

SERVICIO Captación y almacenamiento de dióxido de carbono (CO2) por la vegetación terrestre **TIPOLOGÍA** Regulación **ÁMBITO** Ecosistemas

CLASIFICACIÓN ICES: Filtración/secuestro / almacenamiento por microorganismos, algas, plantas y animales (2.1.1.2)

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO: La captación y almacenamiento de CO2 por parte de las plantas terrestres ejerce un servicio de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que se retira CO2 atmosférico y se fija en la estructura vegetal mediante fotosíntesis, mejorando las condiciones frente al cambio climático. Se analiza la capacidad de los ecosistemas para la captación y almacenamiento CO2

- 1. OBJETIVO**
- Obtener una valoración del servicio correspondiente al secuestro y almacenamiento de carbono en unidades biofísicas para los ecosistemas andaluces.
 - Obtener una valoración del servicio correspondiente al secuestro y almacenamiento de carbono 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 el uso de datos de densidades de carbono (mediciones indirectas) y una metodología basada en el intercambio de precios de mercado (precio medio de los derechos de emisión en la UE - EUA).

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

- Información procedente del proyecto RECAMAN para los datos de stock de carbono (valores de densidad, tC/ha) en el reservorio biomasa viva (BV) forestal y cartografía por teselas del MFE50
- Información procedente de bibliografía de referencia para datos de stock de carbono (valores de densidad, tC/ha) en los reservorios biomasa viva agrícola y reservorios suelo (SOC) y materia muerta (MM) para ecosistemas forestales, agrícolas y de pastizal
- Datos de precio de mercado de la tonelada de carbono (CO2) en la UE (derechos de emisión - EUA) (Fuente: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>)
- Cartografía de ecosistemas de Andalucía disponible en REDIAM. Año 2019

2.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:

- 1 | Se realizó un proceso de integración de la variable relacionada con la tasa por hectárea de carbono acumulado en el reservorio biomasa viva (densidad de carbono-stock) de RECAMAN (teselas del mapa forestal de España (MFE50, 1:50.000)) en la cartografía de base de ecosistemas en Andalucía (apoyada en SIPNA 1:10.000). Dicho proceso consistió en realizar una intersección de las teselas de RECAMAN con los polígonos de la cartografía de ecosistemas con potencialidad para el secuestro de carbono (polígonos con presencia de vegetación forestal confirmada en SIPNA). A continuación, se calculó, para cada polígono de SIPNA (ecosistemas), un valor único de tasa de carbono acumulado, procedente de la media ponderada, en función de la superficie, de los valores de stock de carbono de las diferentes teselas de RECAMAN que intersectaban con dicho polígono. Posteriormente se identificaron los polígonos de la cartografía de ecosistema que tenían confirmada presencia de especies forestales, pero que no obstante, no coincidían espacialmente con teselas que tuvieran valor de tasa de carbono acumulada en RECAMAN y, por tanto, no tenían valor de tasa de carbono asignado. A dichas superficies se les asignó el valor medio de la tasa de carbono acumulada por cada tipo de ecosistema.
- 2 | Con el objeto de validar el proceso de integración de la información de RECAMAN se comparó el valor de stock en biomasa viva forestal de RECAMAN con el valor de stock que se obtenía de la integración de la información de RECAMAN en la cartografía de ecosistemas. La desviación del stock entre ambas informaciones mostró una variabilidad próxima al 6%.
- 3 | Para cada uno de los tipos de ecosistemas forestales se calculó un valor promedio de carbono acumulado por hectárea (tC/ha) en el reservorio biomasa viva. El valor promedio se calculó de forma ponderada en función de la densidad de carbono acumulado en cada uno de los polígonos (unidades geométricas) pertenecientes a un ecosistema específico mediante el uso de un ratio calculado en función de la superficie ocupada por cada polígono respecto de la superficie total del ecosistema forestal (específico) en cuestión.
- 4 | Puesto que la información de origen de RECAMAN no incluía ecosistemas diferentes de los forestales, para la evaluación del reservorio biomasa viva en los ecosistemas agrícolas se realizó una revisión bibliográfica de valores de referencia para densidad de carbono acumulada en los principales agroecosistemas leñosos de Andalucía (olivar, cítricos, viñedo). Estos valores de referencia de la bibliografía se asignaron al resto de cultivos leñosos del mapa de ecosistemas andaluz, de acuerdo al siguiente criterio: frutos de cáscara=olivar; tropicales y otros frutales=cítricos. Por su parte, para el reservorio biomasa viva en los ecosistemas vegetales no leñosos se consideró un balance neutro de carbono a lo largo del ciclo de vida de estas formaciones no leñosas y no se consideró en el cálculo. Esta aproximación metodológica está en consonancia con las directrices para la elaboración de inventarios de GEI del IPCC para nivel 1 de inventario.
- 5 | Para el resto de reservorios de carbono a contabilizar (materia muerta y carbono orgánico del suelo) en los diferentes ecosistemas se realizó una nueva revisión bibliográfica de valores de referencia de carbono acumulado por hectárea. Finalmente, se asignaron los valores de referencia (no incluyen incidencia del tipo de gestión) para Andalucía procedentes del Inventario Nacional de GEI (NIR 2019) para los ecosistemas de nivel 1 (forestal, agrícola y pastizal) contemplados en la cartografía de ecosistemas de Andalucía.
- 6 | Se obtuvo el precio de mercado promedio del carbono en base al precio de los derechos de emisión en la UE (EUA) y se aplicó a los valores medios de carbono acumulado de cada ecosistema (1 tCO2 equivale a 1 EUA). Para el cálculo del precio de mercado promedio se realizó una evaluación del precio de mercado EUA para la serie histórica 2008-2020 debido a la variabilidad de dicho precio a lo largo del tiempo. El valor resultante de toda la serie fue de 12,5 €/EUA. El valor resultante considerando exclusivamente los últimos 12 meses de mercado fue de 25 €/EUA.
- 7 | Finalmente, los valores promedio por tipo de ecosistema tanto en densidad de carbono como en precio/coste se asignaron a las correspondientes unidades geométricas (polígonos) del mapa de ecosistemas de Andalucía añadiendo dicho valor en la tabla de atributos.
- 8 | El valor de referencia se calculó para cada tipo de ecosistema de Andalucía dividiendo el valor real total de carbono acumulado correspondiente a ese tipo de ecosistema en el conjunto de polígonos (unidades geométricas) de Andalucía entre la superficie de ese tipo de ecosistema en el total de Andalucía.

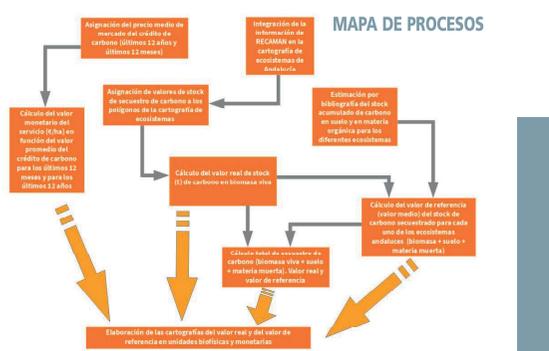
VALOR DEL SERVICIO



ECOSISTEMA



CARBONO EN ANDALUCÍA



- 2.4 INDICADORES OBTENIDOS:**
- **Unidades biofísicas:** Stock/almacén de carbono del ecosistema por hectárea (tC/ha)
 - **Unidades monetarias:** Precio del carbono por hectárea en ecosistemas (€/ha)

3. VALORACIÓN Y MEJORAS METODOLÓGICAS

- Se dispone de información cartográfica de ecosistemas que se irá actualizando con periodicidad mínima anual.
- El proceso de integración de la información de base de RECAMAN en la cartografía de ecosistemas genera algunas incoherencias locales debidas al ajuste geométrico y de escala.
- Los valores de tasa de carbono de RECAMAN derivan de datos procedentes del IFN3. Datos más actualizados sobre las masas podrían contribuir a mejorar la información de base sobre las tasas y el stock de carbono y a reducir el desfase temporal entre los datos de carbono experimentales y la métrica remota para evitar fuentes de error en las estimaciones basadas en este tipo de tecnologías.
- La disponibilidad de información más detallada y específica para los diferentes reservorios BV (ecosistemas agrícolas y vegetación no leñosa), SOC (todos los ecosistemas) y MM (todos los ecosistemas) en función de los diferentes ecosistemas andaluces permitirá mejorar la precisión y calidad de esta primera aproximación.
- Junto con la actualización de los datos del IFN, mejorar la precisión de la localización de las parcelas del inventario permitirá mejorar la precisión y calidad de las estimaciones basadas en la aplicación de datos obtenidos por sensores remotos. Además se contará con la ventaja de una mayor actualización de las estimaciones debida a la mayor frecuencia de actualización de la información obtenida con sensores remotos en comparación con los datos del IFN.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis y resultados

