

# Jornadas sobre modelado del Mar Menor y su Cuenca vertiente para el OMM

## 01- Febrero - 2023

### Modelo hidrología superficial a escala horaria: Modelo SWAT

Dr. Sandra García Galiano (UPCT Universidad Politécnica de Cartagena)

Dpto. de Ingeniería Minera y Civil



Universidad Politécnica de Cartagena

Campus de Excelencia Internacional



"Think human first"

sandra.garcia@upct.es / +34 968 325935 <https://personas.upct.es/perfil/sandra.garcia>

univ-tech.eu

# Motivación – Objetivos

Por décadas el Sureste de España ha estado siendo afectado por eventos torrenciales (flash floods), con impactos catastróficos.

Las cuencas mediterráneas semiáridas son altamente vulnerables a los flash flood, que se presentan en cortos períodos de tiempo (horas).

Sumado a ello, debido al impacto del cambio climático, la frecuencia y severidad de estos eventos extremos se ha incrementado en el Sureste Peninsular.



**Evento extremo de San Jerónimo/San Miguel. Centro de la ciudad de Cartagena (Plaza del Ayuntamiento de Cartagena, Septiembre 1919).**

Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura.

# Motivación - Objetivos

De forma cada vez más frecuente, y más severa, se presentan tormentas convectivas que generan escorrentías extremas en cortos períodos temporales, con altas velocidades y transporte de sedimentos (y nutrientes).

En consecuencia, impactos catastróficos sobre el medio ambiente, propiedades e infraestructuras (servicios) e incluso desgraciadamente pérdida de vidas humanas, se han presentado en los últimos años (incluso décadas).

La laguna costera Mar Menor es un frágil ecosistema, que está sufriendo distintas presiones humanas, tales como entrada de elevados volúmenes hídricos con carga de nutrientes y sedimentos, que está alterando su equilibrio, y disminuyendo su profundidad y salinidad, entre otros impactos.

Este trabajo aborda la modelización a escala temporal subdiaria (horaria), con el fin de mejorar el conocimiento de la respuestas de las cuencas de aporte al Mar Menor, y estar mejor preparados frente a este tipo de eventos.

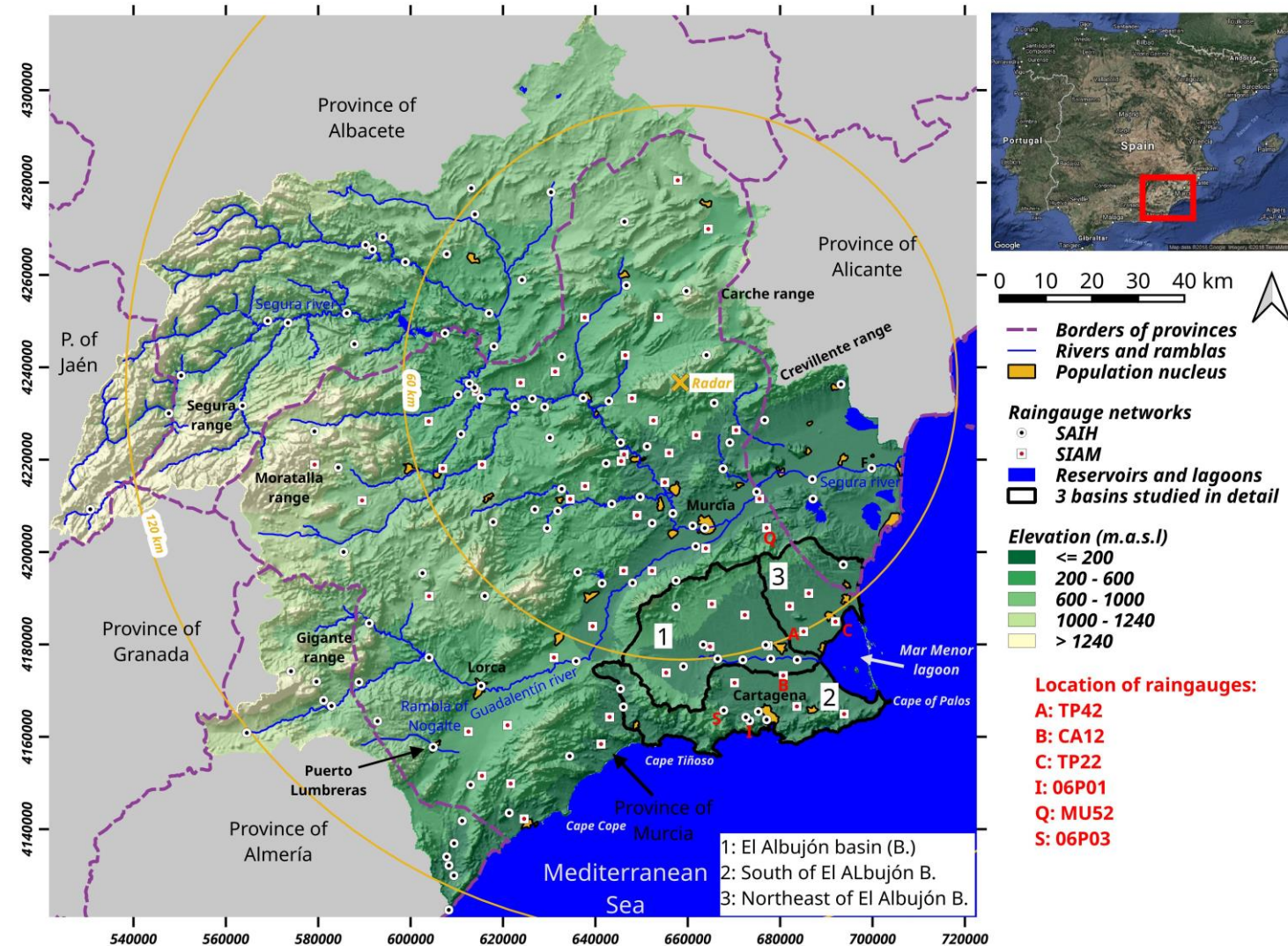


**Inundación y transporte de sedimentos debido al episodio torrencial del 11-14 de Septiembre 2019 (imagen COPERNICUS Sentinel 2 del 16 de septiembre 2019)**

# Materiales y métodos: Redes de medida

Se ha trabajado con las siguientes redes hidrometeorológicas:

- Series temporales pluviométricas automáticas (P, mm), a escala horaria, provistas por los sistemas SIAM-IMIDA, y SAIH-CHS. Localización en figura.
- Series temporales hidrológicas automáticas, a escala horaria, provistas por SAIH-CHS.
- Series temporales de variables meteorológicas, a escala diaria, provistas por el sistema SIAM-IMIDA: temperatura máx y mín ( $^{\circ}\text{C}$ ); velocidad del viento (m/s), humedad relativa (fracción) y radiación solar ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ).
- Se han considerado distintos eventos extremos registrados en los años 2019 y 2020.
- Otras fuentes de datos meteorológicos: Harmonie 2.5. ECMWF. Escala horaria.



# Materiales y métodos: Redes de medida

Se ha trabajado con las siguientes redes hidrometeorológicas:

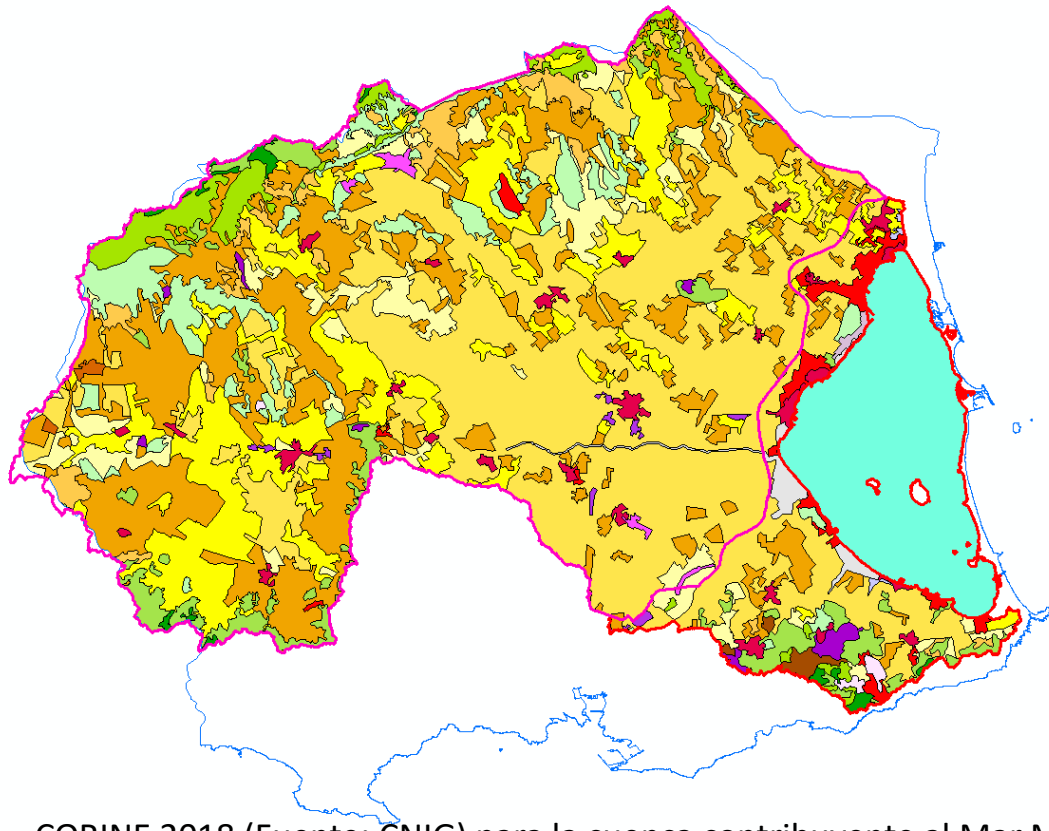
- **Series temporales pluviométricas automáticas** (P, mm), a escala horaria, provistas por los sistemas SIAM-IMIDA, y SAIH-CHS. Localización en figura.
- **Series temporales hidrológicas automáticas**, a escala horaria, provistas por SAIH-CHS.
- **Series temporales de variables meteorológicas**, a escala diaria, provistas por el sistema SIAM-IMIDA: temperatura máx y mín (°C); velocidad del viento (m/s), humedad relativa (fracción) y radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>).
- Se han considerado distintos eventos extremos registrados en los años 2019 y 2020.
- **Otras fuentes de datos meteorológicos:** Harmonie 2.5. ECMWF. Escala horaria.

Estaciones de Aforo

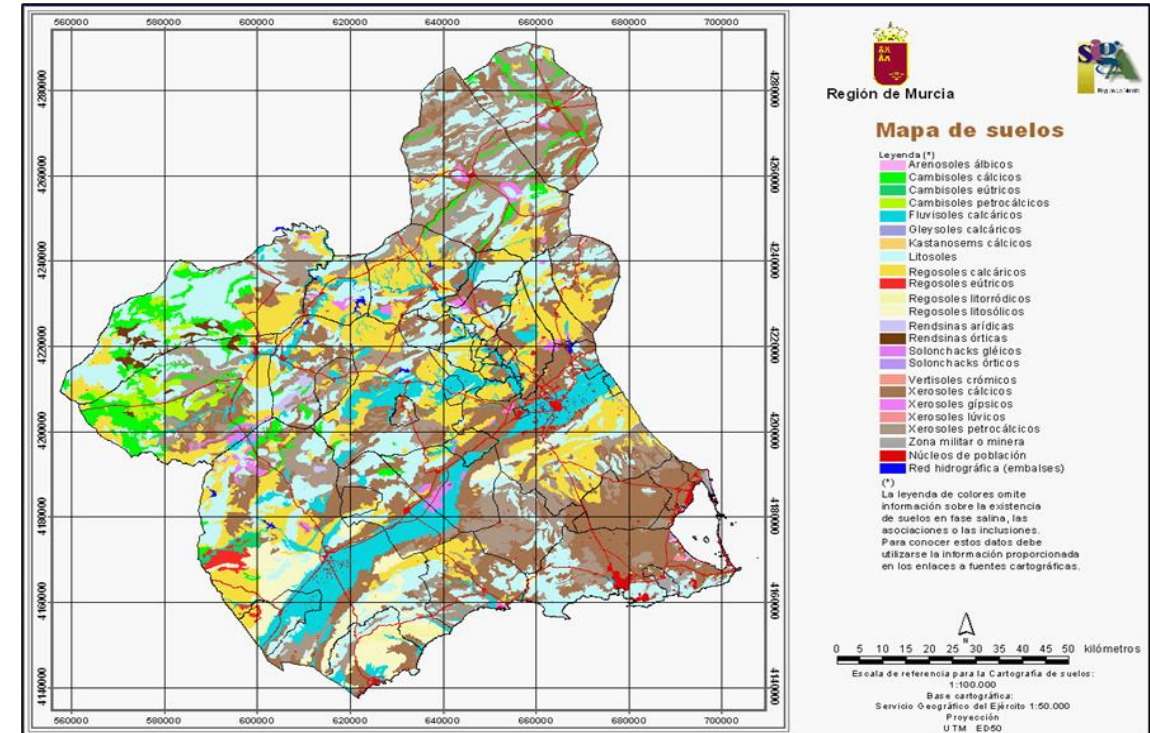
Estación	Nombre	Coordenadas UTM		Z	
		X	Y	Elevación (m)	
06A01	MC en La Puebla, Rbla Albuñón	683796	4176860	19	SAIH
06A02	MC en Pozo Estrecho, Rbla Albuñón	678088	4177087	41	
06A03	MC en Rambla del Albuñón	671930	4176717	71	
06A04	MC del Estrecho, Rbla Albuñón	666775	4177129	93	
06A05	MC en Fuente Álamo, Rbla Albuñón	661071	4176827	126	
06A06	MC LOS CEGARRA	663436	4180084	148	
06A09	MC en Camposol, Rbla Moreras	645507	4170608	111	
06A10	MC en RM315, Rbla Moreras	639177	4175465	208	
06A11	MC en Los Patojos, Rbla Benipila	675339	4165639	14	
06A13	MC en Cedacero, Rbla la Azohia	663554	4162145	256	
06P02	Pluviómetro en Torre Pacheco	676881	4179888	57	
06P04	Pluviómetro en La Murta	657452	4188118	335	
06P05	Pluviómetro de San Javier (El Mirador)	686931	4189742	73	
CA91	El Campillo	655332	4173881	175	
CA52	Aljorra	670129	4173693	84	
CA42	Balsa Pintada	664813	4179533	138	IMIDA
AL41	Alhama Valle	639400	4183940	169	
TP73	Los Infiernos	682041	4188284	92	
CA21	Corvera	665200	4188754	227	
TP91	Torre Pacheco	677368	4179725	56	
AL91	La Morera	643080	4164288	112	

# Materiales y métodos: Cartografía temática digital y topográfica

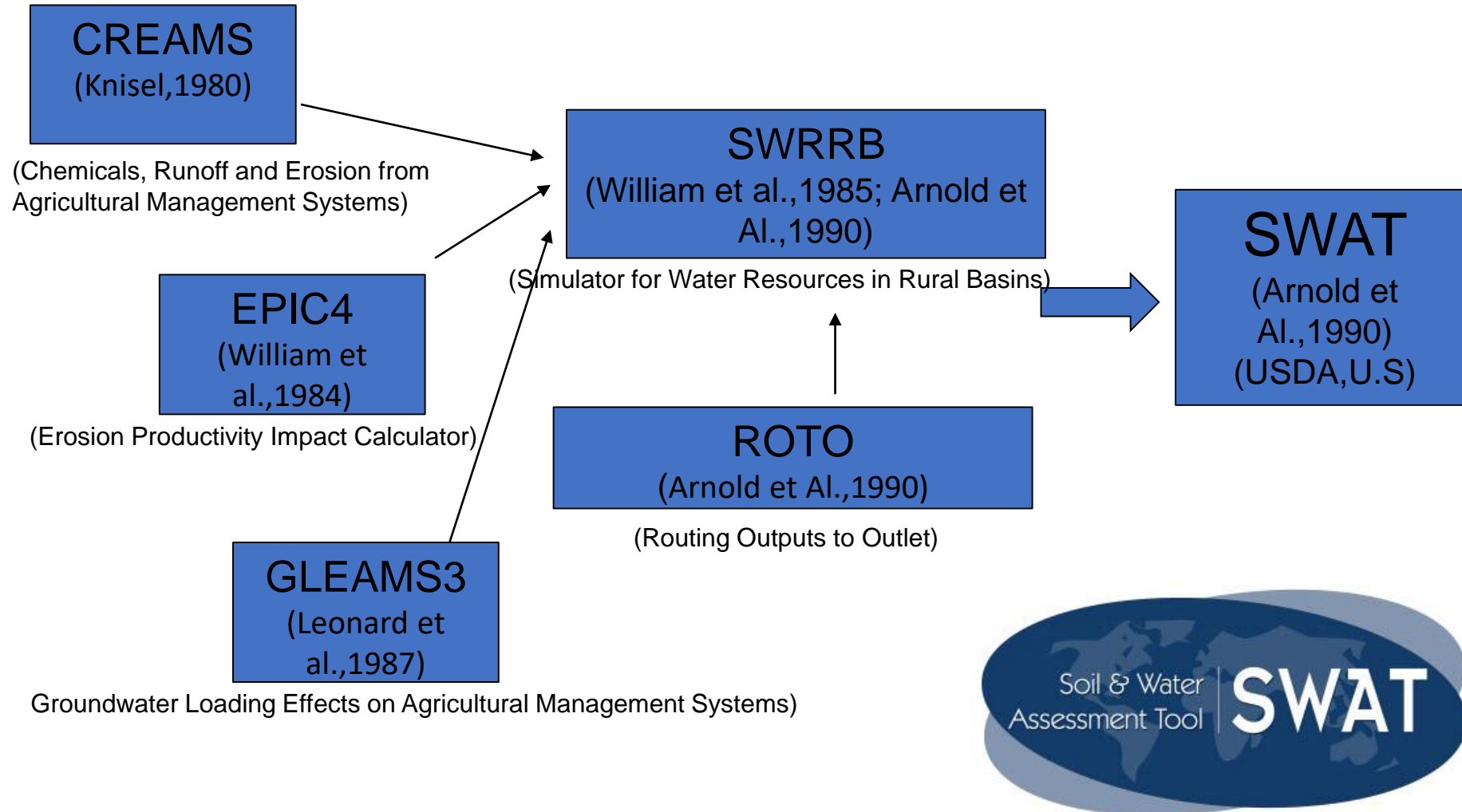
- DEM resolución 5 metros. Fuente: CNIG.
- Mapa de Tipos de Suelo para la Región de Murcia. Fuente: CARM.
- Mapa de Usos del Suelo CORINE LAND COVER (CLC 2018). Fuente: CNIG.



CORINE 2018 (Fuente: CNIG) para la cuenca contribuyente al Mar Menor.

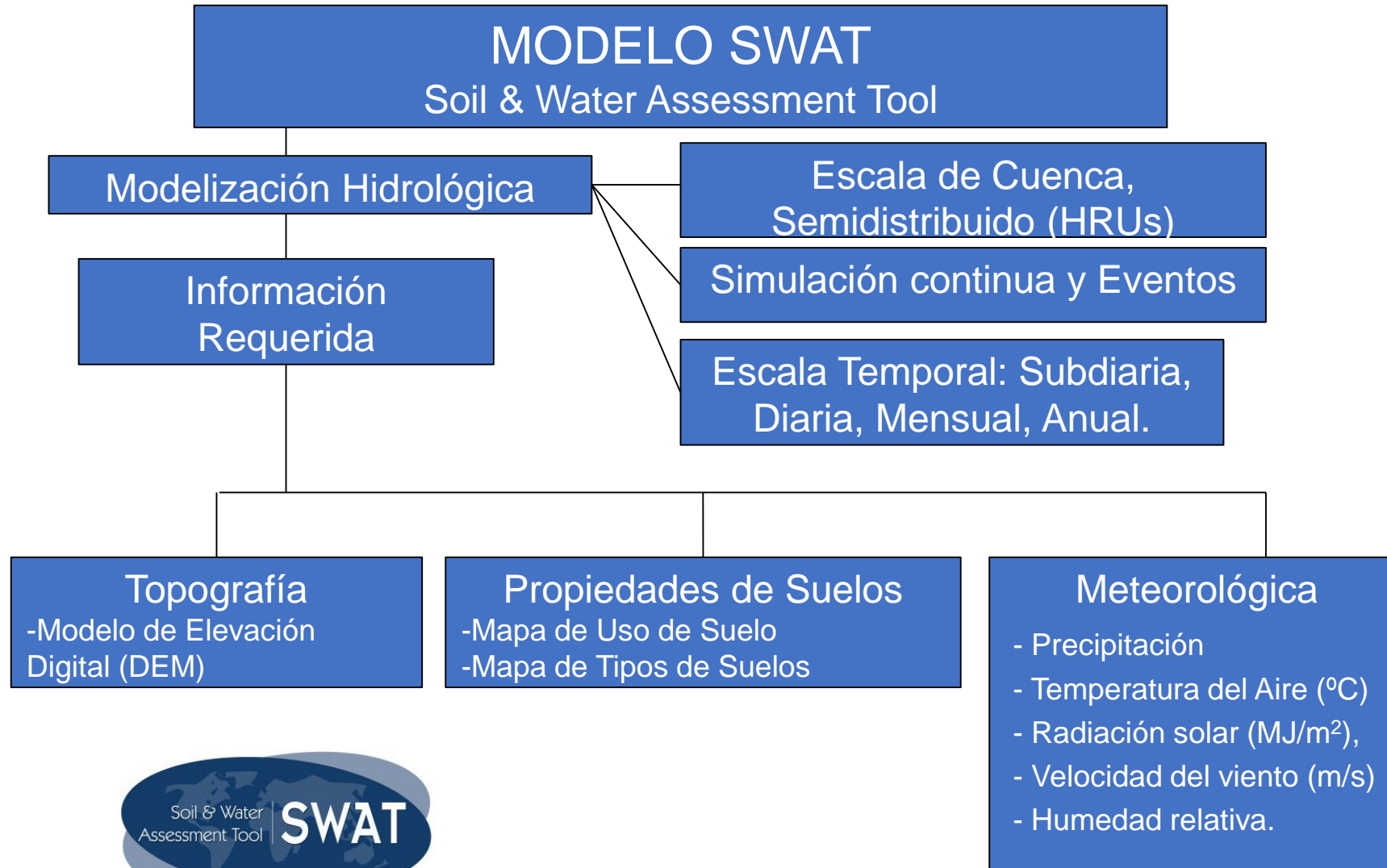


# Materiales y métodos: Modelo SWAT



# Materiales y métodos: Modelo SWAT

## Escala Horaria





# Materiales y métodos: Modelo SWAT

## Modelización de la fase terrestre del ciclo hidrológico

$$SW_0 + (\sum R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) = SW_t$$

donde;

$SW_t$  = contenido final de agua en el suelo (mm)

$SW_0$  = contenido inicial de agua del suelo en  $i$  (mm)

$R_{day}$  = precipitación en  $i$  (mm)

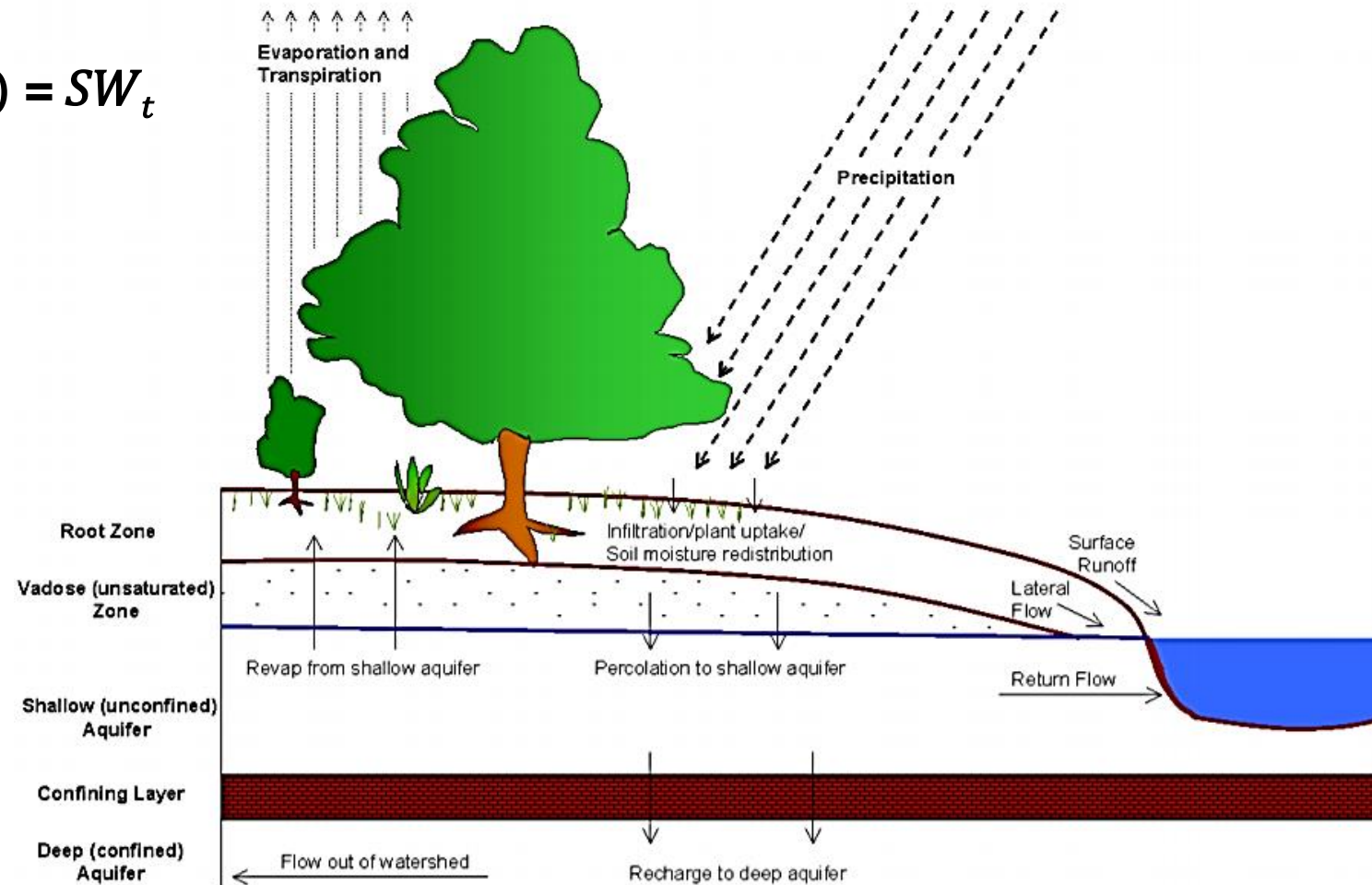
$Q_{surf}$  = escorrentía superficial en  $i$  (mm)

$E_a$  = evapotranspiración en  $i$  (mm)

$W_{seep}$  = infiltración (flujo que entra a la zona no saturada del perfil del suelo en  $i$  (mm))

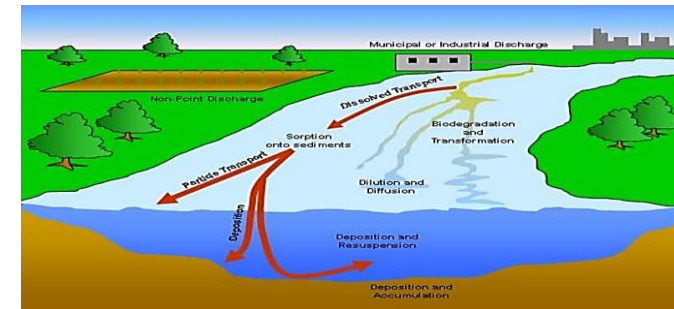
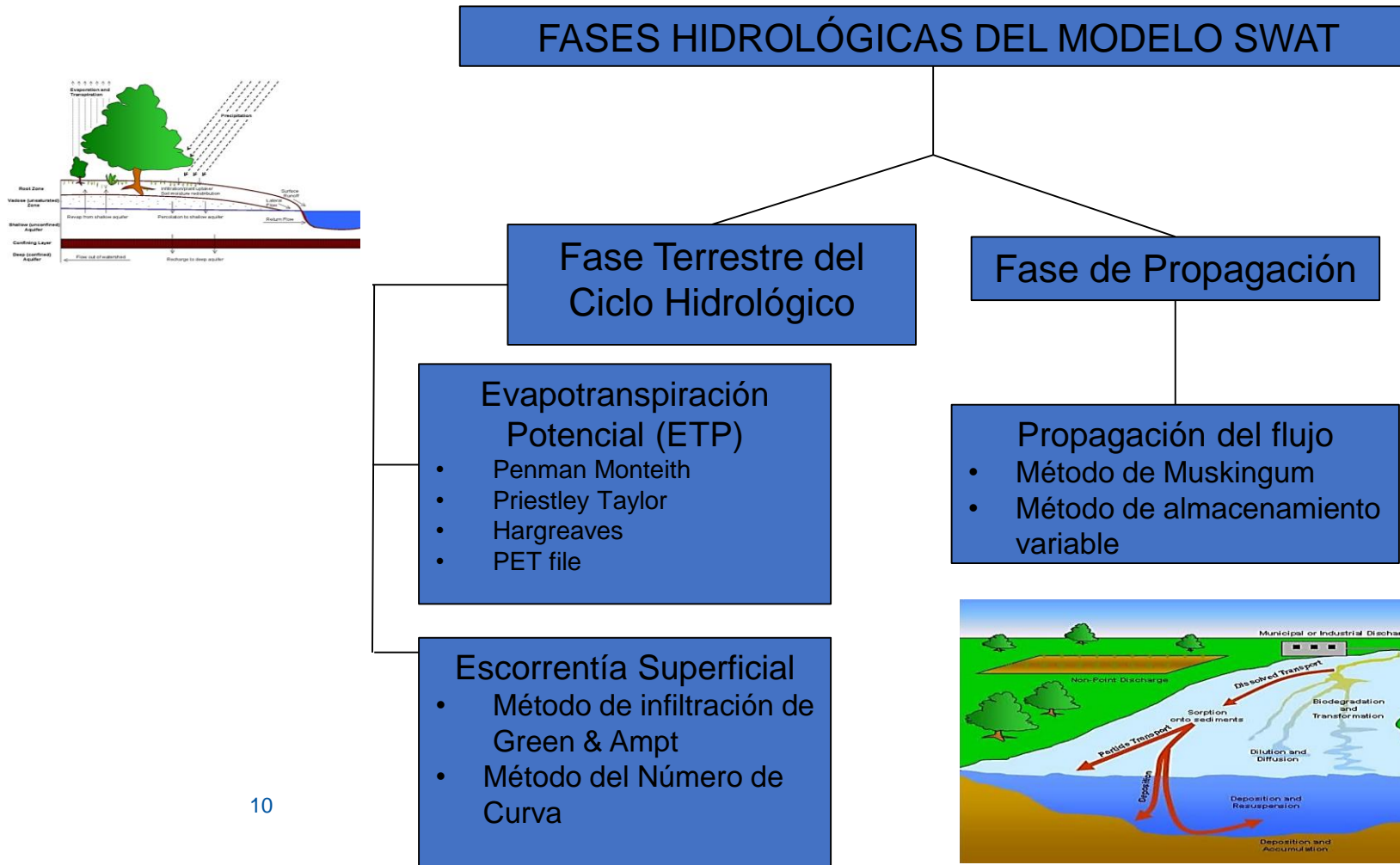
$Q_{gw}$  = escorrentía subterránea en  $i$  (mm).

Nota:  $t$  = tiempo (días/horas ...)



# Materiales y métodos: Modelo SWAT

## Modelo SWAT: Descripción

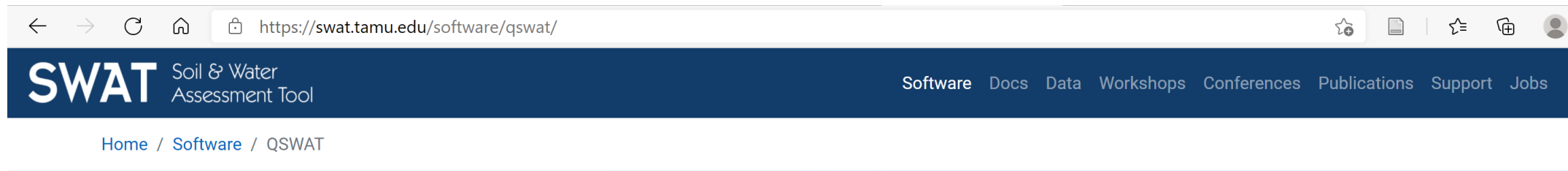


Propagación del flujo en cauce, sedimentos, nutrientes, pesticidas, así como propagación en depósitos ...

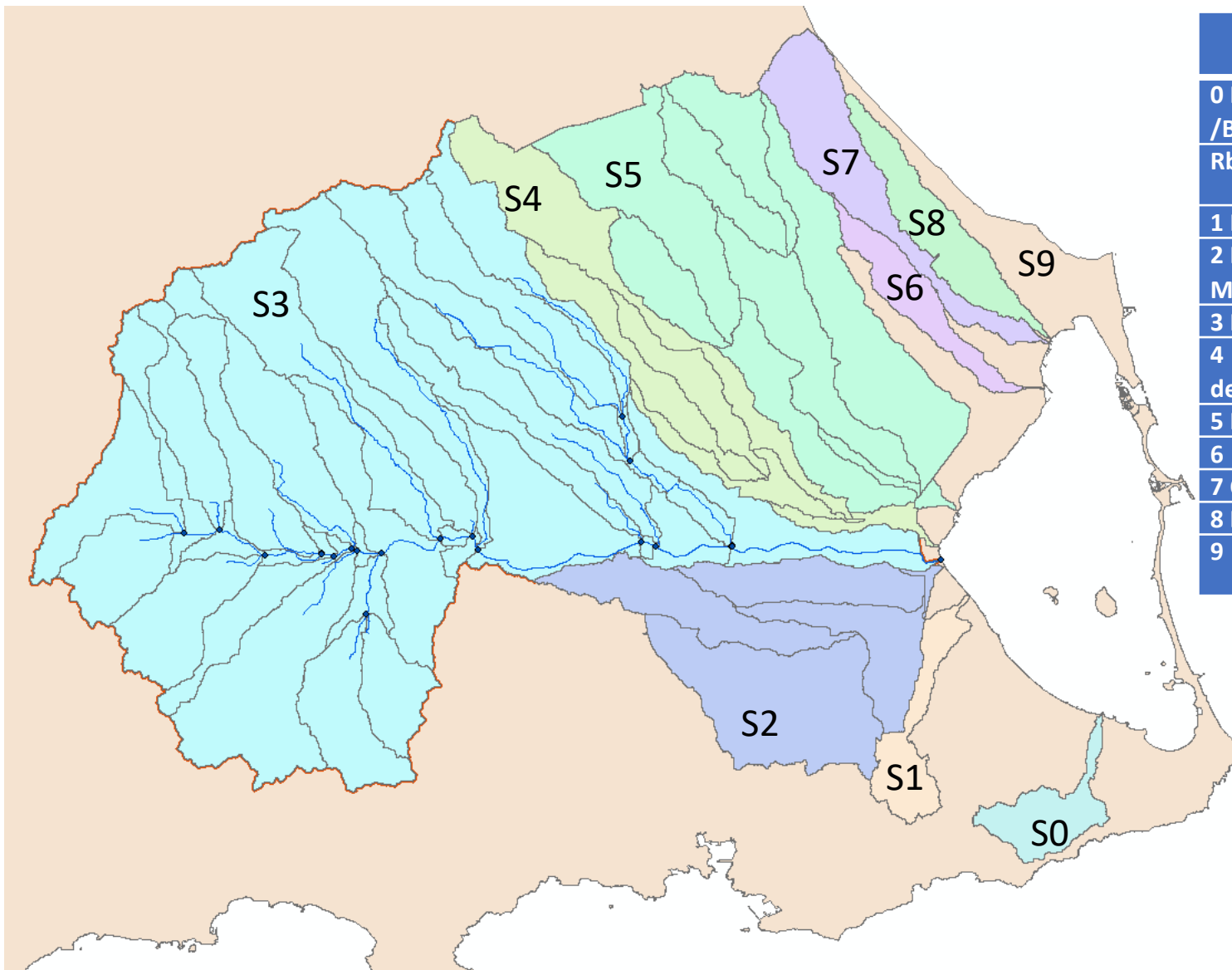
# Materiales y métodos: Modelo SWAT

## Modelo SWAT: Aplicación

- Herramienta de uso abierto, integrada en SIG/GIS (Sistema de Información Geográfica).
- Se encuentran interfaces bajo el SIG ArcGIS o QGIS.
- De este modo se trabaja con SWAT haciendo uso de la respectiva interfaz, por ejemplo se debe habilitar el complemento SWAT en GIS tomando el nombre de ArcSWAT (Arcgis + SWAT) y QSWAT (Qgis + SWAT).



# Aplicación Modelo SWAT: Delimitación de Cuencas desde DEM 5 m

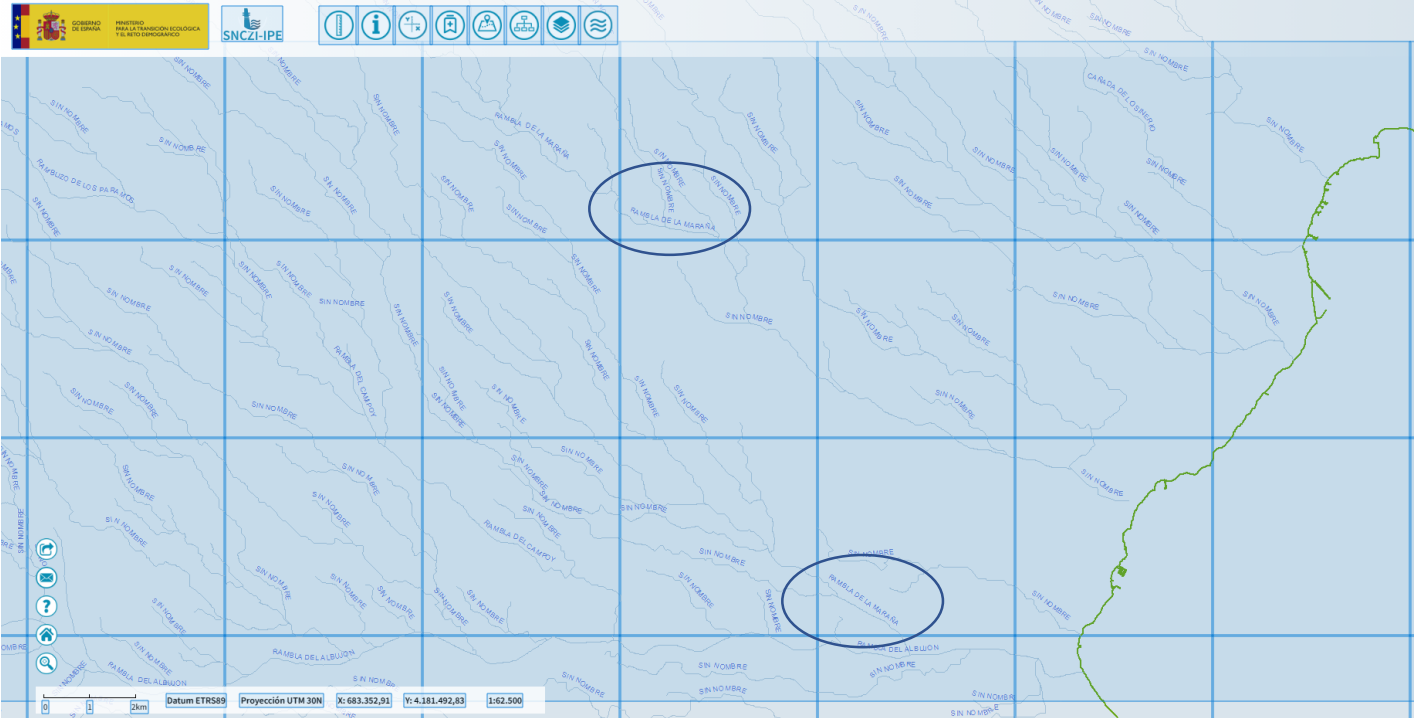
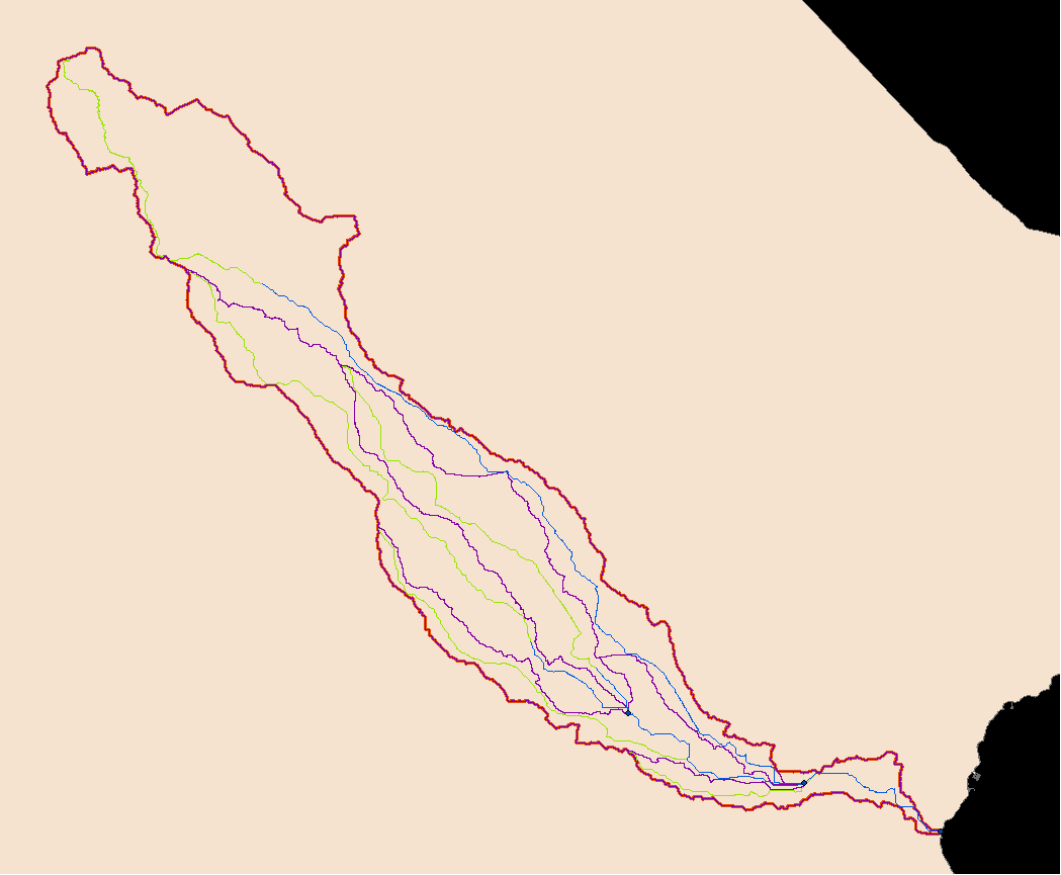


Cuenca /Rambla	Coordenadas salida de la cuenca		Observaciones
	X	Y	
0 Rbla. de Carrasquilla /Barranco de Magreros Rbla./Barranco de Ponce	696419.90	4169170.08	Sin delimitar desde DEM 5m.
1 Rbla.de El Beal	689927.47	4174827.49	
2 Rbla. de Miranda / Rbla del Miedo	688872.49	4176187.51	
3 Rbla. del Albujón	688687.33	4176471.72	
4 Rbla de Los Alcazares/Rbla. de la Maraña	688612.4	4177157.49	
5 Rambla de la Maraña	689447.49	4178852.69	
6	693607.64	4184657.40	
7 Cañada de Lo Sinerio	693872.55	4186847.50	
8 Barranco del Agua	693942.62	4187022.45	
9	695688.11	4188138.36	Sin delimitar desde DEM 5m.

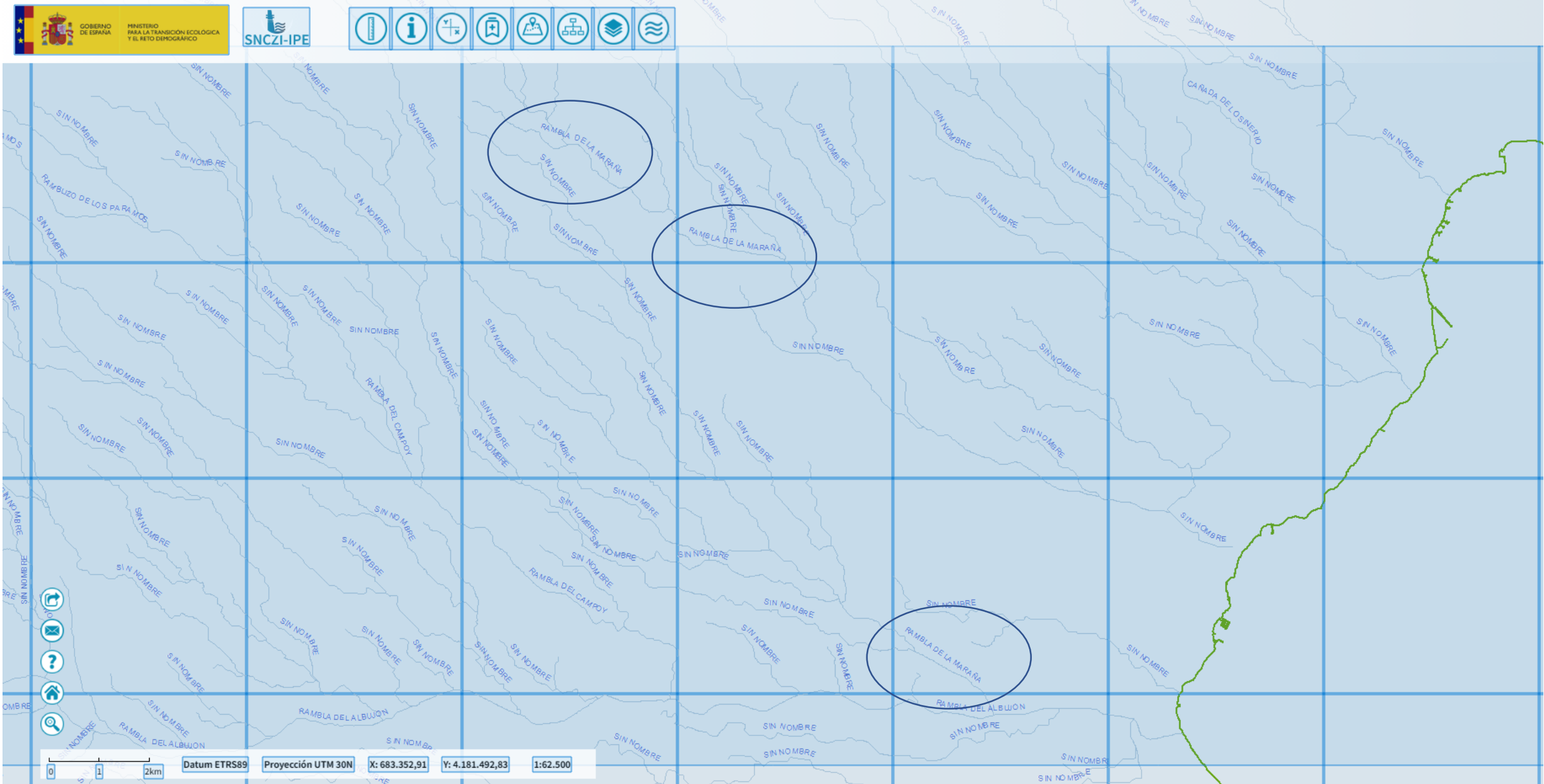
- SUBCCA\_2
- SUBCCA\_4
- SUBCCA\_8
- SUBCCA\_7
- SUBCCA\_6
- SUBCCA\_5
- SUBCCA\_4
- SUBCCA\_3\_ALBUJON
- SUBCCA\_1
- SUBCCA\_0

Se ha identificado la red hidrográfica y la divisoria de aguas de las 9 cuencas más relevantes ( y sus subcuencas), desde el DEM 5 m.

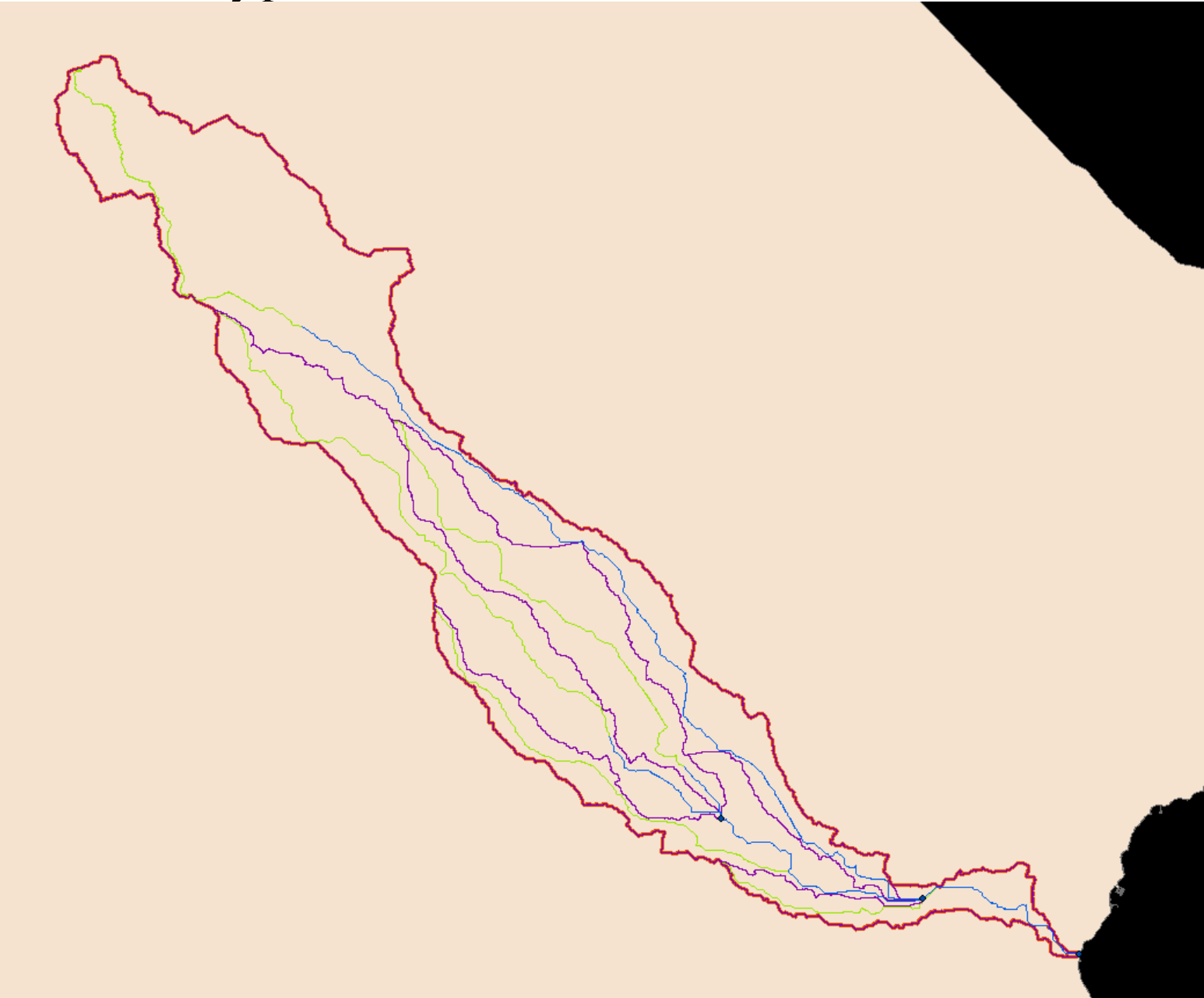
# Cuenca 4: Rambla de la Maraña



# Cuenca 4: Rambla de la Maraña

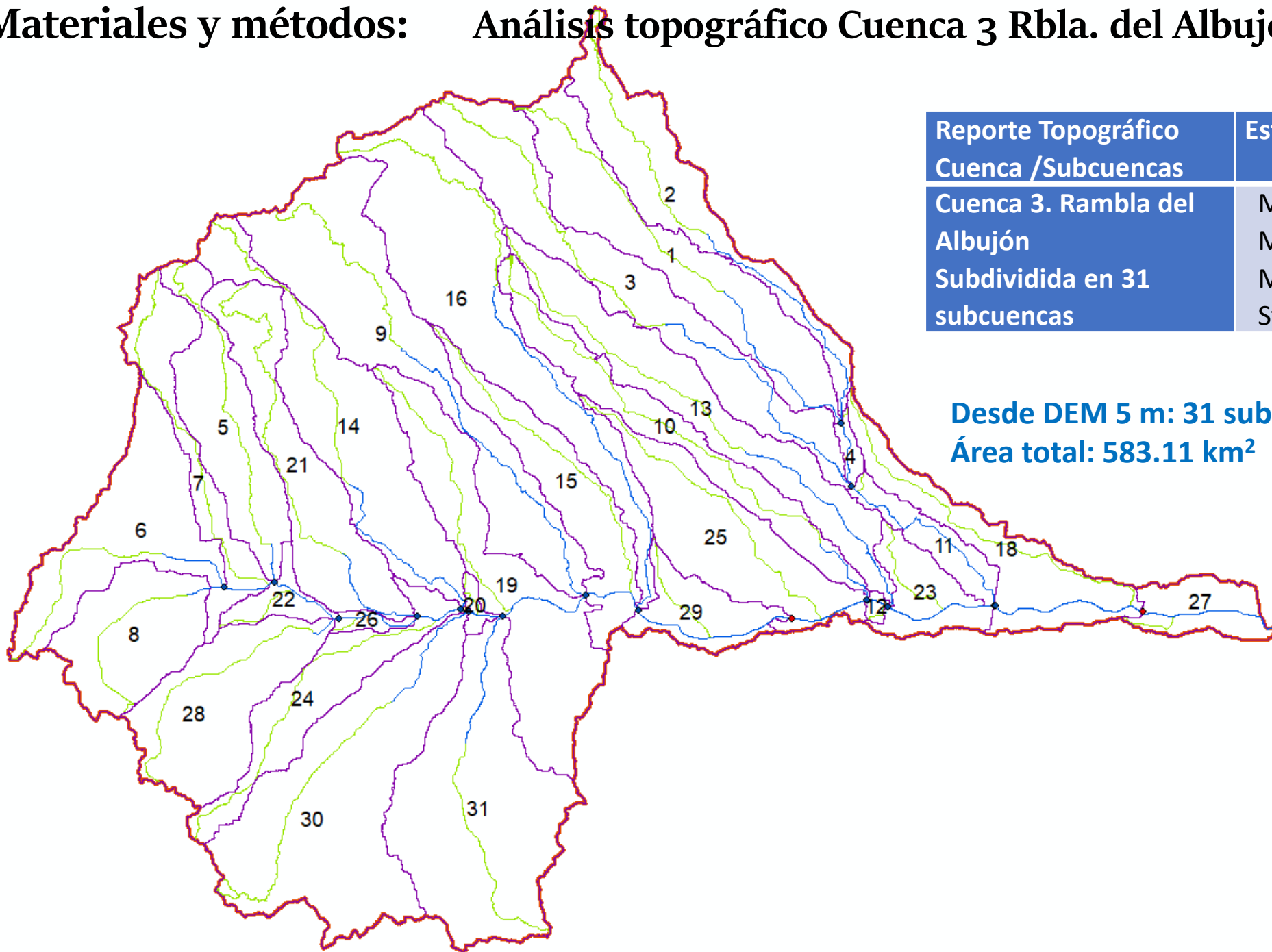


# Ej. Cuenca 4 (Rbla. de la Maraña). Análisis Topográfico. Identificación de Subcuencas y puntos de control



Reporte Topográfico Cuenca /Subcuencas	Estadísticos
Cuenca 4	Min. Elevation: 0 Max. Elevation: 604 Mean. Elevation: 136.01 Std. Deviation: 94.82
1	Min. Elevation: 42 Max. Elevation: 217 Mean. Elevation: 120.69 Std. Deviation: 45.06
2	Min. Elevation: 42 Max. Elevation: 152 Mean. Elevation: 94.32 Std. Deviation: 26.90
3	Min. Elevation: 21 Max. Elevation: 604 Mean. Elevation: 193.53 Std. Deviation: 105.05
4	Min. Elevation: 21 Max. Elevation: 115 Mean. Elevation: 55.15 Std. Deviation: 22.52
5	Min. Elevation: 0 Max. Elevation: 44 Mean. Elevation: 21.65 Std. Deviation: 8.341

# Materiales y métodos: Análisis topográfico Cuenca 3 Rbla. del Albuñón



Reporte Topográfico Cuenca /Subcuencas	Estadísticos
Cuenca 3. Rambla del Albuñón	Min. Elevation: 0
Subdividida en 31 subcuencas	Max. Elevation: 1064
	Mean. Elevation: 215.63
	Std. Deviation: 125.33

Desde DEM 5 m: 31 subcuencas definidas.  
Área total: 583.11 km<sup>2</sup>

Subbasin # 31

Statistics: All elevations reported in meters

---

Min. Elevation: 117  
 Max. Elevation: 466  
 Mean. Elevation: 197.892657285725  
 Std. Deviation: 53.8908082556919

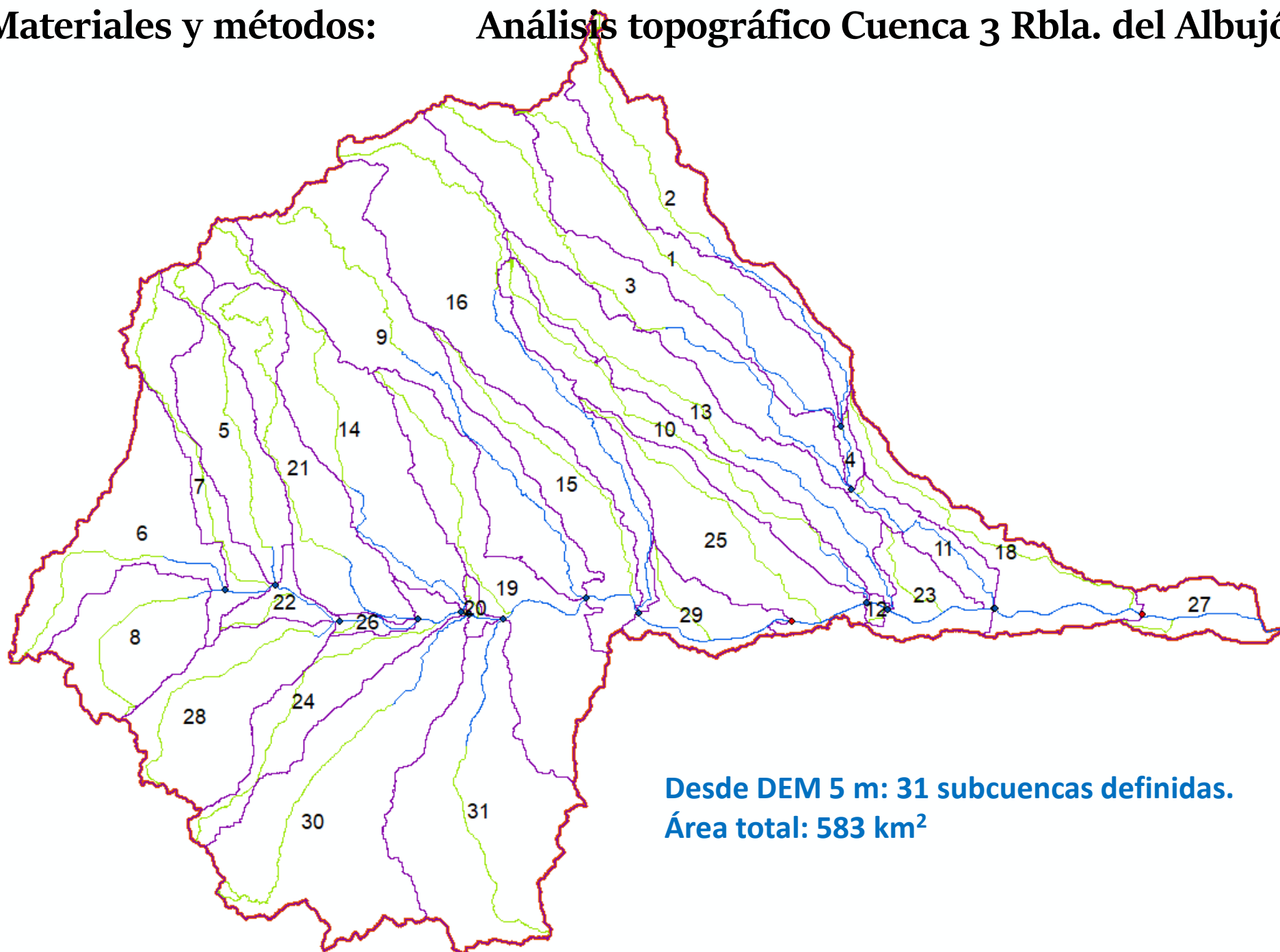
Elevation	% Area Below Elevation	% Area
117	0	0
118	.01	.01
119	.02	.01
120	.03	.01

Análisis topográfico para cada subcuenca



# Materiales y métodos:

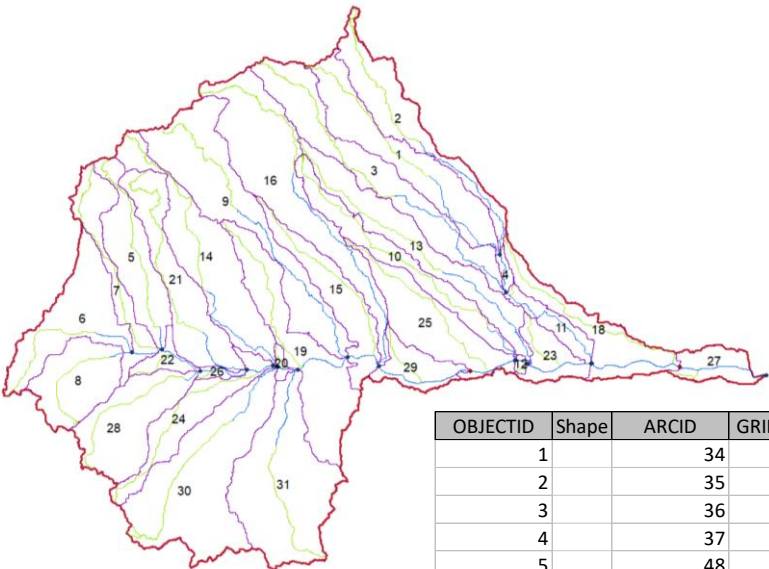
# Análisis topográfico Cuenca 3 Rbla. del Albuji3n



**Desde DEM 5 m: 31 subcuencas definidas.  
Área total: 583 km<sup>2</sup>**

SUB	AREA km <sup>2</sup>
1	27.294
2	20.88
3	31.143
4	1.3242
5	18.959
6	24.097
7	13.578
8	18.577
9	39.011
10	17.556
11	6.3969
12	0.6382
13	25.355
14	30.208
15	17.13
16	40.069
17	0.053
18	17.802
19	29.98
20	1.1745
21	23.714
22	3.8856
23	8.491
24	15.662
25	22.566
26	1.4589
27	7.6606
28	23.188
29	8.9512
30	45.007
31	41.302

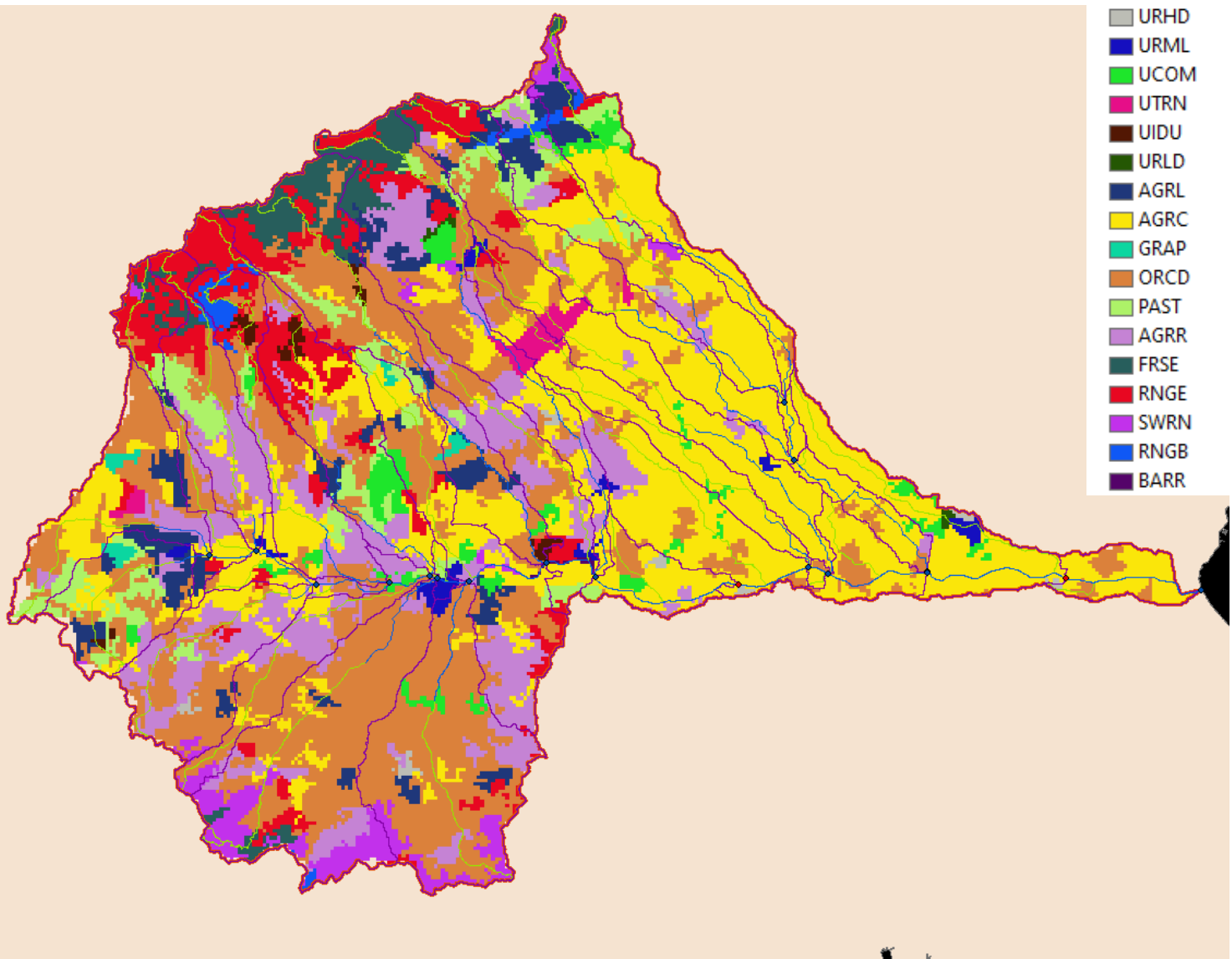
# Materiales y métodos: Topología de la red. Atributos topográficos.



Análisis detallado de las subcuencas, y cauce principal (longitud, pendiente, etc.)

OBJECTID	Shape	ARCID	GRID_CODE	FROM_NODE	TO_NODE	Subbasin	SubbasinR	AreaC	Len2	Slo2	Wid2	Dep2	MinEl	MaxEl	Shape_Length	HydroID	OutletID
1		34	1	1	4	1	4	2729.42	7089.6939	0.8321939	9.38062839	0.48794571	98	157	7089.6939	200001	100001
2		35	2	2	4	2	4	2087.98	9506.21716	0.82051565	7.98776926	0.438363	98	176	9506.21716	200002	100002
3		36	3	3	11	3	11	3114.2675	10144.2018	0.94635341	10.1532074	0.51438195	76	172	10144.2018	200003	100003
4		37	4	4	11	4	11	4949.82	2543.5891	0.86491957	13.4073626	0.6191261	76	98	2543.5891	200004	100004
5		48	5	5	22	5	22	1895.88	1455.9062	1.23634338	7.53834861	0.42176224	161	179	1455.9062	200005	100005
6		49	6	6	7	6	7	2409.71	2832.62716	0.70605833	8.70499605	0.46422579	170	190	2832.62716	200006	100007
7		50	7	7	22	7	22	5625.15	1839.61941	0.48923163	14.47672	0.65162389	161	170	1839.61941	200007	100006
8		51	8	8	7	8	7	1857.66	1381.23106	0.50679428	7.44679585	0.41834044	170	177	1381.23106	200008	100008
9		52	9	9	15	9	15	3901.1275	12595.9333	1.30200753	11.6226135	0.56288466	102	266	12595.9333	200009	100009
10		53	10	10	12	10	12	1755.645	3120.20599	0.70508165	7.19866117	0.40899503	56	78	3120.20599	200010	100011
11		56	11	11	18	11	18	8703.7775	7900.75252	0.46830982	18.8111081	0.77593701	39	76	7900.75252	200011	100013
12		57	12	12	23	12	23	43676.5225	786.126984	0.38161774	49.5152005	1.47925339	53	56	786.126984	200012	100014
13		58	13	13	23	13	23	2535.5125	8726.00378	0.71051998	8.97489061	0.47377229	53	115	8726.00378	200013	100015
14		59	14	14	17	14	17	3020.8025	7523.99368	0.98352023	9.96926429	0.50815042	122	196	7523.99368	200014	100020
15		60	15	15	29	15	29	34698.4275	2424.44697	0.53620476	43.1296155	1.34917185	89	102	2424.44697	200015	100023
16		61	16	16	29	16	29	4006.94	14418.2482	1.13051182	11.8107483	0.56894265	89	252	14418.2482	200016	100024
17		62	17	17	20	17	20	17337.99	306.066017	0.1	28.443888	1.02221642	122	122	306.066017	200017	100021
18		63	18	18	27	18	27	57545.1425	5785.58441	0.34568677	58.4244876	1.65175953	19	39	5785.58441	200018	100033
19		64	19	19	15	19	15	29084.3425	3709.24928	0.43135413	38.795849	1.25720776	102	118	3709.24928	200019	100010
20		65	20	20	19	20	19	21956.14	1205.06097	0.33193341	32.7735363	1.12348104	118	122	1205.06097	200020	100027
21		66	21	21	24	21	24	2371.3675	4246.86598	0.70640327	8.621623	0.46125692	136	166	4246.86598	200021	100025
22		67	22	22	26	22	26	7909.5875	2742.41161	0.47403533	17.761597	0.74680099	148	161	2742.41161	200022	100029
23		68	23	23	18	23	18	47061.1375	4128.772	0.33908387	51.7829946	1.52408195	39	53	4128.772	200023	100016
24		69	24	24	17	24	17	14311.845	1687.46212	0.82964825	25.3516999	0.94672011	122	136	1687.46212	200024	100019
25		70	25	25	12	25	12	41857.0575	2893.94444	0.5183237	48.267069	1.45428937	56	71	2893.94444	200025	100012
26		72	26	26	24	26	24	10374.27	3147.79221	0.38121957	20.900864	0.83238907	136	148	3147.79221	200026	100026
27		73	27	27	0	27	0	58311.2025	5582.85317	0.34032778	58.8899125	1.66052016	0	19	5582.85317	200027	100031
28		74	28	28	26	28	26	2318.7925	1074.60678	0.55834377	8.5064204	0.45713882	148	154	1074.60678	200028	100030
29		76	29	29	25	29	25	39600.4925	6146.79762	0.29283541	46.6885152	1.42240604	71	89	6146.79762	200029	100032
30		81	30	30	20	30	20	4500.7	4654.68344	0.64451214	12.6636165	0.59601251	122	152	4654.68344	200030	100022
31		83	31	31	19	31	19	4130.1825	5064.23665	0.57264307	12.0273862	0.57587874	118	147	5064.23665	200031	100028

# Materiales y métodos: Codificación de Usos del Suelo según SWAT

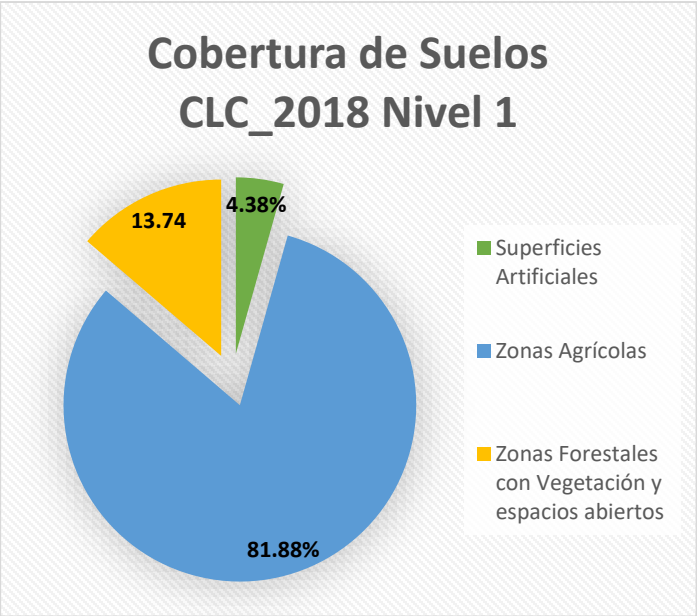


CODE CLC_18	LAND USE CLASS (Nivel 3 CLC)	SWAT CODE - SIGNIFICADO	
		SWAT CODE	Significado
111	Tejido Urbano Continua	URHD	Residencial de alta densidad
112	Tejido Urbano discontinua	URML	Residencial densidad media a baja
121	Industrial o Unidades comerciales	UCOM	Comercial
122	Redes de carreteras y ferroviarias, terrenos asociados	UTRN	Transporte
124	Aeropuertos	UTRN	Transporte
131	Sitios de extracción de minerales	UIDU	Industrial
132	vertedero	UIDU	Industrial
133	Sitos de construcción	URLD	Residencial de baja densidad
142	Instalaciones deportivas y de ocio	UCOM	Comercial
211	Tierras de cultivo de secano	AGRL	Tierra genérica agrícola
212	Tierra de regadío permanente	AGRC	Agrícola
221	Viñedos	GRAP	Viñedo
222	Arboles frutales y plantaciones de bayas	ORCD	Huerta
223	Olivares	OLIV	Olivos
231	Pastos	PAST	Pastos
242	Cultivos	AGRR	Cultivos agrícolas en hilera
243	Tierra agrícola	AGRL	Tierra genérica agrícola
312	Bosque de coníferas	FRSE	Bosque hoja perenne
321	pastizales naturales	RNGE	Hierbas
323	vegetación sclerophyllous	SWRN	Gama de árido sudoeste
324	Arbolado-arbusto	RNGB	Maleza
333	Zona de escasa vegetación	BARR	Sin cultivo (estéril)

Desde CORINE LAND COVER 2018 (Fuente: CNIG)

# Materiales y métodos: Codificación de Usos del Suelo según modelo SWAT

## Análisis de Usos del suelo (CLC 2018)

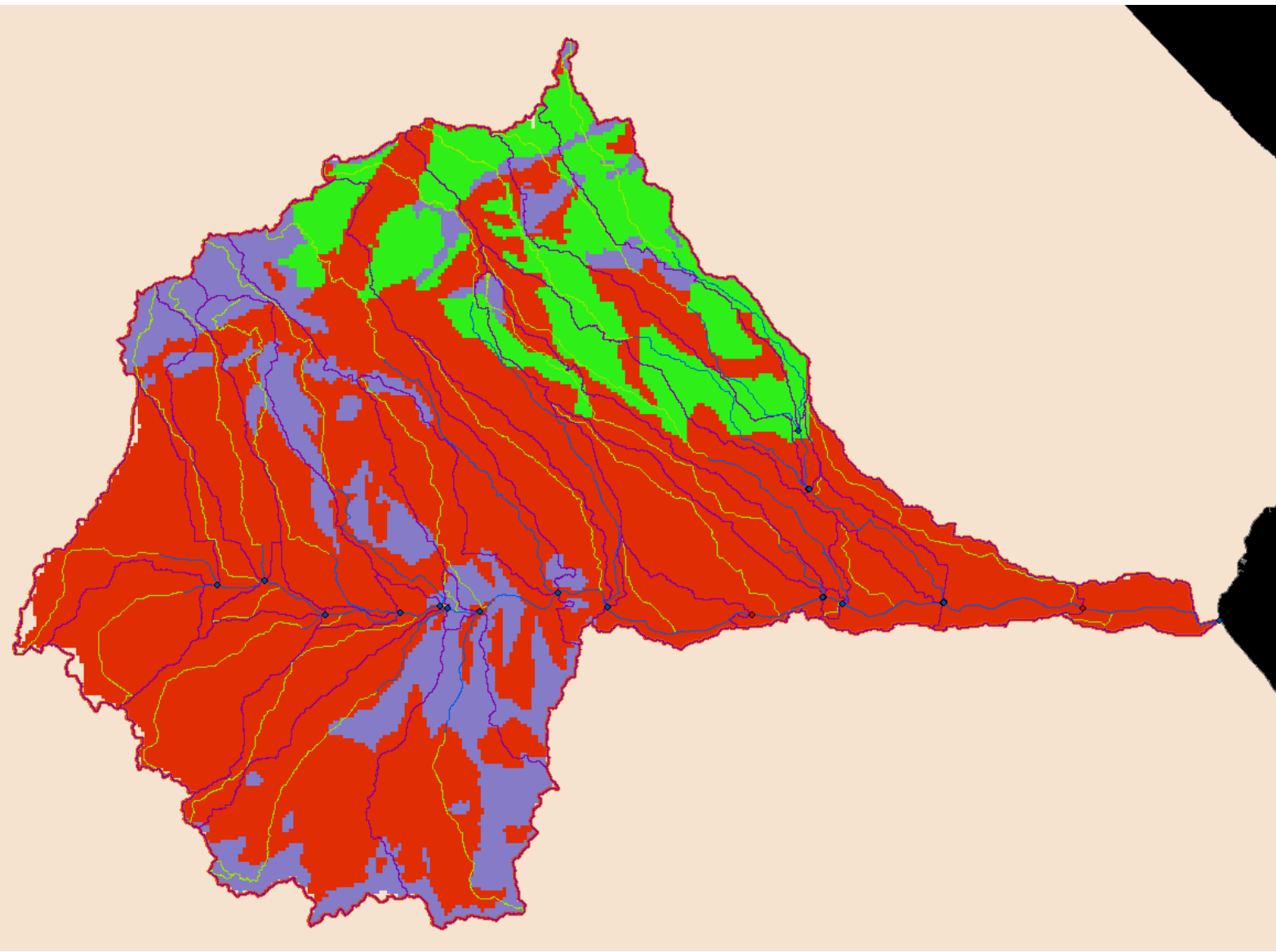


Usos de Suelos		%Área
<b>Usos de Suelo (Nivel 1_CLC)</b>	<b>Usos de Suelo (Nivel 3 CLC)</b>	
<b>Superficies Artificiales</b>	UCOM-->Industrial o Unidades comerciales	1.93
	UIDU-->Sitios de extracción de minerales	0.46
	URHD-->Tejido Urbano Continua	0.3
	UTRN-->Redes de carreteras y ferroviarias, terrenos asociados	0.9
	URML-->Tejido Urbano discontinua	0.73
	URLD-->Sitos de construcción	0.06
<b>Total Superficies Artificiales</b>		<b>4.38 %</b>
<b>Zonas Agrícolas</b>	AGRL-->Tierras de cultivo de secano	3.55
	AGRC-->Tierra de regadío permanente	29.03
	ORCD-->Árboles frutales y plantaciones de bayas	31.06
	AGRR-->Cultivos	13.32
	PAST-->Pastos	4.53
	GRAP-->Viñedos	0.39
<b>Total Zonas Agrícolas</b>		<b>81.88 %</b>
<b>Zonas Forestales con Vegetación y espacios abiertos</b>	RNGE-->Pastizales naturales	7.56
	RNGB-->Arbolado-arbusto	0.51
	SWRN-->Vegetación sclerophyllous	2.54
	BARR-->Zona de escasa vegetación	0.07
	FRSE-->Bosque de coníferas	3.06
<b>Total Zonas Forestales con Vegetación y espacios abiertos</b>		<b>13.74 %</b>

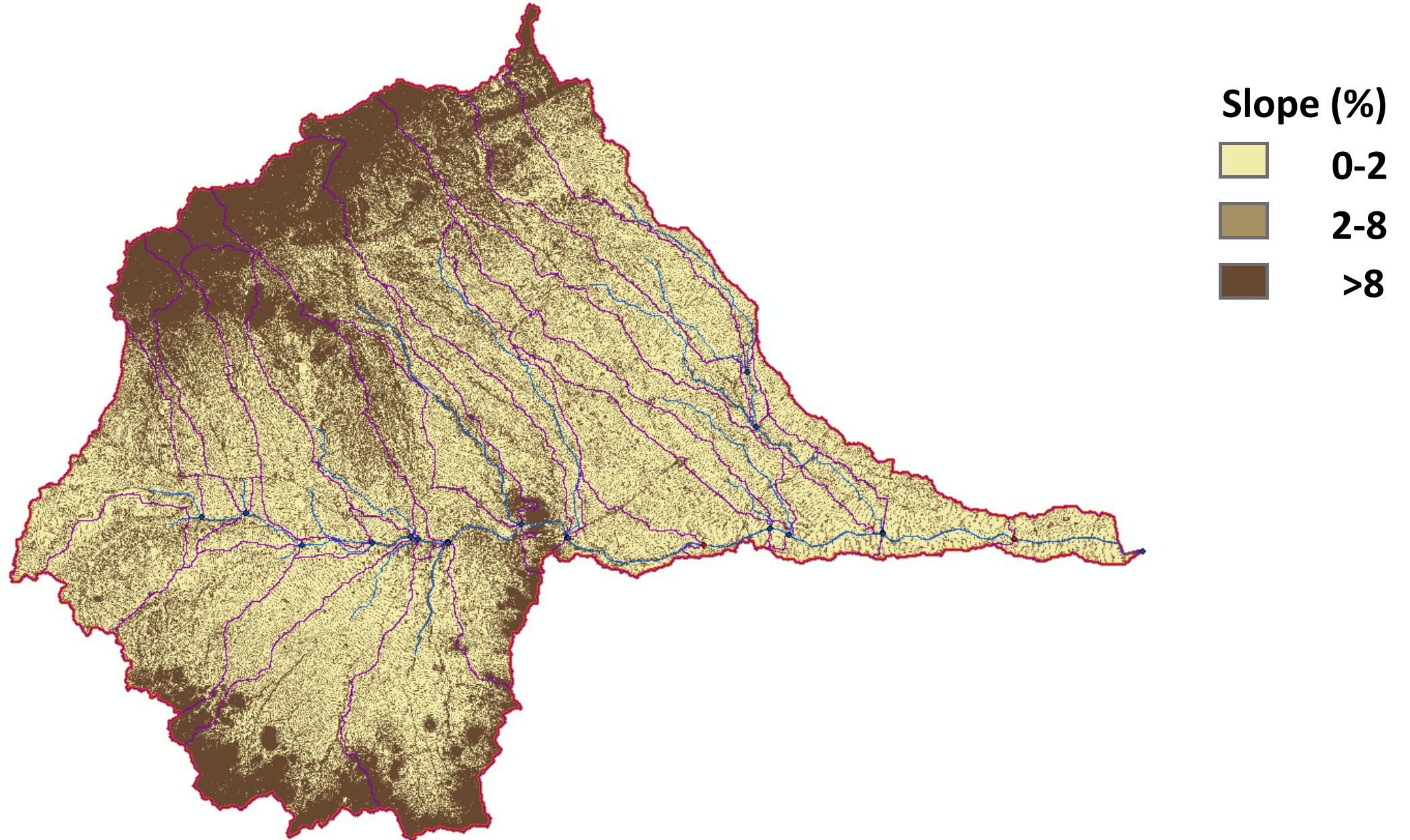
# Materiales y métodos: Tipos de suelo definidos según modelo SWAT

Según mapa de suelos FAO

- I-60 Litosoles
- Rc25-3c-221 Regosoles calcáreos
- Xk21-3b-3569 Xerosoles cálcicos



