



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

Informe técnico: Cálculo del potencial de provisión del servicio ecosistémico, 1.1.1.1 Plantas terrestres cultivadas para alimentación.

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.....	5
Bibliografía.....	9

Organiza:



Con el apoyo de:



Introducción

El potencial de producción de plantas terrestres cultivadas para la alimentación se calcula siguiendo un método basado en el presentado en GARCÍA et al. (2020). Este potencial es altamente dependiente del potencial del territorio para la producción de biomasa vegetal. Por lo que para su cálculo se parte de un análisis inicial del potencial de producción de biomasa del territorio. Una vez estimado este potencial, se hace una suma ponderada del potencial de producción de biomasa y la capacidad de cada cobertura del suelo para proporcionar el servicio ecosistémico de plantas terrestres cultivadas:

La capacidad de cada cobertura para proporcionar este servicio ecosistémico se estima tomando como referencia los pesos utilizados en el estudio de GARCÍA et al. (2020). Estos pesos, a su vez, se basan en los establecidos por BURKHARD et al. (2010) para la evaluación de servicios ecosistémicos en una región alemana. El estudio de BURKHARD et al. (2010) emplea datos de coberturas extraídos de *CORINE Land Cover*, mientras que el de GARCÍA et al. (2020) utiliza la información del *Sistema de Información de la Ocupación del Suelo de España* (SIOSE). Ambas fuentes trabajan con categorías de uso/cobertura del suelo similares, lo que facilita el establecimiento de correspondencias entre los pesos establecidos en ambos estudios. Sin embargo, BURKHARD et al. (2010) emplean una clasificación de servicios ecosistémicos diferente a la usada en este estudio (CICES), por lo que algunos de los servicios ecosistémicos analizados en este trabajo se corresponden con varios de los servicios ecosistémicos evaluados en BURKHARD et al. (2010).

La metodología empleada para calcular el potencial de este servicio ecosistémico también se emplea para el cálculo del potencial de provisión de los siguientes servicios ecosistémicos, con la salvedad de que se varían los pesos asignados a las coberturas del SIOSE:

- 1.1.1.2 Fibras y otros materiales de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias para su uso directo o procesado.
- 1.1.1.3 Plantas terrestres cultivadas como fuente de energía
- 1.1.3.1 Animales criados con fines nutricionales (se estima teniendo en cuenta la capacidad de los ecosistemas para producir alimento para el ganado)

A continuación, se presentan las variables utilizadas y una descripción más detallada de la metodología empleada.

VARIABLES

Para el cálculo de este servicio ecosistémico será necesario:

- Mapa de coberturas del suelo del SIOSE 2014. Este puede descargarse 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

Organiza:



Con el apoyo de:



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

- Mapa del potencial de producción de biomasa vegetal

El potencial de producción de biomasa vegetal depende en gran medida de las condiciones climáticas, principalmente de la precipitación y la temperatura (KANDZIORA et al., 2013), por lo que ambas variables se utilizarán junto con otras en el cálculo del mapa este potencial. Exponemos a continuación las fuentes de estas variables:

- La variable temperatura se representa mediante un mapa ráster con los valores de temperatura media anual de Galicia. Este mapa tiene una resolución espacial de 50 m y es el resultado de la interpolación 3D de los datos de temperatura media anual de 129 estaciones meteorológicas del *Atlas Climático de Galicia* (MARTÍNEZ CORTIZAS y PÉREZ ALBERTI, 1999). La interpolación se realiza con el módulo de GRASS GIS 6.3.1 “v.vol.rst”, utilizando como base un modelo digital de elevaciones derivado de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) con tamaño de malla de 100 m. Otra de las fuentes de las que se puede extraer esta variable es la base de datos Worldclim (<https://www.worldclim.org/>)
- La variable precipitación se representa mediante un mapa ráster con los valores de precipitación media anual de Galicia. Este mapa tiene una resolución espacial de 50m y es el resultado de una interpolación 3D de los datos de precipitación media anual de 214 estaciones meteorológicas extraídos del *Atlas Climático de Galicia* (MARTÍNEZ CORTIZAS y PÉREZ ALBERTI, 1999). La interpolación se realiza también con el módulo de GRASS GIS 6.3.1 “v.vol.rst”, utilizando como base un modelo digital de elevaciones derivado de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) con tamaño de malla de 100 m. Otra de las fuentes de las que se puede extraer esta variable es la base de datos Worldclim (<https://www.worldclim.org/>)
- Otra de las variables que juega un papel importante en la productividad vegetal es la radiación solar, que tiene incidencia no sólo en el proceso de fotosíntesis sino también en la temperatura a nivel microclimático. Según el estudio de GRÊT-REGAMEY et al. (2014), en áreas de montaña los pastos en pendientes mayores del 10% y con orientación norte producen un 20% menos de biomasa que los pastos con orientación sur. Por ello, a una escala local, la radiación solar incidente en el terreno depende en

Organiza:



Con el apoyo de:



gran medida de la pendiente y la orientación del mismo. Por ello, en el cálculo del potencial de producción de biomasa se integran las variables orientación y pendiente del terreno mediante dos mapas ráster de orientaciones y pendientes de una resolución espacial de 25 m, obtenidos a partir del modelo digital del terreno (MDT) de igual resolución proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional. El MDT está disponible en el siguiente enlace: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

- o El tipo de suelo es otro de los factores que condiciona la productividad de biomasa vegetal y, en este caso, se evalúa a través de la textura del suelo por ser la información edafológica disponible con una mayor resolución espacial. La textura del suelo condiciona el crecimiento de la biomasa vegetal porque influye en la capacidad del suelo para retener los nutrientes y el agua necesarios para su desarrollo. La información de textura se obtuvo a partir de mapas ráster de porcentaje de arcilla, limo y arena en suelo con resolución espacial de 500 m, procedentes de un estudio del INIA sobre metales pesados en suelos agrícolas (RODRÍGUEZ MARTÍN et al., 2009). La capacidad del suelo para retener nutrientes y agua se calcula como la suma del doble del porcentaje de arcilla en el suelo y el porcentaje de limo, debido a que la arcilla tiene una mayor capacidad de retención de nutrientes que el limo, mientras que la arena tiene una capacidad nula de retención de nutrientes y agua (PORTA y CASANELLAS et al., 1994).
- o Por último, la geomorfología tiene una gran incidencia en el potencial de producción de biomasa, ya que repercute en numerosos factores que condicionan la productividad vegetal, como la profundidad del suelo, su grado de erosionabilidad o el microclima. Para la evaluación de la geomorfología se combinan los valores del Índice de Posición Topográfica (TPI en sus siglas en inglés, *Topographic Position Index*; WEISS, 2001) y de la pendiente del terreno, con el fin de identificar crestas, laderas altas, laderas medias, laderas bajas, laderas llanas y valles. Existen herramientas para calcular el TPI en los paquetes de herramientas SAGA y GDAL del programa QGIS. Tanto el TPI como la pendiente se calculan a partir del del MDT del Instituto Geográfico Nacional de 25x25m de resolución. El mapa de clases de geomorfología se obtiene mediante la reclasificación de los valores del índice TPI y su combinación con los valores de pendiente según los criterios establecidos en la tabla 1. La reclasificación de los valores de un mapa ráster se puede hacer con la herramienta "Reclasificar por tabla" del software QGIS.

Organiza:



Con el apoyo de:



Tabla 1. Clases de geomorfología

TPI – pendiente	Geomorfología
TPI > 1	Cresta
0.5 < TPI ≤ 1	Ladera alta
-0.5 ≤ TPI ≤ 0.5 y pendiente > 8.75	Ladera media
-0.5 ≤ TPI ≤ 0.5 y pendiente ≤ 8.75	Ladera llana
-1 ≤ TPI < -0.5	Ladera baja
TPI < -1	Valle

Metodología

En primer lugar, se calcula el mapa de potencial de producción de biomasa vegetal. Este se obtiene mediante la ecuación 1, empleando las variables descritas anteriormente. El cálculo se realiza mediante el software Rstudio. Y los paquetes necesarios para ello: 'sp', 'rgdal' y 'raster'. También se puede hacer empleando la calculadora ráster del software QGIS.

$$(Ecuación 1) \text{ Potencial producción de biomasa} = \text{Temperatura} \times 0.3 + \text{Precipitación} \times 0.1 + \text{Pendiente} \times 0.2 + \text{Posición topográfica} \times 0.2 + \text{Textura} \times 0.1 + \text{Orientación} \times 0.1$$

(ecuación 2)

Para poder combinar estas variables mediante la ecuación 1 es necesario obtener para todas ellas un mapa con la misma resolución espacial y con valores normalizados en el mismo rango (entre 0 y 1).

Los mapas con valores de temperatura y precipitación media se remuestran a una resolución de 25 m utilizando un método de interpolación bilineal. El remuestreo se puede hacer con la herramienta "r.resample" del paquete "Grass" de QGIS o con la herramienta "resample" del paquete "raster" del software estadístico "R". Los mapas resultantes se normalizan a un rango de valores entre 0 y 1, aplicando una ecuación lineal (ecuación 2) y otorgando el valor 1 al valor más alto y el valor 0 al valor más bajo. La normalización se puede realizar con una calculadora ráster como la del programa QGIS

$$(ecuación 2) \text{ Valor normalizado} = \frac{\text{Valor} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}}$$

El mapa de orientación del terreno se normaliza a valores comprendidos entre 0 y 1 según lo establecido en la tabla 2, de manera que el valor más alto corresponde a las celdas con orientación sur y el valor disminuye a medida que se aproxima a orientaciones norte. A las celdas con pendientes inferiores al 10% se les otorgó el valor 0, ya que en pendientes bajas la orientación apenas tiene influencia en la radiación solar que recibe el suelo.

Organiza:



Con el apoyo de:



Tabla 2. Valores asignados a cada orientación

Orientación	Valor
N	0
NE	0.25
E	0.5
SE	0.75
S	1
SO	0.75
O	0.5
NO	0.25

El mapa de pendientes también se normalizó a valores comprendidos entre 0 y 1 según lo indicado en la tabla 3, de manera que el valor más elevado corresponde a pendientes más bajas y disminuye a medida que aumenta la pendiente.

Tabla 3. Valores asignados a las pendientes

Pendiente (%)	Valor
0 – 10	1
10 – 20	0,9
20 – 30	0,8
30 – 40	0,6
40 – 50	0,4
50 – 60	0,2
> 60	0

El mapa de textura del suelo se remuestra a una resolución de 25 m mediante un método de interpolación bilineal y se normaliza linealmente otorgando el valor 1 al valor más alto y 0 al más bajo (ecuación 2).

Organiza:



Con el apoyo de:



Los tipos de geomorfología identificados se reclasifican en valores comprendidos entre 0 y 1, según lo establecido en la tabla 4, de manera que el valor 1 se corresponde a las zonas bajas y llanas y el valor 0 a las cumbres. Los valores disminuyen a medida que las pendientes son más altas y empinadas. Se asigna un valor más bajo a las laderas de los valles por estar más expuestas a la erosión debido a su pendiente y a la proximidad a los lechos de los ríos.

Tabla 4. Valores asignados a los tipos de geomorfología

Geomorfología	Valor
Cresta	0
Ladera alta	0,2
Ladera media	0,5
Ladera llana	1
Ladera baja	0,8
Valle	0,6

Una vez obtenido el mapa de potencial de provisión de biomasa vegetal, se calcula el mapa de potencial de producción de plantas terrestres cultivadas para la alimentación a través de la ecuación 3.

$$\text{(ecuación 3) Potencial servicio ecosistémico} = \text{Potencial biomasa} \times 0.5 + \text{Capacidad cobertura} \times 0.5$$

La capacidad de las coberturas en la ecuación 3 se obtiene ponderando cada cobertura del SIOSE en función de su capacidad de proporcionar plantas cultivadas para alimento (tabla 5). Con este fin se asignan pesos entre 0 y 1 a cada cobertura, empleando el valor 1 para la mayor capacidad de proporcionar este servicio, según lo establecido en GARCÍA et al. (2020). Los pesos en GARCÍA et al. (2020) varían entre 0 y 5, para que su rango de valores sea entre 0 y 1, se dividieron entre 5. La asignación de los pesos a cada cobertura del mapa raster de coberturas del SIOSE se hace con una herramienta de reclasificación como "Reclasificar por tabla" del software QGIS.

Tabla 5. Pesos asignados a las coberturas del suelo en función de su capacidad para producir plantas terrestres cultivadas para la alimentación humana

Cobertura SIOSE	Peso asignado	Comentarios
Afloramientos rocosos y roquedos	0	
Aguas continentales	0	Se considera que la existencia de especies vegetales silvestres comestibles es escasa
Aguas marinas	0	

Organiza:



Con el apoyo de:



Cobertura SIOSE	Peso asignado	Comentarios
Acantilados	0	
Coberturas artificiales	0	
Coníferas	0	
Cultivos y prados	1	
Cultivos	1	
Especies caducifolias	0,4	Existencia de capacidad de proporcionar frutos
Eucaliptos	0	
Eucaliptos y coníferas	0	Se considera que la existencia de especies vegetales silvestres comestibles es escasa
Humedales	0	Se considera que la existencia de especies vegetales silvestres comestibles es escasa
Instalaciones deportivas	0	
Matorral	0	Se considera que la existencia de especies vegetales silvestres comestibles es escasa
Matorral y especies arbóreas	0,2	
Matorral y roquedo	0	
Mezcla de especies arbóreas	0,4	Existencia de capacidad de proporcionar frutos
Mosaico agrícola y matorral	0,6	
Mosaico agrícola y urbano	0,2	
Mosaico de cultivos y especies arbóreas	0,6	
Prados	0	
Playas	0	
Replantaciones forestales	0	
Sistemas generales de transporte	0	
Vertederos	0	
Viñedo y cultivos leñosos	0,8	
Zonas de extracción o vertido	0	
Zonas quemadas	0	
Zonas urbanas	0	
Zonas verdes	0,2	

Organiza:



Con el apoyo de:



Bibliografía

BURKHARD, B., KROLL, F., MÜLLER, F. (2010). Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*, 1-22. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>

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.

GRÊT-REGAMEY, ADRIENNE, BETTINA WEIBEL, KENNETH J. BAGSTAD, MARIKA FERRARI, DAVIDE GENELETTI, HERMANN KLUG, UTA SCHIRPKE, Y ULRIKE TAPPEINER. «On the Effects of Scale for Ecosystem Services Mapping». Editado por Simon Thrush. PLoS ONE 9, n.o 12 (30 de diciembre de 2014): e112601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112601>.

KANDZIORA, M., BURKHARD, B., MÜLLER, F. (2013) Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying temporal and spatial resolution. *Ecosystem Services*, 4, 47-19

MARTÍNEZ CORTIZAS, A., Pérez Alberti, A. (1999). *Atlas Climático de Galicia*. Xunta de Galicia.

PORTA I CASANELLAS, J., LÓPEZ-ACEVEDO REGUERÍN, M., ROQUERO DE LABURU, C. (1994). *Edafología: Para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Mundi-Prensa.

RODRÍGUEZ MARTÍN, J. A., LÓPEZ ARIAS, M., GRAU CORBÍ, J. M. (2009). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de los suelos agrícolas y pastos de España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

WEISS, A. D. (2001). *Topographic position and landforms analysis*. ESRI Users Conference, San Diego (CA). http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf

Organiza:



Con el apoyo de:

