



Infraestructura Verde para la Adaptación de la Ordenación Territorial al Cambio Climático

Informe técnico: cálculo del potencial de provisión del servicio ecosistémico, 2.1.1.2 filtrado, secuestro, almacenamiento o acumulación por parte de microorganismos como algas, plantas y animales

16 de septiembre de 2021

Organiza:



Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Oficina Española de Cambio Climático

Contenido

Introducción	2
Variables	2
Metodología.....	3
Bibliografía.....	7

Organiza:



Con el apoyo de:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Oficina Española de Cambio Climático

Introducción

Los seres vivos poseen la capacidad de filtrar las sustancias contaminantes de su entorno, sea éste acuático o aéreo. Esta facultad se presenta como consecuencia de sus procesos vitales de intercambio de materia y energía con el medio. Además, muchas de estas sustancias son almacenadas en el propio organismo, permaneciendo retenidas como parte constituyente del mismo, y evitando que se acumulen en otras partes del ecosistema donde podrían causar un mayor daño ambiental. Una de las sustancias contaminantes más frecuentes en las masas de agua es el nitrógeno, que cuando alcanza niveles demasiado elevados produce fenómenos como la eutrofización, ocasionando grandes desequilibrios en el ecosistema. Debido a esta relevancia del nitrógeno en los ciclos ecológicos en GARCÍA et al. (2020) se emplea este elemento como contaminante de referencia para calcular la capacidad de los ecosistemas de retener y filtrar contaminantes.

El nitrógeno y otros contaminantes son transportados por el agua. Por lo tanto, la capacidad de los ecosistemas de filtrarlos vendrá determinada por su capacidad de retener el agua contaminada y que los organismos la filtren. En el caso de los ecosistemas acuáticos, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua es determinante para que los organismos eliminen el nitrógeno. El oxígeno disuelto disminuye al aumentar el volumen de agua (ALEXANDER et al., 2000). En relación a esto, GRIZZETTI et al. (2008) determinaron que, en el caso de los ríos, a medida que se avanza desde el nacimiento hasta la desembocadura del río disminuye la capacidad de filtrar nitrógeno debido a que aumenta el volumen de agua. En los ecosistemas terrestres, la capacidad de retener y filtrar agua está determinada por la vegetación que actúa como una esponja y permite a los organismos presentes en el suelo filtrar contaminantes. A su vez, la vegetación también absorbe nitrógeno y lo elimina del medio.

Teniendo esto en cuenta, el mapeo del servicio ecosistémico se hace considerando la capacidad de las coberturas del suelo para emitir contaminación por nitrógeno, estimando las zonas donde se acumula esta contaminación con un modelo hidrológico y considerando la capacidad de la vegetación presente en estas zonas para filtrar la contaminación acumulada.

VARIABLES

Por tanto, para el cálculo de este servicio ecosistémico son necesarios los siguientes datos:

- Mapa de usos y coberturas del suelo del SIOSE. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

El mapa del SIOSE tiene coberturas mixtas. Es decir, compuestas por porcentajes de varias coberturas. Por ello es necesario reclasificar el mapa de coberturas del suelo del SIOSE 2014 asignando a cada cobertura la cobertura mayoritaria (la que ocupa más del 60% de la cobertura del SIOSE. En caso de que no haya una cobertura mayoritaria, se asigna a una cobertura mixta (Por ejemplo matorral y afloramientos rocosos). Para hacer la reclasificación del mapa del SIOSE se han considerado las siguientes 30 categorías: afloramientos rocosos, aguas continentales, aguas marinas, acantilados, coberturas artificiales, coníferas, cultivos y prados, cultivos, especies caducifolias, eucaliptos, eucaliptos y coníferas, humedales, instalaciones deportivas, matorral, matorral y especies arbóreas, matorral y afloramientos rocosos, mezcla de especies arbóreas, mosaico agrícola y matorral, mosaico agrícola y urbano, mosaico de cultivos y especies arbóreas, prados, playas, repoblaciones forestales, sistemas

Organiza:



Con el apoyo de:



generales de transporte, vertederos, viñedos y cultivos leñosos, zonas de extracción o vertido, zonas quemadas, zonas urbanas y zonas verdes.

- Mapa hidrográfico de Galicia. Este puede descargarse en: <http://mapas.xunta.gal/centro-de-descargas>
- MDT de 25x25 metros de resolución del Instituto Geográfico Nacional. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

A partir de estos datos, se obtuvieron las siguientes variables:

- Mapa de potencial de emisión de contaminantes de cada cobertura del suelo. Se obtiene asignando pesos a cada cobertura según lo especificado en el siguiente apartado de metodología. Los pesos se pueden asignar mediante la herramienta “Reclasificación por tabla” de QGIS o la herramienta “reclasify” del paquete “raster” del software estadístico “R”.
- Mapa de capacidad de retención y filtrado de las coberturas del suelo. Este mapa se elabora asignando pesos a las coberturas del suelo de SIOSE en función de su capacidad de filtrado y combinando el mapa resultante con un mapa de capacidad de filtrado de los ríos. En el apartado de metodología se explica con mayor detalle los criterios seguidos para asignar pesos a las coberturas. El mapa de capacidad de filtrado de los ríos se elabora a partir del MDT de 25x25m, calculando la longitud de los ríos desde el nacimiento mediante la herramienta “r.flow” del paquete de herramientas “Grass” de QGIS. Posteriormente, con una herramienta de reclasificación se asigna el valor 0 a las celdas correspondientes a tramos de ríos de longitud inferior a 2 km y superior a 30 km, ya que se estima que a una distancia inferior a 2 km del nacimiento del río el lecho está seco o tiene un caudal mínimo y a distancias superiores a 30 km el potencial de filtración es mínimo. El rango de longitudes entre 2 y 30 km se normaliza linealmente entre 0 y 1, asignando el valor 1 a las celdas con longitudes de 2 km y el valor 0 a las de 30 km (ecuación 1).

$$\text{(ecuación 1) Valor normalizado} = \frac{\text{Valor max} - \text{Valor}}{\text{Valor max} - \text{Valor min}}$$

Metodología

El software empleado para obtener este servicio ecosistémico es Rstudio y QGIS. En el caso de Rstudio, es necesario instalar los paquetes de herramientas ‘sp’, ‘rgdal’ y ‘raster’.

Para el mapeado del potencial de provisión de este servicio ecosistémico se utiliza la metodología propuesta por GARCÍA et al. (2020).

Los pesos asignados a las coberturas del suelo en función de su capacidad para producir contaminación por nitrógeno se obtienen del estudio de GARCÍA et al. (2020), que establece un peso de 1 para las coberturas artificiales, un peso algo menor para los cultivos y un peso más bajo para las masas forestales y zonas verdes urbanas (tabla 1). A las coberturas mixtas compuestas por las anteriores les asigna un peso intermedio al de las coberturas individuales.

Organiza:



Con el apoyo de:



Tabla 1. Pesos asignados a cada cobertura del suelo en función de su capacidad para producir contaminación por nitrógeno

Coberturas SIOSE	Peso	Comentarios
Afloramientos rocosos y roquedos	0	
Aguas continentales	0	
Aguas marinas	0	
Acantilados	0	
Coberturas artificiales	1	
Coníferas	0	
Cultivos y prados	0,7	
Cultivos	0,8	Aunque producen contaminación por nitrógeno, la vegetación cultivada tiene cierta capacidad de filtrado
Especies caducifolias	0	
Eucaliptos	0,2	Las masas forestales productoras de turno corto producen cierta contaminación por nitrógeno debido al lavado de nutrientes del suelo provocado por las cortas a hecho.
Eucaliptos y coníferas	0,2	Las masas forestales productoras de turno corto producen cierta contaminación por nitrógeno debido al lavado de nutrientes del suelo provocado por las cortas a hecho.
Humedales	0	
Instalaciones deportivas	1	
Matorral	0	
Matorral y especies arbóreas	0	
Matorral y roquedo	0	
Mezcla de especies arbóreas	0	
Mosaico agrícola y matorral	0,5	Valor intermedio entre las coberturas de cultivos y matorral
Mosaico agrícola y urbano	1	
Mosaico de cultivos y especies arbóreas	0,5	Valor intermedio entre el peso asignado a cultivos y a masas forestales productoras de turno corto
Prados	0,3	Se considera que los prados permanentes tienen menos necesidades de abonado que los cultivos y por lo tanto menos potencial de producir contaminación por nitrógeno
Playas	0	
Replantaciones forestales	0,2	Las masas forestales productoras de turno corto producen cierta contaminación por nitrógeno debida al lavado de nutrientes del suelo producido por las cortas a hecho.
Sistemas generales de transporte	1	
Vertederos	1	
Viñedo y cultivos leñosos	0,8	Mismo valor que cultivos
Zonas de extracción o vertido	1	
Zonas quemadas	1	
Zonas urbanas	1	
Zonas verdes	0,2	A pesar de no ser una cobertura con la intensidad de uso de los cultivos, son susceptibles de ser fertilizadas y pueden producir cierta contaminación debido a la alta

Organiza:



Con el apoyo de:



Coberturas SIOSE	Peso	Comentarios
		afluencia de personas y a los residuos que esta afluencia produce

Siguiendo la metodología descrita en GARCÍA et al. (2020), el mapa de potencial de emisión resultante de aplicar los pesos de la tabla 1 se utiliza como entrada de pluviometría para calcular un mapa de flujo acumulado de contaminación mediante la herramienta “r.watershed” del paquete de herramientas “Grass” de QGIS. El mapa de contaminación se introduce en el parámetro “Cantidad de flujo terrestre por celda”. También es necesario introducir un modelo digital del terreno como dato de entrada en el parámetro “Altitud” de la herramienta. Para evitar errores en la generación del mapa de contaminación acumulada, es conveniente introducir datos en la herramienta de cuencas fluviales completas, aunque después se recorte sólo la zona del mapa resultante coincidente con el área de estudio. El mapa de flujo acumulado de contaminación se corresponde con el parámetro de salida “Número de celdas que drenan a través de cada celda” de la herramienta “r.watershed”.