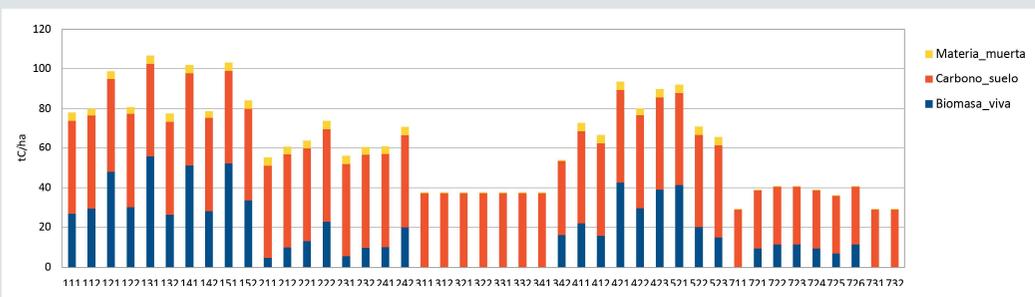
En relación con el valor del servicio tanto en términos biofísicos como monetarios, los bosques caducifolios densos fueron los ecosistemas que acumularon más carbono por hectárea del conjunto de ecosistemas considerados, con un valor de densidad de carbono total de 106,4 tC/ha, lo que supone que habría que pagar entre 4.866 y 9.732 €/ha para emitir el carbono acumulado en ese ecosistema considerando la oscilación del precio de mercado para los derechos de emisión (EUA) durante los últimos 13 años o durante los últimos 12 meses, respectivamente, en Europa. Una valoración del servicio similar se ha observado para los cultivos forestales densos, los bosques de coníferas densos y los bosques mediterráneos esclerófilos densos, con valores biofísicos de densidad en torno a 100 tC/ha (103, 102 y 99 tC/ha, respectivamente) y valores monetarios equivalentes que oscilarían entre 4.709-4.518 €/ha (precio últimos 13 años) y 9.417-9.036 €/ha (precio últimos 12 meses).

En el extremo opuesto se encuentran ecosistemas como los mosaicos agrarios, los cultivos herbáceos distintos del arroz y los arrozales con un carbono total acumulado que no superó las 30tC/ha y que suponen un valor monetario por debajo de 1.380 €/ha (13 años) o 2.745 €/ha (12 meses). Sin embargo, es necesario destacar que estos datos deben interpretarse adecuadamente, ya que el valor del carbono total obtenido en estos ecosistemas corresponde exclusivamente al reservorio suelo y materia muerta, no disponiéndose de información para el reservorio biomasa viva.

En lo que se refiere a los valores reales de provisión del servicio, éstos únicamente se han calculado para la parte correspondiente a la biomasa viva de los terrenos forestales (datos de stock de carbono en biomasa viva procedentes del proyecto RECAMAN). Destacan los valores que alcanza este stock de carbono en algunas zonas de los Parques Naturales de Cazorla, Segura y las Villas y Castril, en Alcornocales, Grazalema, Sierra de las Nieves y Sierra Bermeja, en Montes de Málaga, en los pinares de Doñana, su entorno y el litoral occidental onubense y en sectores concretos de Sierra Morena (formaciones densas de pinares de repoblación). Tal y como era previsible, todas estas zonas se corresponden con formaciones arboladas densas (bosques) y maduras dominadas por pinares, alcornocales, quejigales y pinsapares.

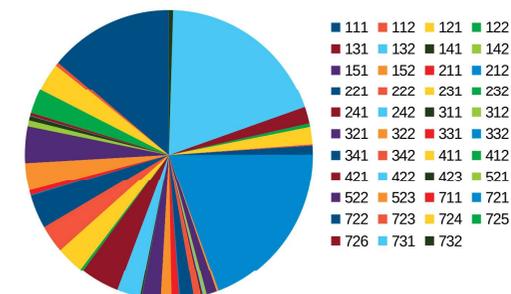
Si se atiende a la importancia de los diferentes reservorios de carbono, destacó la biomasa viva acumulada en los ecosistemas tipo bosque con valores por encima de 40 tC/ha, siendo superiores a 50tC/ha en los bosques caducifolios densos, cultivos forestales y bosques de coníferas densos. Por su parte, los ecosistemas de matorral de alta montaña y los matorrales áridos obtenían densidades de carbono en torno a las 5 tC/ha para la biomasa viva. Conviene también recordar en este momento que los ecosistemas no leñosos no se incorporaron a la estimación del reservorio biomasa viva al no disponer de suficiente información, asumiendo así una aproximación conservativa en el cálculo realizado. La revisión bibliográfica realizada para la estimación de valores de densidad de carbono en los reservorios suelo y materia muerta concluyó asignando una mayor acumulación de carbono para ambos reservorios en los ecosistemas forestales, seguido de los pastizales y finalmente los agrícolas, de acuerdo a la información procedente del NIR 2019. Aunque es cierto que estos valores resultan genéricos y poco precisos dada la diversidad de ecosistemas presentes en Andalucía, también contribuyen de manera destacada a obtener una primera estimación completa (incluyendo el total de reservorios) del servicio para el conjunto de ecosistemas andaluces.

Por último, ecosistemas destacados por su extensión en Andalucía como las formaciones adehesadas de quercíneas y otras frondosas (14% superficie considerada en el análisis) obtuvieron densidades de carbono de 77,4 tC/ha (3.542-7.084 €/ha), lo que coloca a estos ecosistemas dentro del rango de los que mayor contenido de carbono y valor monetario acumulan en Andalucía. Por su parte, los ecosistemas agrícolas como el olivar y los cultivos herbáceos distintos del arroz, representados por más de un 19% de la superficie analizada en cada caso, mostraron valores de carbono acumulados de 39 tC/ha (1.785- 3.569 €/ha) y 29,4 tC/ha (1.343-2.686 €/ha), respectivamente. En el caso de los cultivos herbáceos se vuelve a poner de manifiesto que el reservorio biomasa viva no formó parte de la estimación.



ALMACÉN DE CARBONO (DENSIDAD)

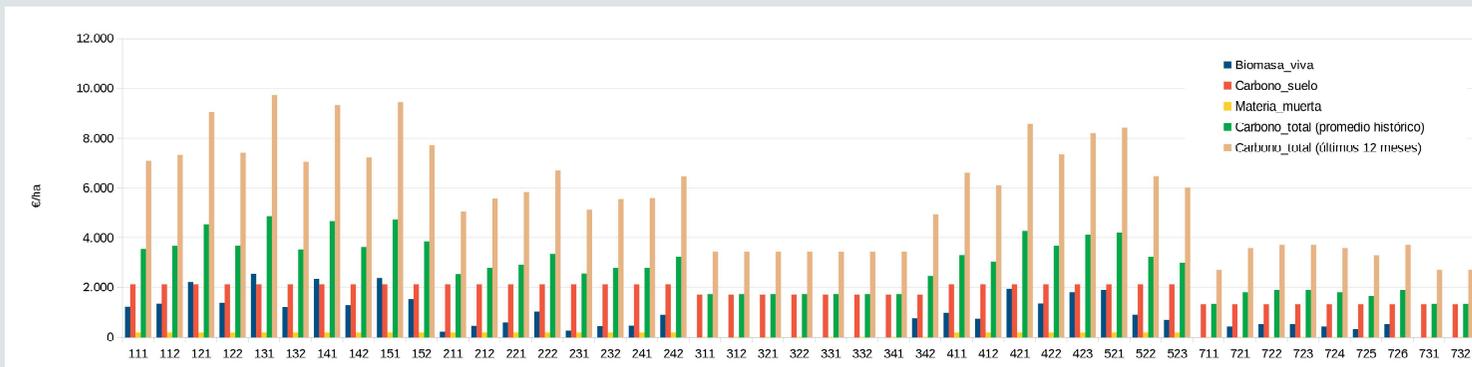
DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES POR ECOSISTEMAS



- 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
- 521 Bosques en galería
- 522 Matorrales fluviales
- 523 Cañaverales, juncales, carrizales y eneales
- 711 Mosaicos agrarios de valor ecológico
- 721 Olivar
- 722 Cítrico
- 723 Tropical
- 724 Frutas de cáscara
- 725 Viñedo
- 726 Otros cultivos leñosos
- 731 Cultivos herbáceos distinto de arroz
- 732 Arrozales

4. RESULTADOS

PRECIO DEL CARBONO (DERECHOS DE EMISIÓN- EUA)

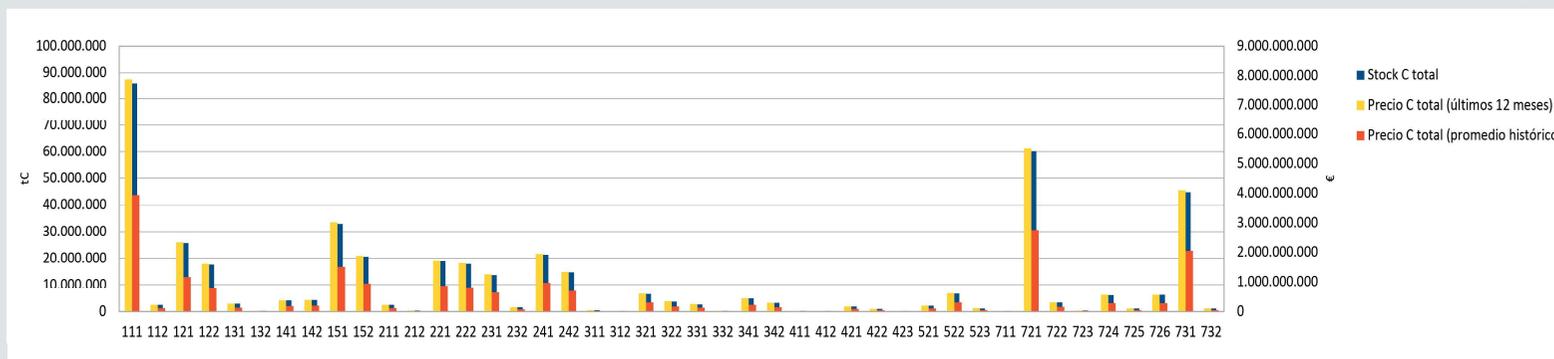


Por otro lado, si centramos la atención en el análisis de resultados relativos a almacén de carbono total (stock total) se observan algunos cambios en comparación con los obtenidos para la densidad de carbono acumulado (tC/ha). Los ecosistemas que más carbono almacenaron en Andalucía fueron las formaciones adehesadas de quercíneas y otras frondosas con un stock de C total de 86.083.440 tC, seguido del olivar y los cultivos herbáceos distintos del arroz con valores superiores a los 60 M t C y 44,8 M t C, respectivamente. En el polo opuesto se encontrarían los ecosistemas de matorrales dunares con arbolado con un stock ligeramente inferior 180 t C, seguido de los mosaicos agrarios y los matorrales sobre arenales interiores con 11.058 y 27.750 tC, respectivamente. Lógicamente, en términos económicos la importancia por ecosistemas se mantiene invariable, con las formaciones adehesadas de quercíneas y otras frondosas en primer lugar (3.938,3 M€ - 7.876,6 M€), seguida del olivar (2.755,2 M€ - 5.510,5 M€) y los cultivos herbáceos (2.052,3 M€ - 4.104,7 M€) y con los matorrales dunares con arbolado ocupando el último peldaño del valor monetario (8.165,5 € - 16.131 €).

Si se analizan los datos de forma agrupada de acuerdo con el nivel 1 y 2 de ecosistemas correspondiente a la cartografía de ecosistemas de Andalucía (N1 y N2, tabla adjunta), los ecosistemas con mayor almacén de carbono total (stock total) fueron los bosques con un valor de 196.403.848,40 tC (8.985-17.970 M€), seguido de los ecosistemas agrícolas con un valor de 122.883.343,41 tC (5.621-11.243 M€) y desplazando a los ecosistemas dunares y de interior al almacén de C más bajo con un valor que no superó los 3M tC (134-268 M€). El resto de ecosistemas mantuvieron almacenes de carbono intermedios con importantes oscilaciones entre sí, como demuestran los datos de los matorrales (90,6 M t C; 4.145-8.290 M€) y los ecosistemas de ribera (9,7 M t C, 445-890 M€).

Dentro de los bosques destacaron los resultados obtenidos por los pastizales arbolados (nivel 2) (tabla adjunta), que con un almacén de 88.511.215,65 tC (4.049-8.098 M€) alcanzaban el primer puesto, seguidos de los cultivos forestales y otras plantaciones arbóreas y los bosques mediterráneos esclerófilos, con valores de 53.646.343,65 tC (2.454-4.908 M€) y 43.238.916,74 tC (1.978-3.956 M€), respectivamente. Por su parte, entre los ecosistemas agrícolas, los que mayor almacén de carbono registraron fueron los cultivos leñosos con 76.912.976,48 tC (3.518-7.037 M€). Entre los matorrales, también con importantes almacenes de carbono en Andalucía, las acumulaciones de carbono más importantes fueron las del matorral húmedo (36,7 MtC; 1.679,6-3.359,2 M€), aunque se diferenció poco de los valores obtenidos por el matorral esclerófilo (35,9 MtC; 1.645,4-3.290,8 M€). Finalmente, los mosaicos agrarios de valor ecológico mostraban las acumulaciones de C más bajas del conjunto de ecosistemas andaluces con un valor de 11.058,17 tC (0,5 - 1 M€).

ALMACÉN DE C TOTAL (STOCK)



4.2 Discusión de resultados - Diagnóstico del servicio

El valor de referencia del servicio, tanto en términos biofísicos como monetarios, presenta una gran heterogeneidad en función del ecosistema considerado y de la información disponible. En este sentido, destacaron especialmente los ecosistemas forestales de bosques densos que presentaron un mayor valor monetario y una mayor acumulación de carbono total, como era previsible en un principio. Este mayor valor se debió principalmente a la presencia de una estructura vegetal dominada por un estrato leñoso arbóreo, que proporciona una mayor densidad de carbono en el reservorio biomasa viva a diferencia de otros reservorios como el suelo, que si bien contribuyen significativamente al valor del carbono total, su contribución es idéntica en todos los ecosistemas forestales al disponerse de un único valor de SOC. En contraposición, ecosistemas como los cañaverales y carrizales, matorrales fluviales y matorrales de arenales interiores con los menores valores de carbono total acumulado y valor económico, debían dicho resultado fundamentalmente a la ausencia de información para los reservorios suelo y materia muerta en estos ecosistemas, lo que sin duda condiciona su valor final y debe considerarse a la hora de una adecuada interpretación de los resultados comparativos. Del mismo modo, resulta clave en el análisis y discusión de los resultados obtenidos la asunción de que para el reservorio biomasa viva en los ecosistemas vegetales no leñosos se consideró un balance neutro de carbono a lo largo del ciclo de vida de estas formaciones vegetales y no se consideró en el cálculo. Dicho esto, ecosistemas de matorral de alta montaña y de matorrales áridos que obtenían las densidades de carbono acumulado más bajas para la biomasa viva (<5 tC/ha) tampoco resultaban excesivamente extraños, dadas sus mayores limitaciones para el desarrollo de una estructura vegetal leñosa compleja.

Por su parte, los resultados obtenidos en ecosistemas de cultivos agrícolas leñosos (dependientes de fuentes bibliográficas), ampliamente distribuidos por Andalucía, mostraron limitaciones en la acumulación de carbono para los tres reservorios considerados (BV, SOC, materia muerta) en comparación con los ecosistemas forestales, siendo las diferencias más significativas las observadas en el reservorio suelo, probablemente relacionadas con los procedimientos de gestión utilizados en los cultivos agrícolas a diferencia de los ecosistemas forestales.

4. RESULTADOS

En lo que respecta a los resultados de stock de carbono total (tC), la justificación de los mismos debe realizarse conjugando adecuadamente los valores de densidad de carbono y extensión superficial ocupada por cada ecosistema. En este sentido, los bosques de Andalucía, además de mantener las mayores densidades de carbono acumuladas (valor medio: 88,8 tC/ha) ocupan el 29% de la superficie de análisis considerada. En este sentido, dentro de los bosques, los resultados obtenidos para los pastizales arbolados resultan igualmente previsible considerando su densidad y la superficie que ocupan en Andalucía, 78,8 tC/ha y 14%, respectivamente. Por su parte, los cultivos forestales, si bien sólo ocupaban el 7,1% de la superficie considerada, mantenían importantes densidades de C que alcanzaban las 93,5 tC/ha como valor promedio.

La influencia de la extensión superficial sobre el cálculo del stock de C acumulado resulta más evidente en los ecosistemas agrícolas, ampliamente distribuidos en Andalucía (>44% superficie considerada). De esta forma, los cultivos leñosos con un valor de densidad de carbono acumulada de 39,4 tC/ha pero con una extensión superficial del 24,6 %, eran lógicamente de los ecosistemas con mayor carbono acumulado en Andalucía.

Por último, los resultados obtenidos en los ecosistemas que mostraron un menor stock de carbono también deben justificarse en términos de superficie. Es el caso de los mosaicos agrarios de valor ecológico con un 0,005% de superficie ocupada y de los ecosistemas dunares y de interior con un 0,39% de la superficie considerada en el análisis. En lo que se refiere al valor monetario del servicio, expresado teóricamente como la cantidad (€) que habría que pagar si se quisiera emitir el carbono acumulado en cada ecosistema y valorado en función del precio de mercado para la compra/venta de derechos de emisión (EUA), resulta evidente que los resultados económicos estén en total consonancia con los resultados del valor biofísico. Dichos valores económicos se han obtenido multiplicando el valor de carbono acumulado en toneladas por el precio de mercado del carbono, obtenido como valor promedio del precio de mercado del derecho de emisión (1 tonelada CO₂ equivale a 1 EUA) durante los últimos 13 años o durante los últimos 12 meses.

ECOS. N1	TOTALES STOCK C (tC)	ECOS N2	ALMACÉN C TOTAL (tC) (Stock)	PRECIO C TOTAL (€) (Promedio histórico)	PRECIO C TOTAL (€) (Últimos 12 meses)
1	196.403.848,40	11	88.511.215,65	4.049.388.116,06	8.098.776.232,13
		12	43.238.916,74	1.978.180.440,98	3.956.360.881,95
		13	2.972.128,72	135.974.888,82	271.949.777,64
		14	8.035.243,64	367.612.396,72	735.224.793,43
		15	53.646.343,65	2.454.320.221,87	4.908.640.443,74
		21	2.764.252,83	126.464.566,97	252.929.133,93
		22	36.713.089,96	1.679.623.865,88	3.359.247.731,77
		23	15.159.617,53	693.552.501,93	1.387.105.003,85
2	90.602.717,75	24	35.965.757,43	1.645.433.402,41	3.290.866.804,82
3	21.127.594,84	31	598.204,90	27.367.874,01	54.735.748,01
		32	9.924.069,87	454.026.196,73	908.052.393,46
		33	2.862.757,92	130.971.174,65	261.942.349,31
		34	7.742.562,15	354.222.218,47	708.444.436,94
4	2.933.919,12	41	200.686,52	9.181.408,16	18.362.816,32
		42	2.733.232,60	125.045.391,41	250.090.782,81
5	9.733.207,76	52	9.733.207,76	445.294.255,23	890.588.510,46
7	122.883.343,41	71	11.058,17	505.911,43	1.011.822,85
		72	76.912.976,48	3.518.768.674,07	7.037.537.348,14
		73	45.959.308,75	2.102.638.375,48	4.205.276.750,96
TOTAL	443.684.631,28		443.684.631,28	20.298.571.881,27	40.597.143.762,53

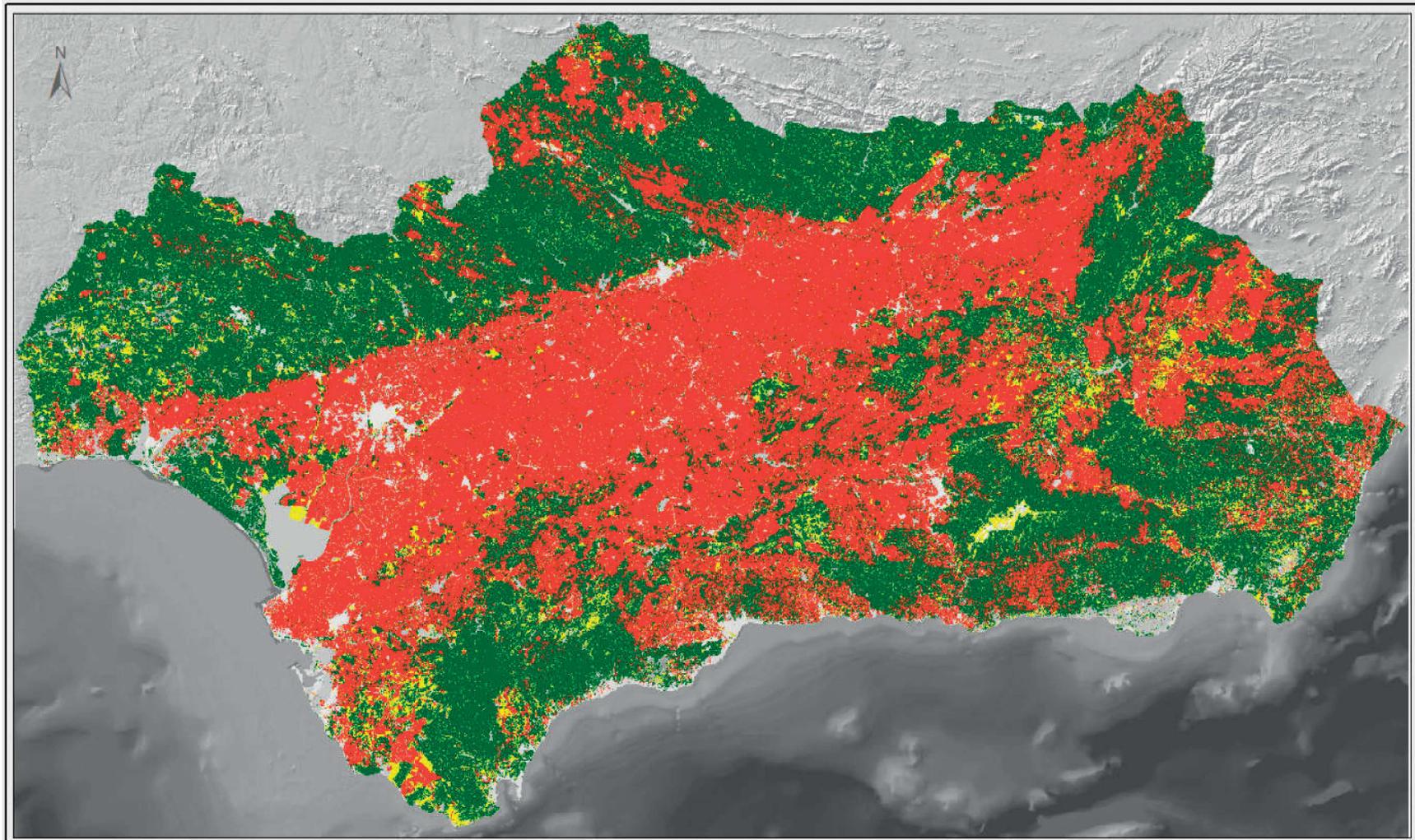
Nota: N1 y N2: Nivel 1 y nivel 2 de ecosistemas correspondiente a la cartografía de ecosistemas de Andalucía (2019)

