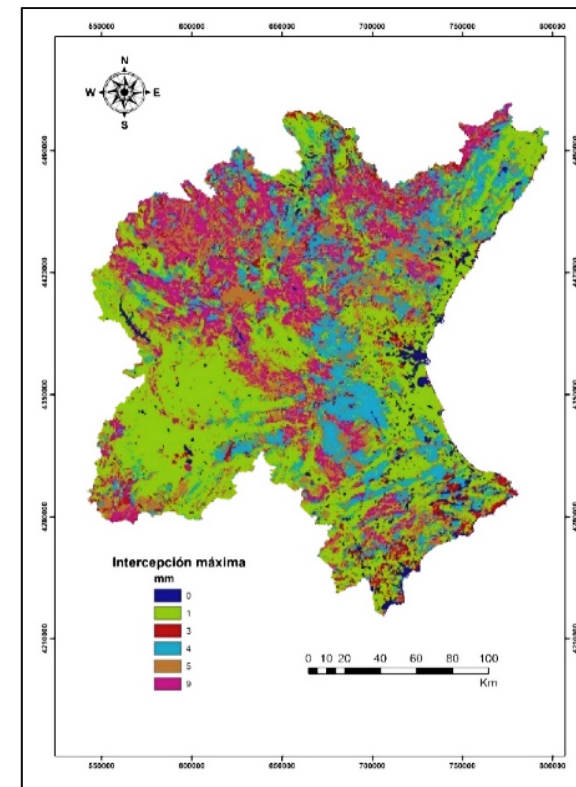
$$\text{pendiente} < 0.075 \text{ (m/m)}$$



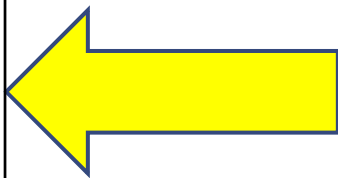
Mapa Prof. de raíz



Mapa Alm. charcos



Mapa Intercepción máxima (.txt)

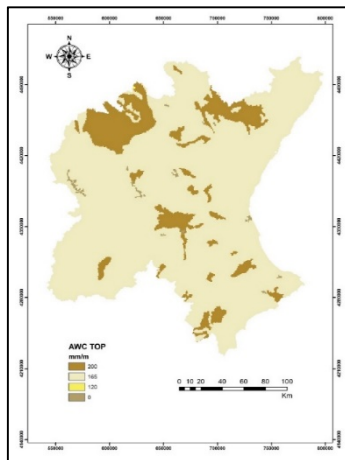


PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL TERRENO

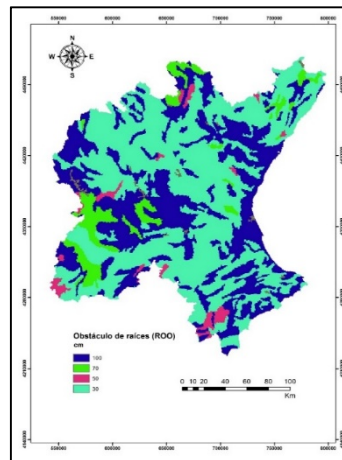
- ▶ H_u : Capacidad de almacenamiento hídrico del suelo (ESDB + Parámetros derivados de uso del suelo)

$$H_u = Almsup + AWC * TOP * \text{mín}(Prof. \text{raíces}; ROO)$$

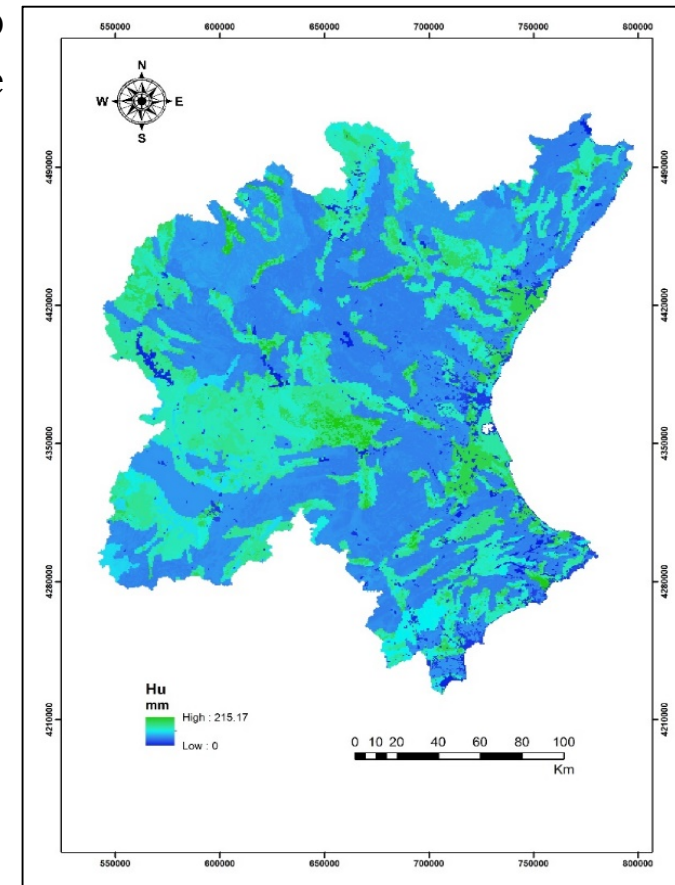
Mapas tomados de la base de datos de suelo Europea (ESDB).



Mapa capacidad de agua disponible en la capa superior del suelo



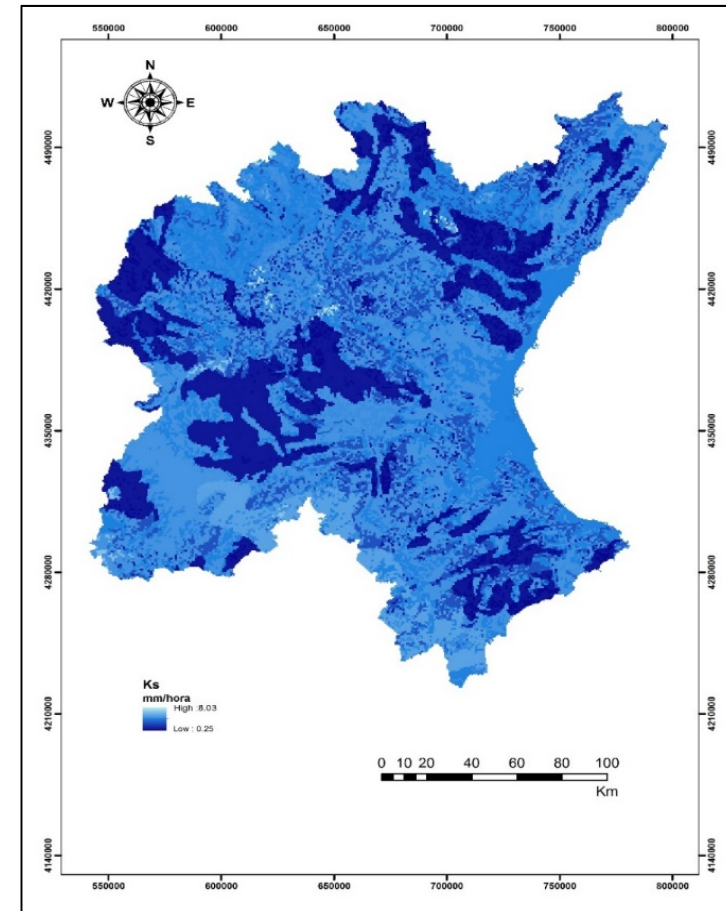
Mapa obstáculo de raíces



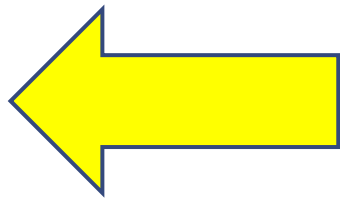
Mapa H_u de la CHJ

PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL TERRENO

- ▶ K_s : 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).

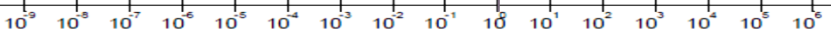


Mapa K_s de la CHJ

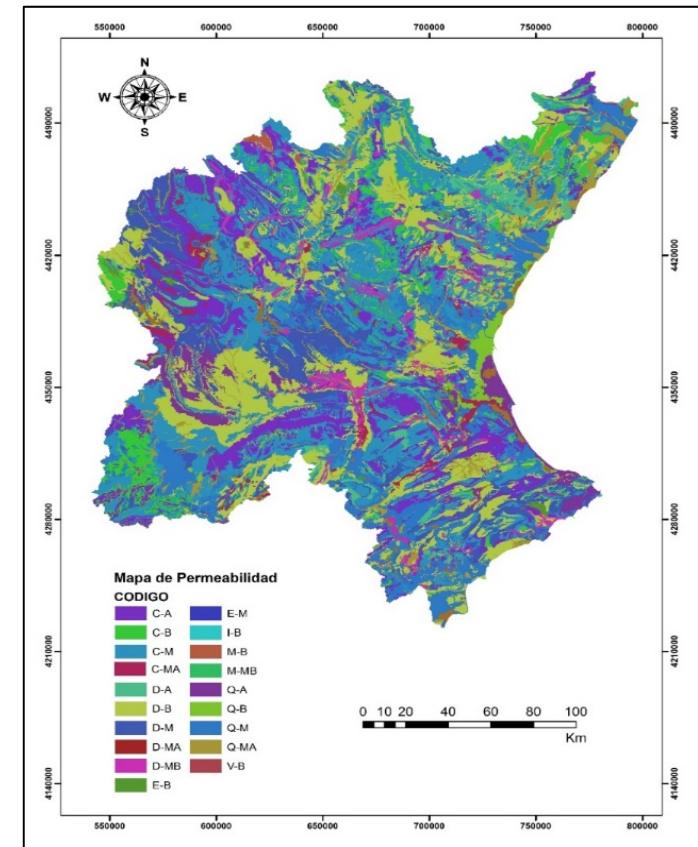


PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL TERRENO

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

Categoría	Kp0 (mm/h)	Tipo de roca (Kp1 y Kp2)	Kp1 (mm/h)	Kp2 (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		poco consolidadas		
Tobas				
Rocas carbonáticas				
no fracturadas		fracturadas		
		karstificadas		
				
Conductividad hidráulica, [m/día]				
Q-A			16.666667	
Q-MA			1666.666667	
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

Fuente: M. Puricelli (2003), Tesis Doctoral



Mapa de permeabilidad cualitativa de la CHJ

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**

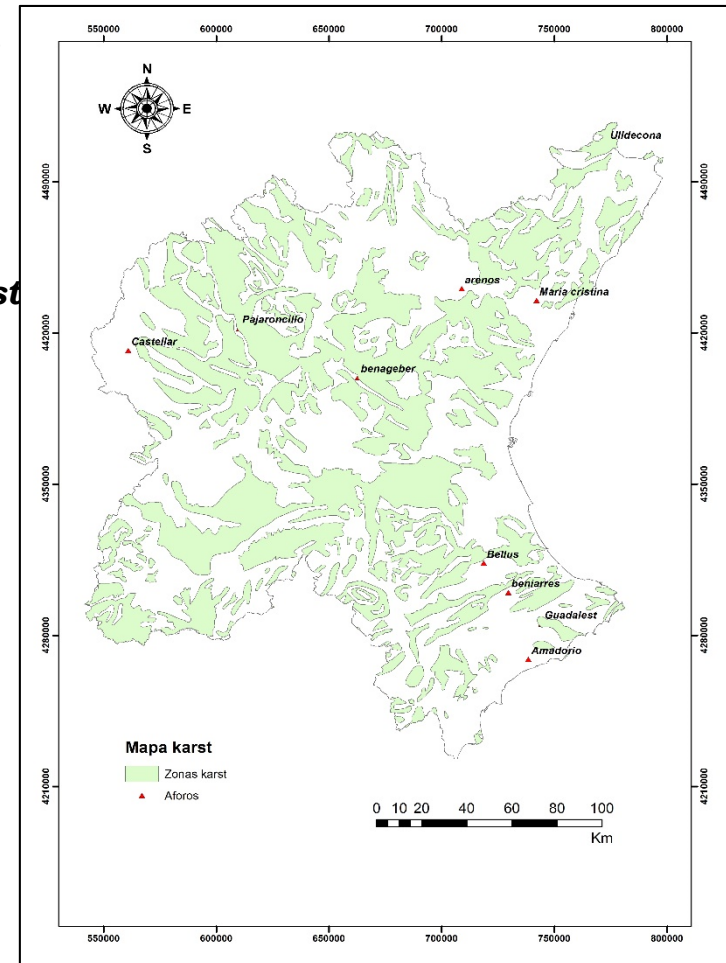
Kp0
Kp0_karst
Kp0_15

Kp1
Kp1_karst
Kp1_15
Kp1_50
Kp1_15kss
Kp1_15kss

Kp2
Kp2_karst
Kp2_15
Kp2_50
Kp2_15kss
Kp2_15kss

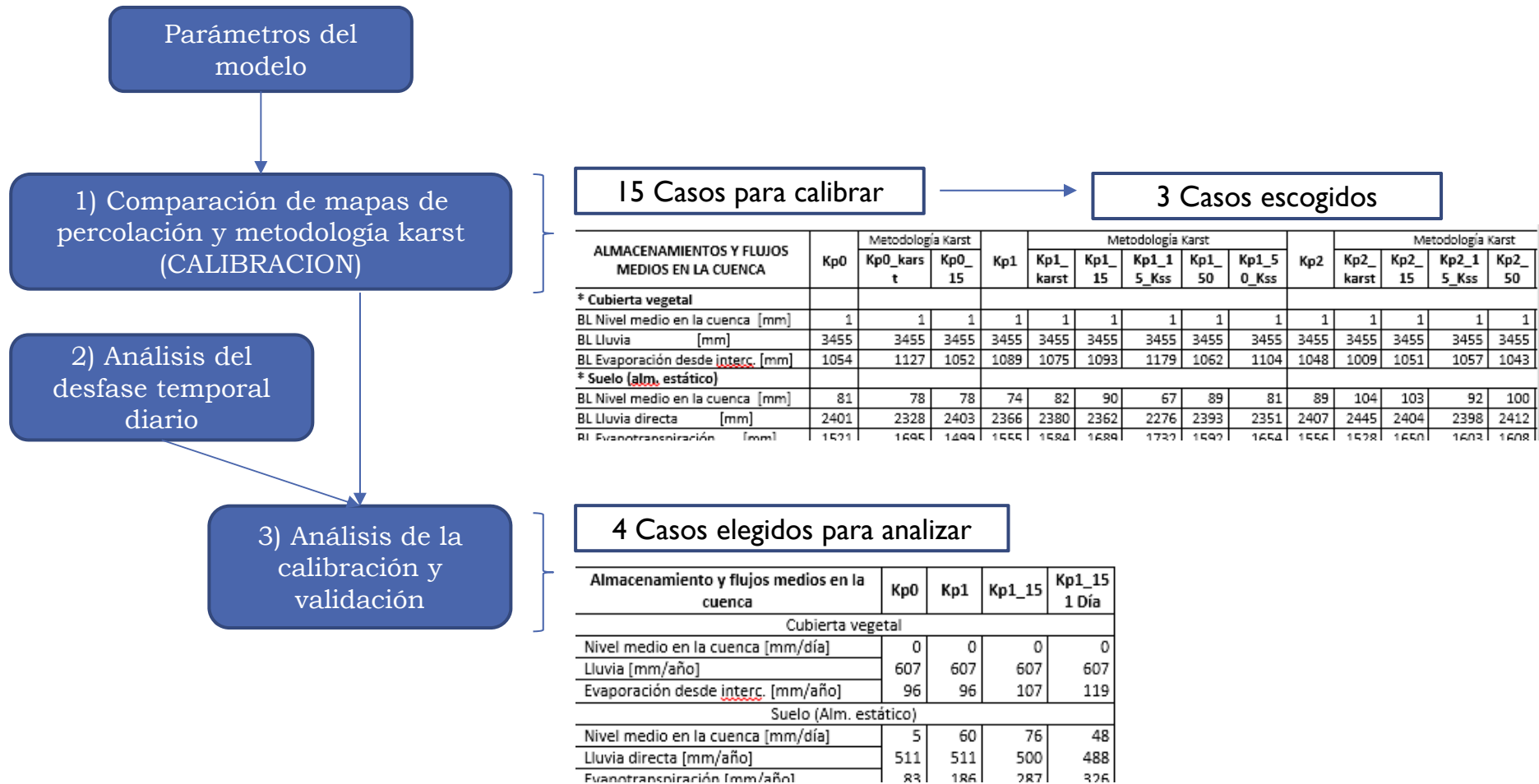
15 Casos por analizar

Mapa Karst de la CHJ



ANÁLISIS DE LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

ESQUEMA DE TRABAJO



- ▶ Calibración-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				
		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 sub. conectado [mm]	0	174	0	9	10	332	316	313	348	0	332	0	288	297	230
BL Flujo sub. 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

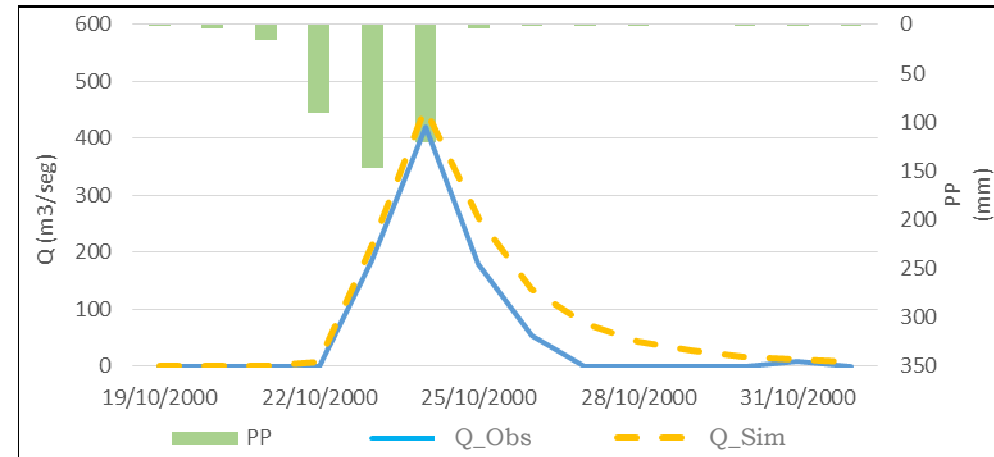


Figura N° 6.1 Desfase temporal entre los datos de precipitación y de aforo en el embalse de María Cristina

- ▶ 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.

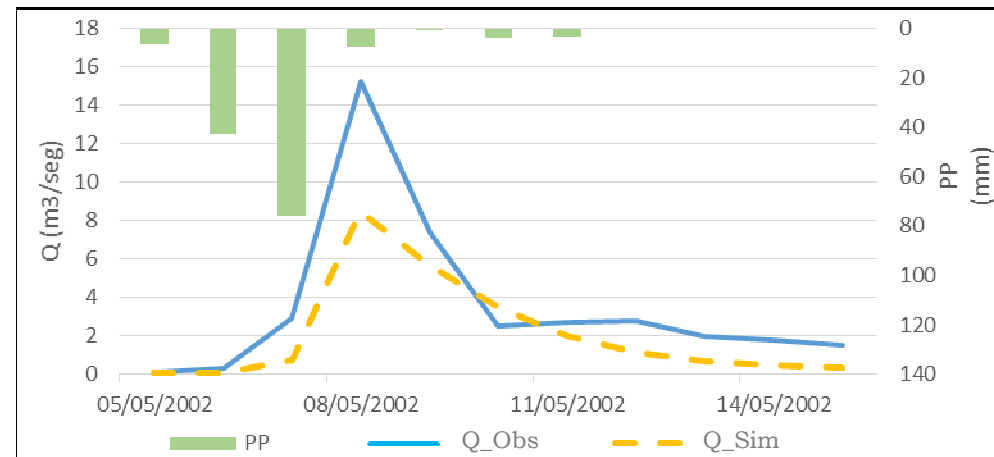


Figura N° 6.2 Desfase temporal entre los datos de precipitación y de aforo en el embalse de Beniarrés.

