



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

Informe técnico: cálculo del potencial de provisión del servicio ecosistémico, 2.2.2.1 Polinización.

15 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.....	7

Organiza:



Con el apoyo de:



## Introducción

El potencial de provisión del servicio ecosistémico de polinización se ha calculado tomando como base la metodología descrita por SHARP et al. (2011) e implementada en el programa InVest, destinado a cuantificar y cartografiar servicios ecosistémicos.

Esta metodología permite considerar varios tipos de polinizadores y utiliza como información de entrada mapas de coberturas del suelo. Estas coberturas se ponderan en función de su capacidad para albergar nidos y ofrecer recursos alimenticios a cada polinizador. Los recursos florales accesibles para un determinado polinizador en una determinada localización se calculan en base al radio de vuelo medio del polinizador. Este radio de vuelo determina la accesibilidad a los recursos florales de cada cobertura, de manera que cuanto mayor sea la distancia a la localización analizada menos accesibles serán los recursos de la cobertura en cuestión.

Los potenciales de polinización para cada tipo de polinizador se combinan teniendo en cuenta la abundancia de cada polinizador en base a los recursos florales existentes. El potencial resultante se aplica en una nueva ecuación que tiene en cuenta la localización de los terrenos agrícolas y los cultivos presentes en cada uno para calcular la abundancia de polinizadores en cada cultivo y su influencia en la productividad de cada cultivo.

Como en este caso se cartografía el potencial de provisión, no se tiene en cuenta la demanda en los cálculos ni, consecuentemente, la localización de las tierras agrícolas y los cultivos principales. Así mismo, al no disponer de suficiente información sobre la abundancia de cada tipo de polinizador en Galicia, se va a tomar como referencia un polinizador medio. De este modo, no es necesario agregar los índices de provisión para varios polinizadores.

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

## Variables

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

- 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 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.

Organiza:



Con el apoyo de:



- Datos de la distancia de vuelo de un polinizador tipo  
Se toma como especie de polinizador tipo a las abejas, dada su importancia en la polinización de cultivos (KLEIN et al., 2007). La distancia media de vuelo de los insectos de esta familia que se toma como referencia es de un kilómetro (GREENLEAF et al., 2007).
- Aptitud de nidificación  
La aptitud para la nidificación de las coberturas del suelo se determinó teniendo en cuenta los trabajos de POTTS et al. (2005) y CARRÉ et al. (2009). Al tomar como especie tipo las abejas en general, no se tiene en cuenta la preferencia de un tipo de nido u otro por cada especie, por lo que las coberturas se ponderan en base a su capacidad para ofrecer cualquier tipo de nido. Según los autores anteriormente citados, la aptitud para nidificar viene determinada por el porcentaje de tierra descubierta de la cobertura o las cavidades presentes en la vegetación y el substrato. De este modo, el potencial será mayor en suelos sin vegetación y masas forestales con crecimiento antiguo o paredes rocosas con muchas cavidades. Así mismo, según CARRÉ et al. (2009) las zonas urbanas también ofrecen un potencial alto por la presencia de colmenas. Siguiendo estos criterios, se ponderan las coberturas del suelo según lo indicado en la tabla 1 en base a su aptitud para albergar nidos. La asignación de pesos a las coberturas e puede hacer con la herramienta “Reclasificar por tablas” de QGIS o la herramienta “reclassify” del paquete “raster” del software estadístico “R”.

Tabla 1. Pesos asignados a las coberturas del suelo en función de su aptitud para albergar nidos.

Cobertura	Pesos asignados	Comentarios
Afloramientos rocosos	1	
Aguas continentales	0	
Aguas marinas	0	
Acantilados	1	Alta probabilidad de presencia de afloramientos rocosos y cavidades
Coberturas artificiales	1	
Coníferas	0	Muy probable que sean para aprovechamiento forestal y sean masas relativamente jóvenes
Cultivos y prados	0.7	Es menos probable que haya superficies descubiertas en prados
Cultivos	1	
Especies caducifolias	1	Es muy probable que no tengan aprovechamiento forestal y por lo tanto sean de crecimiento antiguo
Eucaliptos	0	Sufren aprovechamiento forestal y son masas relativamente jóvenes
Eucaliptos y coníferas	0	Sufren aprovechamiento forestal y son masas relativamente jóvenes
Humedales	0	
Instalaciones deportivas	0	
Matorral	0.3	Poca probabilidad de que haya cavidades por poseer menos volumen de madera
Matorral y especies arbóreas	0.5	Es probable que las especies arbóreas no tengan aprovechamiento y sean de crecimiento antiguo
Matorral y afloramientos rocosos	0.5	Los afloramientos rocosos aumentan la probabilidad de que haya cavidades
Mezcla de especies arbóreas	1	Es muy probable que no tengan aprovechamiento y haya crecimiento antiguo
Mosaico agrícola y matorral	0.5	Es menos probable que haya cavidades en el matorral
Mosaico agrícola y urbano	1	

Organiza:



Con el apoyo de:



Cobertura	Pesos asignados	Comentarios
Mosaico de cultivos y especies arbóreas	0.7	
Prados	0.5	
Playas	1	
Replantaciones forestales	0.5	Alta probabilidad de que haya suelo desnudo
Sistemas generales de transporte	0	
Vertederos	1	Alta probabilidad de que haya suelo desnudo
Viñedo y cultivos leñosos	0.5	Alta probabilidad de que haya suelo desnudo
Zonas de extracción o vertido	1	Alta probabilidad de que haya suelo desnudo
Zonas quemadas	1	
Zonas urbanas	1	
Zonas verdes	0.5	Alta probabilidad de que haya crecimiento antiguo en zonas verdes

- Recursos florales accesibles

En relación a los recursos florales de cada cobertura, se toma como referencia el trabajo de GRUNDEL et al. (2010), donde se indica que la riqueza floral afecta a la densidad de especies de abejas. De esta manera, se otorgan índices de ponderación mayores a las coberturas con mayor diversidad de especies florales. También se constata en este estudio y en el de CARRÉ et al. (2009) que los bosques presentan una menor diversidad de especies de abejas ya que pueden actuar de barrera para el tránsito de estos insectos entre zonas con recursos florísticos. Por otro lado, se observa que los bosques caducifolios presentan una mayor diversidad. En líneas generales, las coberturas naturales y seminaturales ofrecen una mayor diversidad de recursos. Teniendo esto en cuenta, se asignan índices de ponderación a las coberturas del suelo según lo indicado en la tabla 2.

Tabla 2. Pesos asignados a las coberturas del suelo en función de la abundancia relativa de recursos florales que ofrecen.

Cobertura	Índice de ponderación	Comentarios
Afloramientos rocosos	0	
Aguas continentales	0	
Aguas marinas	0	
Acantilados	0	
Coberturas artificiales	0	
Coníferas	0.3	Alta probabilidad de que sean masas productoras monoespecíficas. Por lo tanto, los recursos florísticos serán bajos.
Cultivos y prados	0.7	Los prados albergan alta diversidad florística.
Cultivos	0.3	Muy probable que sean cultivos monoespecíficos con baja diversidad florística. Además puede haber aplicación de insecticidas
Especies caducifolias	0.8	Alta diversidad de recursos. Por otro lado, son masas arbóreas donde puede haber menor densidad de especies
Eucaliptos	0.3	Masas monoespecíficas con pocos recursos florísticos.
Eucaliptos y coníferas	0.4	Masas monoespecíficas con pocos recursos florísticos.
Humedales	0	
Instalaciones deportivas	0	
Matorral	1	Es probable que haya alta diversidad de especies y especies con nectarios (papilionáceas y ericáceas)
Matorral y especies arbóreas	0.8	La presencia de especies arbóreas puede reducir algo la abundancia de abejas
Matorral y afloramientos rocosos	0.7	Los afloramientos rocosos disminuyen los recursos florísticos disponibles
Mezcla de especies arbóreas	0.8	La presencia de especies arbóreas puede reducir algo la

Organiza:



Con el apoyo de:



Cobertura	Índice de ponderación	Comentarios
Mosaico agrícola y matorral	0.7	abundancia de abejas Las zonas agrícolas pueden ser menos diversas florísticamente y se pueden aplicar insecticidas.
Mosaico agrícola y urbano	0.3	Las zonas agrícolas pueden ser menos diversas florísticamente y se pueden aplicar insecticidas. En las zonas urbanas habrá muy pocos recursos florísticos
Mosaico de cultivos y especies arbóreas	0.5	En las zonas arboladas puede haber menos diversidad de especies de abejas. En las zonas agrícolas hay menos recursos florísticos y se pueden aplicar insecticidas
Prados	1	
Playas	0	
Replantaciones forestales	0.3	Masas monoespecíficas de árboles jóvenes; poca diversidad florística.
Sistemas generales de transporte	0	
Vertederos	0	
Viñedo y cultivos leñosos	0.3	Poca diversidad florística y alta probabilidad de que se apliquen insecticidas
Zonas de extracción o vertido	0	Alta probabilidad de que haya suelo desnudo
Zonas quemadas	0	
Zonas urbanas	0	
Zonas verdes	0.8	En los parques urbanos puede haber alta diversidad florística.

## Metodología

En base a la capacidad de albergar nidos y ofrecer recursos alimenticios de cada polinizador se calcula el índice de provisión del servicio ecosistémico para cada polinizador (ecuación 1):

$$(ecuación 1) PS(x,s) = FR(x,s) \cdot HN(x,s) \cdot sa(s)$$

donde  $PS(x,s)$  es el potencial de provisión para el polinizador  $s$  y la localización  $x$ ,  $FR(x,s)$  son los recursos florales accesibles para el polinizador  $s$  y la localización  $x$ ,  $HN(x,s)$  es la aptitud para albergar nidos del polinizador  $s$  en la localización  $x$  y  $Sa(s)$  es la abundancia relativa del polinizador  $s$ .

La fórmula utilizada para calcular los recursos florales accesibles es la siguiente (ecuación 2):

$$(ecuación 2) FR(x,s) = \frac{\sum_{x' \in X} \exp\left(-\frac{D(x,x')}{\alpha_s}\right) \sum_{j \in J} RA(l(x'),j) fa(s,j)}{\sum_{x' \in X} \exp\left(-\frac{D(x,x')}{\alpha_s}\right)}$$

Donde  $D(x,x')$  es la distancia en línea recta entre las localizaciones  $x$  y  $x'$  dentro del radio de vuelo,  $\alpha_s$  es la distancia media de vuelo para el polinizador  $s$ ,  $RA(l,j)$  es el índice de abundancia relativa de recursos florales en la cobertura  $l$  y durante la estación  $j$  y  $fa(s,j)$  es la actividad de alimentación relativa de la especie de polinizador  $s$  durante la estación  $j$ .

A su vez, la aptitud de una determinada cobertura para albergar nidos en una localización determinada se calcula según la ecuación 3:

$$(ecuación 3) HN(x,s) = \max_{n \in N} [N(l(x),n)ns(s,n)]$$

Organiza:



Con el apoyo de:



Donde  $N(l,n)$  es el índice para albergar nidos de la cobertura  $l$  y el tipo de sustrato  $n$  que varía entre 0 y 1,  $Ns(s,n)$  es la aptitud para la especie  $s$  de construir un tipo de nido  $n$  y  $N$  es el total de tipos de nidos.