5. CONCLUSIONES

- Los bosques caducifolios densos fueron los ecosistemas que proporcionan el valor más elevado del servicio de regulación climática en términos de carbono acumulado por hectárea del conjunto de ecosistemas considerados, con un valor de densidad de carbono total de 106,4 tC/ha, lo que supone que habría que pagar entre 4.866-9.732 €/ha por la emisión de dicho carbono. Valores equivalentes del servicio se obtuvieron para los cultivos forestales densos, los bosques de coníferas densos y los bosques mediterráneos esclerófilos densos, con valores biofísicos de densidad en torno a 100 tC/ha y valores monetarios equivalentes que oscilarían entre 4.709-4.518 €/ha (precio últimos 13 años) y 9.417-9.036 €/ha (precio últimos 12 meses).
- Si se atiende exclusivamente al valor de C total acumulado por hectárea, los ecosistemas de cañaveral y carrizal, matorrales fluviales y matorrales de arenas interiores obtuvieron los resultados más bajos con un carbono total acumulado que no superó las 20 tC/ha y que suponen un valor monetario por debajo de 915 €/ha (13 años) o 1.928 €/ha (12 meses). Si bien estos resultados pueden resultar sesgados al carecer de datos relativos a los reservorios SOC y madera muerta.
- Con la excepción de los ecosistemas no leñosos, que se han excluido del cálculo por ausencia de información de referencia y en pro de una estimación conservativa, los ecosistemas de matorral de alta montaña y los matorrales áridos obtienen las menores densidades de carbono acumulado para la biomasa viva (valores cercanos a 5 tC/ha, que suponen entre 229 y 458 €/ha). En contraposición, los ecosistemas de bosque registraban valores de biomasa viva superiores a 40tC/ha y entre 1.830 y 3.660 €/ha.
- Los bosques son los ecosistemas que mayor carbono acumulan en Andalucía con un stock de 196.403.848,40 tC (8.985-17.970 M€), seguidos de los cultivos forestales y otras plantaciones arbóreas con un valor de 122.883.343,41 tC (5.621-11.243 M€). Estos resultados son previsible dada la densidad de carbono acumulado y la superficie ocupada por estos ecosistemas en el conjunto de Andalucía. Bosques: 88,8 tC/ha (valor promedio) y 29% superficie; Cultivos agrícolas: 36 tC/ha (valor promedio) y >44% superficie.
- Dentro de los bosques destacaron, los pastizales arbolados con 88,5 MtC (4.049-8.098 M€), seguidos de los cultivos forestales y otras plantaciones arbóreas con 53,6 MtC (2.454-4.908 M€) y los bosques mediterráneos esclerófilos con 43,2 MtC (1.978-3.956 M€). Entre los ecosistemas agrícolas, las mayores acumulaciones de C se localizaban en los cultivos leñosos con 76,9 MtC (3.518-7.037 M€). Entre los matorrales destacaron el matorral húmedo y el esclerófilo con valores similares y próximos a las 36 MtC (1.647-3.294 M€).
- En su conjunto, los ecosistemas andaluces proporcionan un valor del servicio de regulación climática por almacén de carbono (stock total) de 443.684.631 tC. El valor monetario estimado, expresado como la cantidad (€) teórica que habría que pagar si se quisiera emitir el carbono acumulado en el conjunto de ecosistemas andaluces, oscilaría aproximadamente entre 20.298 y 40.597 M€ en función del precio de mercado considerado (precio promedio últimos 13 años o precio promedio últimos 12 meses) para la compra/venta de derechos de emisión (EUA).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Campos, P., Díaz-Balteiro, L., Díaz, M., Martínez-Jauregui, M., Ovando, P. y Caparrós, A. (2015). RECAMAN. Economía y selviculturas de los montes de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). E-ISBN 978-84-00-10041-4.
- Funes, I.; Savé, R., Vayreda, J., Aranda, X., Battles, C., Comas LI., Gracia, M., Retana, J., Grau, B., de Herralde, F., Biel, C. 2015. Evaluación de la biomasa de cultivos leñosos como stock de carbono en la cuenca mediterránea. IV Workshop REMEDIA 2015. Madrid. <http://www.redremedia.org/>
- Iglesias, D. J., A. Quinones, A. Font, B. Martínez-Alcantara, M. A. Forner-Giner, F. Legaz, and E. Primo-Millo. 2013. Carbon balance of citrus plantations in Eastern Spain. Agriculture Ecosystems & Environment 171, 103-111.
- Quinones A., Martínez-Alcantara B., Font A., Forner-Giner M.A., Legaz F., Primo-Millo E. y Iglesias D.J. 2013. Allometric Models for Estimating Carbon Fixation in Citrus Trees. Agronomy Journal 105, 1355-1366.
- Liguori, G., Gugliuzza, G., and Inglesse, P. 2009. Evaluating carbon fluxes in orange orchards in relation to planting density. J. Agr. Sci. 147, 637-645.
- Lopez-Bellido, P.J.; Lopez-Bellido, L.; Fernandez-Garcia, P.; Muñoz-Romero, V.; Lopez-Bellido, F.J. 2016. Assessment of carbon sequestration and the carbon footprint in olive groves in Southern Spain. Carbon Manag. 7, 161-170.
- MITECO, 2019. Informe de Inventario Nacional de GEI 1990-2017 (NIR). Gobierno de España.
- Morandé, J.A.; Stockert, C.M.; Liles, G.C.; Williams, J.N.; Smart, D.R.; Viers, J.H. 2017. From berries to blocks: Carbon stock quantification of a California vineyard. Carbon Balance Manag. 12, 5.
- REDIAM (2019). Cartografía de Ecosistemas de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.
- SENDECO2. Precios del CO₂. <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2> (Consultado: 20/04/2020).



Carbono acumulado en la materia muerta de ecosistemas agrícolas y forestales.

Leyenda
Almacén de carbono en materia muerta por hectárea (t C/ha)

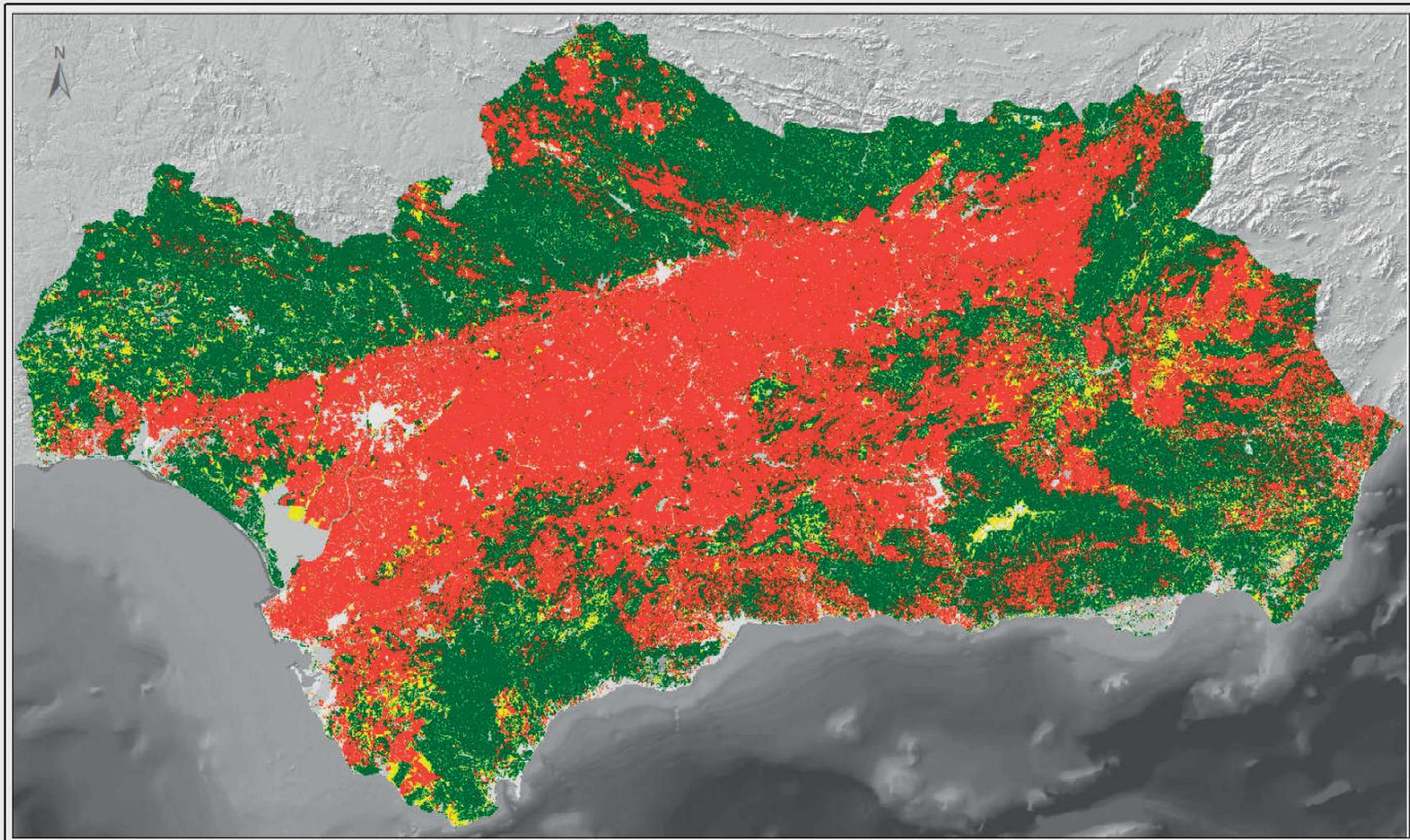
	4,09		0,41		0,33
--	------	--	------	--	------

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



Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Desarrollo Rural
Proyecto de Investigación y Desarrollo
Agroalimentario y Rural (PIAGAR) 2017-2021



Carbono acumulado en el suelo de ecosistemas agrícolas y forestales.

Leyenda
 Almacén de carbono orgánico en el suelo por hectárea (t C/ha)

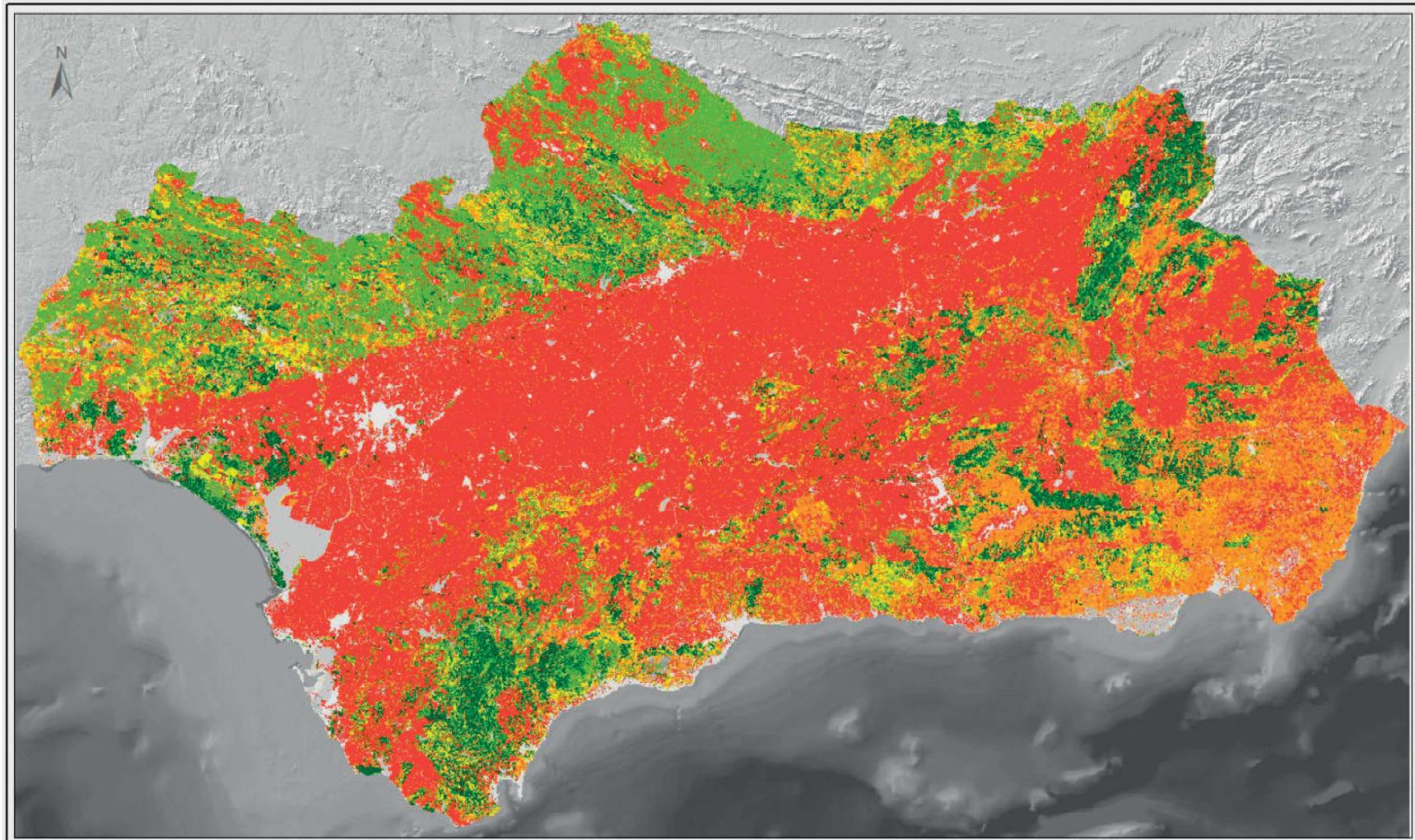
	46,50		37,26		29,03
--	-------	--	-------	--	-------

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

0 20 40 60 Km

Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
 Gobierno de Andalucía, Sevilla
 Instituto Andaluz de Estadística
 I+D+i en el territorio rural de Andalucía



Carbono total acumulado en ecosistemas agrícolas y forestales. Valores de referencia.

Leyenda

Almacén de carbono total de cada ecosistema por hectárea (t C/ha)

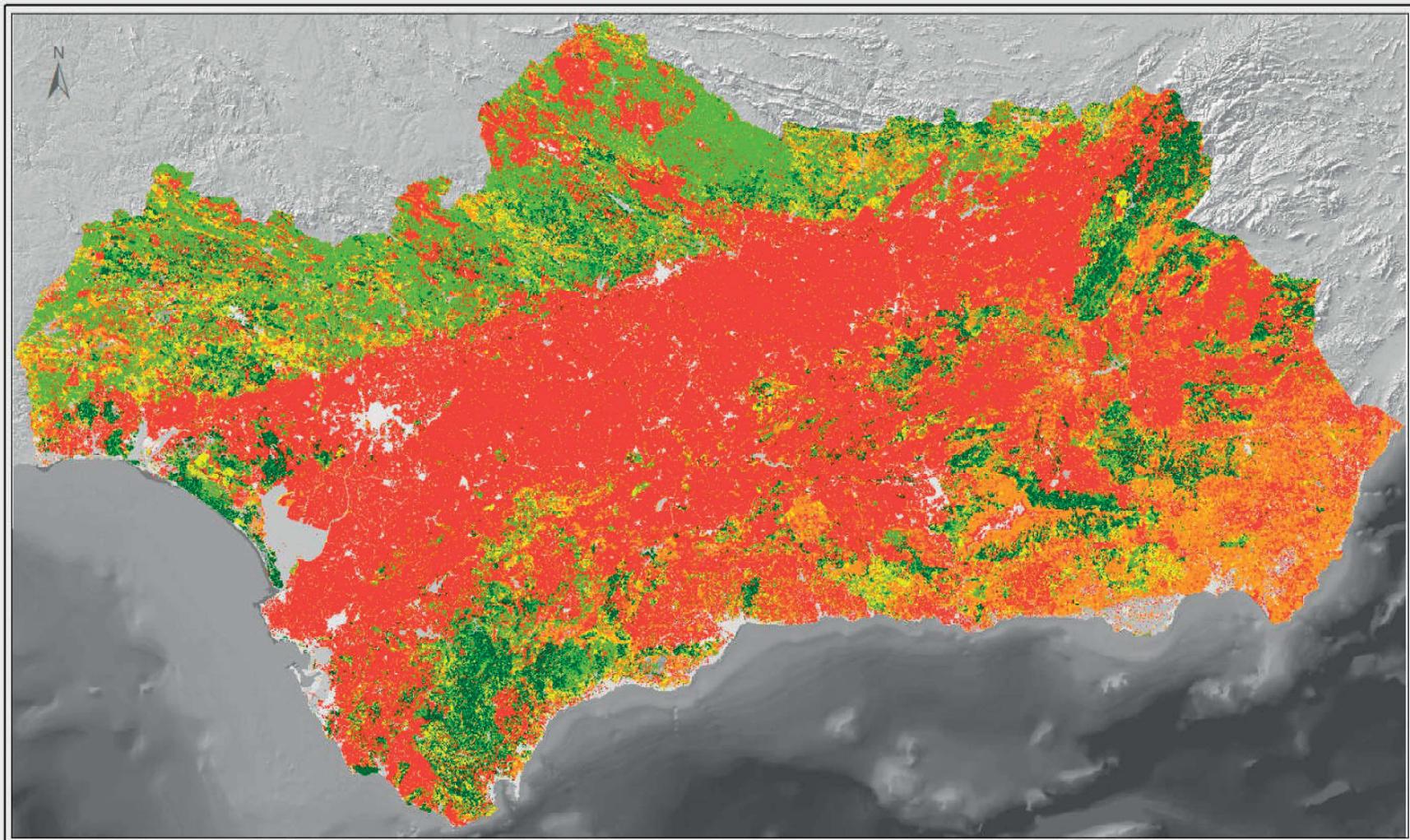


Base cartográfica: Modelo Digital del Terreno ETRS89(Huso 30).



Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas





Valor económico del carbono en ecosistemas agrícolas y forestales. Valores de referencia.

