

SERVICIO	Polinización por insectos	TIPOLOGÍA	Regulación	ÁMBITO	Ecosistemas
-----------------	----------------------------------	------------------	-------------------	---------------	--------------------

CLASIFICACIÓN CICES:	Polinización (2.2.2.1)
-----------------------------	-------------------------------

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO: Los insectos que viven en los ecosistemas, mediante la visita a las flores en busca del néctar o el polen para su alimentación, contribuyen al proceso de polinización de la vegetación. En el caso de determinados cultivos se trata de un proceso clave para la producción de alimentos. La cantidad y calidad de estos servicios de polinización dependen de la abundancia, riqueza y oferta de insectos proveedores del servicio en los ecosistemas.

1. OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener una valoración del servicio correspondiente a la polinización en unidades biofísicas para los ecosistemas andaluces. • Obtener una valoración del servicio correspondiente a la polinización en unidades monetarias para los ecosistemas andaluces.
--------------------	--

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN: Para la valoración de este servicio se ha utilizado una metodología de aproximación biofísica y monetaria, más concretamente una metodología fundamentada en la aplicación del modelo de polinización incluido en la herramienta InVEST para evaluación de servicios ecosistémicos y en una metodología de aproximación monetaria basada en el intercambio de precios de mercado.

2.2 FUENTES DE INFORMACIÓN: Las fuentes de información utilizadas han sido las siguientes:

- Modelo de polinización de la herramienta InVEST para evaluación de servicios ecosistémicos
- Información bibliográfica para la definición de los valores de los parámetros de entrada necesarios para la aplicación del modelo de InVEST. El modelo InVEST requiere tres tipos de datos de entrada:
 - Mapa de cubiertas del suelo
 - Tabla de datos biofísicos vinculada a las cubiertas del suelo. En esta tabla se deben incluir, para cada tipo de cubierta, dos valores de índices: índice relativo de la disponibilidad del tipo de anidamiento para polinizadores (valores entre 0 y 1), índice relativo de abundancia de flores para una estación dada (valores entre 0 y 1).
 - Tabla de datos por especie o grupo de polinizadores. En esta tabla se deben incluir, por cada especie o grupo de polinizadores, los siguientes datos: índice de anidación por cada sustrato susceptible de anidación (valores entre 0 y 1), índice de actividad de polinización para una estación dada (valores entre 0 y 1), distancia media de vuelo de las especies o grupos para visitar las flores (alpha), abundancia relativa de la especie/grupo (indica el peso relativo de la especie o grupo respecto del total de polinizadores).
- Valor de dependencia de diferentes cultivos respecto de la polinización, extraído de la bibliografía (Zulian et al., 2013b)
- Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía. Periodo 2010-2016 (datos de producción y precio percibido por los agricultores por cultivo)
- Cartografía de ecosistemas de Andalucía (Año 2019)

2.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:

- 1 | Para cada tipo de ecosistemas de nivel 3 procedente de la cartografía de ecosistemas de Andalucía 1:10000 (año 2019), considerada como cartografía de cubiertas del suelo en nuestro cálculo, se asignó un valor del índice relativo de anidamiento de los polinizadores y del valor relativo de la abundancia de flores, de acuerdo a la información consultada en bibliografía (Zulian et al., 2013a; Groff et al., 2016; Cunningham et al., 2018) y el criterio experto. Para ello, la cartografía de ecosistemas se rasterizó a tamaño de píxel 10x10 para hacerla compatible con los datos de los polinizadores que se obtuvieron de la bibliografía.
- 2 | Por otro lado, se realizó una revisión bibliográfica para definir los parámetros necesarios para el modelo en relación con las especies y grupo de polinizadores (Zulian et al., 2013a; Cunningham et al., 2018). Dada la escasa disponibilidad de información relativa a los parámetros referidos para diferentes especies polinizadoras de Andalucía, España e incluso Europa se optó, en una primera aproximación, por incluir exclusivamente la especie *Apis mellifera* y tomar por defecto los valores encontrados en la bibliografía para los parámetros: índice de anidación por cada sustrato susceptible de anidación, índice de actividad de polinización para una estación dada, distancia media de vuelo de las especies o grupos para visitar las flores, abundancia relativa de la especie/grupo.
- 3 | Una vez asignados los diferentes valores para los parámetros de entrada del modelo de polinización de InVEST se procedió a introducir los datos y correr el modelo.
- 4 | El modelo proporciona como resultados una capa raster (resolución 10x10) con valores de abundancia de polinizadores y oferta/suministro de polinizadores para cada píxel. El valor de oferta/suministro de polinizadores se calcula en función de los sitios de anidación disponibles en ese píxel, los recursos florales (es decir, los alimentos) en los píxeles circundantes y la abundancia relativa de la especie de polinizador en cuestión.
- 5 | Para la asignación de los valores resultantes del modelo a cada ecosistema de los contemplados en la cartografía de ecosistemas de Andalucía, se calcularon las estadísticas zonales como tabla, es decir, diferentes valores del raster para cada polígono de la capa de ecosistema, asignándose finalmente como valor de cada parámetro resultante del modelo de cada polígono de ecosistema la media del valor de todas las celdas del raster que quedan incluidas en dicho polígono.
- 6 | Finalmente, para cada uno de los tipos ecosistémicos definidos a nivel 3, se calculó un valor promedio de cada parámetro resultante del modelo de polinización. Este valor se calculó ponderando el valor del parámetro del modelo asignado a cada polígono perteneciente al mismo ecosistema en función de la superficie que ocupa respecto del área total ocupada por dicho ecosistema en Andalucía.
- 7 | Por otro lado, se obtuvieron del anuario de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía para el periodo 2010-2016 los datos correspondientes a superficie (ha), producción (t) y precio medio recibido por los agricultores (€/100 kg) para cada una de las especies agrícolas integradas en los diferentes tipos de ecosistemas agrícolas de la cartografía de ecosistemas de Andalucía y se asignó a cada especie un valor de dependencia de la polinización en función de la disponibilidad de información bibliográfica (Zulian et al., 2013b). En algunos casos fue necesario el uso de proxy, que se utilizaron como representación del conjunto las especies integradas en un tipo ecosistémico. Ejemplo: Cultivos herbáceos, proxy: girasol; cultivos bajo plástico, proxy: tomate; cultivos tropicales, proxy: aguacate.
- 8 | Para cada uno de los tipos de ecosistemas se calculó un valor promedio de producción y precio percibido por los agricultores por hectárea (€/ha) en el periodo 2010-2016. El valor promedio del precio se ponderó en función del precio percibido para cada especie integrada en un ecosistema (ver ficha servicio de producción plantas cultivadas) mediante el uso de un ratio calculado en función de la producción de cada especie respecto de la producción total del ecosistema. Los valores promedio de producción y precio se multiplicaron por el porcentaje de dependencia de cada cultivo (haciendo uso de los proxy correspondientes) para determinar la pérdida de producción y precio que deberían esperar los agricultores como consecuencia de la polinización.

VALOR DEL SERVICIO



ECOSISTEMA

POLINIZACIÓN EN ANDALUCÍA



2.4 INDICADORES OBTENIDOS:

- **Unidades biofísicas:** Índice de abundancia e índice de suministro/oferta/distribución de polinizadores (adimensional)
- **Unidades monetarias:** Precio por hectárea percibido por los agricultores que se pierde como consecuencia de la falta de polinización (€/ha año)

3. VALORACIÓN Y MEJORAS METODOLÓGICAS

- Se dispone de información cartográfica de ecosistemas que se irá actualizando con periodicidad mínima anual.
- Una mayor disponibilidad de información específica sobre polinizadores en los ecosistemas de Andalucía para la determinación de parámetros del modelo INVEST mejoraría sustancialmente los resultados obtenidos. En este sentido, se propone desarrollar y profundizar en estudios cuyo objetivo sea la recogida de información sobre polinización y polinizadores en el ámbito andaluz, con el objetivo de ir superando las importantes lagunas de conocimiento existentes en la actualidad.
- La disponibilidad de información de mayor detalle sobre la dependencia de la producción de los cultivos presentes en Andalucía respecto de la polinización permitirá mejorar las estimaciones económicas realizadas.

4. RESULTADOS

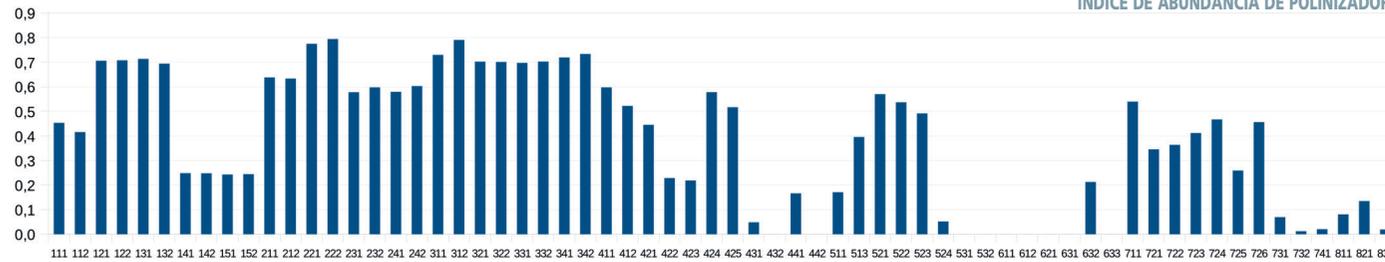
4.1 Análisis y resultados

En relación con el valor del servicio en términos biofísicos, los matorrales húmedos con arbolado aislado y los lastonares y pastizales de alta montaña con arbolado aislado fueron los ecosistemas con mayor índice de abundancia de polinizadores con un valor medio ponderado 0,79. Con unos resultados similares a estos se encontraron los matorrales húmedos, otros pastizales y los lastonares y pastizales de alta montaña sin arbolado, con valores superiores a 0,73. En el polo opuesto, salvaguardando los ecosistemas con escasa o nula cubierta vegetal (acantilados, mares, ecosistemas rocosos, ríos, salinas, cortafuegos, etc) que mostraron un valor de índice de abundancia de 0, los cultivos herbáceos distintos del arroz y las áreas urbanas fueron los ecosistemas con valores más bajos (<0,02).

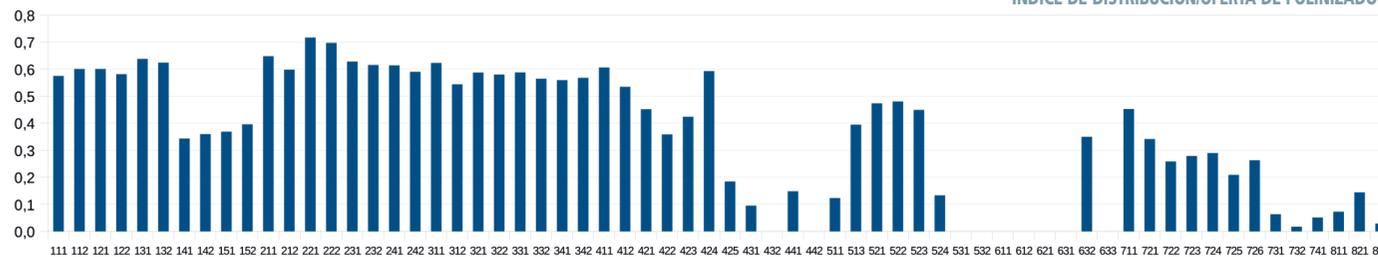
En lo referente a los valores de oferta/suministro de especies polinizadoras, nuevamente los ecosistemas de matorral húmedo y de alta montaña, junto con los ecosistemas de bosques caducifolios densos mostraban los registros más elevados con valores superiores a 0,63. En cuanto a los ecosistemas con menor oferta/distribución de especies se observó una coincidencia absoluta con los resultados de abundancia.

En lo referente a la distribución geográfica de la provisión del servicio, destacan los valores que alcanzan los índices calculados para todo el conjunto de las sierras Subbéticas, desde la serranía de Cádiz hasta Mágina, para las sierras de Cazorla, Segura y las Villas, para Doñana y para determinados sectores de Sierra Morena. Son igualmente significativos los valores alcanzados en Sierra Nevada y, en general, en toda Andalucía oriental.

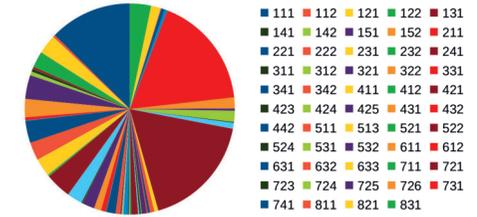
ÍNDICE DE ABUNDANCIA DE POLINIZADORES



ÍNDICE DE DISTRIBUCIÓN/OFERTA DE POLINIZADORES



DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES POR ECOSISTEMA



- 111 Formaciones adehesadas de quercíneas y otras frondosas
- 112 Otros pastizales arbolados
- 121 Bosques mediterráneos esclerófilos densos
- 122 Bosques mediterráneos esclerófilos dispersos
- 131 Bosques caducifolios densos
- 132 Bosques caducifolios dispersos
- 141 Bosques de coníferas densas
- 142 Bosques de coníferas dispersas
- 151 Cultivos forestales y otras plantaciones arbóreas densas
- 152 Cultivos forestales y otras plantaciones arbóreas dispersas
- 211 Matorral de alta montaña
- 212 Matorral de alta montaña con arbolado aislado
- 221 Matorral húmedo
- 222 Matorral húmedo con arbolado aislado
- 231 Matorral árido
- 232 Matorral árido con arbolado aislado
- 241 Matorral esclerófilo
- 242 Matorral esclerófilo con arbolado aislado
- 311 Lastonares y pastizales de alta montaña
- 312 Lastonares y pastizales de alta montaña con arbolado aislado
- 321 Herbazales, juncales y prados húmedos
- 322 Herbazales, juncales y prados húmedos con arbolado aislado
- 331 Espartales y cerrillares áridos y semiáridos
- 332 Espartales y cerrillares áridos y semiáridos con arbolado aislado
- 341 Otros pastizales
- 342 Otros pastizales con arbolado aislado
- 411 Matorrales de arenales interiores con arbolado aislado
- 412 Matorrales de arenales interiores
- 421 Bosques dunares
- 422 Cultivos forestales sobre dunas
- 423 Matorrales dunares con arbolado
- 424 Matorrales dunares
- 425 Formaciones húmedas dunares
- 431 Playas, dunas y arenales costeros con escasa vegetación
- 432 Acantilados
- 441 Marismas, lagunas costeras, salinas tradicionales y albuferas
- 442 Mares y estuarios
- 511 Turberas
- 513 Lagunas continentales
- 521 Bosques en galería
- 522 Matorrales fluviales
- 523 Cañaverales, juncales, carrizales y eneales
- 524 Cauces con escasa o nula vegetación y ramblas
- 531 Salinas industriales y piscifactorías
- 532 Ríos canalizados, embalses, balsas de riego y láminas de agua artificial
- 611 Roquedos, riscos, canchales y pedregales de alta montaña
- 612 Roquedos, riscos, canchales y pedregales
- 621 Cuevas, simas, galerías y pedregales
- 631 Cortafuegos
- 632 Áreas degradadas
- 633 Suelo desnudo
- 711 Mosaicos agrarios de valor ecológico
- 721 Olivar
- 722 Cítrico
- 723 Tropical
- 724 Frutal de cáscara
- 725 Viñedo
- 726 Otros cultivos leñosos
- 731 Cultivos herbáceos distinto de arroz
- 732 Arrozales
- 741 Cultivos bajo plástico
- 811 Áreas verdes en zonas urbanas e industriales
- 821 Vías de comunicación
- 831 Áreas urbanas e industriales

4. RESULTADOS

En términos de producción agrícola y valor monetario, los ecosistemas que se verán afectados en mayor medida respecto de su producción de referencia serán el almendro, los cultivos tropicales (proxy aguacate) y otros leñosos no cítricos, con valores de pérdida de producción estimada de 0,18 t/ha (valor referencia: 0,27 t/ha) para almendro, 6,6 t/ha (valor referencia: 10,2 t/ha) para tropicales y 8 t/ha (valor referencia: 12,3 t/ha) para otros leñosos no cítricos. Estos valores de pérdida de producción por ecosistema se traducen en unas pérdidas económicas en función del precio percibido por los agricultores, que se estiman en: 246,6 €/ha para almendro (valor referencia: 379,4 €/ha), 1.600,5 €/ha para cultivos tropicales (valor referencia: 2.462,4 €/ha) y 7.064,4 €/ha (valor de referencia: 10.868,4 €/ha) para otros leñosos no cítricos. Por su parte, cultivos como los cítricos verán afectada su producción en menor medida (pérdida: 22,22 t/ha; referencia: 1,11 t/ha) y su repercusión económica será, por tanto, más limitada (pérdida: 267,7 €/ha; referencia: 5.353,7 €/ha).

4.2 Discusión de resultados – Diagnóstico del servicio

Los resultados obtenidos para los índices de abundancia y suministro/oferta de polinizadores deben explicarse en función de los parámetros utilizados por el modelo de InVEST para la obtención de sus resultados. De este modo, resulta esperable que ecosistemas con menor capacidad de anidamiento de polinizadores y menor abundancia de flores tengan resultados más negativos que aquellos en los que la oferta y abundancia es mayor. Un claro ejemplo de

ello son los resultados obtenidos para los ecosistemas de acantilados, rocas, salinas y ecosistemas acuáticos en comparación con ecosistemas de matorral, pastizal e incluso bosques densos.

Para el análisis de los resultados asociados a la producción agrícola y el valor monetario vinculado a la producción, con independencia de la influencia que la heterogeneidad de la producción y el precio percibido por los agricultores tiene en función del cultivo considerado en cada momento (ver ficha del servicio de producción plantas cultivadas para más detalle), los resultados obtenidos están significativamente asociados al factor de dependencia del cultivo en términos de polinización. De esta manera, cultivos como el almendro, los cultivos tropicales y otros cultivos leñosos no cítricos, que mostraron una mayor afección de la producción y valor monetario relativo, deben dichos resultados a su mayor dependencia de la polinización, que se estimó en un porcentaje del 65% en todos los casos, de acuerdo con la información bibliográfica disponible.

Sin embargo, para una correcta interpretación de las estimaciones económicas obtenidas, debe tenerse en consideración que los cálculos se han realizado utilizando diferentes especies (proxy) como representativas de los diversos tipos de ecosistemas agrícolas. Es el caso de los cultivos herbáceos, en los que se utilizó el girasol; los cultivos bajo plástico, en los que se utilizó el tomate o los cultivos tropicales, en los que se utilizó el aguacate. Los datos de producción utilizados para el cálculo hacen referencia a valores medios para el conjunto de especies pertenecientes a cada tipo ecosistémico, no exclusivamente a la especie utilizada como proxy, que es dependiente de la polinización. Por tanto, no todas las especies agrícolas incluidas en un mismo tipo ecosistémico son dependientes de la polinización (ejemplo: cereales dentro de cultivos herbáceos), por lo que los resultados obtenidos tanto en términos de producción como económicos son una primera estimación basada en valores medios de producción para cada tipo ecosistémicos y tomando como referencia del grupo un proxy, que necesariamente es una especie dependiente de la polinización según la información disponible en bibliografía.

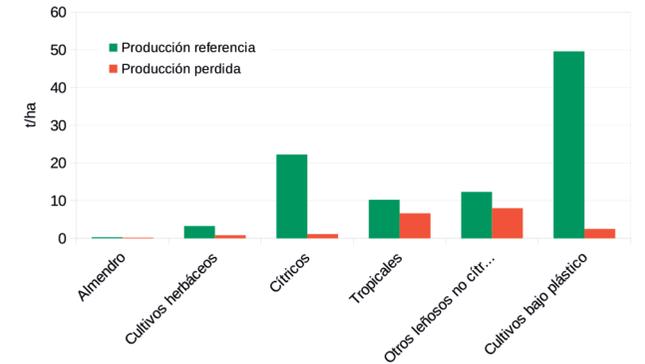
5. CONCLUSIONES

- Los matorrales húmedos con arbolado aislado y los lastonares y pastizales de alta montaña con arbolado aislado fueron los ecosistemas con mayor índice de abundancia de polinizadores con un valor medio ponderado 0,79. En lo referente a los valores de oferta/suministro de especies polinizadoras, a los matorrales húmedos y de alta montaña, se unieron los bosques caducifolios densos como los ecosistemas más destacados (valor > 0,63).
- Los ecosistemas con escasa o nula cubierta vegetal como acantilados, mares, ecosistemas rocosos, ríos, salinas, cortafuegos, etc. mostraron valores nulos de abundancia de polinizadores y de oferta/distribución de especies polinizadoras. Con la salvedad de los ecosistemas de valor nulo, los cultivos herbáceos distintos del arroz y las áreas urbanas fueron los ecosistemas con valores más bajos.
- El almendro, los cultivos tropicales y otros cultivos leñosos no cítricos fueron los ecosistemas que mostraron las mayores pérdidas de producción por el efecto de la polinización y, por tanto, sufrieron las mayores pérdidas económicas en función del precio percibido por los agricultores. Estas pérdidas se estimaron en: 246,6 €/ha para almendro, 1.600,5 €/ha para cultivos tropicales y 7.064,4 €/ha para otros leñosos no cítricos.

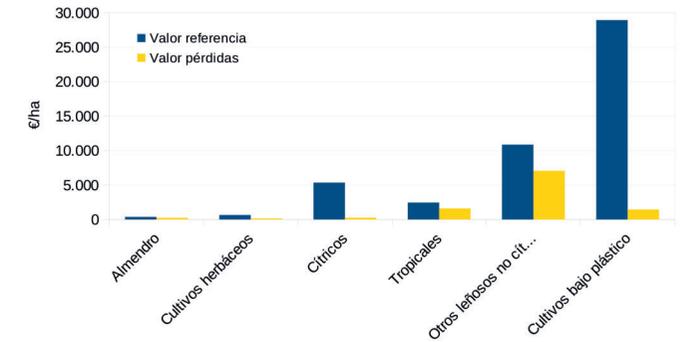
6. BIBLIOGRAFÍA

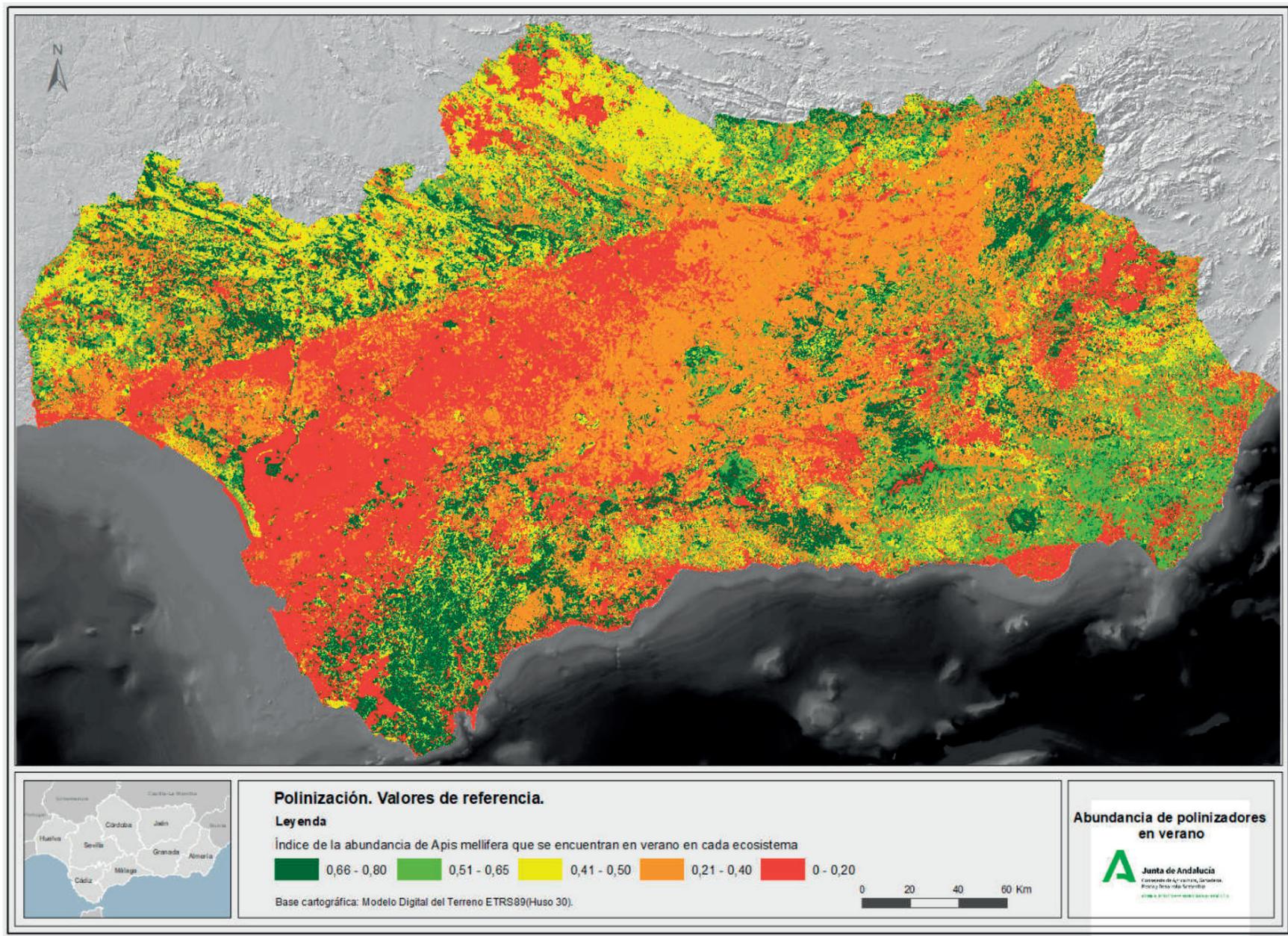
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (2019). Anuario de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía 2010-2016 (online). Junta de Andalucía.
- Cunningham C, Peter Tyedmers & Kate Sherren (2018) Primary data in pollination services mapping: potential service provision by honey bees (*Apis mellifera*) in Cumberland and Colchester, Nova Scotia, International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 14:1, 60-69.
- Groff, S. C., C. S. Loftin, F. Drummond, and S. Bushmann. (2016). Parameterization of the InVEST crop pollination model to spatially predict abundance of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) native bee pollinators in Maine, USA. Environmental Modelling and Software 79:1-9.
- Zulian, G., Maes, J. & Paracchini, M.L. (2013a) Linking land cover data and crop yields for mapping and assessment of pollination services in Europe. Land, 2, 472- 492.
- Zúlian G., Paracchini M.L., Maes J., Liqueste C., (2013b). ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale. EUR 26474. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Burkhard B, Maes J (Eds.) (2017) Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.
- EU FP7 OpenNESS Project (2017). Deliverable 33-44, Barton, D.N. and P.A. Harrison (Eds.). Integrated valuation of ecosystem services. Guidelines and experiences. European Commission FP7.
- Moreira, J.M., Montes, C., García, M.R. (Coord.). (2012). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. 184 pp.
- PROVIDE (2018). PROVIDING smart DELIVERY of public goods by EU agriculture and forestry. H2020-ISIB-2014-2; Topic: ISIB-01-2014.
- REDIAM (2019). Cartografía de Ecosistemas de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.