Al considerar una especie tipo de abeja se simplifican las fórmulas anteriormente descritas. Sólo hay que calcular un potencial de polinización (ecuación 1). De este modo no se tiene en cuenta la abundancia relativa de cada especie. Así mismo, al considerarse una aptitud global de las coberturas para albergar nidos, en la que no se tienen en cuenta los tipos de nidos ni la preferencia de las especies por cada uno de ellos, se pueden aplicar directamente los pesos presentados en la tabla 1 en la fórmula (parámetro  $HN$ ). Por todo ello, la fórmula para calcular el potencial de polinización es la siguiente ecuación 4:

$$(ecuación 4) PS(x) = FR(x) \cdot HN(x)$$

A su vez, para el cálculo de los recursos florales accesibles ( $FR$ ) de la ecuación 2 no se tiene en cuenta la actividad de alimentación relativa de cada especie en función de la estación, ya que se está considerando una especie tipo y no una especie en concreto. Por lo tanto, la ecuación 2 queda de la siguiente manera (ecuación 5):

$$(ecuación 5) FR_{x,s} = \frac{\sum_{x' \in x} \exp\left(-\frac{D_{x,x'}}{\alpha_s}\right) RAI(x')}{\sum_{x' \in x} \exp\left(-\frac{D_{x,x'}}{\alpha_s}\right)}$$

Los cálculos para obtener los mapas ráster con los valores de  $FR$  y  $HN$  se realizaron con el software estadístico R. Se utilizaron los paquetes 'sp', 'rgdal' y 'raster'. Las coberturas de SIOSE se reclasificaron para obtener los mapas de aptitud de las coberturas para albergar nidos ( $HN$ ) y del índice de abundancia relativa de recursos florales con la herramienta 'reclassify' del paquete 'raster', asignando los pesos a cada cobertura indicados en las tablas anteriores.  $FR$  se calculó con la herramienta 'focal' del paquete 'raster' utilizando una vecindad circular de radio igual al radio medio de vuelo considerado. Los mapas resultantes de  $HN$  y  $FR$  se multiplicaron para obtener el mapa de provisión del servicio ecosistémico de polinización. El mapa final se multiplicó por una máscara para otorgar el valor cero a las coberturas artificiales.

Organiza:



Con el apoyo de:



## Bibliografía

---

CARRÉ, G., ROCHE, P., CHIFFLET, R., MORISON, N., BOMMARCO, R., HARRISON-CRIPPS, J., KREWENKA, K. et al. (2009). Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133(1–2). 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.001>.

GREENLEAF, S. S., WILLIAMS, N. M., WINFREE, R., KREMEN, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*. 153(3), 589–96. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>

GRUNDEL, R., JEAN, R. P., FROHNAPPLE, K. J., GLOWACKI, G. A., SCOTT, P. E., PAVLOVIC, N. B. (2010). Floral and nesting resources, habitat structure, and fire influence bee distribution across an open-forest gradient". *Ecological Applications*, 20(6), 1678–92. <https://doi.org/10.1890/08-1792.1>.

KLEIN, A. M., VAISSIERE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. Roy. Soc. B*, 274, 303–313.

POTTS, S. G., VULLIAMY, B., ROBERTS, S., O'TOOLE, C., DAFNI, A., NE'EMAN, G., WILLMER, P. (2005). Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*, 30(1), 78–85. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00662.x>

SHARP, R., TALLIS, H. T., RICKETTS, T., GUERRY, A. D., WOOD, S. A., CHAPLIN-KRAMER, R., NELSON, E., ENNAANAY, D., WOLNY, S., OLWERO, N., VIGERSTOL, K., PENNINGTON, D., MENDOZA, G., AUKEMA, J., FOSTER, J., FORREST, J., CAMERON, D., ARKEMA, K., LONSDORF, E., KENNEDY, C., VERUTES, G., KIM, C. K., GUANNEL, G., PAPENFUS, M., TOFT, J., MARSIK, M., BERNHARDT, J., GRIFFIN, R., GLOWINSKI, K., CHAUMONT, N., PERELMAN, A., LACAYO, M. MANDLE, L., HAMEL, P., VOGL, A. L., ROGERS, L., BIERBOWER, W., DENU, D., AND DOUGLASS, J. (2018). *InVEST 3.7.0 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

Organiza:



Con el apoyo de:

