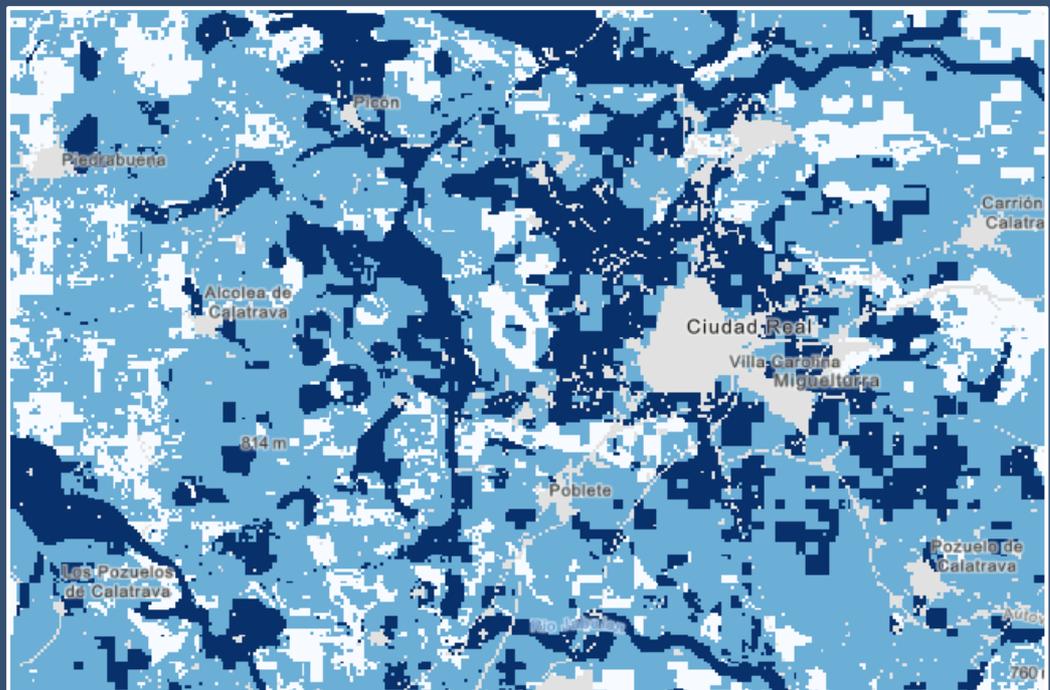


# EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN CASTILLA-LA MANCHA



Castilla-La Mancha

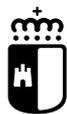
DOCUMENTO METODOLÓGICO PARA LA  
IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO DE  
**REGULACIÓN HÍDRICA**

Diciembre de 2022



# EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN CASTILLA-LA MANCHA

*SERVICIO DE REGULACIÓN HÍDRICA*



**Castilla-La Mancha**

Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad  
Consejería de Desarrollo Sostenible  
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | ANTECEDENTES .....                                    | 1  |
| 2. | METODOLOGÍAS DE CÁLCULO.....                          | 2  |
| 3. | CARTOGRAFÍA BASE EMPLEADA Y FUENTES DOCUMENTALES..... | 3  |
| 4. | PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMA DEL ÍNDICE.....          | 3  |
| 5. | BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.....                       | 11 |



# IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA

Documento descriptivo del proceso de identificación y  
caracterización del servicio en el contexto de la  
elaboración de la Estrategia Regional de  
Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración  
Ecológica

## 1. ANTECEDENTES

*El índice de retención de agua como proxy de la capacidad de los ecosistemas de regular y retener el agua que lo atraviesa.*

Para este trabajo, entendemos por regulación hídrica como el conjunto de procesos de los ecosistemas que abarcan la interceptación del agua por la vegetación (o recepción por las masas de agua superficiales), así como su retención e infiltración por el suelo y los acuíferos. El servicio prestado presenta una estrecha relación con la capacidad de amortiguación de los ecosistemas ante los efectos negativos de eventos hídricos extremos como riadas, avenidas o inundaciones entre otros.

Para su identificación se ha utilizado como proxy el **índice de retención de agua**. Se trata de un indicador compuesto desarrollado para evaluar la capacidad del paisaje para regular y retener el agua que lo atraviese, que identifica aquellas áreas del territorio donde podría existir un déficit en la capacidad de retención de agua por parte del paisaje.

La regulación hídrica de los ecosistemas es además un servicio de gran importancia en la gestión del territorio, ya que está directamente relacionado con la capacidad de amortiguación de los ecosistemas ante los efectos negativos de eventos hídricos extremos como riadas, avenidas o inundaciones entre otros. Por lo tanto, la identificación de este servicio nos permite establecer aquellas zonas del territorio donde sea prioritaria la aplicación de medidas al respecto.

## 2. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

### 2.1. Recursos y metodologías disponibles

La bibliografía de referencia al respecto considera las aportaciones de los trabajos de Maes et al. (2015), Burkhand et al. (2017); Vandecasteele et al. (2018) y modelos como ESTIMAP (Burkhand et al., 2017).

Por su parte, la Comisión Europea desarrolló una cartografía del territorio europeo para el Índice de Retención de Agua (Maes, 2015. *Water Retention Index*. European Commission, Joint Research Centre (JRC)), la cual ha sido utilizada como consulta y medio de contraste de los resultados obtenidos en este desarrollo.

Todos ellos basan la identificación y valoración cualitativa de este servicio en la estimación del Índice de Retención de Agua (Water Retention Index, WRI)

### 2.2. Metodología empleada para la estimación en Castilla-La Mancha

Para la valoración del servicio se ha utilizado como referencia la metodología propuesta en la *Guía para la Identificación de la Infraestructura verde en España (FASE 1)*, que propone como proxy la estimación del Índice de Retención de Agua (Water Retention Index, WRI).

Este índice representa el almacenamiento y capacidad de regulación potencial de agua por el terreno y la cubierta vegetal. Para su cálculo se considera tanto la intercepción de agua por la vegetación como el almacenamiento en las masas de agua, la infiltración y la retención por las diferentes capas de suelo, la percolación hacia las masas de agua subterráneas, la pendiente del terreno y la impermeabilidad del suelo (Burkhand et al., 2017; Vandecasteele et al., 2018).

Además, se trata de un indicador adimensional que revela aquellas zonas que presentan déficit en la capacidad del paisaje para retener agua que, en combinación con lluvias extremas, podría conducir a un mayor riesgo de inundaciones o escasez de agua (Maes, 2010).

Siguiendo la metodología de referencia basada en los trabajos previos de Burkhand et al. (2017) y Vandecasteele et al. (2018), se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$WRI = (WR_v R_v + WR_s R_s + WR_{gw} R_{gw} + W_{slope} Slope + W_{wb} R_{wb}) * (R_{ss})$$

Donde:

**WRI** = Índice de retención de agua

**R<sub>v</sub>** = Retención de agua por la vegetación

**R<sub>s</sub>** = Retención de agua en el suelo

**R<sub>gw</sub>** = Retención de agua en las aguas subterráneas

**Slope** = Pendiente

**R<sub>wb</sub>** = Retención de agua en los sistemas acuáticos

**Rss** = Retención de agua en el suelo artificial

**WRv, WRs, WRgw, Wslope, Wwb**: Pesos asignados a cada parámetro

### 3. CARTOGRAFÍA BASE EMPLEADA Y FUENTES DOCUMENTALES

- ✓ Mapa Forestal Español para Castilla-La Mancha (MFE) 1:25.000.
- ✓ Inventario de zonas húmedas de Castilla-La Mancha y otros humedales identificados en C-LM. Que a su vez parte del Inventario Español de Zonas Húmedas a escala 1:50.000, "IEZH".
- ✓ Masas de Agua Superficiales del Plan Hidrológico de Cuenca (2015-2021) del MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) 1:25.000.
- ✓ Red Hidrográfica del CNIG (Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica).
- ✓ Modelo Digital del Terreno (MDT25) de Castilla-La Mancha con paso de malla de 25 m.
- ✓ Mapas del *Leaf Area Index* (LAI) obtenidos del *Copernicus Global Land Service* a escala 300 m (2014-2022).
- ✓ Mapas litoestratigráfico, de permeabilidad del suelo y el hidrogeológico cedidos por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Mapa de permeabilidad del suelo a escala 1:200.000.
- ✓ Cartografía del contenido en Carbono Orgánico del Suelo de creación propia para la identificación del servicio ecosistémico de regulación climática.
- ✓ Cartografía creada por el *European Soil Data Centre* (ESDAC), ([esdac.jrc.ec.europa.eu](http://esdac.jrc.ec.europa.eu), European Commission, Joint Research Centre) referente al contenido de carbono orgánico del suelo en % con una resolución de un tamaño de pixel de 1x1 km.
- ✓ Cartografía del índice SWI (*Soil Water Index*) disponible para el territorio europeo a resolución de 1 km y basada en *Surface Soil Moisture (SSM) from Sentinel-1 C-band SAR and MetOp-ASCAT*.

### 4. PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMA DEL ÍNDICE

**Producto a obtener:** cartografía en formato ráster de ámbito regional con una categorización del teselado provincial en valores comprendidos entre 1 y 5 según valores de menor a mayor capacidad de los ecosistemas para la retención de agua.

#### 4.1. Índice de retención de agua en el suelo artificial (Rss)

Se ha considerado suelo artificial aquel que aparece con este uso en la cartografía del Mapa Forestal Español para Castilla-La Mancha (MFE) 1:25.000 (según valores del campo "ID\_CLAMFE"). A estas superficies se les ha asignado un valor de capacidad de retención de agua de 0.

#### 4.2. Índice de retención de agua por los sistemas acuáticos (Rwb)

Para la determinación de este factor se ha optado por el uso combinado de la información procedente de distintas fuentes:

- **Inventario de zonas húmedas de Castilla-La Mancha y otros humedales identificados en C-LM.**

De este recurso cartográfico se extrajeron todas las superficies inventariadas (provenientes del Inventario Español de Zonas Húmedas a escalas 1:50.000, "IEZH") así como otras que no aparecen en el inventario de zonas húmedas de Castilla-La Mancha, pero si han sido identificadas a través de técnicas de teledetección. De las inventariadas se han descartado aquellas clasificadas como "desaparecidas" o "fuertemente impactadas".

- **Masas de Agua (MITERD).**

Se utilizó la cartografía de polígonos de Masas de Agua Superficiales del Plan Hidrológico de Cuenca (2015-2021) del MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) a escala 1:25.000.

- **Red Hidrográfica (CNIG).**

Como recurso adicional para completar las fuentes anteriores se utilizó el recurso cartográfico de la Red Hidrográfica del CNIG (Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica). En concreto, se utilizaron las siguientes capas temáticas:

| Recurso cartográfico               | Procesos   |
|------------------------------------|--|
| Lagos y embalses                   | Inclusión de los lagos y embalses de Castilla-La Mancha de la cobertura "lagos_embalses_CLM".  |
| Presas                             | Inclusión de las presas de Castilla-La Mancha de la cobertura "presas_CLM".  |
| Tramos de cursos de agua naturales | Complemento a la cartografía de masas de agua superficiales. Se parte de todos los cursos de agua naturales de Castilla-La Mancha utilizando la capa de polígonos de tramos de agua naturales. En esta capa solo aparecen los tramos de los principales ríos de la región ("tramocurso_s_CLM").<br>Capa lineal de la totalidad de los tramos de cursos naturales ("tramocurso_l_natural_CLM"). Mediante esta capa se complementa la anterior con la extracción del resto de tramos permanentes de agua. Para este complemento se aplica un buffer de 5 m a estos tramos de los ríos no principales de la |

| Recurso cartográfico                         | Procesos  |
|--|---|
|  | región.   |
| <b>Tramos de cursos de agua artificiales</b> | Inclusión de los tramos de agua artificiales de Castilla-La Mancha a partir de la capa “ <i>tramoshidro_artificial_clm_pol</i> ”. |

Estos recursos cartográficos se procesaron para generar una cobertura única temática que describe los sistemas de aguas superficiales de Castilla-La Mancha.

A partir de esta capa se generó el ráster final de factor  $R_{wb}$  (tamaño de píxel de 25 m de lado) en el que se asigna el máximo valor (5) a todas estas superficies mencionadas acorde a la guía metodológica y con 0 al resto de superficie.

De la cartografía generada se descartaron las láminas artificiales conformadas como piscinas, estanques, balsas, albercas y abrevaderos, por considerarse sobre una base impermeable o artificial. La gran mayoría de estas deberían haber sido descartadas previamente al encontrarse sobre suelo considerado artificial, (factor  $R_{ss}=0$ ), el cual establece una relación directa mediante el producto con el resto de factores, como se puede observar en la fórmula de obtención del servicio ecosistémico. A pesar de ello, se detectó que cierta parte de las mismas no se encontraban sobre suelo  $R_{ss}=0$ , por lo que se llevó a cabo la revisión de este aspecto.

De igual manera, se realizó una revisión del producto inicial con el objeto de proceder a la inclusión de los embalses. Sin embargo, se observa que en la cartografía del índice WRI de la Comisión Europea la superficie de los embalses aparece con los valores más bajos de este índice.

Otra de las restricciones observadas en la determinación de este factor, y a tener en cuenta en revisiones futuras, es la mejora en la precisión de la unión de todos los elementos que conforman la capa de este factor, ya que se han observado repeticiones en algunos tramos de ríos de aguas superficiales, lo cual pierde importancia tras la rasterización a nivel regional.

### 4.3. Índice de pendiente

Factor que incorpora la influencia de la pendiente del terreno en la retención de agua. Para valorarlo se elaboró un modelo territorial de pendientes obtenido a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT25) de Castilla-La Mancha con paso de malla de 25 m.

Posteriormente, y según las indicaciones de la guía metodológica, se asignaron valores comprendidos entre 0 y 5 (0 mayores pendientes y 5 menores) a los diferentes grupos de rangos de pendientes acorde a la clasificación estadística de “natural breaks” o rupturas naturales.

### 4.4. Índice de retención de agua por las masas subterráneas ( $R_{gw}$ )

Para su representación se emplearon los mapas litoestratigráfico, de permeabilidad del suelo y el hidrogeológico proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Se utilizó el mapa de permeabilidad del suelo a escala 1:200.000, realizado a su vez a partir del mapa litoestratigráfico, el cual ya cuenta con cinco categorías de permeabilidad asignadas (muy alta, alta, media, baja y muy baja), y que se han utilizado para la asignación de los valores al modelo ráster final.

El valor 0 se ha asignado a aquellas clases con clasificación litológica “*Masa de agua superficial*” ya que no cuenta con clasificación de permeabilidad y se valora en el factor Rwb.

Este mapa además cuenta con una clasificación litológica y de los tipos de acuíferos.

#### 4.5. Índice de retención de agua por la vegetación (Rv)

Factor que representa la retención de agua por parte de la vegetación. Para su cálculo se emplea el Índice del Área Foliar (*Leaf Area Index*, LAI). La valoración de la retención de agua por la vegetación se basó en la información de los mapas del LAI obtenidos del Copernicus Global Land Service a escala 300 m (2014-2022).

Para la representación de este factor se calculó la media del periodo analizado (2014 - 2022). Además, se tuvieron en cuenta las diferentes épocas de las tomas de datos de los satélites Sentinel, ya que el registro del LAI depende de la presencia de hojas en la cubierta vegetal. Teniendo en cuenta esto, se recopilaron los datos de invierno y primavera (mínima y máxima presencia foliar) de los años extremo de este periodo (2014 y 2022), considerando la calidad de los datos disponibles para su descarga.

Los paquetes de datos descargados fueron:

- LAI300\_201402100000
- LAI300\_201405310000
- LAI300\_TRO\_202201300000
- LAI300\_RTO\_202205100000

#### Procedimientos complementarios de procesado:

Para el cálculo de la media fue necesario realizar un proceso previo de relleno de huecos sin datos o “*No Data*” con el objetivo de facilitar las operaciones posteriores con estas capas ráster. Este proceso se resume en las siguientes fases:

1. Identificación de los huecos con valor “*No Data*” con el comando “*IsNull*” de la herramienta *Raster Calculator*. Esto asigna a estos huecos el valor 1, y al resto el valor 0.
2. Aplicación de estadísticas focales “*FocalStatistics*” con la herramienta *Raster Calculator*, ajustando el número de píxeles en función de la capa y el hueco a rellenar.
3. Establecimiento de una condición con el comando “*Con*” de la herramienta *Raster Calculator*, de tal forma que allí donde la capa de identificación de huecos presente valores igual a 1 o “*No Data*” se tomen los valores de las estadísticas focales, y del mismo modo, donde la capa de identificación

presente valores igual a 0, es decir, donde existen datos, se mantengan los valores de origen.

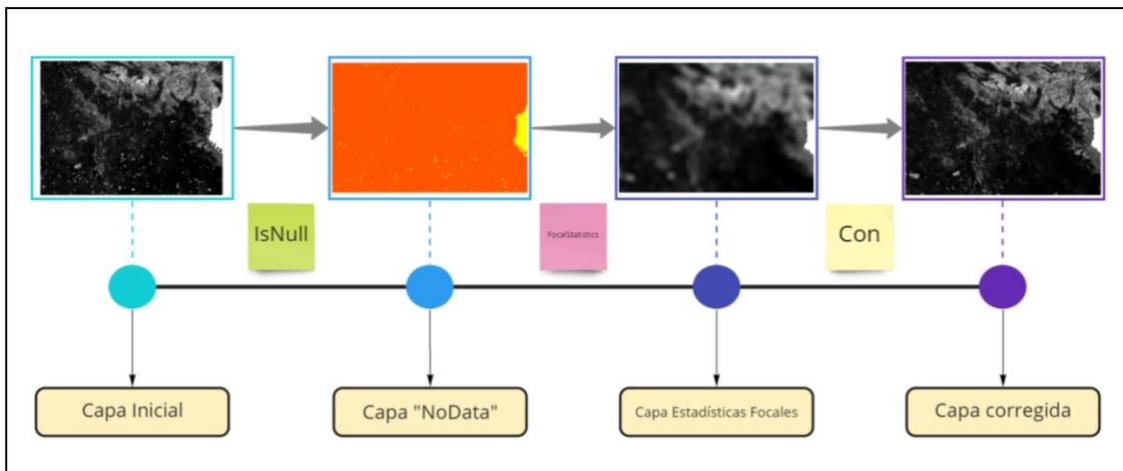


Imagen 5. Esquema del proceso de eliminación de huecos sin datos en las capas.

Como resultado, los huecos rellenos no presentan los valores reales sino valores calculados en función de los píxeles más próximos (media en nuestro caso).

Finalmente se reclasifican los valores en un rango de categorías comprendidas entre 0 y 5.

#### 4.6. Índice de retención de agua por parte del suelo (Rs)

Para la obtención del factor Rs, que representa la retención de agua en el suelo, se utilizaron datos de la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo y del contenido de carbono en los 30 primeros centímetros del suelo (COS).

En primer lugar, se procede a identificar el contenido en carbono del suelo. Para esto se parte de la cartografía propia elaborada para la determinación del servicio ecosistémico de regulación climática, el cual utiliza como indicador el contenido de carbono total (t C/ha), en el que se tiene en cuenta el contenido en carbono de los 30 primeros cm del suelo.

Igualmente, se utilizó la cartografía generada por el *European Soil Data Centre* (ESDAC), ([esdac.jrc.ec.europa.eu](http://esdac.jrc.ec.europa.eu), *European Commission, Joint Research Centre*) referente al contenido de carbono orgánico del suelo en % (con una resolución de un tamaño de píxel de 1x1 km). Para establecer una aproximación más realista se reclasificaron los valores de estos dos recursos cartográficos (0-5) y se calculó la media de ambas coberturas, obteniéndose la capa "*Contenido\_Carbono\_Suelo\_Clm-raster*" del factor "Rs(C)".

Por otro lado, se utilizó la cartografía del índice SWI (Soil Water Index) disponible para el territorio europeo a resolución de 1 km y basada en el *Surface Soil Moisture (SSM) from Sentinel-1 C-band SAR and MetOp-ASCAT*, que representa el contenido de agua en el suelo y la retención de agua del mismo.

Para una mejor representación se seleccionaron una serie de datos estacionales para el año 2021 (1 de enero, 1 de abril, 1 de julio y 1 de octubre) correspondientes a dos profundidades de suelo diferentes (T=2, 0.1-0.3 m y T=100, >0.8 m). Dadas las limitaciones de la recepción de estos datos por el satélite, fue necesaria la corrección de los datos cartográficos mediante el relleno de huecos sin datos, para lo que se calcularon estadísticas focales de los datos más próximos de la misma manera que se ha descrito para el cálculo del factor Rv.

Finalmente, a partir de las ocho capas resultantes y corregidas (dos profundidades por estación) se determinó la media anual del índice SWI para el año 2021 en Castilla-La Mancha.

El resultado se reclasificó igualmente en valores comprendidos entre 0 y 5, obteniéndose la capa "SWI\_2021\_clm\_reclas" del factor "Rs(W)".

Por último, se calculó el valor medio de los dos productos cartográficos respecto de los valores estandarizados Rs(C) y Rs(W), resultando el factor Rs según el siguiente esquema de trabajo:

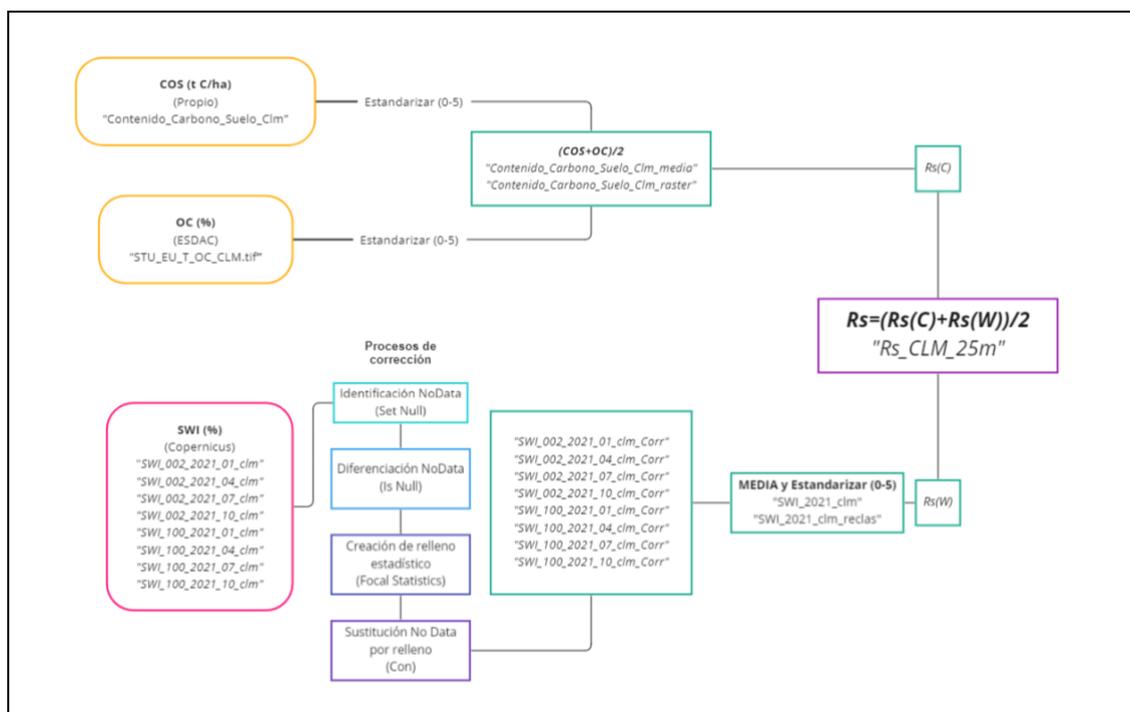


Imagen 7. Esquema de los procesos de obtención del valor Rs.

#### 4.7. Formulación final

Para la obtención del producto final, se aplica la siguiente fórmula:

$$WRI = (WRv \cdot Rv + WRs \cdot Rs + WRgw \cdot Rgw + Wslope \cdot Slope + Wwb \cdot Rwb) * (Rss)$$

Para este propósito se utilizaron las ponderaciones calculadas para Europa por Vandecasteele et al. (2018): WRv= 0.17, WRs= 0.14, WRgw= 0.29, Wslope= 0.10, Wwb= 0.28.

#### 4.8. Estructura de la tabla de atributos de la cartografía resultante

El producto final ha sido una capa ráster con valores asignados a los píxeles según la fórmula anterior.

En cuanto a los productos intermedios desarrollados, se describen a continuación con la estructura de atributos correspondiente:

| Capa   | Tabla de atributos  | Campos añadidos   | Definición  |
|--|---|-------------------|---|
| MFE_FF_CLM_2018_ETRS<br>89_recorte                   | Se mantiene estructura de origen de la tabla de atributos del MFE                             | “Artificial”      | Valoración de las superficies artificiales (0=artificial; 1=resto)  |
| AguasSup_CLM   | Se suman atributos de todas las capas referidas en el proceso de determinación del factor Rwb | “Valor_Rwb”       | Se valoran todas las teselas con un valor 5, como identificativo de sistema acuático  |
| Slope  | Tabla original del MDT de partida   | “Value” y “Count” | Valores estandarizados de 0 a 5 (5 menores pendientes) y conteo de píxeles de cada valor  |
| Lit_perm_clm   | Se mantiene tabla de atributos original del mapa litoestratográfico nacional                  | “Valor_Rgw”       | Valores de 0 a 5 en función de la permeabilidad (5 mayor permeabilidad)   |
| LAI_CLM_2014_2022                                    | Tabla de atributos de la cobertura de partida   |                   | Se reclasifica con valores estandarizados de 0 a 5 (5 mayor índice de área foliar)  |
| Contenido_Carbono_Suelo_Clm y<br>STU_EU_T_OC_CLM.tif | Tabla de atributos de la cobertura de partida   | “Value” y “Count” | Valores estandarizados de 0 a 5 (5 mayores contenidos en C) y conteo de píxeles de cada valor. Estos campos se generan en la reclasificación              |
| SWI_2021_clm   | Tabla de atributos de la cobertura de partida   | “Value” y “Count” | Valores estandarizados de 0 a 5 (5 mayores índices de agua en el suelo) y conteo de píxeles de cada valor. Estos campos se generan en la reclasificación. |

#### 4.9. Reclasificación de valores para su visualización categorizada

Para la representación cartográfica del servicio ecosistémico, los valores del campo se han dividido en 5 clases mediante el método de rupturas naturales *Jenks*, a partir del valor mínimo obtenido distinto de 0 (0,24). Las clases se han renombrado como muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto.

Como resultado las clases quedarían definidas según los siguientes rangos de valores:

| Clase                      | Valor superior |
|----------------------------|----------------|
| Sin constancia de servicio | < 0,24         |
| Muy bajo                   | ≤ 1,56         |
| Bajo                       | ≤ 1,89         |
| Medio                      | ≤ 2,22         |
| Alto                       | ≤ 2,63         |
| Muy Alto                   | ≤ 4,69         |

#### 4.10. Reclasificación alternativa de valores para la evaluación de componentes

Para la evaluación de componentes, la guía metodológica establece la conveniencia de identificar en el territorio tres grandes categorías de superficies:

- **Áreas clave** de provisión de servicios ecosistémicos: comprende los valores máximos, lo que indica capacidad máxima de provisión.
- **Áreas de provisión limitada** de servicios ecosistémicos: comprende los valores medios, lo que indica capacidad moderada de provisión.
- **Áreas de provisión baja** de servicios ecosistémicos: comprende valores bajos, lo que indica capacidad baja de provisión.

Con este fin, se realiza una reclasificación alternativa de los valores obtenidos por el método de las rupturas naturales (previa exclusión de valores = 0) resultando de la siguiente manera:

| Clase  | Valor superior | Valor reclasificado |
|--|----------------|---------------------|
| Áreas clave de provisión del servicio ecosistémico     | ≤ 4,69         | 3                   |
| Áreas de provisión limitada del servicio ecosistémico  | ≤ 2,24         | 2                   |
| Área de provisión baja de servicios de los ecosistemas | ≤ 1,77         | 1                   |
| Sin constancia de prestación de servicio               | 0              | 0                   |

Para la reclasificación de valores, se utiliza como ráster de alineación y de máscara el ráster original con los valores brutos generado a partir de la capa vectorial.

## 5. BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la UPV. 2018. Guía metodológica para el cartografiado de los Servicios de los Ecosistemas de Euskadi. Gobierno Vasco y Diputación Foral de Bizkaia.
- del Pozo Gómez, M. (Coord) (2009): Mapa Litoestratigráfico, de Permeabilidad e Hidrogeológico de España continuo digital a escala 1:200.000. Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto Geológico y Minero de España para la realización de trabajos técnicos en relación con la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de agua subterránea. IGME. Madrid.
- European Soil Data Centre (ESDAC), esdac.jrc.ec.europa.eu, European Commission, Joint Research Centre
- Garcia Bedito, Eduardo; Broekx, Steven; Vallecillo, Sara; Zurbaran, Mayra; Van Loo, Marteen; La Notte, Alessandra; Zulian, Grazia; Polce, Chiara; Grammatikopoulou, Ioanna; Maes, Joachim; Tamborra, Marialuisa; Grizzetti, Bruna; Rega, Carlo; Kakoulaki, Georgia; Danckaert, Thomas; Buchhorn, Marcel; De Roo, Bert; Smets, Bruno (2022): Ecosystem services accounts: maps for 7 ecosystem services produced in KIP INCA 2018 updates . European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/4cbd7c1e-6512-4ebe-8ca5-e08209cc3efb>
- Hiederer, R. 2013. Mapping Soil Typologies - Spatial Decision Support Applied to European Soil Database. Luxembourg: Publications Office of the European Union - 2013 - 147pp. EUR25932EN Scientific and Technical Research series, ISSN 1831-9424, doi:10.2788/8728
- Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico. Guía Metodológica para la Identificación de los Elementos de Infraestructura Verde de España (Fase 1). Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y la Restauración Ecológicas.  
[https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/guia\\_metod\\_inf\\_verde\\_tcm30-531071.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/guia_metod_inf_verde_tcm30-531071.pdf)
- Panagos P., Van Liedekerke M., Jones A., Montanarella L., “European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements”; (2012) Land Use Policy, 29 (2), pp. 329-338. doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.003
- Pérez Cutillas, P., Barberá, G., Conesa García, C. 2014. Estimación de la humedad del suelo a niveles de capacidad de campo y punto de marchitez mediante modelos predictivos a escala regional. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 68 - 2015, págs. 325-345. I.S.S.N.: 0212-9426
- P.Strosser, G.Delacámara, A.Hanus, H.Williams and N.Jaritt. 2015. A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe - Capturing the multiple benefits of nature-based solutions. Final version, April 2015.

- Roser Botey Fullat, R. y Moreno García, J. V. 2015. Metodología para estimar la humedad del suelo mediante un balance hídrico exponencial diario (Balance Hídrico 2 ). Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. AEMET.
- Vandecasteele I, Marí i Rivero I, Baranzelli C, et al. The Water Retention Index: Using land use planning to manage water resources in Europe. Sustainable Development. 2018; 26:122–131.  
<https://doi.org/10.1002/sd.1723>



## Castilla-La Mancha

Consejería de Desarrollo Sostenible  
Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad  
c/ Río Estenilla, s/n  
45.071 – Toledo

Tel.: 925.24.88.29  
e-mail: [dgmnb@jccm.es](mailto:dgmnb@jccm.es)