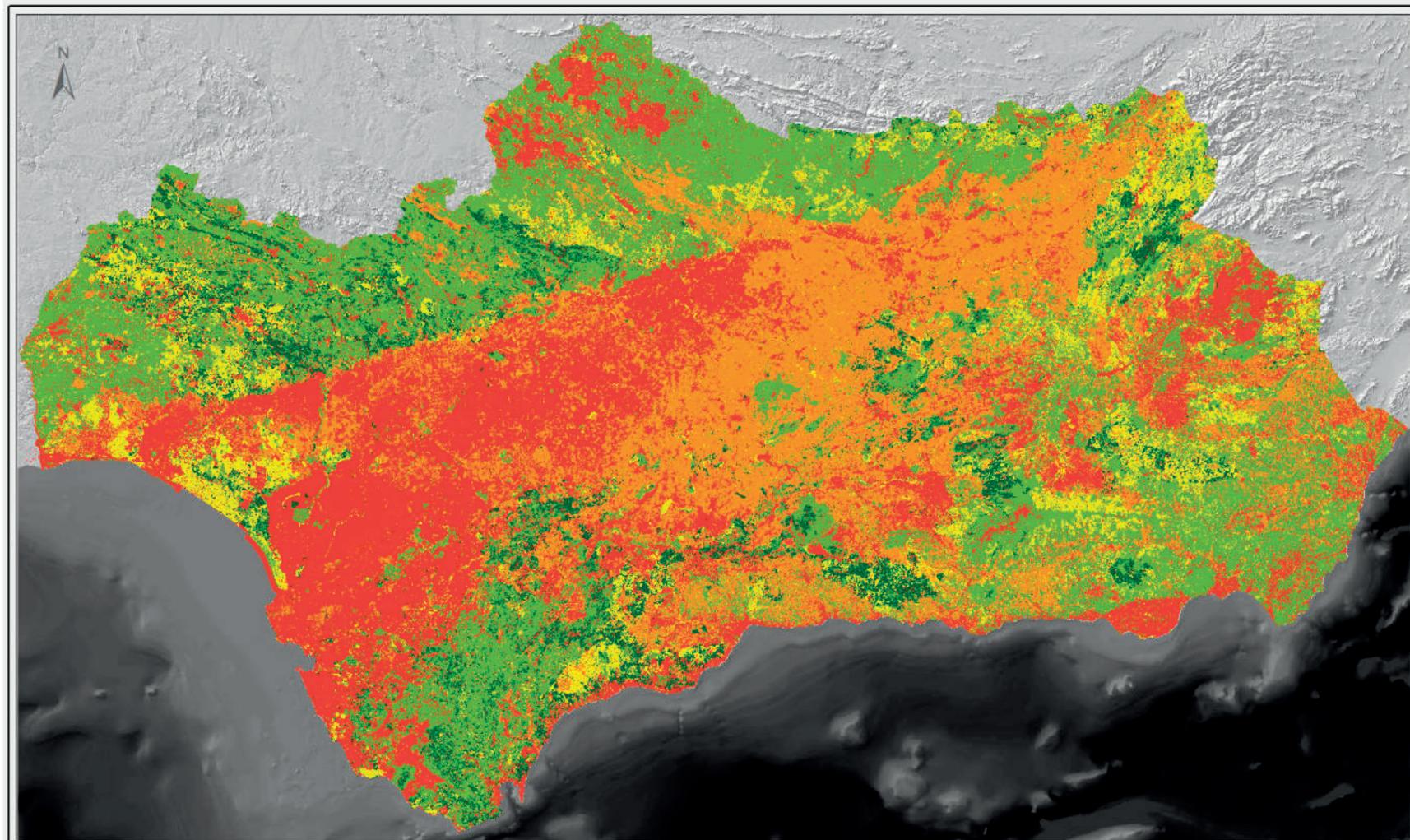
PRODUCCIÓN CULTIVOS



VALOR ECONÓMICO PRODUCCIÓN (PRECIO PERCIBIDO AGRICULTORES)







Polinización. Valores de referencia.

Leyenda

Índice de suministro de Apis mellifera que anidan en verano en cada ecosistema

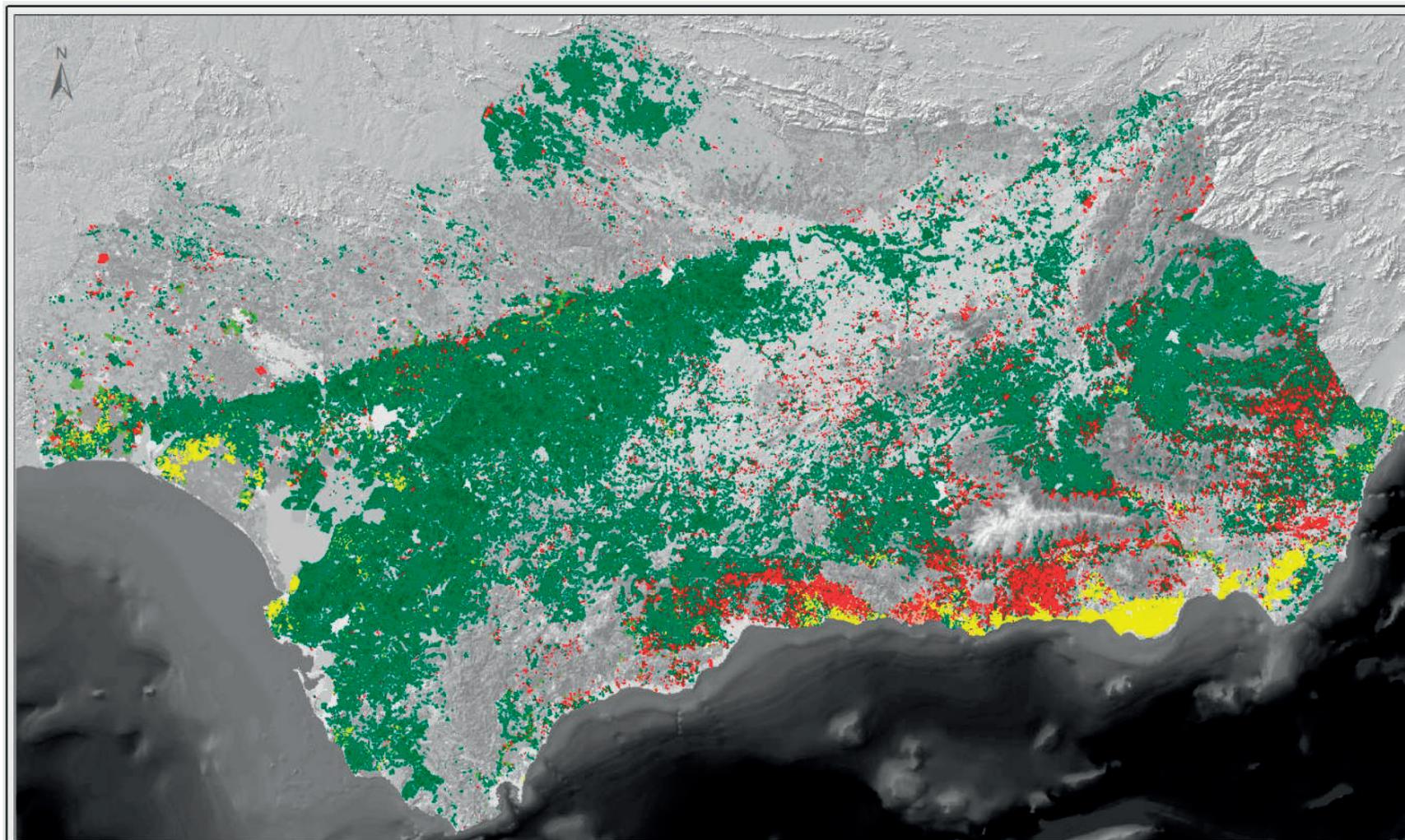


Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).



Suministro de polinizadores en verano





Polinización. Valores de referencia.

Legenda

Pérdidas en la producción debido a la falta de polinizadores en cada ecosistema agrícola (Tm/ha año)



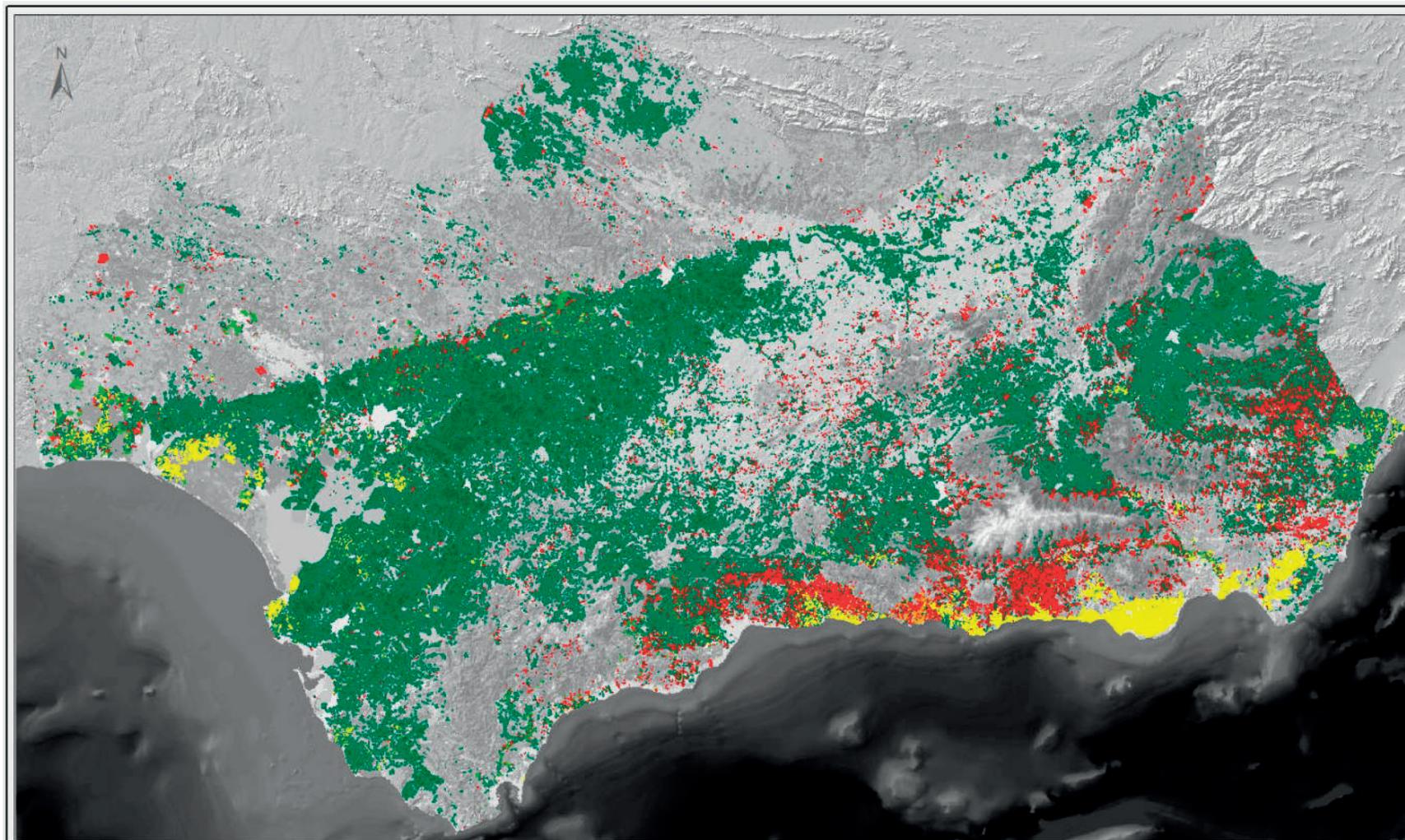
Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).



Pérdidas en la producción debido a la falta de polinizadores



Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería,
 Pesca y Desarrollo Sostenible
 Dirección de Investigación y Estadística Agraria



Polinización. Valores económicos de referencia.

Leyenda

Pérdidas económicas debido a la falta de polinizadores en cada ecosistema agrícola (€/ha año)

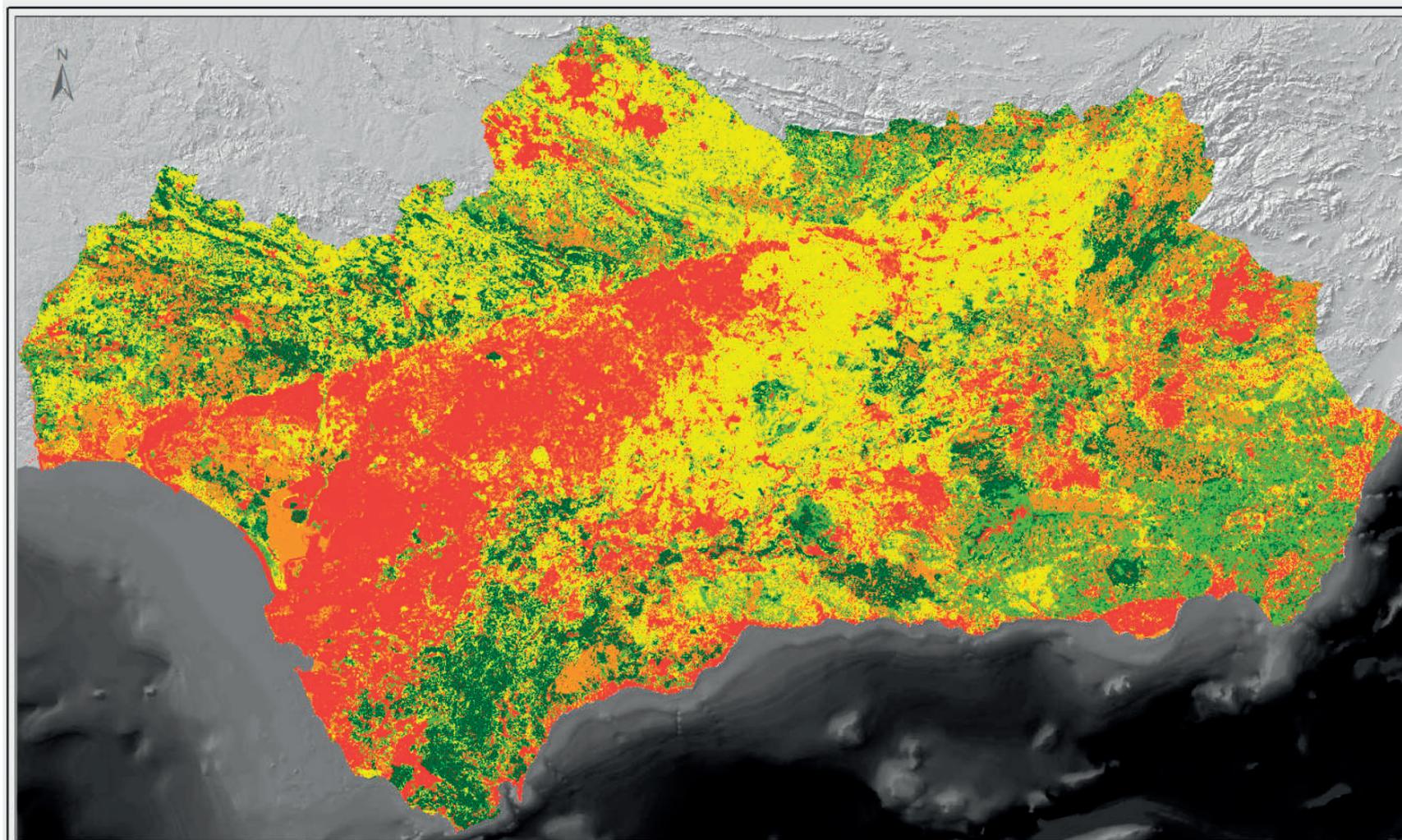
Red	3.001 - 7.100	Orange	1.501 - 3.000	Yellow	501 - 1.500	Light Green	251 - 500	Dark Green	150 - 250
-----	---------------	--------	---------------	--------	-------------	-------------	-----------	------------	-----------

Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).

0 20 40 60 Km

Pérdidas económicas debido a la falta de polinizadores

Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería,
 Pesca y Desarrollo Sostenible
 Dirección de Investigación y Estadística



Polinización. Valores reales.

Leyenda

Índice de la abundancia de *Apis mellifera* que se encuentran en verano

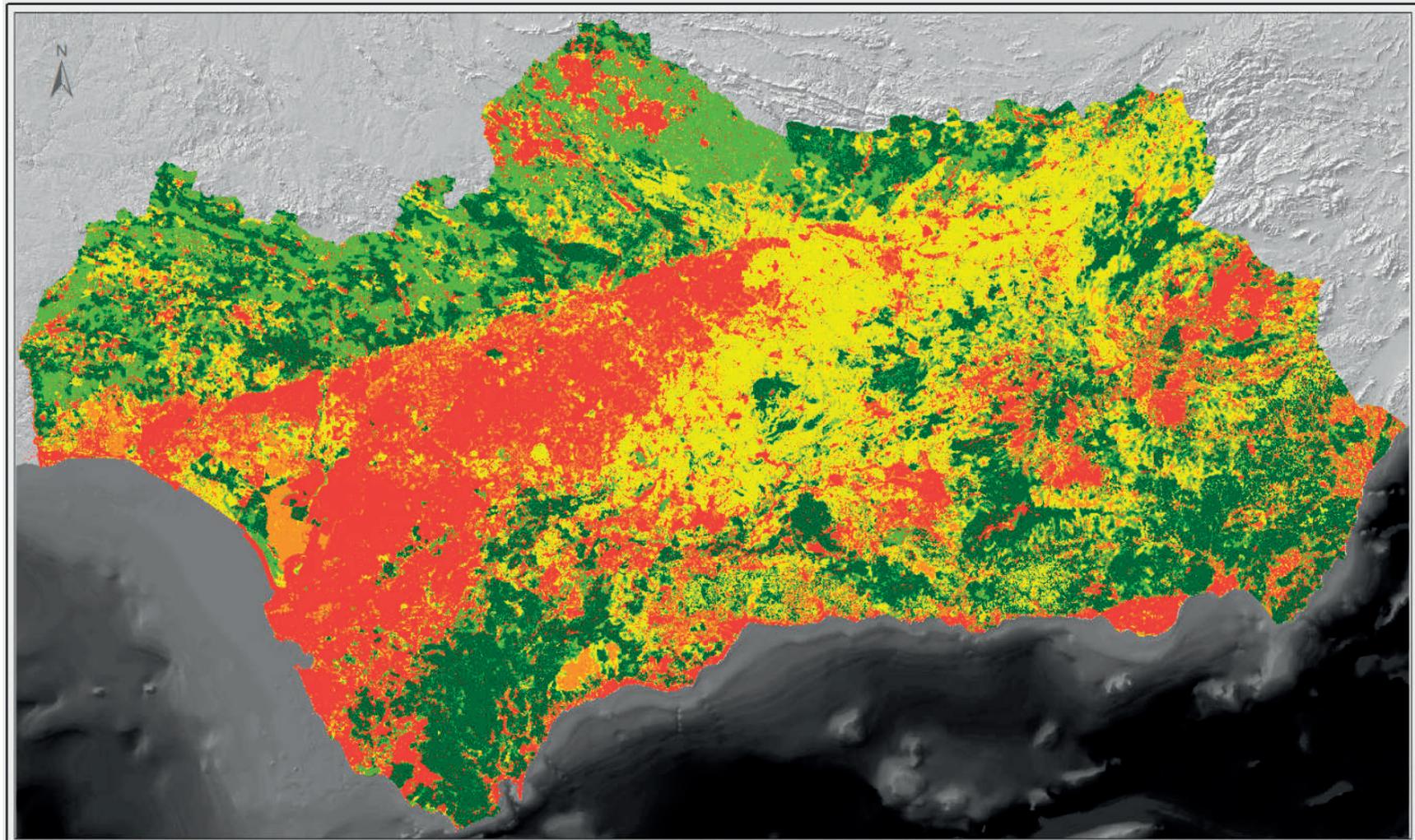


Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).



Abundancia de polinizadores en verano





Polinización. Valores reales.

Leyenda

Índice de suministro de Apis mellifera que anidan en verano



Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).



Suministro de polinizadores en verano