El mapa de flujo acumulado de contaminación presenta valores muy altos en la desembocadura de ríos con una cuenca hidrográfica muy grande, como es el caso del Miño. Esto descompensa la distribución de los datos, por lo que se modifican los valores más altos asignándoles un valor máximo de 20 con una herramienta de reclasificación. Una vez hecho esto, se normalizan los valores del mapa de flujo acumulado entre 0 y 1 asignando el valor 1 a las celdas con los valores más altos (ecuación 2).

$$(ecuación 2) \text{ Valor normalizado} = \frac{\text{Valor} - \text{Valor min}}{\text{Valor max} - \text{Valor min}}$$

Por otra parte, la capacidad de las coberturas del suelo para retener contaminación y filtrarla se estima asignando a cada cobertura del SIOSE los pesos (tabla 2) utilizados en GARCÍA et al. (2030). Los pesos de GARCÍA et al. (2020) se dividieron entre 5 para que tuviesen valores entre 0 y 1.

Tabla 2. Pesos asignados a las coberturas del suelo en función de su capacidad de filtración o retención de contaminantes

Cobertura SIOSE	Peso asignado	Comentario
Afloramientos rocosos y roquedos	0	La roca desnuda no tiene capacidad de filtrar o retener contaminantes
Aguas continentales	0	El peso se asigna a través de una capa adicional que considera la disminución del poder de depuración de los ríos en base a su longitud
Aguas marinas	0	
Acantilados	0	La roca desnuda no tiene capacidad de filtrar o retener contaminantes
Coberturas artificiales	0	
Coníferas	0,8	Las cortas a hecho frecuentes que producen erosión y lavado de nutrientes
Cultivos y prados	0	
Cultivos	0	
Especies caducifolias	1	
Eucaliptos	0,8	Las cortas a hecho frecuentes que producen erosión y lavado de nutrientes

Organiza:



Con el apoyo de:



Cobertura SIOSE	Peso asignado	Comentario
Eucaliptos e coníferas	0,8	
Humedales	0,6	
Instalaciones deportivas	0	Los céspedes deportivos tienen bastante mantenimiento (fertilizantes, fitosanitarios)
Matorral	0,8	
Matorral y especies arbóreas	0,8	Esta cobertura corresponde a un espacio naturalizado y que por lo tanto tiene una capacidad de filtración similar a matorral
Matorral y roquedo	0,6	Al existir matorral tendrá capacidad de filtración aunque menor que matorral
Mezcla de especies arbóreas	1	
Mosaico agrícola y matorral	0	
Mosaico agrícola y urbano	0	
Mosaico de cultivos y especies arbóreas	0,2	
Prados	0	
Playas	0	
Repoblaciones forestales	0,6	Tiene un poder de filtrado menor que plantaciones forestales maduras ya que requieren más trabajos y el suelo queda más desprotegido aumentando el riesgo de erosión
Sistemas generales de transporte	0	
Vertederos	0	
Viñedo y cultivos leñosos	0	
Zonas de extracción o vertido	0	
Zonas quemadas	0	
Zonas urbanas	0	
Zonas verdes	0,2	

Como se explica en el apartado anterior, el mapa de capacidad de filtrado de las coberturas se combina con el mapa de capacidad de filtrado de los ríos. Esto se hace asignando los valores mayores que cero del mapa de capacidad de filtrado de los ríos a celdas del mapa de capacidad de filtrado de las coberturas que coinciden. El programa empleado para hacer esta operación es Rstudio, y se hace con la siguiente línea de comando: `coberturas[rios[]>0]<-rios[rios[]>0]`. En esta línea de comandos habría que reemplazar los nombres "coberturas" y "rios" por los nombres de los objetos en los que se almacenan los mapas raster correspondientes.

Finalmente, el potencial de provisión del servicio ecosistémico de filtrado se calcula combinando los mapas anteriormente generados mediante la ecuación 3:

$$(ecuación 3) \text{ Potencial provisión} = \text{contaminación acumulada} \times 0.5 + \text{capacidad de filtrado} \times 0.5$$

Esta operación se puede hacer empleando la calculadora ráster de QGIS o introduciendo la fórmula directamente en R para hacer la operación con los objetos que almacenan los mapas ráster correspondientes.

Organiza:



Con el apoyo de:



Bibliografía

ALEXANDER, R. B., SMITH, R. A., SCHWARZ, G. E. (2000). Effect of stream channel size on the delivery of nitrogen to the Gulf of Mexico. *Nature*, 403(6771), 758-761. <https://doi.org/10.1038/35001562>

GARCÍA, A. M., SANTÉ, I., LOUREIRO, X., MIRANDA, D. (2020). Green infrastructure spatial planning considering ecosystem services assessment and trade-off analysis. Application at landscape scale in Galicia region (NW Spain). *Ecosystem Services*, 43, 101115.

GRIZZETTI, B., BOURAOUI, F., DE MARSILY, G. (2008). Assessing nitrogen pressures on European surface water: nitrogen pressures on European water. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(4). <https://doi.org/10.1029/2007GB003085>

Organiza:



Con el apoyo de:

