

# Construcción y calibración de modelo hidrológico con SWAT+ en la cuenca alta del Tajo

Rodríguez-Castellanos, José Manuel

Dpt. Geología, Geografía y Medio Ambiente; Universidad de Alcalá

\* jm.rodriguezc@uah.es

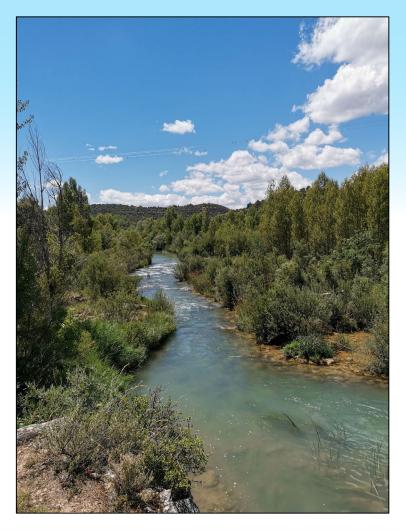






#### Puntos a tratar

- Introducción
- Construcción del modelo hidrológico
- Geología de la cuenca del Tajo
  - Clases permeabilidad geológica
  - Zonificación geológica
- Previo Soft-calibration
  - Caracterización subcuencas
- Soft-calibration
  - Objetivos
  - Resultados del proceso



Cabecera del río Tajo.

## Introducción

# **Importancia**

- Suma importancia para la gestión del agua en España.
- Gestión de regulación del río Tajo y el abastecimiento de agua.
- El sistema de hiperembalses Entrepeñas-Buendía juega un papel en:





Regulación del caudal del río

Aprovechamiento de sus recursos hídricos

Aportaciones en embalses



Trasvase Tajo Segura



**Embalse de Entrepeñas** 





Paliar escasez de sureste español

## Introducción

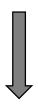
#### **Actualidad**

Problemática escasez de agua debido a:

Variabilidad climática

 $\uparrow$ **T**  $y \downarrow P \rightarrow$  Reducción disponibilidad hídrica

Sobreexplotación de los recursos hídricos
 Intensa regulación a través de los embalses y
 la presencia del trasvase Tajo Segura



Con el fin de abordar estas cuestiones



Situación crítica en el Viaducto de Entrepeñas (2017).

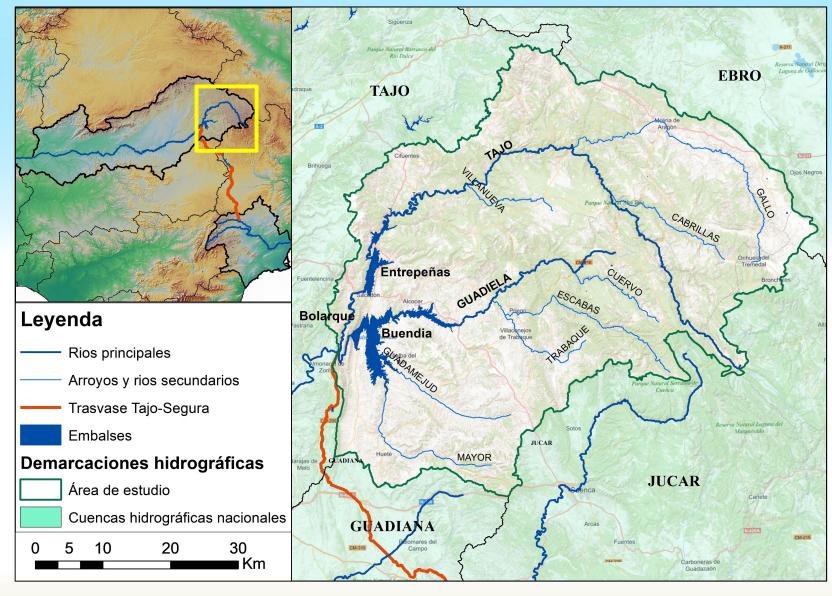
Aplicación de **modelo hidrológico** en la cuenca alta del Tajo

# **Objetivos**

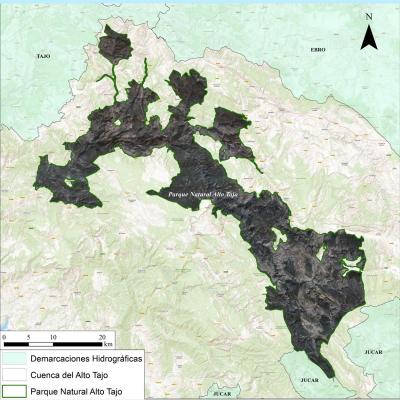
# Simular el comportamiento hidrológico de la cuenca alta del río Tajo

- Construir modelo hidrológico detallado con Soil and Water Assessment Tool (SWAT+).
  - Introducción del factor geológico y zonificación del modelo
  - Caracterización de subcuencas.
- Realizar una calibración multi-espacial del modelo elaborado con SWAT+.
  - Proceso de soft-calibration
  - Analizar resultados de la soft-calibration para evaluar su implicación en los mismos.

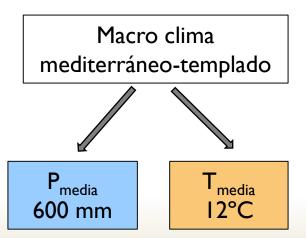
# Construcción del modelo: Área de estudio



Localización del área de estudio.



Parque Natural del Alto Tajo



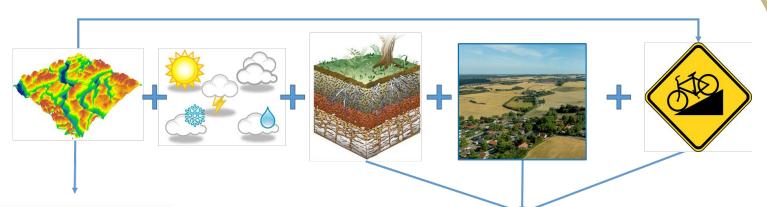
## Construcción del modelo



- QGIS

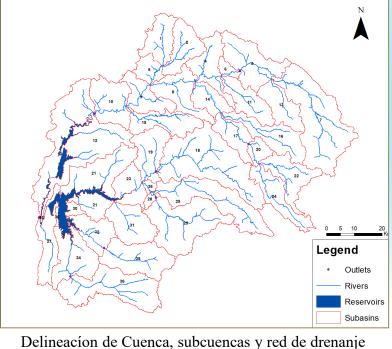
36 subcuencas

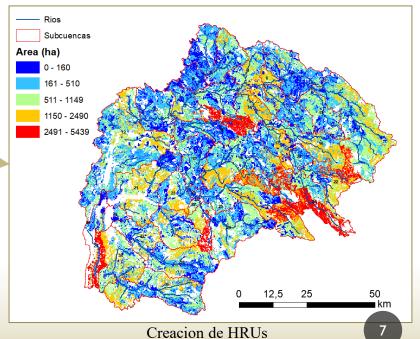
> 5.000 HRUs



**Delineación** de cuenca

Creación de LSUs y **HRUs** 

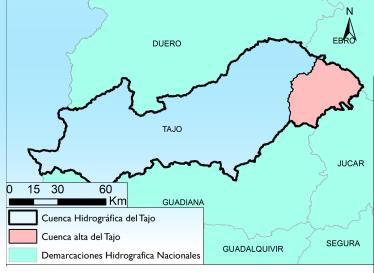


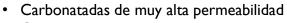


Esquema de construcción de un modelo SWAT+.

# Geología de la cuenca del Tajo: Litología y permeabilidad

# Simplificación de clases geológicas según su permeabilidad



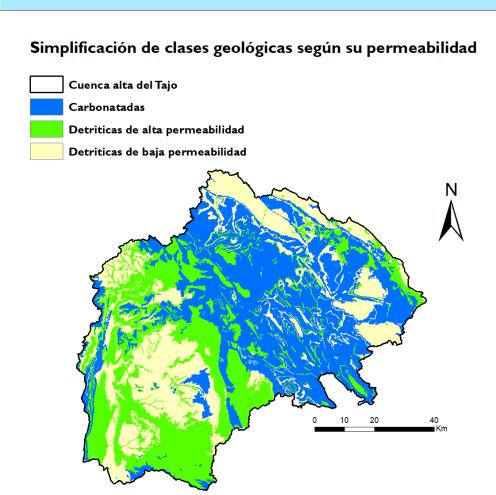


- Carbonatadas de alta permeabilidad
- Carbonatadas de media permeabilidad
- Detríticas de muy alta permeabilidad
- Detríticas de alta permeabilidad
- Detríticas de media permeabilidad
- Carbonatadas de baja permeabilidad
- Evaporíticas de baja y media permeabilidad
- Detríticas de baja y muy baja permeabilidad
- Metamórficas e ígneas



Detríticas de alta permeabilidad

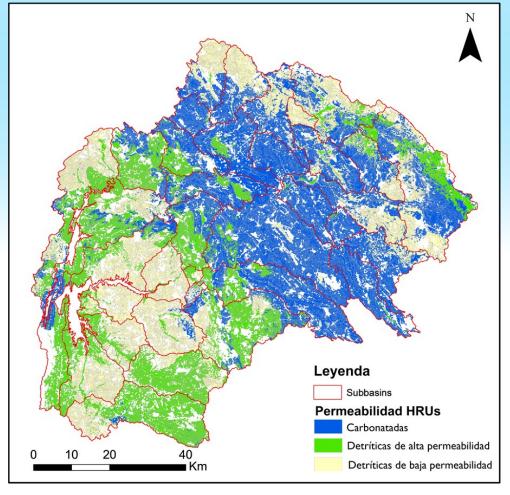
Detríticas baja permeabilidad



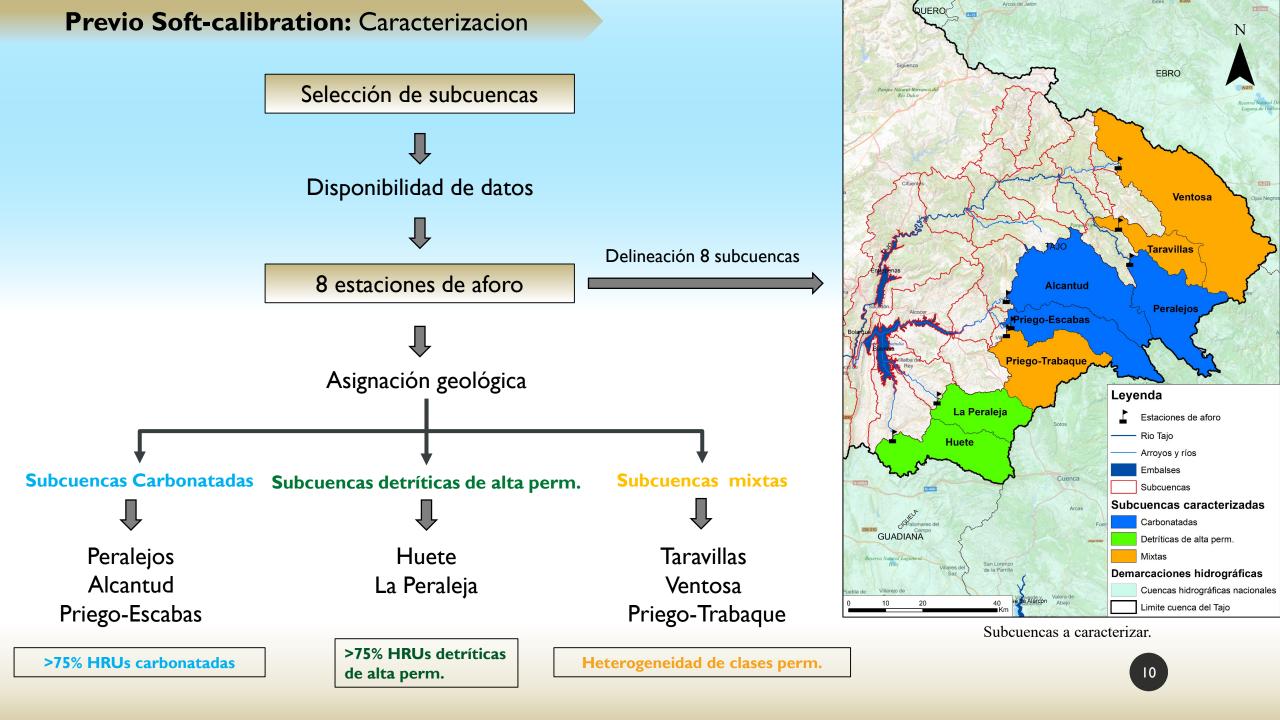
# Geología de la cuenca del Tajo: Zonificacion geologica

Zonificación geológica de las unidades de respuesta del modelo:

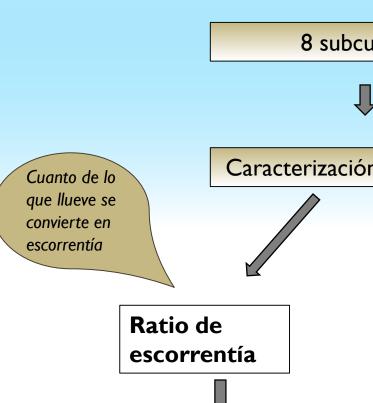
Cuenca alta del Tajo Introducción factor geológico Caracterizar de forma independiente el comportamiento hidrológico de cada region Asignación clase perm. a HRUs Detríticas de alta perm. Detríticas de baja perm. **Carbonatadas** 



Zonificación geológica de HRUs



#### Previo Soft-calibration: Caracterización



Datos de precipitación y escorrentía

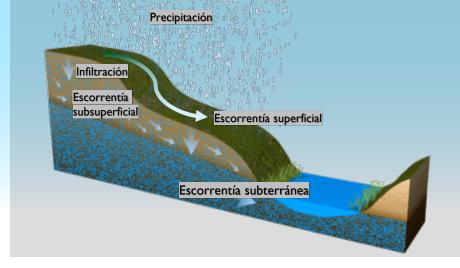
#### 8 subcuencas



Caracterización (2010-2018)



Cuanto del caudal de escorrentía proviene del acuifero

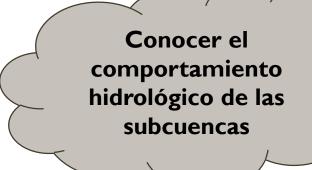


Componentes de la escorrentía

Porcentaje de aportación subterránea



Separación de Componentes del hidrograma



# Previo Soft-calibration: Caracterización

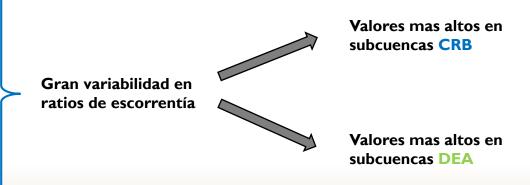
Levenda

#### Ratio de escorrentía

Coef. de escorrentía = Q / P

Leyenda		A The C	J		N L
Limite cuenca del Tajo	Villor Gel Infantado			- The	Peralejos
Estaciones de aforo	کسید (		o Briego-E	scabas o	Alcantud
Subcuencas caracterizadas			The second second		
Carbonatadas	Ten -				
Detríticas de alta perm.	The second second	26 } ~ d	2 min		5
Mixtas	Castopin		•	0 9	• • •
Subcuencas					
Datos de precipitacion		Certaveras <sub>pero</sub>			✓ Trackows
Huete	TAJO		<ul><li>Priego-Trabaque</li></ul>	·	
O La Peraleja	TAJO TAJO			_	
Priego-Trabaque	Olmeda de la Cuesta	Transferred			The same
Alcantud	Occurta O	" O	•	Las Majados Portifia	
O Priego-Trabaque			•		
Guidimijud		<u></u>		COVATIS	
CONSTILL Valdemore del		\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \		Zacowia	
Ellis (Rey )		•	man -	cuvini	1000
Garcinamo Moncalvillo de Hudel	La Pe	eraleja	OWN	L'Os Parales	Una CMana
Sapida del Pilo	home		Bascoflena do San Pedro	JUCAR	Embalse de la Toba
	0	~ ه	Solon		
	must be a second	~~ (	COVARIA	LA FELDER	
		The same of the sa	Toridos ( )		
	Huete		ONSIDE	DATEM	Pare 1 - I I
0 3,75 7,5 15 Km		•	C0V402	Box	nache de Serra
-		\$4.55%\d			
Datos de	precipitación de l	la gradilla de la	AEMET en sul	bcuencas a caract	terizar.
f.		S			

Subcuencas	Geology	Precipitación (mm)	Escorrentía (mm)	Coef. Escorrentía
Peralejos	CRB	772.80	296.55	0.38
Huete	DEA	528.94	30.88	0.06
La Peraleja	DEA	547.03	19.25	0.03
Priego-Trabaque	MIX	648.40	25.25	0.04
Taravillas	MIX	698.87	131.57	0.18
Ventosa	MIX	555.89	43.70	0.08
Alcantud	CRB	759.92	284.40	0.36
Priego-Escabas	CRB	733.60	265.65	0.36



Variables hidrológicas por subcuenca.

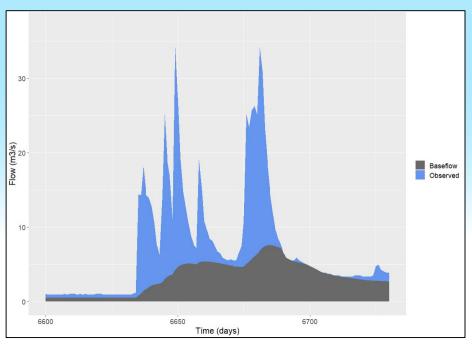
# Previo Soft-calibration: Caracterización

# Porcentaje de aportación subterránea

# % apt. Subt.= (Caudal base / Q)\*100

Subcuencas Carbonatadas	% aportación subterránea		
Peralejos	53		
Alcantud	52		
Priego-Escabas	56		

Subcuencas detriticas de alta perm.	% aportación subterránea		
Huete	58		
La Peraleja	29		



Ejemplo de ajuste del filtro para un evento meteorológico.

Subcuencas Mixtas	% aportación subterránea		
Taravillas	54		
Ventosa	56		
Priego-Trabaque	34		

# Soft-calibration: Objetivos

## **Soft-calibration**



Ajuste de los parámetros del modelo



Conseguir un resultado del modelo lo más realista posible



Ajuste para cada región el valor de 10 parámetros



SWATplus R logo.

Aproximar los valores simulados

Ratio de escorrentía

Porcentaje de aportación subterránea

#### **Soft-calibration:** Entorno de Rstudio

#### 10 parámetros ajustados por región



## 30 parámetros ajustados

```
simulacion_prueba <- run_swatplus(project_path = demo_path,
                                  output = list(pcp = define_output(file <u>= 'lsunit_wb',</u>
                                                                       variable = 'precip',
                                                                       unit = 1:390),
                                                       = define_output(file = 'lsunit_wb',
                                                                       variable = 'et',
                                                                       unit = 1:390),
                                                        = define_output(file = 'lsunit_wb',
                                                                        variable = 'pet',
                                                                        unit = 1:390),
                                                          define_output(file = 'lsunit_wb',
                                                                        variable = 'surq_cha',
```

# **Variables** obtenidas en las simulaciones

```
unit = 1:390),
                                                         define_output(file = 'lsunit_wb'
                                                                       variable = 'latg_cha',
                                                                       unit = 1:390).
                                                perc = define output(file = 'lsunit wb'.
                                                                       variable = 'perc',
                                                aqu_cont = define_output(file = 'aquifer',
                                                                         variable = 'flo_cha',
                                                                         unit = c(5,13,25,31,35,39,43,47,49,57,69,71)),
                                                p_basin = define_output(file = 'basin_wb',
                                                                        variable = "precip",
                                                                        unit = 1),
                                                et_basin = define_output(file = 'basin_wb',
                                                                         variable = 'et',
                                                                         unit = 1),
                                                caudal = define_output(file = 'channel_sd',
                                                                       variable = 'flo_out',
                                                                       unit = c(21,40,33,37,52,56,68,70)),
                                  parameter = par_zonal_tag,
                                  start_date = 20050101.
                                  end date = 20181231.
                                  years_skip = 5,
                                  n_{thread} = 14
write_rds(x= simulacion_prueba, file = "C:/Jose_ACMA/Model1/SimulaR/simulacion_1.rds")
```

```
par bound zonal <- tibble(</pre>
  CRB_esc::esco.nru | change = absval | unit =
                                                  C(4284:4292,4557:4501,4028:4032) = C(0,1), #_esc
                                                  c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(0,0.50), #_epc
  CRB epc::epco.hru | change = absval |
  CRB_cnn::cn2.hru | change = pctchg |
                                                  c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(-10,30),
  CRB_awc::awc.sol | change = pctchg
                                                  c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(-50,30),
  CRB_per::perco.hru | change = absval | unit =
                                                 c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(0.4, 1),
  CRB zso::z.sol | change = pctchg |
                                                  c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(-80, 20),
  CRB_kso::k.sol | change = pctchg |
                                                  c(4284:4292,4557:4561,4628:4632)' = c(-80,500),
  <u>CRB_cn3::cn3_swf.hru | change = absval | unit = c( 4284:4292,4557:4561,4628:4632 )' = c(0, 0.75),</u>
  'CRB bd::bd.sol | change = pctchg | unit=
                                                  c(4284:4292.4557:4561.4628:4632)' = c(-10.30).
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(0.2, 1),
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(0,1),
  DTA_cnn::cn2.hru | change = pctchg
                                                  c(5058:5087.5123:5437.5449:5451)' = c(-20.20), #_cnn
                                      unit =
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(-30,60), #_awc
  DTA_per::perco.hru | change = absval
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(0.2,0.8), #_per
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(-80, 20), #_zso
  DTA_zso::z.sol | change = pctchg |
                                                  c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(-80,500), #_kso
  DTA_kso::k.sol | change = pctchg |
  DTA_cn3::cn3_swf.hru | change = absval | unit = c(5058:5087,5123:5437,5449:5451)' = c(0.25,1),
                                                    5058 \cdot 5087 \ 5123 \cdot 5437 \ 5449 \cdot 5451 )' = c(-20)
  DBA_esc::esco.hru | change = absval
                                                  c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(0,1), #_es
  DBA_epc::epco.hru | change = absval
                                                  c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(0,0.75), #_epc
                                                  c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(-10,30), #_cnn
  DBA_cnn::cn2.hru | change = pctchg
  DBA_awc::awc.sol | change = pctchg | unit =
                                                  c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(-60,30), #_awc
  'DBA per::perco.hru | change = absval | unit =
                                                 c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(0.2,0.7), #_per
  'DBA zso::z.sol | change = pctchg |
                                                  c(3048:3069,3119:3126,3797:3799)' = c(-80,20), #_zso
                                                  c(3048:3069.3119:3126.3797:3799)' = c(-80.500).#_kso
  DBA_kso::k.sol | change = pctchg
  'DBA_cn3::cn3_swf.hru | change = absval | unit = c( 3048:3069,3119:3126,3797:3799 )' = c(0.25 , 1),
                                                     3048 - 3060 3110 - 3126 3707 - 3700 ) 1
```



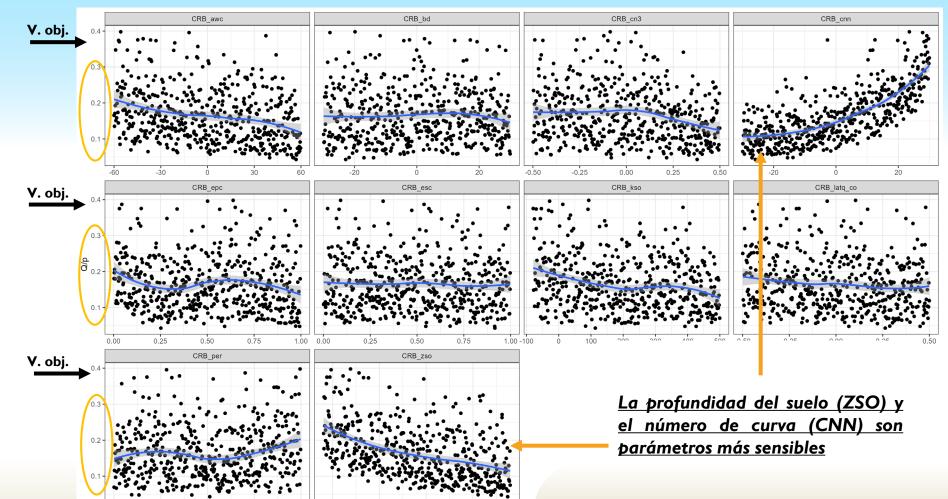
I<sup>a</sup> Ronda

Ajuste de parámetros para aproximar los valores simulados a los ratios de escorrentía y flujo subterráneo

**Ejemplo:** Ajuste de parámetros para ratio de escorrentía en la región carbonatada (**Peralejos**)

Valor Inicial → ≈ 0.2% (Ratio escorrentía Simulado)

Valor objetivo → 0.38 (Ratio escorrentía Estimado)



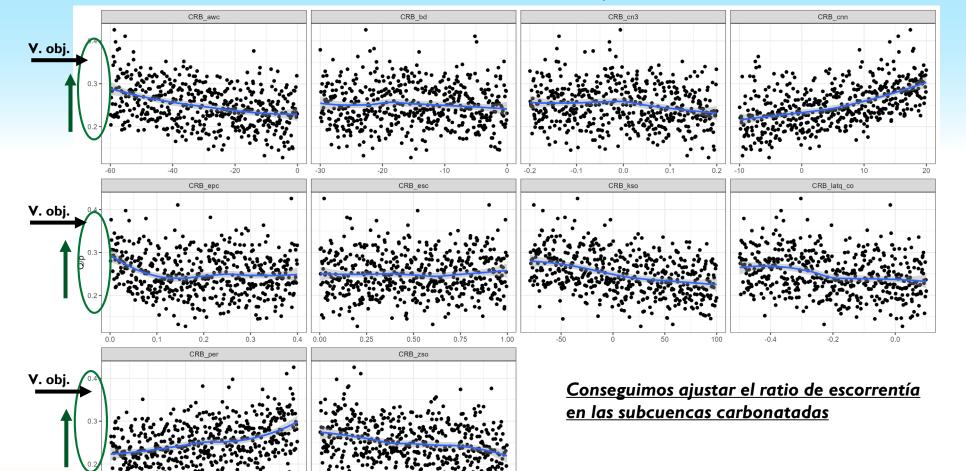
Ajuste de parámetros para aproximar los valores simulados a los ratios de escorrentía y flujo subterráneo

**Ejemplo:** Ajuste de parámetros para ratio de escorrentía en la región carbonatada.

Valor final conseguido → ≈ 0.35%

Valor Objetivo → 0.38

3ª Ronda



#### **Soft-calibration:** Resultados



El ratio de escorrentía ha sido el coeficiente que mejores resultados ofrece



En las subcuencas detríticas de alta permeabilidad ha sido más fácil alcanzar los valores objetivo



Tras tres rondas de soft calibration, la desviación media de los resultados ha sido de solo un 7% y un 12% para los ratios de escorrentía y agua subterránea, respectivamente



Estos resultados permitiran proceder con un hard calibration con el fin de mejorar la precisión y confiabilidad del modelo hidrológico utilizado.

#### Conclusión

Se ha creado un modelo con SWAT+ para la cuenca alta del Tajo

• El modelo se ha parametrizado diferenciando tres regiones geológicas

- Se ha llevado a cabo un proceso de soft calibration para alcanzar valores realistas del coeficiente de escorrentía y el % de aportación subterránea
  - Tras éste, se han alcanzado los valores objetivo en ambos índices

Este trabajo permite garantizar un modelo más realista antes de abordar las siguientes fases de la investigación