Leyenda
 Precio del CO2 por hectárea de cada ecosistema en los últimos 12 años (€/ha)

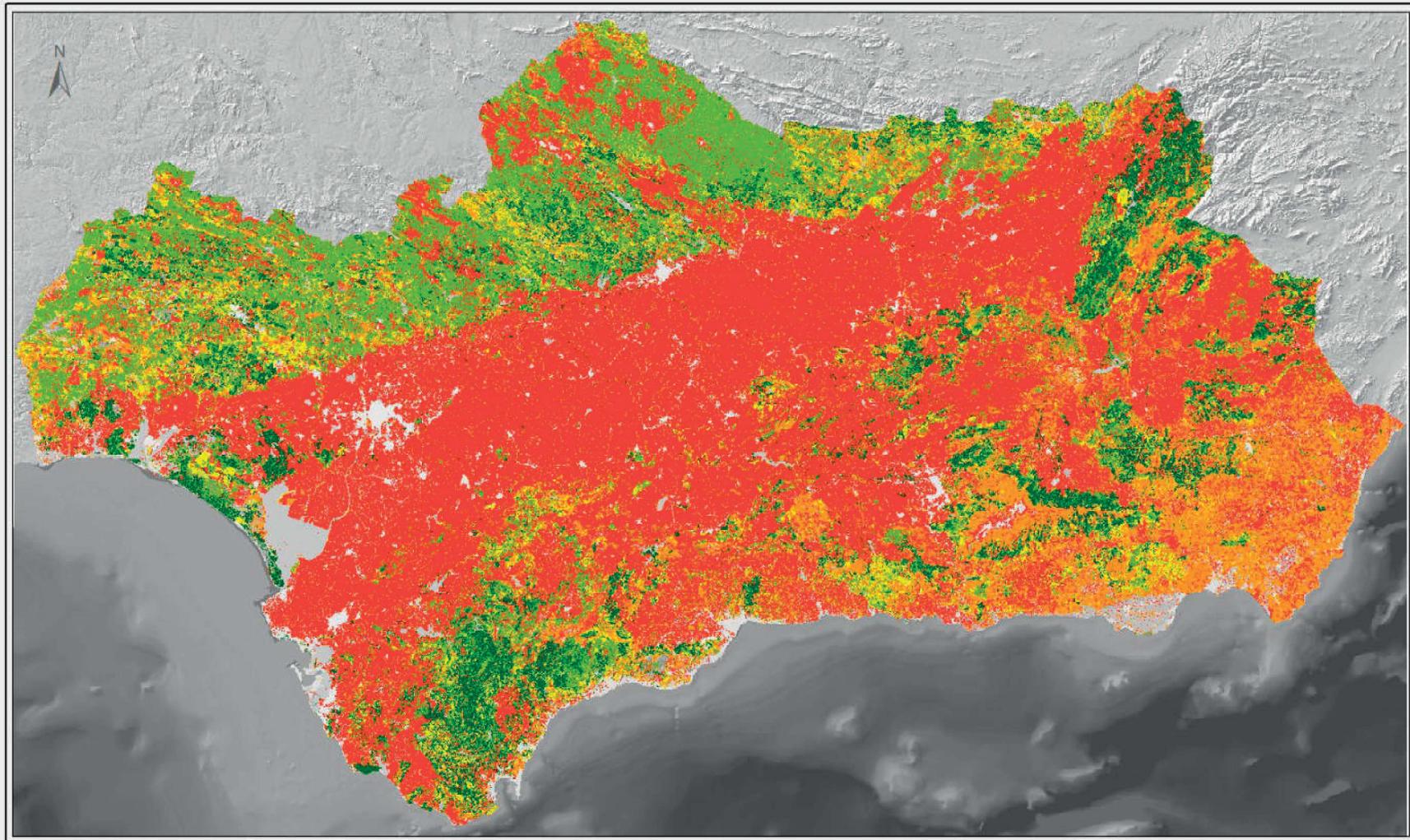
	4.001 - 4.900		3.501 - 4.000		2.951 - 3.500		2.001 - 2.950		1.300 - 2.000
--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

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

0 20 40 60 Km

Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural
 Instituto Andaluz de Investigación y Evaluación Agraria (IAE) 2017



Valor económico del carbono en ecosistemas agrícolas y forestales. Valores de referencia.

Leyenda
 Precio del CO2 por hectárea de cada ecosistema en los últimos 12 meses (€/ha)

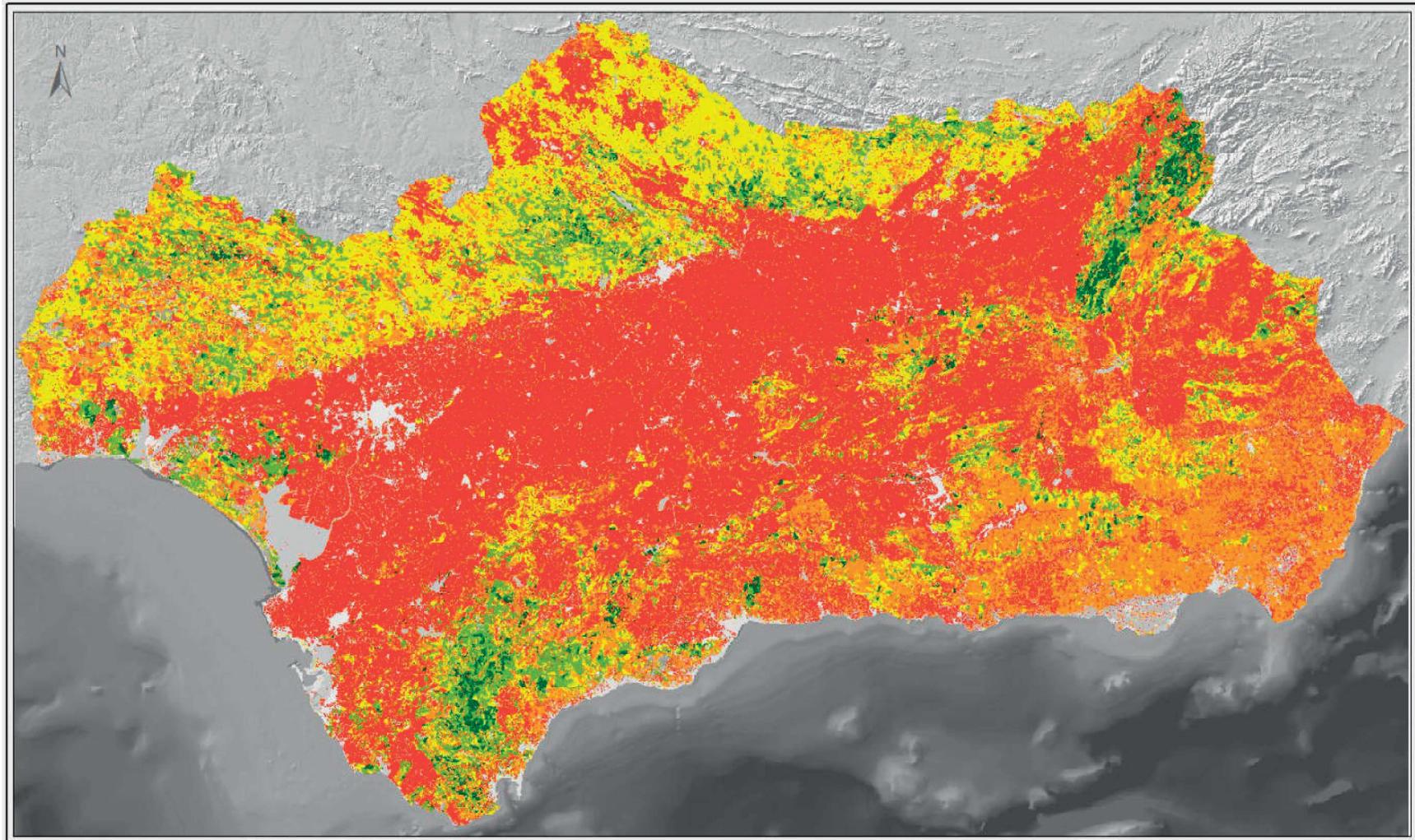
	8.001 - 9.800		7.001 - 8.000		5.901 - 7.000		4.001 - 5.900		2.000 - 4.000
--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

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

0 20 40 60 Km

Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible
 I+D+i en Servicios Ecosistémicos de los SRS (2017)



Valor económico del carbono en ecosistemas agrícolas y forestales.