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

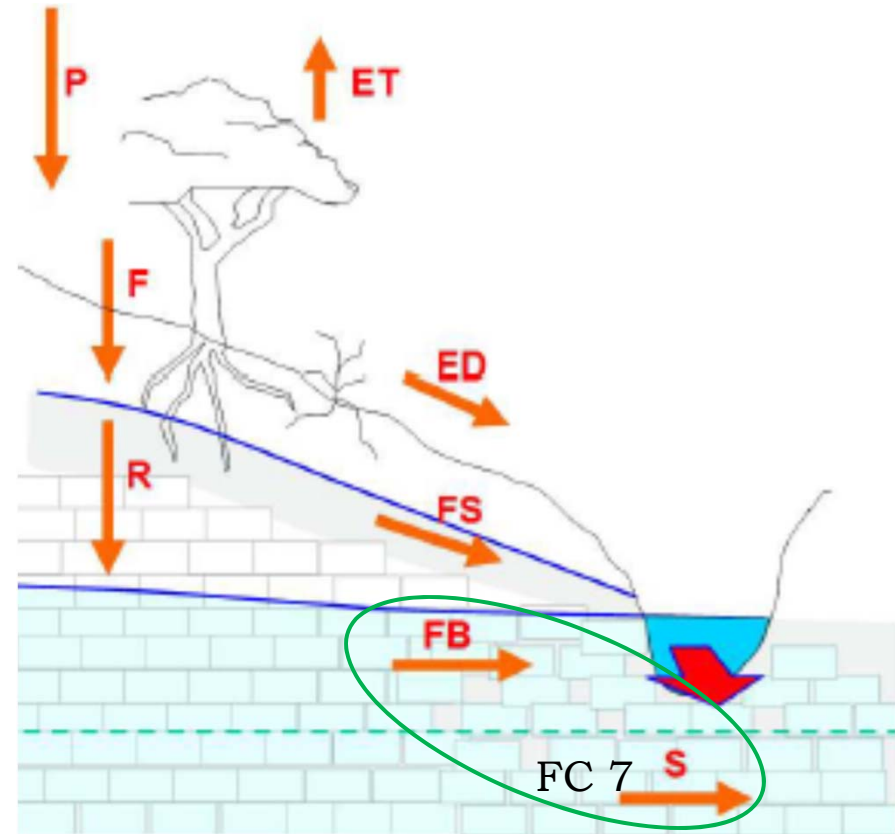
- ▶ Se observa una mejora general al modificar el mapa de capacidad de percolación, de la misma manera implementar el karst.
- ▶ Mejora aun mas corrigiendo el desfase temporal
- ▶ La validación espacial y espacio-temporal (cruzada) no brindaron buenos resultados.

	Benagebe	Arenos	Beniarres	Guadalest	Maria_cristi	Pajaroncillo	Ulldecona	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	Benageber	Beniarrés	Castella	Guadalest	María Cristina	Pajaroncillo	Ulldecona	Estación FC 7	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benageber	Beniarrés	Castella	Guadalest	María Cristina	Pajaroncillo	Ulldecona
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	Benageber	Beniarrés	Castellar	Guadalest	María Cristina	Pajaroncillo	Ulldecona	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benageber	Beniarrés	Castellar	Guadalest	María Cristina	Pajaroncillo	Ulldecona
Amadorio	% Error Vol.		-27%	0%	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
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%		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
Ulldecona	% Error Vol.	417%	23%	352%	183%	321%	80%	64%	2306%	159%		Ulldecona	% 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 Ulldecona.
- 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	Castella	Guadal	María C	Pajaron	Uldeco	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castella	Guadal	María C	Pajaron	Uldeco
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
Uldecona	% Error Vol.	410%	0%	335%	163%	319%	70%	50%	2210%	134%		Uldecona	% 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	Ulldecc	Estación FC	Indicador	Amador	Arenós	Bellús	Benage	Beniarr	Castella	Guadal	María C	Pajaron	Ulldecc
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	0.40
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
Ulldecona	% Error Vol.	410%	0%	335%	163%	319%	70%	50%	2210%	134%		Ulldecona	% 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 Ulldecona.
- 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 Ulldecona.

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**