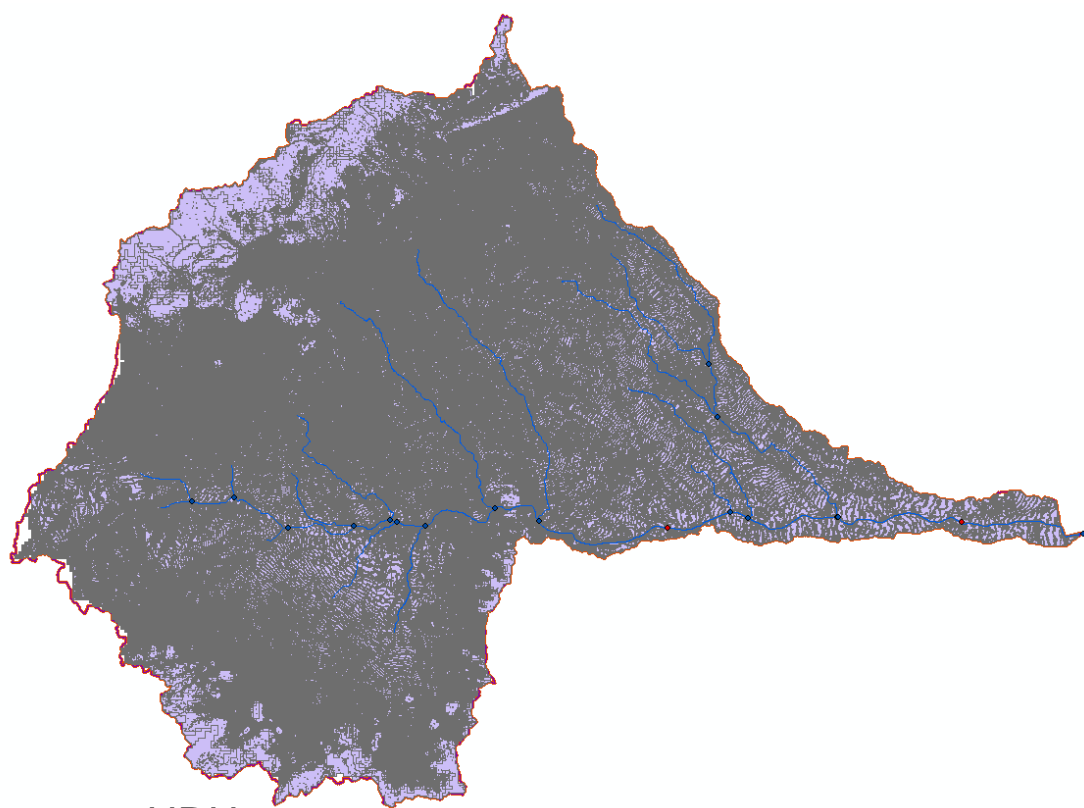
# Materialles y métodos: Estimación de pendiente desde el DEM, y clasificación



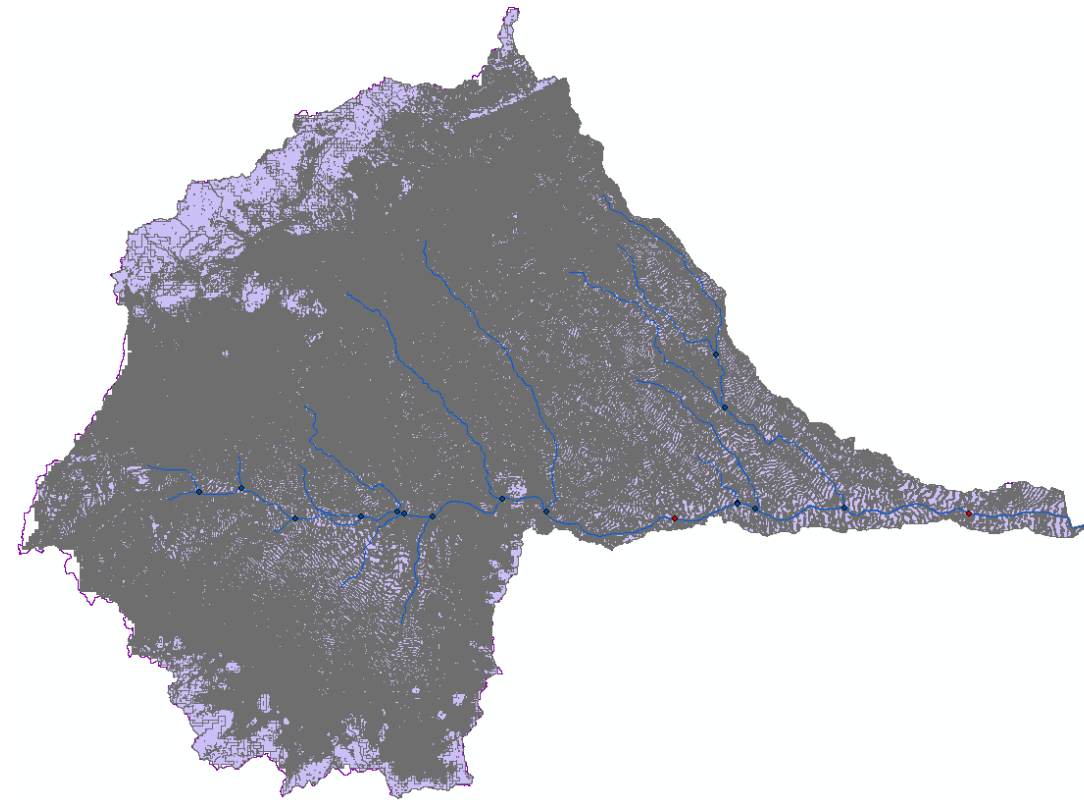
# Materiales y métodos: Unidades de Respuesta Hidrológica (Hydrological Response Units, HRUs)

Las correspondientes unidades de respuesta hidrológica (Hydrological Response Units, HRUs), identificadas por el modelo SWAT para la Cuenca de la Rbla. del Alujón.

Distintas desagregaciones espaciales para la modelización.



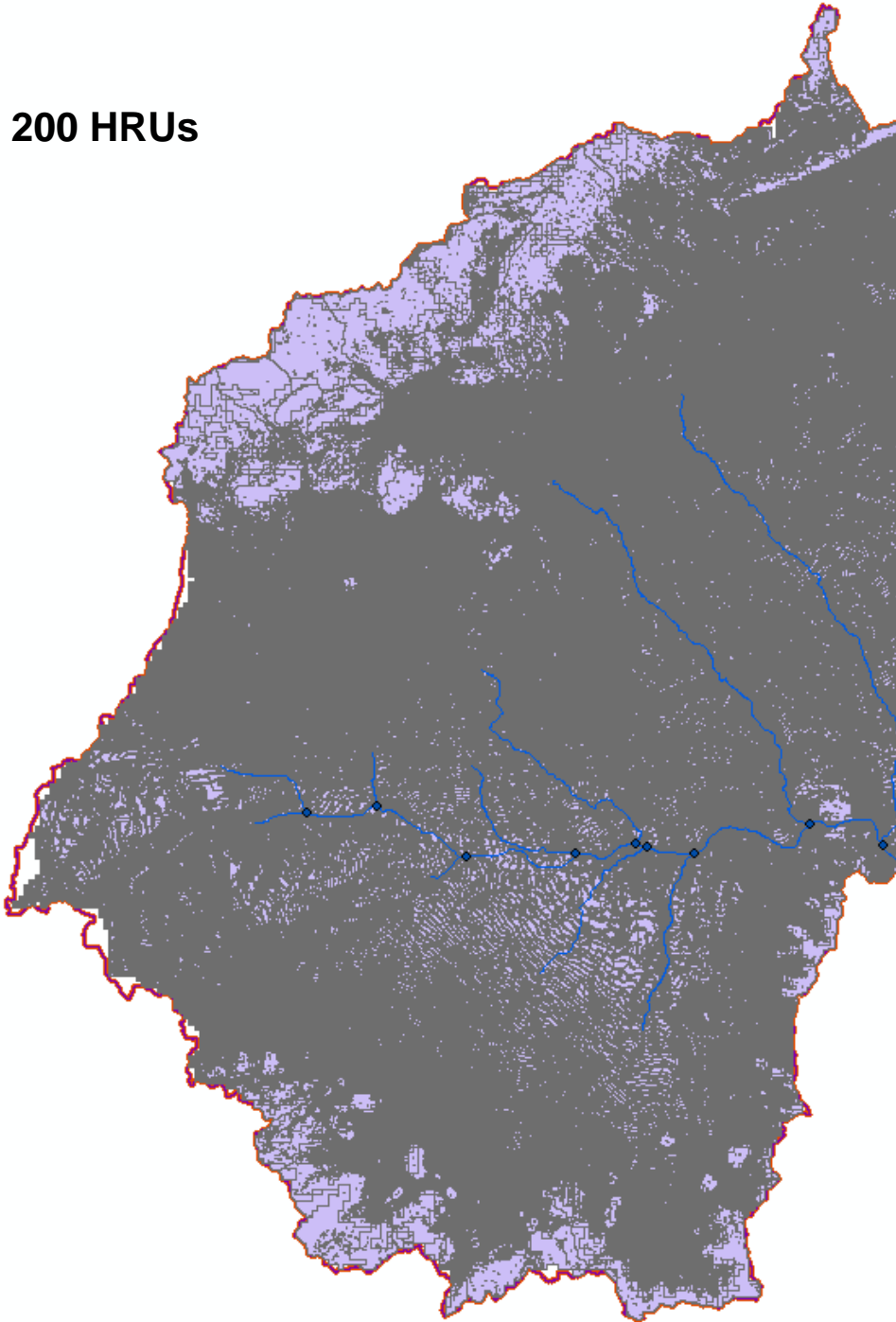
200 HRUs



600 HRUs

Sin umbrales de usos del suelo, tipos de suelo y pendientes. En este caso, se define un número fijo de HRUs.

# 200 HRUs



HRULandUseSoilsReport: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

---

SWAT model simulation Date: 9/15/2022 12:00:00 AM Time: 00:00:00  
 MULTIPLE HRUs LandUse/Soil/Slope OPTION THRESHOLDS : 0 / 0 / 0 [%]  
 Number of HRUs: 200  
 Number of Subbasins: 31

---

	Area [ha]	Area[acres]
Watershed	58311.2025	144089.8969

---

LANDUSE:	Area [ha]	Area[acres]	%Wat.Area
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	22362.9288	55259.9153	38.35
Agricultural Land-Row Crops --> AGRR	6573.2686	16242.8753	11.27
Orchard --> ORCD	19578.0074	48378.2352	33.58
Pasture --> PAST	1028.6608	2541.8722	1.76
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1007.7771	2490.2677	1.73
Southwestern US (Arid) Range --> SWRN	1337.2401	3304.3871	2.29
Range-Grasses --> RNGE	4397.7082	10866.9569	7.54
Forest-Evergreen --> FRSE	1765.6170	4362.9279	3.03
Residential-Med/Low Density --> URML	117.4500	290.2248	0.20
Range-Brush --> RNGB	142.5445	352.2345	0.24

---

SOILS:	Area [ha]	Area[acres]	%Wat.Area
Rc25-3c-221	8005.3876	19781.7131	13.73
Xk21-3b-3569	42671.6803	105443.8555	73.18
I-60	7634.1346	18864.3283	13.09

---

SLOPE:	Area [ha]	Area[acres]	%Wat.Area
0-2	30698.3568	75857.1746	52.65
2-8	10462.4692	25853.2845	17.94
8-9999	17150.3765	42379.4378	29.41

---

	Area [ha]	Area[acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	-------------	-----------	-----------

Informe por HRU (sin definir umbrales), en función de un número fijo predefinido de HRUs.



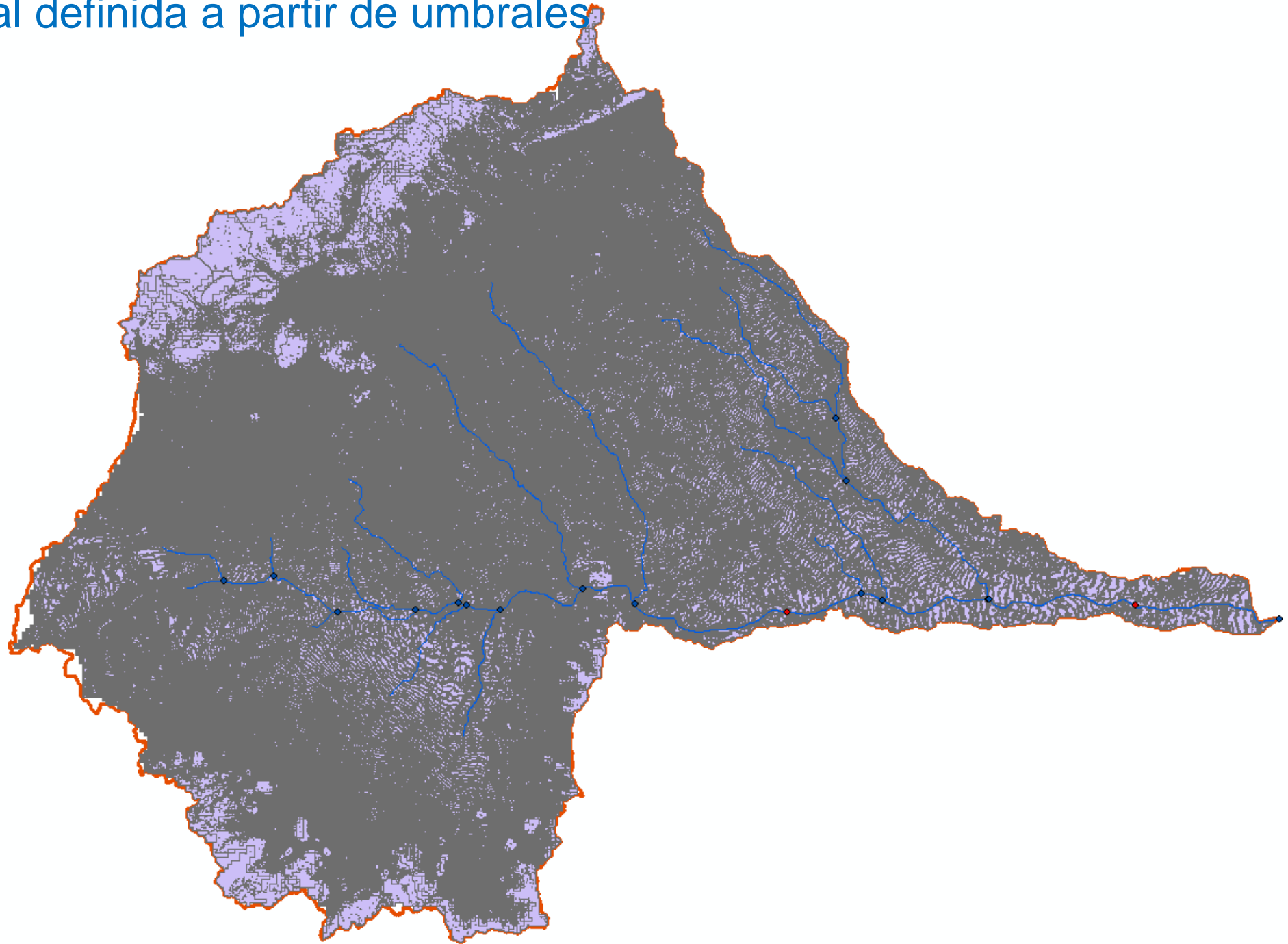
HRULandUseSoilsReport: Bloc de notas			
Archivo Edición Formato Ver Ayuda			
SWAT model simulation Date: 9/15/2022 12:00:00 AM Time: 00:00:00			
MULTIPLE HRUs LandUse/Soil/Slope OPTION		THRESHOLDS : 0 / 0 / 0 [%]	
Number of HRUs: 200			
Number of Subbasins: 31			
		Area [ha]	Area[acres]
Watershed		58311.2025	144089.8969
		Area [ha]	Area[acres] %Wat.Area
LANDUSE:			
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC		22362.9288	55259.9153 38.35
Agricultural Land-Row Crops --> AGRR		6573.2686	16242.8753 11.27
Orchard --> ORCD		19578.0074	48378.2352 33.58
Pasture --> PAST		1028.6608	2541.8722 1.76
Agricultural Land-Generic --> AGRL		1007.7771	2490.2677 1.73
Southwestern US (Arid) Range --> SWRN		1337.2401	3304.3871 2.29
Range-Grasses --> RNGE		4397.7082	10866.9569 7.54
Forest-Evergreen --> FRSE		1765.6170	4362.9279 3.03
Residential-Med/Low Density --> URML		117.4500	290.2248 0.20
Range-Brush --> RRGB		142.5445	352.2345 0.24
SOILS:			
Rc25-3c-221		8005.3876	19781.7131 13.73
Xk21-3b-3569		42671.6803	105443.8555 73.18
I-60		7634.1346	18864.3283 13.09
SLOPE:			
0-2		30698.3568	75857.1746 52.65
2-8		10462.4692	25853.2845 17.94
8-9999		17150.3765	42379.4378 29.41
		Area [ha]	Area[acres] %Wat.Area %Sub.Area

Informe para toda la cuenca a nivel de HRU (HRULandUseSoilsReport)

# Desagregación espacial definida a partir de umbrales

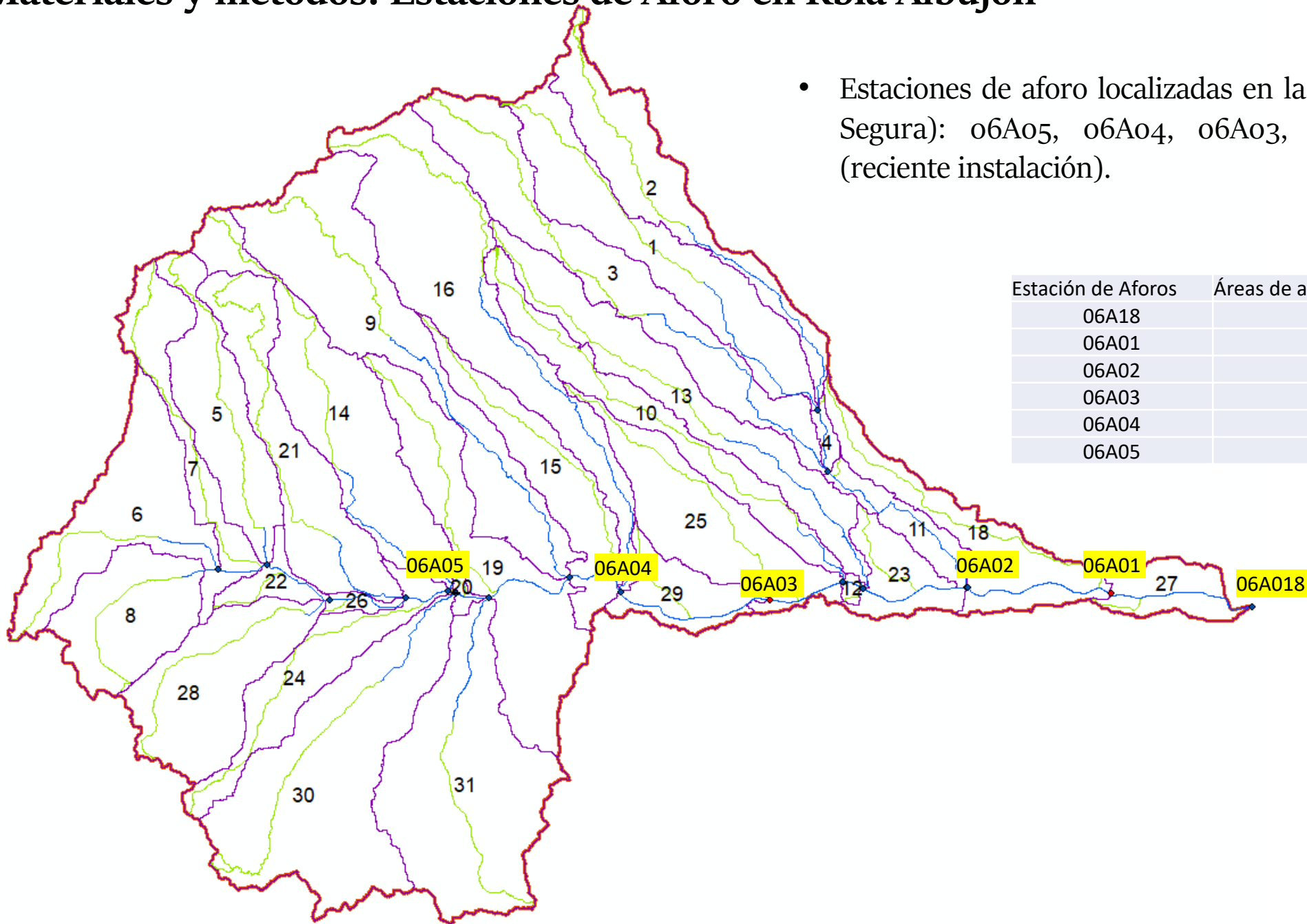
Considerando al menos 10 % de Uso del Suelo y 10 % de Tipo de Suelo → **351 HRUs utilizada para la modelización**

También se podría definir considerando un número mínimo de hectáreas de Usos del Suelo, Tipos de Suelo y clases de Pendientes.



# Materiales y métodos: Estaciones de Aforo en Rbla Albuji3n

- Estaciones de aforo localizadas en la Rambla del Albuji3n (SAIH Segura): 06A05, 06A04, 06A03, 06A02, 06A01, y 06A18 (reciente instalaci3n).



Estaci3n de Aforos	Áreas de aporte a cada EA (km <sup>2</sup> )
06A18	583.11
06A01	575.45
06A02	557.65
06A03	396.01
06A04	387.05
06A05	218.39

# Problemática de la calibración de parámetros

## Parametrización del modelo

- Para la calibración del modelo se debería llevar a cabo un **análisis de sensibilidad**, y así identificar los parámetros más relevantes.
- Así como es importante abordar un **análisis de incertidumbre** local y global.

- Ejemplo de parametrización: coeficiente n de Manning y conductividad hidráulica saturada

Parámetros		Valores según SWAT	
		Mínimo	Máximo
Coeficiente n de Manning en el canal	CH_N2	-0.01	0.3
Coeficiente n de Manning en ladera	OV_N	0.01	30
Coeficiente n de Manning en tributarios	CH_N1	0.01	30
Conductividad Hidráulica Saturada en el canal	CH_K2 (mm/hr)	-0.01	500

# Problemática de la calibración de parámetros

## Análisis de sensibilidad y análisis de incertidumbre

- Análisis de sensibilidad

Se debe evaluar cómo varía la salida del modelo frente a variaciones de los parámetros (cuáles son los parámetros controlantes).

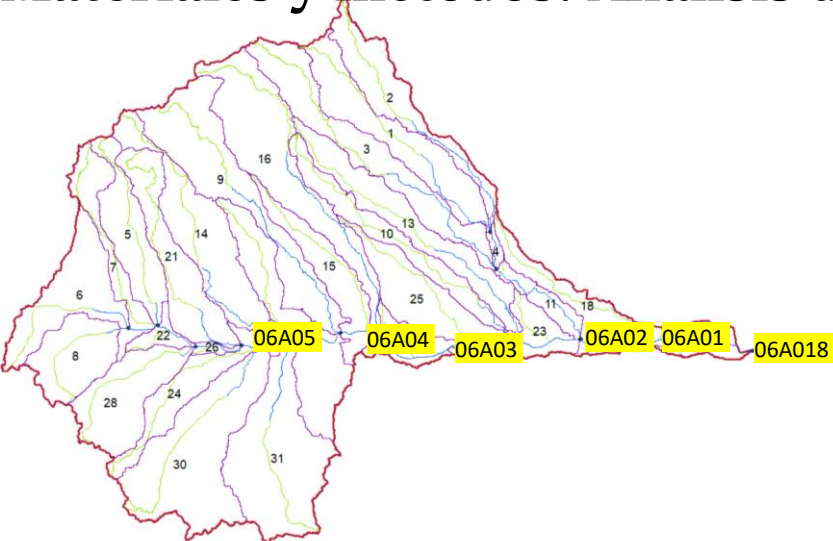
- Análisis de incertidumbre

La incertidumbre en las predicciones del modelo pueden ser divididas en:

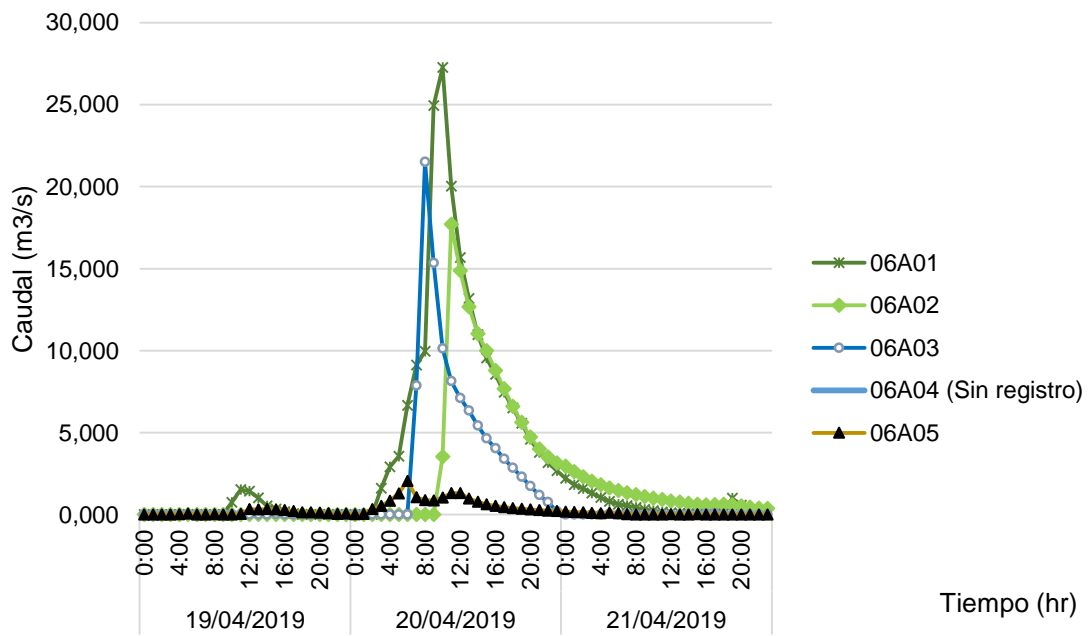
- *Incertidumbres en el modelo conceptual*
- *Incertidumbre en los datos de entrada*: errores en los datos de entrada, y/o errores en la variabilidad espacial en grandes áreas cuando se parte de datos puntuales.
- *Incertidumbre en los parámetros*: problema de no unicidad de los parámetros (distintos grupos de parámetros pueden producir el mismo resultado de salida del modelo).

# Materiales y métodos: Análisis de la fiabilidad de estaciones de aforo

- La fiabilidad de los hidrogramas registrados en las estaciones de aforo, para los eventos extremos seleccionados, fue evaluada por distintos medios: - contraste escorrentía directa registrada versus simulada; - contraste de hidrogramas entre estaciones; - análisis de registros de nivel y discusión con técnico a cargo del SAIH (CHS).



**Estaciones de Aforo, Rambla del Albujón**



*Tabla. Análisis hidrometeorológico del evento Abril 2019*

Estación	Z Pluviometría Acumulada (mm)	Caudal Pico Registrado (m3/s)	Volumen (m3)	Observación
06A01	95.00	27.251	782,146.80	
06A02	87.40	17.695	509,313.60	No Fiable
06A03	65.60	21.498	372,085.20	No Fiable
06A04	83.00	(Sin Registro)	(Sin Registro)	No hay registro de caudal
06A05	79.10	2.065	73,803.60	Subestima

# Materiales y métodos: Análisis de la fiabilidad de estaciones de aforo

- La fiabilidad de los hidrogramas registrados en las estaciones de aforo, para los eventos extremos seleccionados, fue evaluada por distintos medios: - contraste escorrentía directa registrada versus simulada; - contraste de hidrogramas entre estaciones; - análisis de registros de nivel y discusión con técnico a cargo del SAIH (CHS).

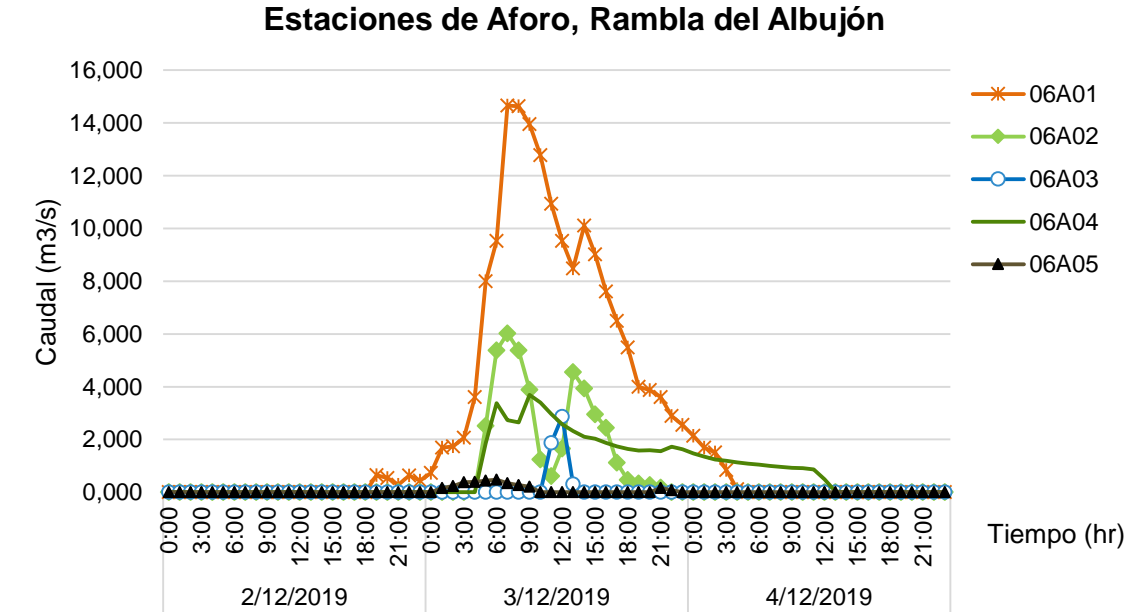
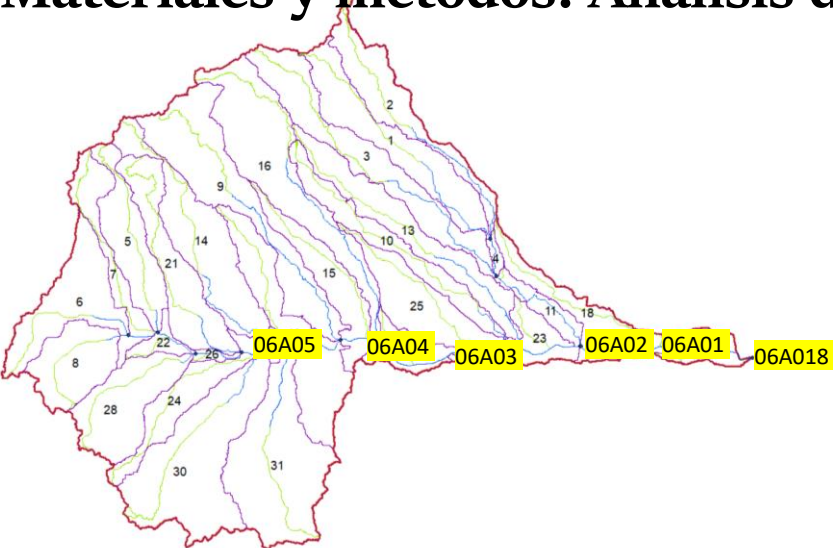
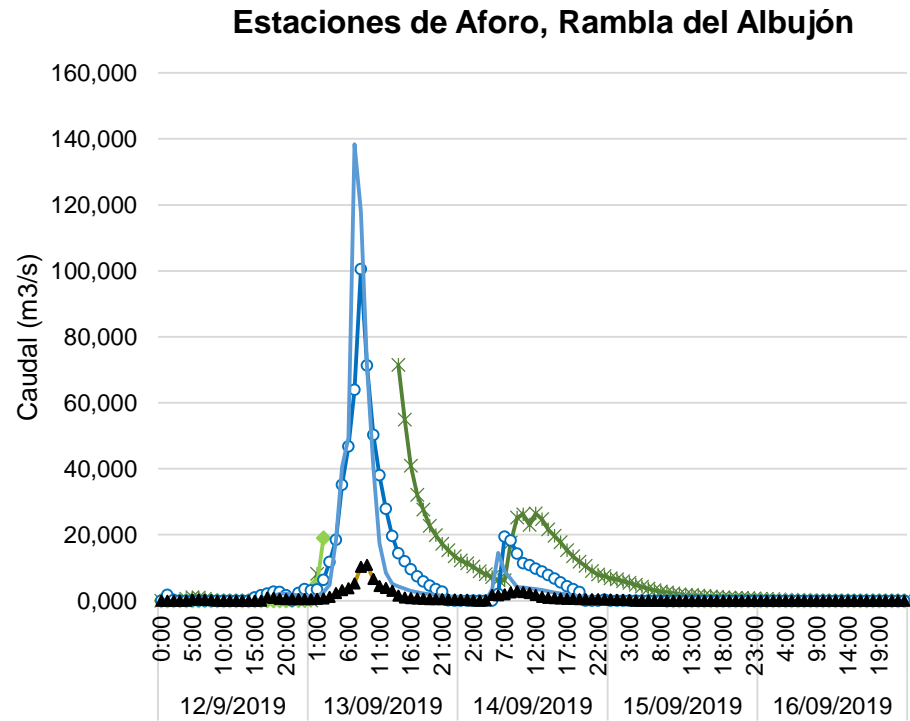
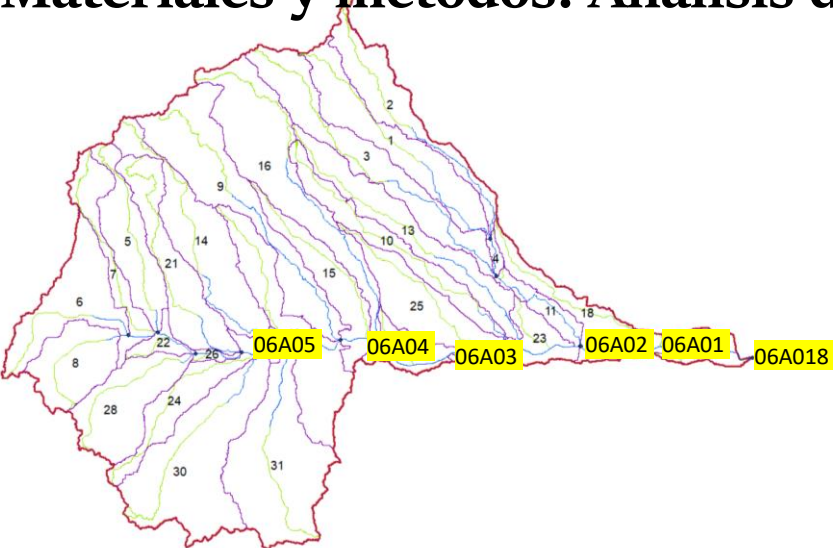


Tabla. Análisis hidrometeorológico del evento Dic 2019

Estación	Z Pluviometría Acumulada (mm)	Caudal Pico Registrado (m³/s)	Volumen (m³)	Observación
06A01	61.4	14.66	636,487.20	
06A02	65.8	6.02	154,713.60	Subestima, posee menor volumen que estación 06A04
06A03	53.4	2.86	18,126.00	Subestima, posee menor volumen que estación 06A04
06A04	53.4	3.70	204,260.40	Subestima
06A05	42.1	0.48	11,347.20	Subestima

# Materiales y métodos: Análisis de la fiabilidad de estaciones de aforo

- La fiabilidad de los hidrogramas registrados en las estaciones de aforo, para los eventos extremos seleccionados, fue evaluada por distintos medios: - contraste escorrentía directa registrada versus simulada; - contraste de hidrogramas entre estaciones; - análisis de registros de nivel y discusión con técnico a cargo del SAIH (CHS).



*Tabla. Análisis hidrometeorológico del evento 12-15 de septiembre del 2019*

Estación	Z Pluviometría Acumulada (mm)	Caudal Pico Registrado (m³/s)	Volumen (m³)	Observación
06A01	308.7	71.490	2,672,283.60	No Fiable Faltan registros de caudales
06A02	250.6	18.989	88,286.40	No Fiable Subestima, Faltan registros de caudales
06A03	181.4	100.504	2,517,933.60	Seleccionada
06A04	157.4	138.415	2,242,144.80	Seleccionada
06A05	143.5	10.846	334,375.20	Subestima



# Problemática de la calibración de parámetros

Se presentan distintos grupos de parámetros:

- **A escala de HRU** (tipo de suelo, uso del suelo, y clase de pendiente):

ESCO: factor de compensación de evaporación del suelo

EPCO: factor de compensación de adsorción de la planta

OV\_N: coeficiente de Manning para flujo en cuenca

SURLAG: coeficiente de retraso de la escorrentía superficial.

...

- **A escala de subcuenca:**

CH\_K1: conductividad hidráulica

CH\_N1: n de Manning

...

- **De propagación (routing):**

CH\_K2: conductividad hidráulica efectiva del canal principal

CH\_N2: coeficiente de Manning para el canal principal

ALPHA\_BNK ...

- **A escala de toda la cuenca**

Ej. parámetros del método de propagación hidrológica

- **De la fase subterránea**

SHALLST, DEEPSF, GW\_DELAY, GWQMIN, GW\_REVAP, REVAPMN,

RCHRG\_DP, GWHT ...

Ejemplo de ejecución de **SWAT-CUP**: herramienta de calibración automática y evaluación de incertidumbres

Parameter_Name	Min_value	Max_value
1:R__CN2.mgt	-0.100000	0.100000
2:V__ESCO.hru	0.000000	1.000000
3:V__GWQMN.gw	0.000000	5000.000000
4:V__REVAPMN.gw	0.000000	1000.000000
5:V__GW_REVAP.gw	0.020000	0.200000
6:V__SHALLST_N.gw	0.000000	20.000000
7:V__ALPHA_BF.gw	0.010000	1.000000
8:V__GW_DELAY.gw	0.000000	500.000000
9:V__RCHRG_DP.gw	0.010000	0.990000
10:V__GWQMN.gw	0.000000	5000.000000
11:R__SOL_AWC(...).sol	-0.050000	0.050000
12:V__SOL_K(...).sol	0.000000	100.000000
13:V__SURLAG.bsn	0.000000	24.000000
14:V__CH_N2.rte	0.014000	0.300000
15:V__CH_K2.rte	0.000000	127.000000
16:V__CH_K1.sub	0.000000	127.000000
17:V__CH_N1.sub	0.014000	0.300000
18:V__OV_N.hru		

- **Para cada capa de tipo de suelo:**

SOL\_AWC; SOL\_K ...

# Problemática de la calibración de parámetros

## Parámetros más sensibles a escala diaria

- **CN2**: Parámetro número de curva → no se ajustó
- **ESCO**: coeficiente de compensación de evaporación del suelo (varía entre 0 y 1)
- **RCHRG\_DP**: fracción de percolación del acuífero
- **GWQMIN**: umbral del nivel del acuífero somero (poco profundo) permitiendo que la contribución al cauce principal ocurra
- **SURLAG**: coeficiente de retraso de escorrentía superficial.
- **OV\_N**: n de Manning.
- **SOL\_AWC**
- **SOL\_K**

## Parámetros más sensibles a escala horaria

- **CH\_N2**: Coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce principal
- **CN2**: Parámetro número de curva → no se ajustó
- **ESCO**
- **SURLAG**
- **RCHRG\_DP**: Fracción de percolación al acuífero profundo.
- **CH\_K2**: Conductividad hidráulica efectiva en el cauce principal.

# Problemática de la calibración de parámetros

## Ejemplos de Parametrización del Modelo: n de Manning

CODE_CLC18	LAND USE CLASS	SWAT CODE	OV_N
111	Tejido Urbano Continua	URHD	0.013
112	Tejido Urbano discontinua	URML	0.013
121	Industrial o Unidades comerciales	UCOM	0.013
122	Redes de carreteras y ferroviarias, terrenos asociados	UTRN	0.013
124	Aeropuertos	UTRN	0.013
131	Sitios de extracción de minerales	UIDU	0.013
132	vertedero	UIDU	0.013
133	Sitios de construcción	URLD	0.013
142	Instalaciones deportivas y de ocio	UCOM	0.013
211	Tierras de cultivo de secano	AGRL	0.035
212	Tierra de regadio permanente	AGRC	0.035
221	Viñedos	GRAP	0.05
222	Árboles frutales y plantaciones de bayas	ORCD	0.035
223	Olivares	OLIV	0.05
231	Pastos	PAST	0.035
242	Cultivos	AGRR	0.035
243	Tierra agrícola	AGRL	0.035
312	Bosque de coníferas	FRSE	0.15
321	pastizales naturales	RNGE	0.035
323	vegetación sclerophyllous	SWRN	0.035
324	Arbolado-arbusto	RNGB	0.04
333	Zona de escasa vegetación	BARR	0.03

Coefficientes de Manning según (Chow, 1994)

c. Concreto

1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	

a. Pastizales, sin matorrales

1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050

b. Áreas cultivadas

1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050

c. Matorrales

1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160

d. Árboles

1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

# Problemática de la calibración de parámetros

## Ejemplos de Parametrización del Modelo: n de Manning

Ejemplo de valores propuestos del n de Manning (CH\_N2 y CH\_N1)

Subcuenca	Parámetros	
	CH_N1	CH_N2
1	0.016	0.016
2	0.02	0.02
3	0.02	0.02
4	0.016	0.016
5	0.02	0.02
6	0.02	0.018
7	0.016	0.016
8	0.02	0.15
9	0.02	0.02
10	0.018	0.016
11	0.018	0.018
12	0.02	0.02
13	0.02	0.02
14	0.065	0.065
15	0.016	0.016
16	0.02	0.016
17	0.065	0.065
18	0.02	0.02
19	0.018	0.018



### 1. Canal Recto Uniforme y Limpio:

Coefficiente de Manning:  
0.016 - 0.033



### 2. Con arbustos, piedras, matorrales, etc.

Coefficiente de Manning:  
2.1 Pocos arboles, piedras o Matorrales 0.02 – 0.065



2.2 Mucha maleza, y matorrales bajos: 0.075 - 0.150

*Coefficientes de Manning según (Chow, 1994).*

# Conclusiones y líneas de trabajo

En conclusion, el Mar Menor está sufriendo los impactos negativos de distintas presiones tanto naturales como antropogénicas. Como principales “drivers” se identifica el cambio climático y actividades humanas, como la agricultura, la urbanización, pero también el impacto de los desechos de la minería, y la ganadería intensiva.

Para monitorizar el estado trófico de la laguna costera es relevante conocer las entradas de flujos a escalas temporales subdiarias, desde las distintas cuencas que contribuyen. Pero también es importante simular adecuadamente el transporte de sedimentos y de nutrientes → [Se requiere mejorar las redes de medidas en las cuencas vertientes.](#)

Luego, si bien se han hecho importantes esfuerzos para mejorar la evaluación del impacto de las actividades humanas en la laguna costera, algunas de las cuencas contribuyentes siguen sin presentar estaciones de aforo → [Se requiere instalar estaciones de aforo, y mejorar la fiabilidad de las ya instaladas.](#)

Como líneas de trabajo actuales: - concluir la parametrización del modelo para las cuencas vertientes al Mar Menor identificadas a escala horaria; y - parametrizar la gestión del regadío.

Como líneas de trabajo futuras: - reemplazar el DEM considerado, para mejorar la delimitación de cuencas; - mejorar la representación espacial de los usos del suelo (ej. considerar el caso de los invernaderos); - simular el impacto del cambio de uso del suelo en las últimas décadas; - simular el transporte de sedimentos; y - simular el ciclo del nitrógeno, asociados a los eventos extremos, a medida que los datos necesarios para calibración y validación estén disponibles.

**Gracias por su atención**

**Sandra G. García Galiano**  
Dpto. de Ingeniería Minera y Civil



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Campus  
de Excelencia  
Internacional

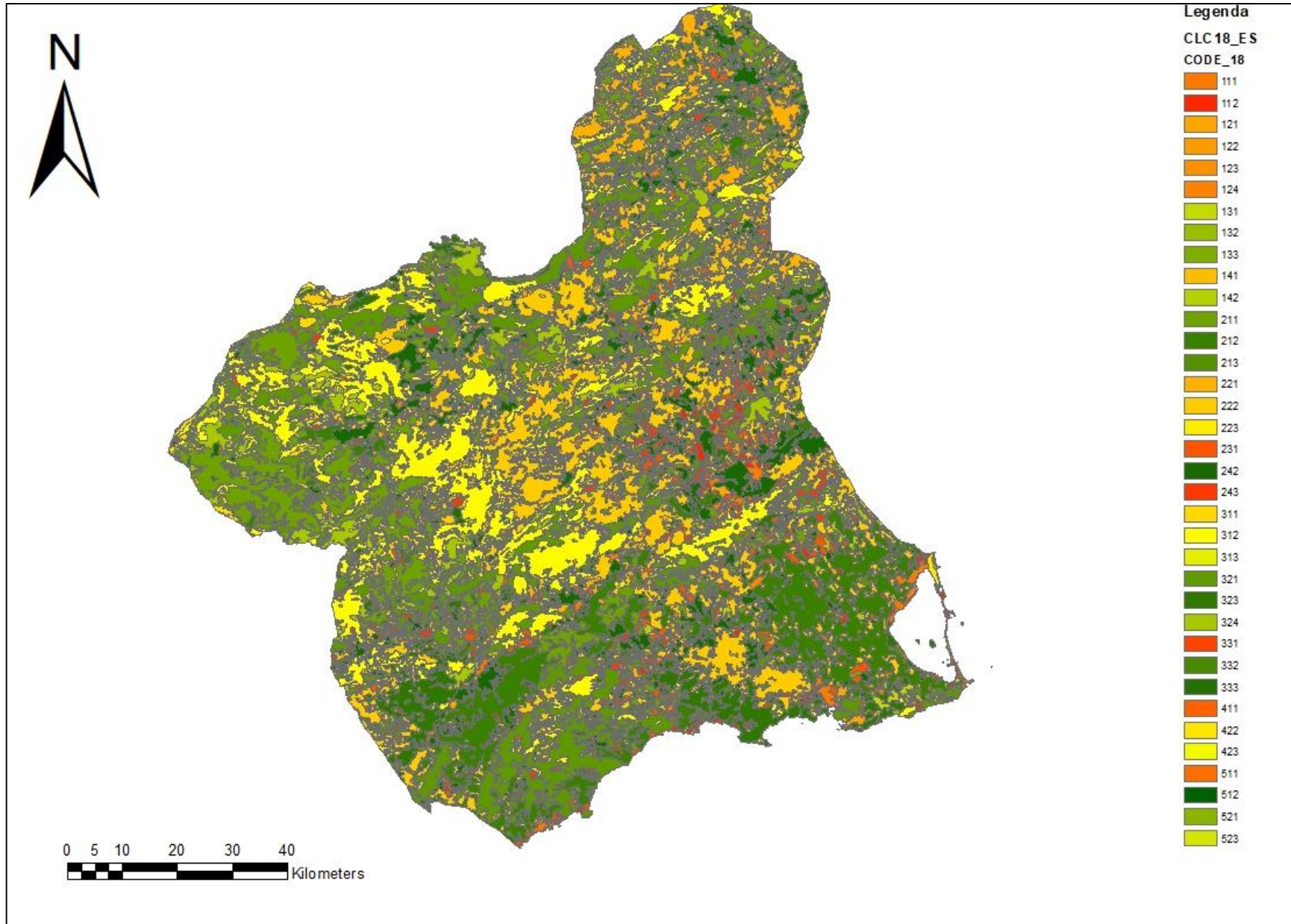


"Think human first"

sandra.garcia@upct.es / +34 968 325935 <https://personas.upct.es/perfil/sandra.garcia>

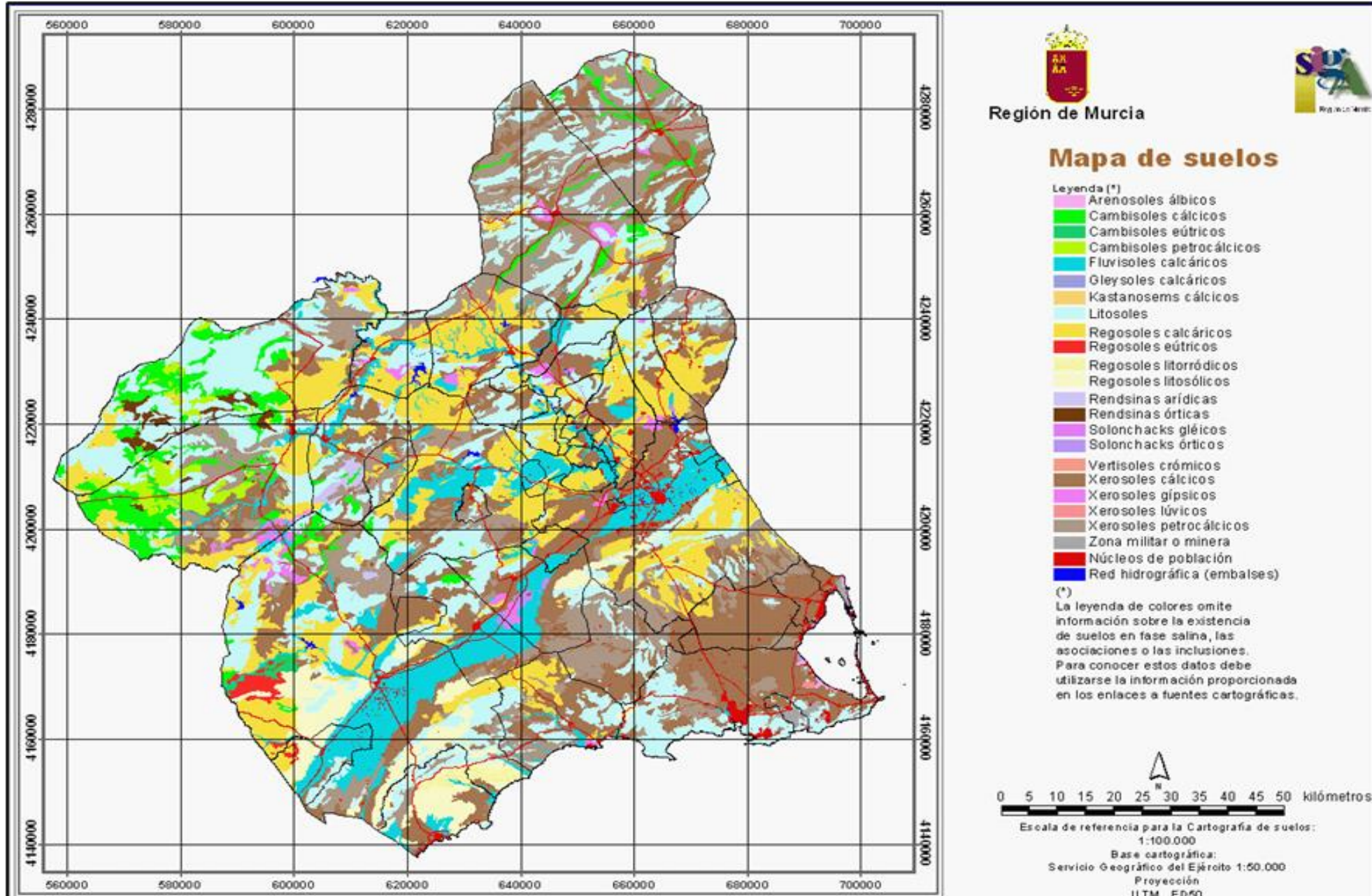
univ-tech.eu

# Materials and methods: Soil Uses



# Materials and methods: Soil Types

Source: CARM





# Subcuenca 4: Rambla de la Maraña

