



Especialistas en SIG y Medio Ambiente

[CÁLCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA]

Índice

1. FUENTES DE INFOMACIÓN.....	2
2. METODOLOGÍA.....	3
2.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO	6
2.2. CÁLCULO DE VARIABLES	6
2.2.1. Mapa de Pendientes	6
2.2.2. Características hidrológicas	6
2.2.3. Mapa de Usos del suelo.....	7
2.2.4. Mapa de tipos de suelo	8
3. RESULTADOS.....	11
3.1. MAPA DE PENDIENTES.....	16
3.2. MAPA DE USOS DE SUELO	17
3.3. MAPA DE TIPOS DE SUELO.....	19

1. FUENTES DE INFOMACIÓN

- Cuadrícula MTN50: [Instituto Geográfico Nacional](#)
- Hojas MDT 5 metros del MTN50: [Instituto Geográfico Nacional](#)
- Corine Land Cover para el año 2012. [Instituto Geográfico Nacional](#)
- SIOSE 2011. [Instituto Geográfico Nacional](#)
- Mapa Edafológico de Andalucía: [Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía](#)
- Mapa Litológico de Andalucía: [Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía](#)

2. METODOLOGÍA

En los estudios hidrológicos el objetivo es calcular el caudal producido por la lluvia que cae en el punto de salida de una cuenca (o subcuenca) y uno de los métodos más comúnmente utilizados para el cálculo de caudales es el conocido como método racional que especifica que:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde:

- Q = caudal
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = intensidad de precipitación
- A = Superficie de la cuenca

El umbral de escorrentía representa la precipitación mínima que debe caer sobre una cuenca para que se inicie la generación de escorrentía y es necesario para el cálculo del **Coeficiente de Escorrentía** del método racional:

$$C = \frac{(P_d - P_0)(P_d + 23 \cdot P_0)}{(P_d + 11 \cdot P_0)^2}$$

Donde:

- C = Coeficiente de Escorrentía
- Pd = Precipitación diaria (mm)
- P0 = Umbral de escorrentía (mm)

Este umbral es función de las siguientes variables:

- Pendiente del terreno
- Características hidrológicas
- Uso de suelo
- Tipo de suelo
- Condiciones de humedad del suelo

La relación entre este factor y estas variables no es matemática sino tabular. La siguiente tabla recoge el valor inicial del umbral de escorrentía (mm):

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Tejido urbano continuo		1	1	1	1
Tejido urbano discontinuo		24	14	8	6

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Zonas industriales o comerciales		24	14	8	6
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		1	1	1	1
Zonas Portuarias		1	1	1	1
Aeropuertos		24	14	8	6
Zonas de extracción minera		16	9	6	5
Escombreras y vertederos		20	11	8	6
Zonas en construcción		24	14	8	6
Zonas verdes urbanas		53	23	14	10
Instalaciones deportivas y recreativas		79	32	18	13
Tierras de labor en secano	≥ 3	26	15	9	7
Tierras de labor en secano	< 3	31.5	20	14	11.5
Terrenos regados permanentes	≥ 3	37	20	12	9
Terrenos regados permanentes	< 3	47	25	16	13
Viñedos	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos	< 3	76	34	19	14
Viñedos en secano	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos en secano	< 3	76	34	19	14
Viñedos en regadio	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos en regadio	< 3	76	34	19	14
Frutales	≥ 3	79	34	19	14
Frutales	< 3	94	42	22	15
Frutales en secano	≥ 3	62	26	15	10
Frutales en secano	< 3	76	34	19	14
Frutales en Regadio	≥ 3	79	34	19	14
Frutales en Regadio	< 3	94	42	22	15
Olivares	≥ 3	62	26	15	10
Olivares	< 3	76	34	19	14
Olivares en secano	≥ 3	62	26	15	10
Olivares en secano	< 3	76	34	19	14
Olivares en regadio	≥ 3	62	26	15	10
Olivares en regadio	< 3	76	34	19	14
Praderas	≥ 3	70	32	18	13
Praderas	< 3	119	55	22	14
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	≥ 3	52.5	23	13.5	9.5
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	< 3	87.5	32	18	12.5
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	≥ 3	38	19	11	8
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	< 3	67	27	16	11
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	≥ 3	67	27	16	11
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	< 3	108	37	20	14
Mosacio de cultivos	≥ 3	70.5	30	17	12
Mosacio de cultivos	< 3	85	38	20.5	14.5

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Mosacio de cultivos en secano	≥ 3	62	26	15	10
Mosacio de cultivos en secano	< 3	76	34	19	14
Mosacio de cultivos en regadio	≥ 3	79	34	19	14
Mosacio de cultivos en regadio	< 3	94	42	22	15
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	≥ 3	31.5	17.5	10.5	7.5
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	< 3	38.5	22	14.5	11.5
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	≥ 3	26	15	9	6
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	< 3	30	19	13	10
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	≥ 3	37	20	12	9
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	< 3	47	25	16	13
Sistemas agroforestales	≥ 3	53	23	14	9
Sistemas agroforestales	< 3	79	35	17	10
Bosques de frondosas		90	47	31	23
Bosques de coníferas		90	47	31	23
Bosque mixto		90	47	31	23
Pastizales naturales	≥ 3	53	23	14	9
Pastizales naturales	< 3	79	35	17	10
Landas y matorrales		76	34	22	16
Vegetación esclerófila		60	24	14	10
Matorral boscoso de transición		76	34	22	16
Playas, dunas y arenales		152	152	152	152
Roquedo		2	2	2	2
Espacios con vegetación escasa	≥ 3	24	14	8	6
Espacios con vegetación escasa	< 3	57	25	12	7
Zonas quemadas		15	8	6	4
Marismas		2	2	2	2
Cursos de agua		0	0	0	0
Láminas de agua		0	0	0	0

Tabla 1. Valores iniciales del umbral de escorrentía. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

2.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Se descargan los MDT de 5 metros para las hojas del MTN50 de la región de estudio y se unen en un solo MDT.

2.2. CÁLCULO DE VARIABLES

2.2.1. Mapa de Pendientes

A partir del MDT se genera un raster para obtener las pendientes $< 3\%$ y $\geq 3\%$.

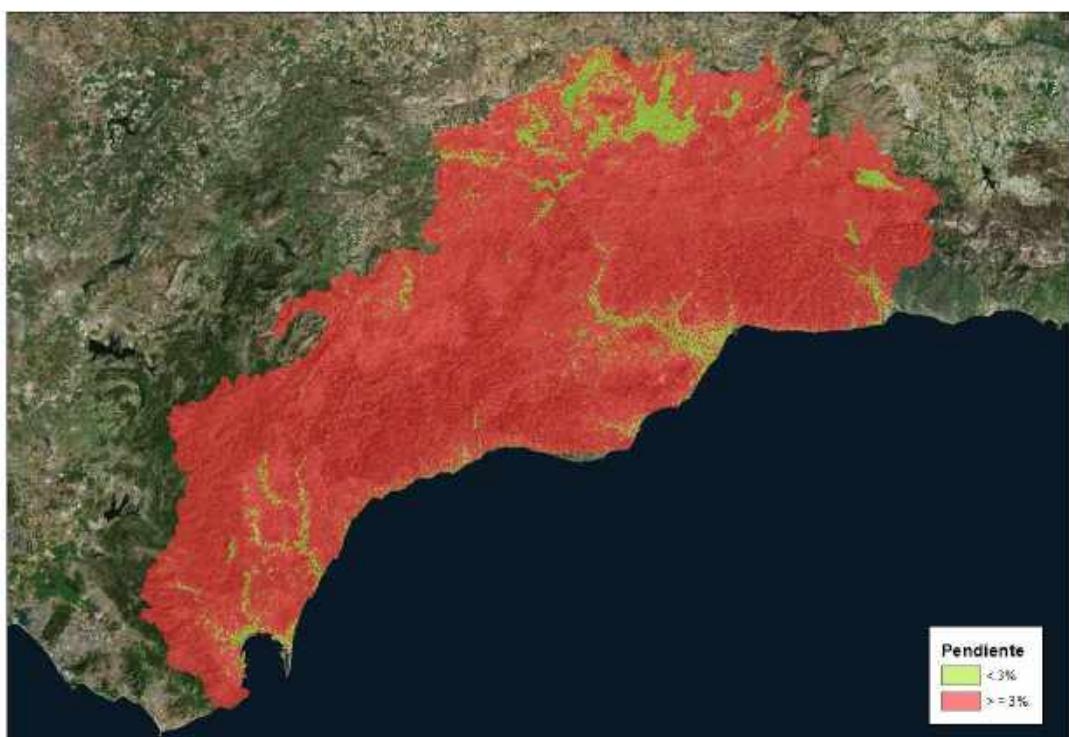


Figura 1. Mapa de Pendientes

2.2.2. Características hidrológicas

Esta variable se utiliza para obtener el número de curva mediante las tablas propuestas por Témez (1978). El autor la hace equivalente a cultivar la tierra y se divide en dos grupos:

- N: el cultivo sigue las curvas de nivel
- R: el cultivo sigue la línea de máxima pendiente

Los valores del número de curva asociados a cada tipo no se diferencian mucho por lo que en muchos casos se considera que toda el área de estudio tiende a cultivarse de una misma manera, a no ser que se tengan datos específicos. En este caso

consideramos que los cultivos siguen la línea de máxima pendiente, por tanto el valor elegido para todos ellos es R.

2.2.3. Mapa de Usos del suelo

Se ha cruzado la información del CORINE Land Cover con la información del SIOSE para establecer los usos del suelo.

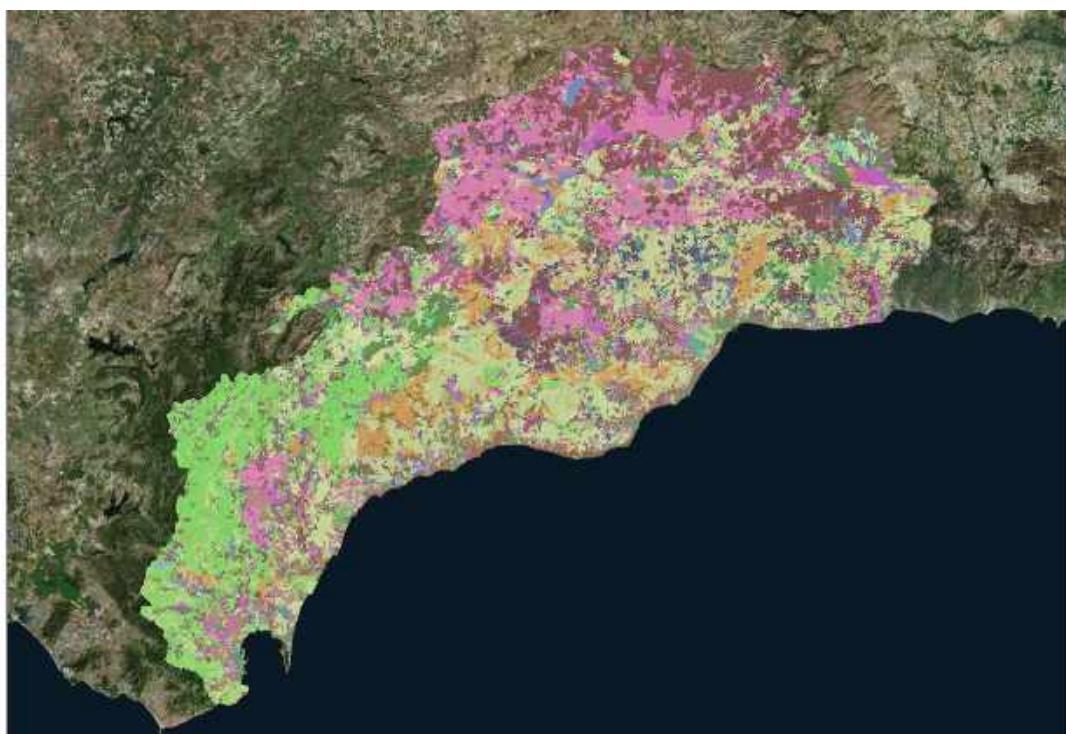


Figura 2. Mapa de Usos de suelo

Aeropuertos	Marismas
Bosque mixto	Matorral boscoso de transición
Bosques de coníferas	Mosaico de cultivos
Bosques de frondosas	Mosaico de cultivos en regadio
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	Mosaico de cultivos en secano
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	Olivares
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	Olivares en regadio
Cursos de agua	Olivares en secano
Escombreras y vertederos	Pastizales naturales
Espacios con vegetación escasa	Playas, dunas y arenales
Frutales	Praderas
Frutales en regadio	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados
Frutales en secano	Roquedo
Instalaciones deportivas y recreativas	Sistemas agroforestales
Landas y matorrales	Tejido urbano continuo
Láminas de agua	Tejido urbano discontinuo

[Color Box]	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío
[Color Box]	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano
[Color Box]	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural
[Color Box]	Terrenos regados permanentes
[Color Box]	Tierras de labor en secano
[Color Box]	Vegetación esclerófila
[Color Box]	Viñedos
[Color Box]	Viñedos en regadío
[Color Box]	Viñedos en secano
[Color Box]	Zonas Portuarias
[Color Box]	Zonas de extracción minera
[Color Box]	Zonas en construcción
[Color Box]	Zonas industriales o comerciales
[Color Box]	Zonas quemadas
[Color Box]	Zonas verdes urbanas

Figura 3. Leyenda del mapa de Usos de suelo

2.2.4. Mapa de tipos de suelo

Los tipos de suelo se deben categorizar según los 4 Grupos Hidrológicos:

GRUPO	INFILTRACIÓN	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-Limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy Lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 2. Grupos hidrológicos

Según recoge el documento del [6 Congreso Forestal Español](#), se puede asignar el grupo de suelo en base a la edafología. A continuación se recogen los Grupos de Suelos de Referencia (GSR) más frecuentes en el ámbito ecológico español, no modificados intensamente por el hombre, y grupo hidrológico asignado:

GSR (FAO-UNESCO, 2006)		GRUPO HIDROLÓGICO
Histosol	Suelos orgánicos o turbosos. HD hístico	D
Gleysol	Suelos con patrón de color gleyco dentro de los 50 cm superficiales	
Leptosol	Roca continua a una profundidad inferior o igual a 25 cm.	
Calcisol pétrico / Gipsisol pétrico / Durisol pétrico / Solonchack petrosálico	Suelos con horizonte superficial o subsuperficial fuertemente cementados por precipitación química	
Vertisol	Suelos con propiedades vérticas	
Andosol	Suelos desarrollados sobre material téfrico	C
Calcisol / Gipsisol	Suelos con HD cálcico / gipsico. Textura frecuentemente limosas y arcillosas por disolución	
Alisol / Luvisol / Acrisol / Lixisol / Solonetz	Suelos con HD árgico	

GSR (FAO-UNESCO, 2006)		GRUPO HIDROLÓGICO
Planosol	Suelos con HD árgico y/o cambio textural abrupto	
Solonchack	Suelos con HD sálico	
Podzol	Suelos con HD espódico	
Kastanozem / Phaeozem	Suelos con HD superficial mólico (rico en MO)	
Umbrisol	Suelos con HD superficial úmbrico (rico en MO)	B
Cambisol	Suelos con HD cámbico (estructural)	
Fluvisol / Regosol	Suelos sin HD intermedio y de texturas francas dominantes	
Arenosol	Suelos sin HD intermedio y de textura arenosa dominante	A

Tabla 3. Grupos de Suelos de Referencia y Grupo Hidrológico

Para obtener los grupos hidrológicos, se ha utilizado el Mapa Edafológico de Andalucía y en los casos en los que no se tenía información edafológica, se ha cruzado la información con el Mapa Litológico de Andalucía. Así, en la zona de estudio tenemos los siguientes grupos:

Descripción	Grupo de Suelo
Cambisoles cárnicos con Regosoles calcáreos, Fluvisoles calcáreos y Luvisoles Cárnicos	B
Cambisoles cárnicos y Regosoles calcáreos con Litosoles, Fluvisoles calcáreos y Cambisoles véticos	B
Cambisoles cárnicos, Cambisoles gleicos y Regosoles calcáreos	B
Cambisoles cárnicos, Luvisoles cárnicos y Luvisoles crómicos con Litosoles y Fluvisoles calcáreos	B
Cambisoles cárnicos, Luvisoles cárnicos y Regosoles calcáreos	B
Cambisoles cárnicos, Regosoles calcáreos y Litosoles con Rendsinas	B
Cambisoles éutricos, Luvisoles crómicos y Cambisoles cárnicos con Regosoles éutricos y calcáreos y Luvisoles cárnicos	B
Cambisoles éutricos, Luvisoles crómicos y Litosoles con Cambisoles dísticos y Rankers	B
Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos y Luvisoles crómicos con Litosoles	B
Cambisoles véticos, Regosoles calcáreos y Vertisoles crómicos con Cambisoles cárnicos	B
Fluvisoles calcáreos	B
Litosoles, Luvisoles crómicos y Rendsinas con Cambisoles cárnicos	C
Luvisoles cárnicos, Cambisoles cárnicos y Luvisoles crómicos con Regosoles calcáreos	C
Luvisoles crómicos Cambisoles cárnicos y Litosoles	C
Luvisoles crómicos, Regosoles éutricos y Litosoles con Phaleozems y Cambisoles éutricos	C
Planosoles éutricos, Luvisoles gleicos y Luvisoles Plínticos	C
Regosoles Calcáreos y Cambisoles cárnicos con Litosoles, Fluvisoles calcáreos y Rendsinas	B
Regosoles calcáreos y Litosoles con Cambisoles cárnicos	B
Vertisoles crómicos y Cambisoles véticos con Cambisoles cárnicos, Regosoles calcáreos y Vertisoles pélicos	D

Tabla 4. Grupos hidrológicos del suelo en la zona de estudio

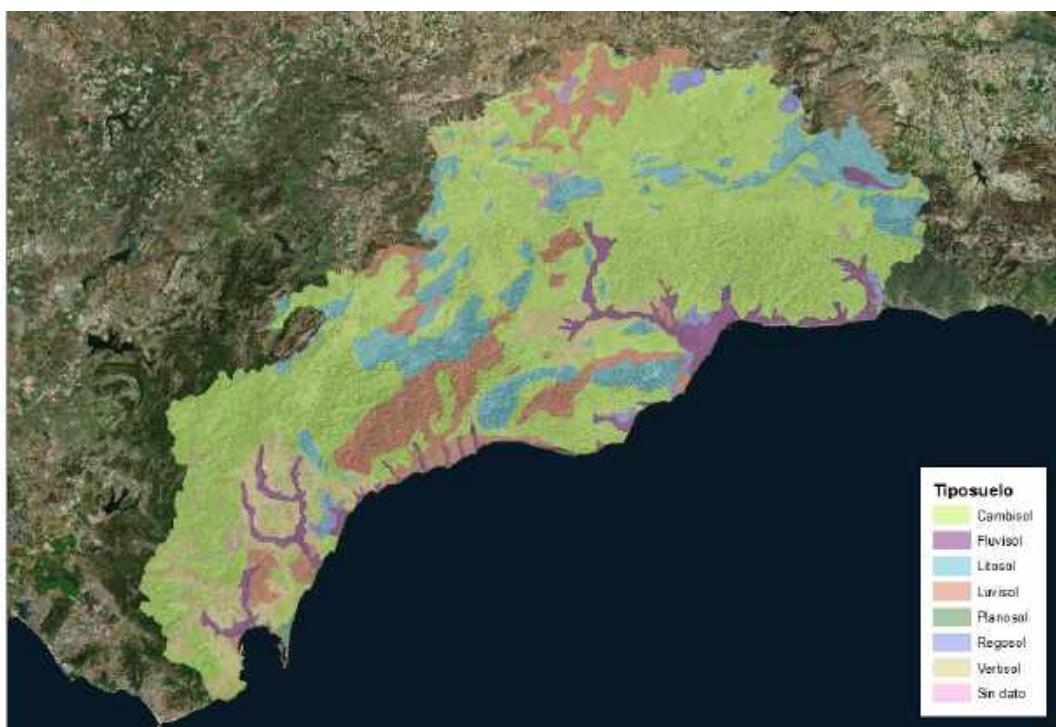


Figura 4. Mapa de tipos de suelo

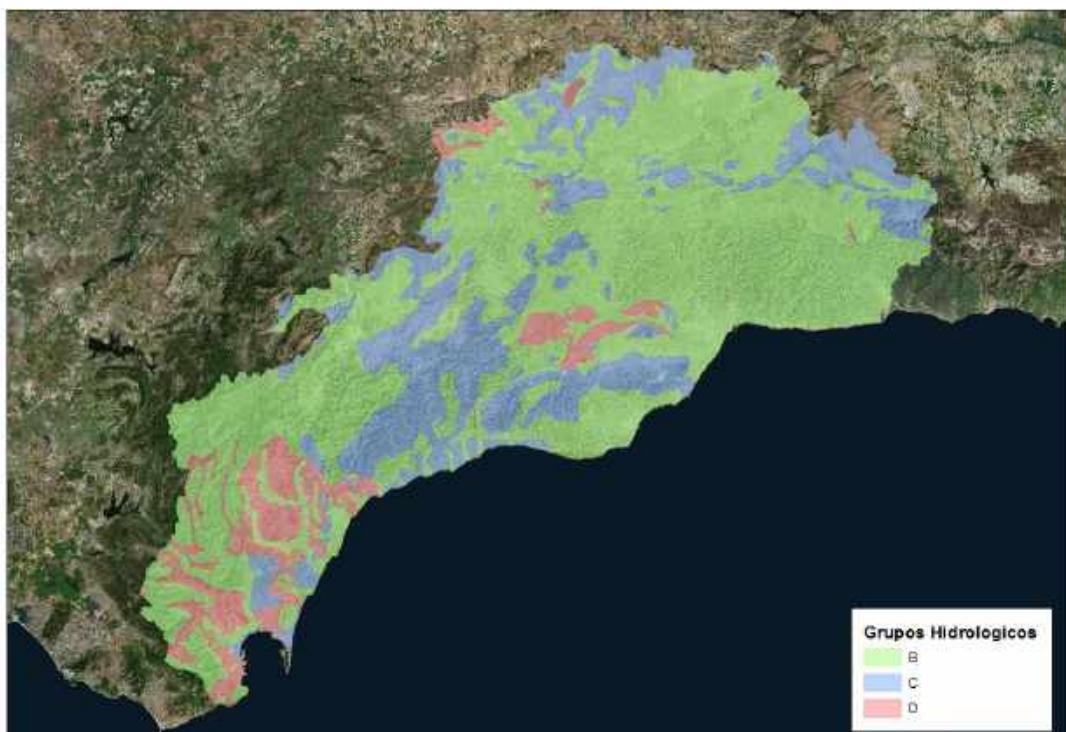


Figura 5. Mapa de Grupos hidrológicos

3. RESULTADOS

El Umbral de escorrentía es función de las variables que hemos visto anteriormente:

- Pendiente del terreno
- Características hidrológicas
- Uso de suelo
- Tipo de suelo

La relación entre este factor y estas variables no es matemática sino tabular. La siguiente tabla recoge el valor inicial del umbral de escorrentía (mm):

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Tejido urbano continuo		1	1	1	1
Tejido urbano discontinuo		24	14	8	6
Zonas industriales o comerciales		24	14	8	6
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		1	1	1	1
Zonas Portuarias		1	1	1	1
Aeropuertos		24	14	8	6
Zonas de extracción minera		16	9	6	5
Escombreras y vertederos		20	11	8	6
Zonas en construcción		24	14	8	6
Zonas verdes urbanas		53	23	14	10
Instalaciones deportivas y recreativas		79	32	18	13
Tierras de labor en secano	≥ 3	26	15	9	7
Tierras de labor en secano	< 3	31.5	20	14	11.5
Terrenos regados permanentes	≥ 3	37	20	12	9
Terrenos regados permanentes	< 3	47	25	16	13
Viñedos	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos	< 3	76	34	19	14
Viñedos en secano	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos en secano	< 3	76	34	19	14
Viñedos en regadio	≥ 3	62	26	15	10
Viñedos en regadio	< 3	76	34	19	14
Frutales	≥ 3	79	34	19	14
Frutales	< 3	94	42	22	15
Frutales en secano	≥ 3	62	26	15	10
Frutales en secano	< 3	76	34	19	14
Frutales en Regadio	≥ 3	79	34	19	14
Frutales en Regadio	< 3	94	42	22	15
Olivares	≥ 3	62	26	15	10
Olivares	< 3	76	34	19	14
Olivares en secano	≥ 3	62	26	15	10

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Olivares en secano	< 3	76	34	19	14
Olivares en regadio	≥ 3	62	26	15	10
Olivares en regadio	< 3	76	34	19	14
Praderas	≥ 3	70	32	18	13
Praderas	< 3	119	55	22	14
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	≥ 3	52.5	23	13.5	9.5
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	< 3	87.5	32	18	12.5
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	≥ 3	38	19	11	8
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	< 3	67	27	16	11
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	≥ 3	67	27	16	11
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	< 3	108	37	20	14
Mosacio de cultivos	≥ 3	70.5	30	17	12
Mosacio de cultivos	< 3	85	38	20.5	14.5
Mosacio de cultivos en secano	≥ 3	62	26	15	10
Mosacio de cultivos en secano	< 3	76	34	19	14
Mosacio de cultivos en regadio	≥ 3	79	34	19	14
Mosacio de cultivos en regadio	< 3	94	42	22	15
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	≥ 3	31.5	17.5	10.5	7.5
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	< 3	38.5	22	14.5	11.5
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	≥ 3	26	15	9	6
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	< 3	30	19	13	10
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	≥ 3	37	20	12	9
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	< 3	47	25	16	13
Sistemas agroforestales	≥ 3	53	23	14	9
Sistemas agroforestales	< 3	79	35	17	10
Bosques de frondosas		90	47	31	23
Bosques de coníferas		90	47	31	23
Bosque mixto		90	47	31	23
Pastizales naturales	≥ 3	53	23	14	9
Pastizales naturales	< 3	79	35	17	10
Landas y matorrales		76	34	22	16
Vegetación esclerófila		60	24	14	10
Matorral boscoso de transición		76	34	22	16
Playas, dunas y arenas		152	152	152	152
Roquedo		2	2	2	2
Espacios con vegetación escasa	≥ 3	24	14	8	6
Espacios con vegetación escasa	< 3	57	25	12	7
Zonas quemadas		15	8	6	4
Marismas		2	2	2	2

USO DE SUELO	PENDIENTE	GRUPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Cursos de agua		0	0	0	0
Láminas de agua		0	0	0	0

Tabla 1. Valores iniciales del umbral de escorrentía. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Para proceder a su cálculo, a cada una de las variables que interviene en el umbral de escorrentía se le asigna un número primo.

CARACTERÍSTICA	NÚMERO PRIMO
Pendiente < 3%	1
Pendiente ≥ 3%	2
Litología A	3
Litología B	5
Litología C	7
Litología D	11
Tejido urbano continuo	13
Tejido urbano discontinuo	17
Zonas industriales o comerciales	19
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23
Zonas Portuarias	29
Aeropuertos	31
Zonas de extracción minera	41
Escombreras y vertederos	43
Zonas en construcción	47
Zonas verdes urbanas	53
Instalaciones deportivas y recreativas	59
Tierras de labor en secano	61
Terrenos regados permanentes	67
Viñedos	71
Viñedos en secano	73
Viñedos en regadio	79
Frutales	83
Frutales en secano	89
Frutales en Regadio	97
Olivares	101
Olivares en secano	103
Olivares en regadio	107
Praderas	109
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	131
Mosacio de cultivos	137
Mosacio de cultivos en secano	139

CARACTERÍSTICA	NÚMERO PRIMO
Mosacio de cultivos en regadío	149
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163
Sistemas agroforestales	167
Bosques de frondosas	173
Bosques de coníferas	179
Bosque mixto	181
Pastizales naturales	191
Landas y matorrales	193
Vegetación esclerófila	197
Matorral boscoso de transición	199
Playas, dunas y arenales	211
Roquedo	223
Espacios con vegetación escasa	227
Zonas quemadas	229
Marismas	233
Cursos de agua	239
Láminas de agua	241

Tabla 2. Números primos asignados a cada variable del umbral de escorrentía

Ahora, si se multiplican los diferentes mapas (uso de suelo, pendiente y tipos de suelo), tendremos un resultado diferente por cada combinación de 3 números:

CARACTERÍSTICA	NUMERO PRIMO	PENDIENTE	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Tejido urbano continuo	13		39	65	91	143
Tejido urbano discontinuo	17		51	85	119	187
Zonas industriales o comerciales	19		57	95	133	209
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23		69	115	161	253
Zonas Portuarias	29		87	145	203	319
Aeropuertos	31		93	155	217	341
Zonas de extracción minera	41		123	205	287	451
Escombreras y vertederos	43		129	215	301	473
Zonas en construcción	47		141	235	329	517
Zonas verdes urbanas	53		159	265	371	583
Instalaciones deportivas y recreativas	59		177	295	413	649
Tierras de labor en secano	61	2	366	610	854	1342
Tierras de labor en secano	61	1	183	305	427	671
Terrenos regados permanentes	67	2	402	670	938	1474
Terrenos regados permanentes	67	1	201	335	469	737
Viñedos	71	2	426	710	994	1562
Viñedos	71	1	213	355	497	781

CARACTERÍSTICA	NUMERO PRIMO	PENDIENTE	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Viñedos en secano	73	2	438	730	1022	1606
Viñedos en secano	73	1	219	365	511	803
Viñedos en regadio	79	2	474	790	1106	1738
Viñedos en regadio	79	1	237	395	553	869
Frutales	83	2	498	830	1162	1826
Frutales	83	1	249	415	581	913
Frutales en secano	89	2	534	890	1246	1958
Frutales en secano	89	1	267	445	623	979
Frutales en Regadio	97	2	582	970	1358	2134
Frutales en Regadio	97	1	291	485	679	1067
Olivares	101	2	606	1010	1414	2222
Olivares	101	1	303	505	707	1111
Olivares en secano	103	2	618	1030	1442	2266
Olivares en secano	103	1	309	515	721	1133
Olivares en regadio	107	2	642	1070	1498	2354
Olivares en regadio	107	1	321	535	749	1177
Praderas	109	2	654	1090	1526	2398
Praderas	109	1	327	545	763	1199
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	2	678	1130	1582	2486
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113	1	339	565	791	1243
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	2	762	1270	1778	2794
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127	1	381	635	889	1397
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	131	2	786	1310	1834	2882
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadio	131	1	393	655	917	1441
Mosacio de cultivos	137	2	822	1370	1918	3014
Mosacio de cultivos	137	1	411	685	959	1507
Mosacio de cultivos en secano	139	2	834	1390	1946	3058
Mosacio de cultivos en secano	139	1	417	695	973	1529
Mosacio de cultivos en regadio	149	2	894	1490	2086	3278
Mosacio de cultivos en regadio	149	1	447	745	1043	1639
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	2	906	1510	2114	3322
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151	1	453	755	1057	1661
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	2	942	1570	2198	3454
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157	1	471	785	1099	1727
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	163	2	978	1630	2282	3586
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadio	163	1	489	815	1141	1793

CARACTERÍSTICA	NUMERO PRIMO	PENDIENTE	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Sistemas agroforestales	167	2	1002	1670	2338	3674
Sistemas agroforestales	167	1	501	835	1169	1837
Bosques de frondosas	173		519	865	1211	1903
Bosques de coníferas	179		537	895	1253	1969
Bosque mixto	181		543	905	1267	1991
Pastizales naturales	191	2	1146	1910	2674	4202
Pastizales naturales	191	1	573	955	1337	2101
Landas y matorrales	193		579	965	1351	2123
Vegetación esclerófila	197		591	985	1379	2167
Matorral boscoso de transición	199		597	995	1393	2189
Playas, dunas y arenales	211		633	1055	1477	2321
Roquedo	223		669	1115	1561	2453
Espacios con vegetación escasa	227	2	1362	2270	3178	4994
Espacios con vegetación escasa	227	1	681	1135	1589	2497
Zonas quemadas	229		687	1145	1603	2519
Marismas	233		699	1165	1631	2563
Cursos de agua	239		717	1195	1673	2629
Láminas de agua	241		723	1205	1687	2651

Tabla 3. Matriz de resultados

3.1. MAPA DE PENDIENTES

Se reclasifica el mapa de pendientes para asignar los números primos correspondientes:

PENDIENTE	VALOR
< 3 %	1
≥ 3 %	2

Tabla 4. Valores del mapa de pendientes

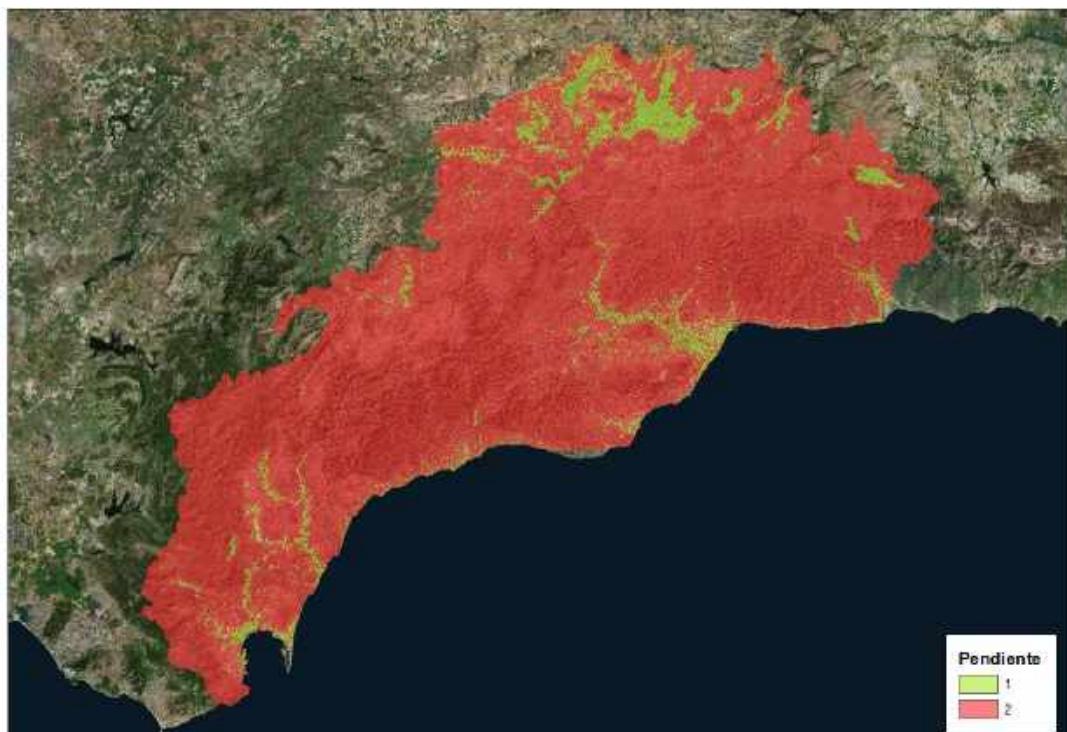


Figura 6. Mapa de Pendientes. Números primos

3.2. MAPA DE USOS DE SUELO

Una vez identificados los usos de suelo, se les asignan los siguientes números primos:

USO DE SUELO	VALOR
Tejido urbano continuo	13
Tejido urbano discontinuo	17
Zonas industriales o comerciales	19
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	23
Zonas Portuarias	29
Aeropuertos	31
Zonas de extracción minera	41
Escombreras y vertederos	43
Zonas en construcción	47
Zonas verdes urbanas	53
Instalaciones deportivas y recreativas	59
Tierras de labor en secano	61
Terrenos regados permanentes	67
Viñedos	71
Viñedos en secano	73
Viñedos en regadio	79
Frutales	83
Frutales en secano	89
Frutales en Regadio	97

USO DE SUELO	VALOR
Olivares	101
Olivares en secano	103
Olivares en regadío	107
Praderas	109
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	113
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	127
Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío	131
Mosacio de cultivos	137
Mosacio de cultivos en secano	139
Mosacio de cultivos en regadío	149
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural	151
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en secano	157
Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural en regadío	163
Sistemas agroforestales	167
Bosques de frondosas	173
Bosques de coníferas	179
Bosque mixto	181
Pastizales naturales	191
Landas y matorrales	193
Vegetación esclerófila	197
Matorral boscoso de transición	199
Playas, dunas y arenas	211
Roquedo	223
Espacios con vegetación escasa	227
Zonas quemadas	229
Marismas	233
Cursos de agua	239
Láminas de agua	241

Tabla 5. Valores asignados a cada uso de suelo

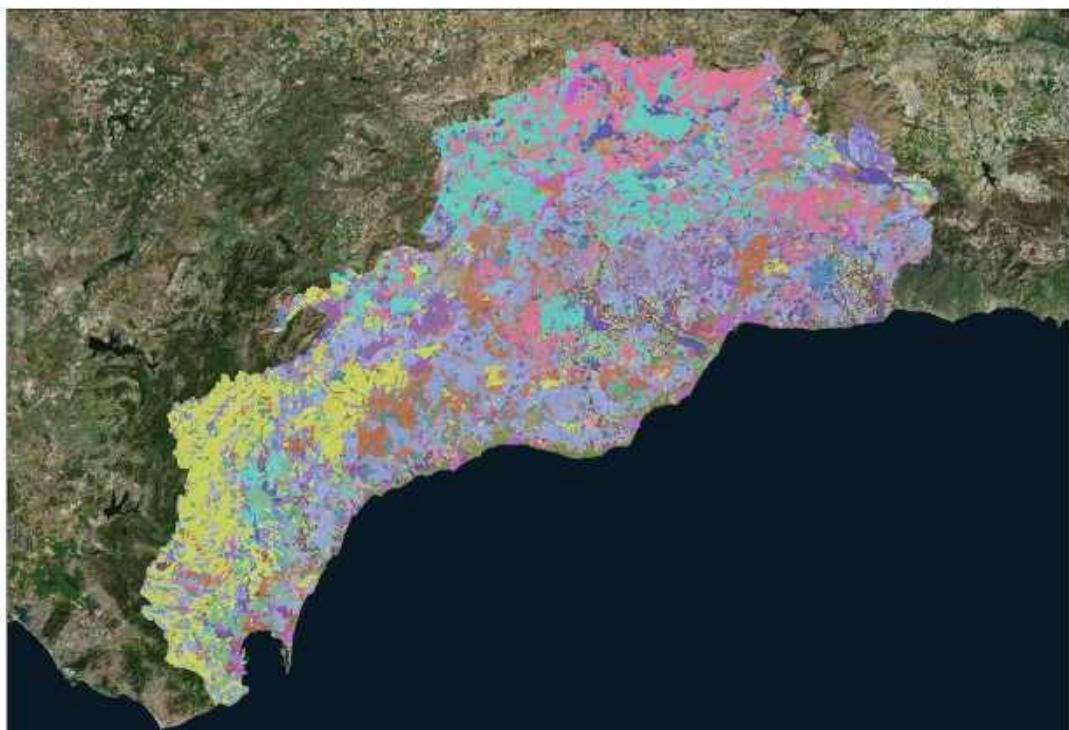


Figura 7. Mapa de Usos de suelo. Números primos

13	71	137	199
17	73	139	211
19	79	149	223
23	83	151	227
29	89	157	229
31	97	163	233
41	101	167	239
43	103	173	241
47	107	179	
53	109	181	
59	113	191	
61	127	193	
67	131	197	

Figura 8. Leyenda del mapa de Usos de suelo. Números primos

3.3. MAPA DE TIPOS DE SUELO

Una vez definidos los grupos hidrológicos, se les asignan los siguientes números primos:

TIPO SUELO	VALOR
Litología A	3
Litología B	5
Litología C	7
Litología D	11

Tabla 6. Valores asignados a cada tipo de suelo

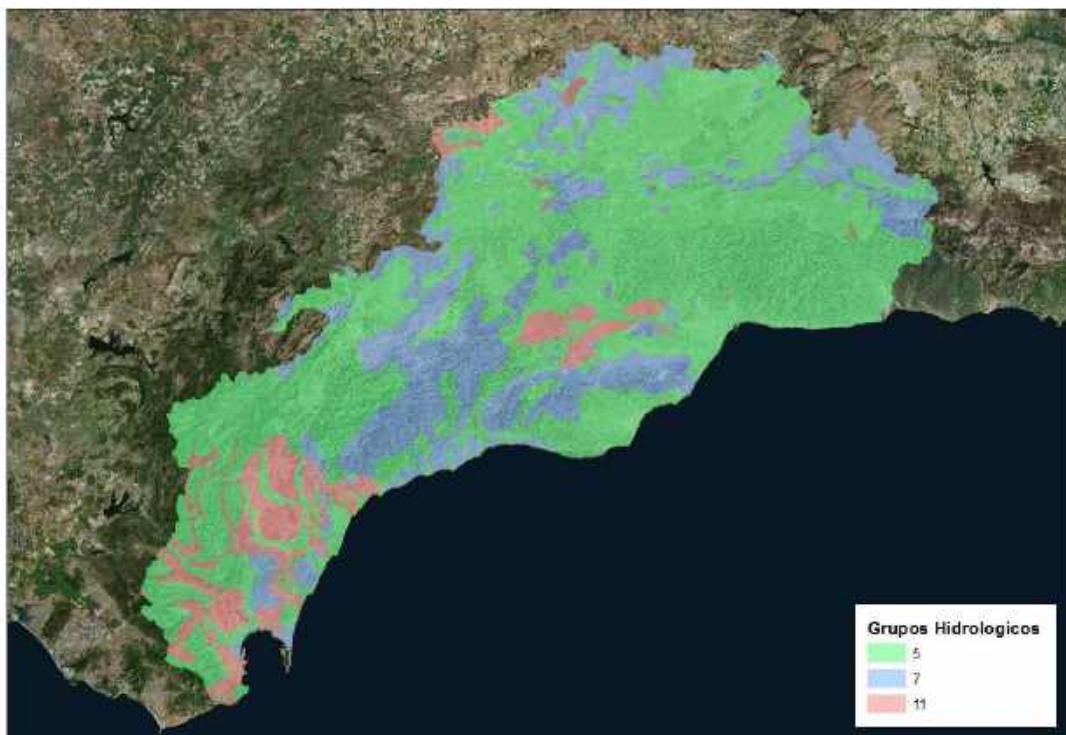


Figura 9. Mapa de Tipos de suelo. Números primos

Para obtener los valores del umbral de escorrentía, convertimos a raster los 3 mapas (usaremos un tamaño de celda de 100 metros ya que aunque tenemos información con tamaño de 5 metros los cálculos tardan) y los multiplicamos:

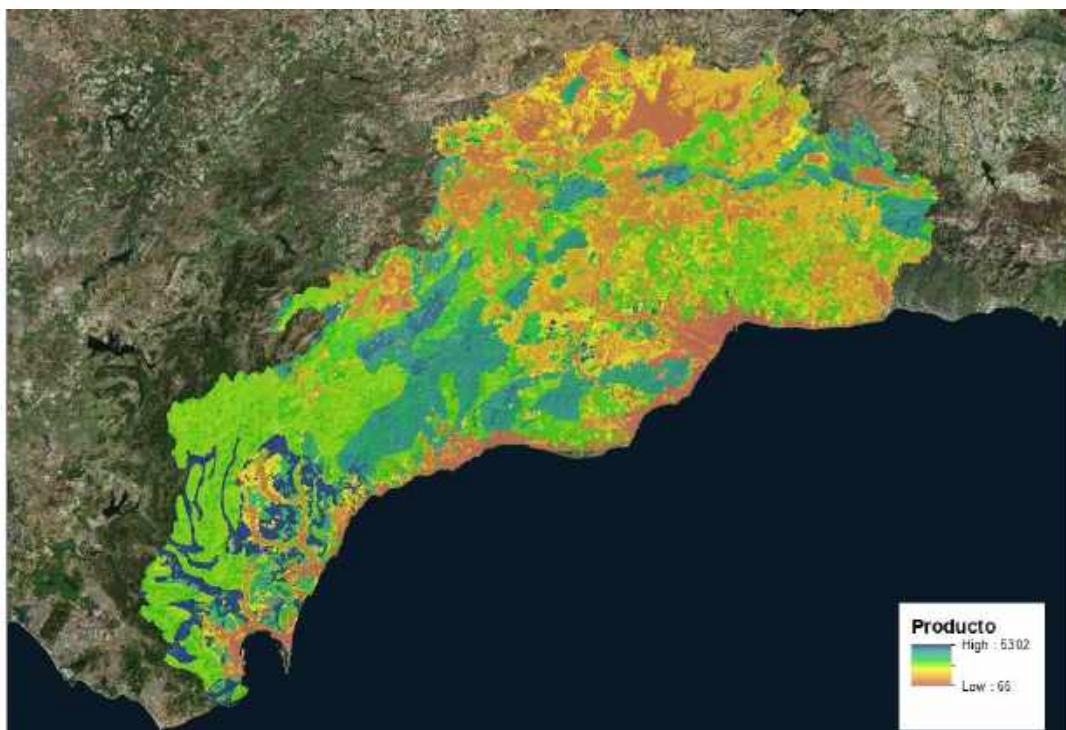


Figura 10. Mapa resultante del producto de los números primos correspondientes a los mapas de pendientes, de tipos y usos del suelo.

Por último lo convertimos a raster de tipo entero y en base a la matriz reclasificamos los valores obteniendo el siguiente mapa del Valor inicial del Umbral de escorrentía:

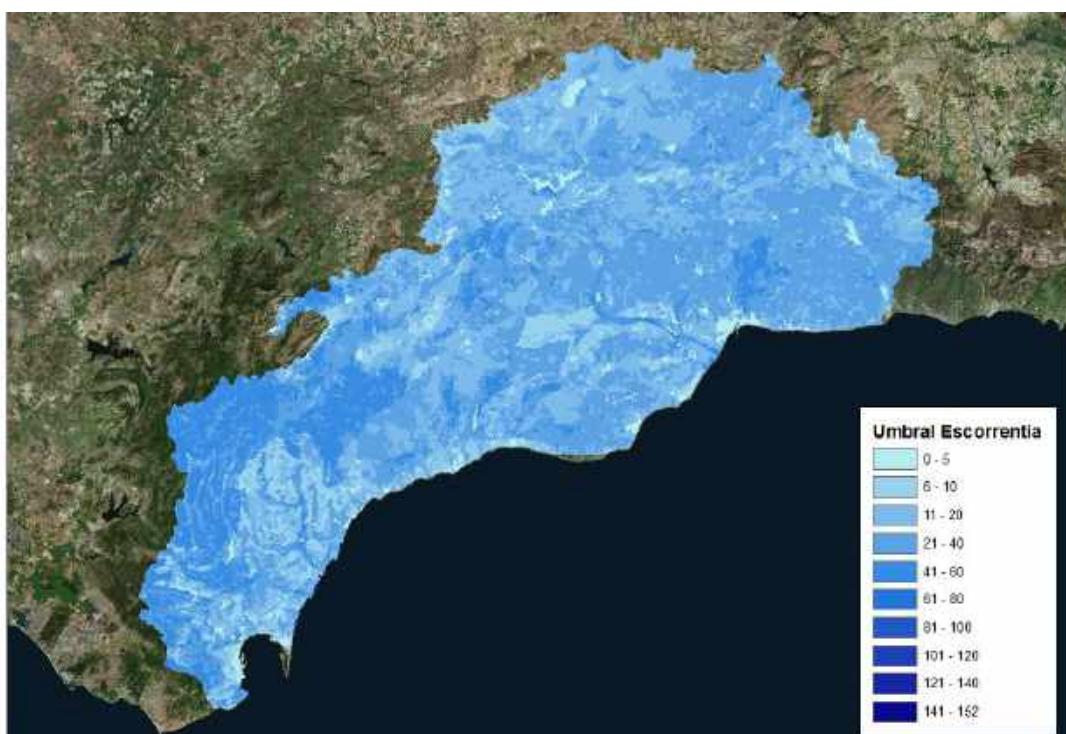


Figura 11. Mapa del valor inicial umbral de escorrentía P_o (mm).