Leyenda
 Precio del CO2 por hectárea en los últimos 12 años (€/ha)

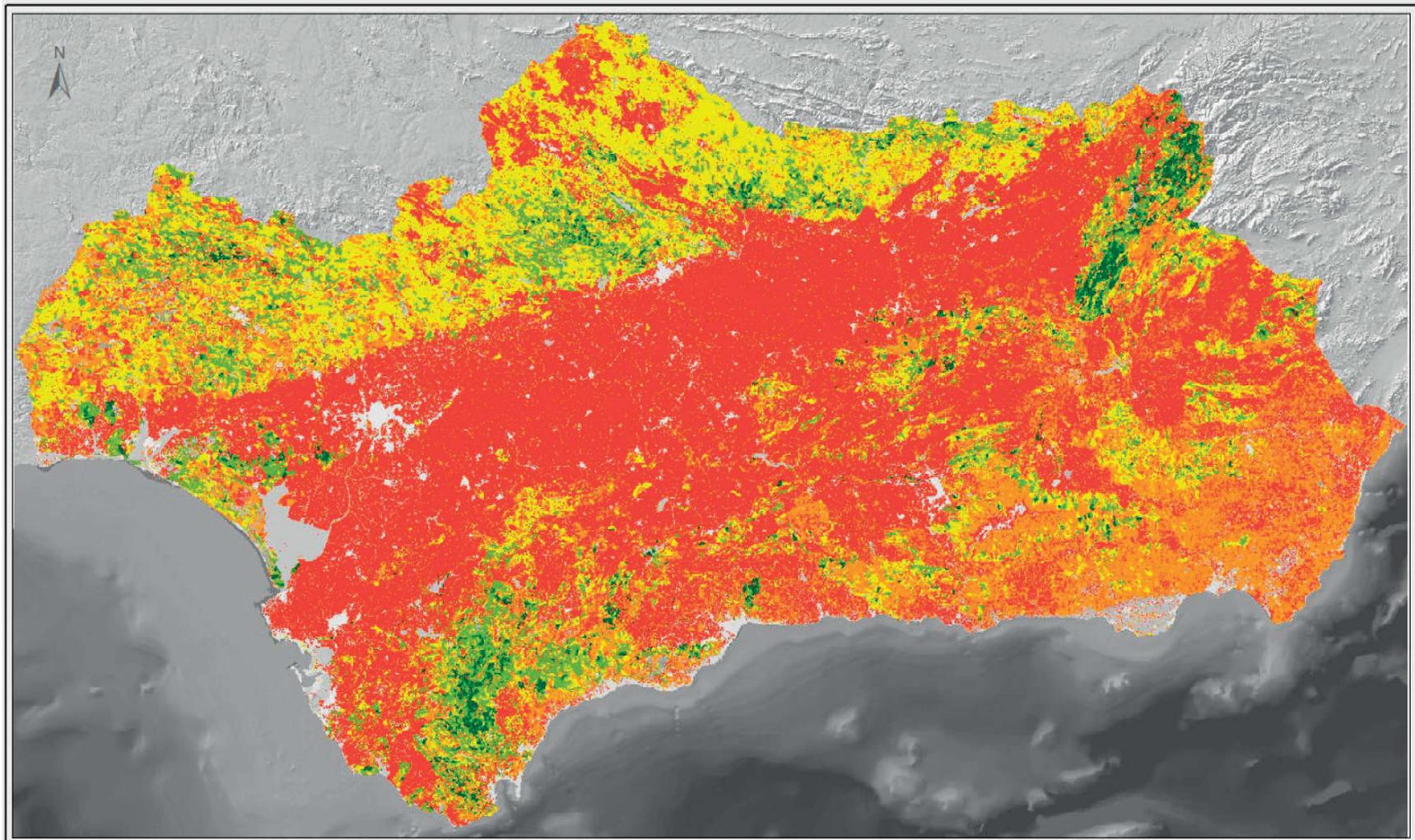
	6.001 - 11.500		4.001 - 6.000		3.001 - 4.000		2.001 - 3.000		1.300 - 2.000
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

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

0 20 40 60 Km

Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible
 Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de Desarrollo



Valor económico del carbono en ecosistemas agrícolas y forestales.

Leyenda
 Precio del CO2 por hectárea en los últimos 12 años (€/ha)

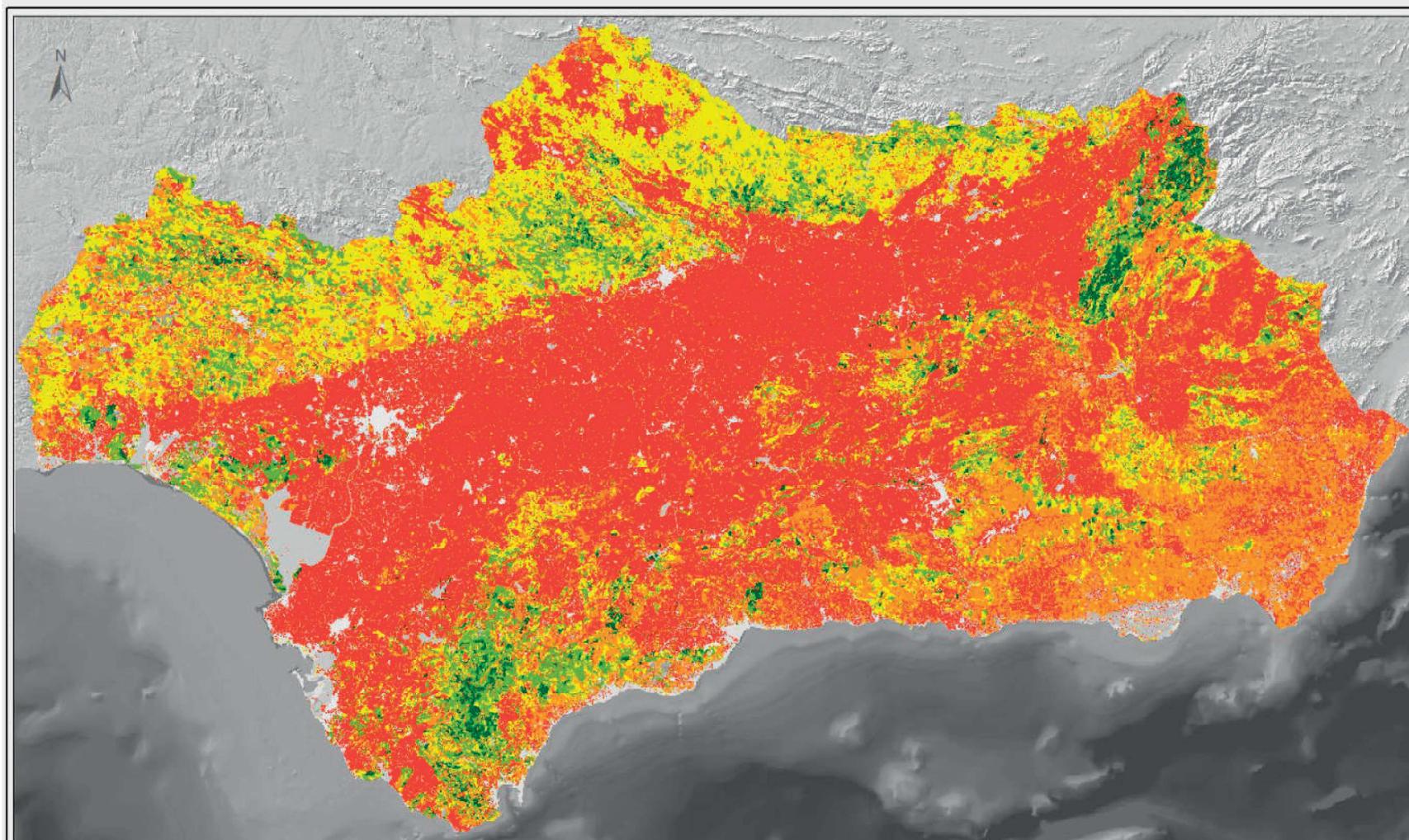
	6.001 - 11.500		4.001 - 6.000		3.001 - 4.000		2.001 - 3.000		1.300 - 2.000
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

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

0 20 40 60 Km

Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

Junta de Andalucía
 Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural
 Instituto Andaluz de Estadística
 I+D+i en el Sector Agroalimentario y Forestal



Valor económico del carbono en ecosistemas agrícolas y forestales.

Leyenda

Precio del CO2 por hectárea en los últimos 12 meses (€/ha)



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



Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas

