



Besando, abrazando el
Guadalquivir

SITUACIÓN ACTUAL, FACTORES CAUSALES Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN DE LA EROSIÓN EN EL GUADALQUIVIR A SU PASO POR ANDÚJAR: ESTUDIO DE LAS SUBCUENCAS FLUVIALES INCIDENTES EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN



Jaén, 21 de julio de 2025

EQUIPO DE TRABAJO – UNIVERSIDAD DE JAÉN

Julio Antonio Calero González – Área de Edafología y Química Agrícola

Antonio Garrido Almonacid – Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría

Juan Manuel Jurado Rodríguez – Área de Lenguaje y Sistemas Informáticos

Antonio José Manzaneda Ávila – Área de Ecología

José Domingo Sánchez Martínez (Dirección) – Área de Análisis Geográfico Regional

EL PROYECTO PARQUE FLUVIAL ORGÁNICO DE ANDÚJAR: BESANDO, ABRAZANDO EL GUADALQUIVIR CUENTA CON EL APOYO DE LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO) EN EL PLAN DE RECUPERACIÓN TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA (PRTR), FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXTGENERATIONEU



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

ÍNDICE GENERAL

Pág.

1. ANTECEDENTES	6
2. OBJETIVOS DEL CONTRATO TÉCNICO DE ASESORAMIENTO	6
3. COMIENZO DE LOS TRABAJOS PARA EL ESTUDIO TÉCNICO	6
3.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS BÁSICOS	13
3.1.1. Caracterización geomorfológica e hidrográfica	13
3.1.2. Identificación de suelos y cobertura vegetal	38
3.2. DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN ACTUAL Y ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE EROSIÓN	53
3.2.1. Estudios e investigaciones específicas sobre la erosión	60
3.2.2. Validación de áreas críticas y referencia al transporte de lodos en el entorno de Andújar	71
3.3. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CAUSALES	73
3.3.1. Evaluación de los impactos de las actividades humanas sobre la erosión	77
3.3.2. Análisis del uso del suelo y cambios históricos	94
3.3.3. El efecto de la Política Agrícola Común	95
3.3.4. Un análisis a escala municipal: el caso de Andújar	118
3.4. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN	133
3.4.1. Diseño preliminar de medidas estructurales y no estructurales	134
3.4.2. Priorización de acciones según criterios ambientales, técnicos y económicos	134
3.4.3. Identificación de experiencias y sinergias con proyectos en curso	135
3.4.4. Desarrollo de medidas para la protección de cauces menores en zonas de cultivo intensivo de olivar	139
3.4.5. Presentación de escenarios futuros basados en estas acciones	140
3.5. INDICADORES Y EVALUACIÓN	
3.5.1. Análisis de indicadores clave: producción ecológica, producción integrada	142
3.5.2. Evaluación del porcentaje de variación en la producción tradicional e intensiva	142
3.5.3. Relación con los indicadores establecidos por la Fundación Estrategias de Jaén y los reportados por la oficina del Parque Fluvial Orgánico de Andújar-Río Guadalquivir	142
4. CONCLUSIONES	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

1. Delimitación de la zona de estudio	9
2. Subcuencas hidrográficas en la zona de estudio	10
3. Red hidrográfica y entidades de población comprendidas en la zona de estudio	11
4. Municipios incluidos total o parcialmente en la zona de estudio	12
5. Rango de altitudes en la zona de estudio	14
6. Distribución de las pendientes	16
7. Mapa geológico	18
8. Estructuras geológicas	19
9. Clases litológicas	20
10. Unidades litológicas	21
11. Sistemas geomorfológicos	23
12. Unidades geomorfológicas	24
13. Unidades fisiográficas	26
14. Perímetro y superficie de las subcuencas fluviales	29
15. Mapa de precipitación media anual	30
16. Mapa de temperaturas medias	31
17. Evapotranspiración potencial	32
18. Caudales medios mensuales en m ³ /s del Guadalquivir en la presa de Mengíbar	32
19. Permeabilidad de los materiales	34
20. Escorrentía media anual	35
21. Masas de agua superficiales y subterráneas	36
22. Mapa de suelos	39
23. Fitoclimas	42
24. Pisos bioclimáticos	43
25. Vegetación potencial (clases)	44
26. Vegetación potencial (series)	45
27. Grandes categorías de usos del suelo	47
28. Principales usos de la superficie agraria útil	48
29. Régimen de cultivo	49
30. Grandes tipos de paisajes	51
31. Unidades de paisaje	52
32. Capacidad de uso del suelo	55
33. Contenido de carbono orgánico en el suelo	56
34. Contenido de carbono orgánico en los primeros 30 cm del suelo	57
35. Pérdidas medias de suelo por erosión del período 1992-2021	58
36. Riesgo de desertificación	59
37. Erosión potencial	63
38. Erosión laminar	64
39. Riesgo de erosión eólica	65
40. Erosión en cauces por unidades hidrológicas	66
41. Potencialidad de movimientos en masa	68
42. Clasificación climática de Köppen para el período 1991-2020	70
43. Cartografía de áreas con riesgo de inundación en el ámbito de estudio	72
44. Localización de la superficie de olivar	75
45. El olivar en sus respectivas comarcas agrarias	76
46. Localización del olivar según tipo de paisaje	77
47. Localización del olivar según unidad de paisaje	78



48. El olivar según marco de plantación	79
49. Principales variedades de olivar	80
50. El olivar según el régimen de cultivo	81
51. Balsas y embalses para el regadío del olivar	82
52. Olivar regado y origen del agua (2021)	83
53. Denominaciones de origen protegido	84
54. El olivar según altitud	87
55. El olivar según la temperatura media anual	88
56. El olivar según precipitación	89
57. El olivar según la pendiente	90
58. El olivar según tipo de suelo	91
59. Olivar según la capacidad de uso del suelo	92
60. Erosión en el olivar	93
61. Evolución de los grandes usos del suelo	96
62. Evolución de la superficie de olivar	97
63. Ecorregímenes solicitados en 2024	104
64. Olivar en producción ecológica	105
65. Olivar acogible a ayuda asociada	106
66. Olivar vulnerable	107
67. Olivar en el interior de áreas protegidas	108
68. Localización del olivar en producción integrada	109
69. El olivar según el régimen jurídico del solicitante de ayudas PAC	111
70. El olivar según la edad del solicitante de ayudas PAC	112
71. El olivar según el sexo del solicitante de ayudas PAC	113
72. El olivar según el régimen de tenencia de los solicitantes de ayudas PAC	114
73. El olivar según región productiva para el cálculo de las ayudas PAC en el período de programación 2015-2023	115
74. El olivar según región productiva para el cálculo de las ayudas PAC en el período de programación 2023-2027	116
75. El olivar según el destino de las ayudas de la PAC	117
76. Descargas generadas para una precipitación máxima en 24 horas en un período de retorno de 100 años (mm m-2)	119
77. Síntesis de la caracterización del olivar en el municipio de Andújar	121
78. Olivar según litología en el municipio de Andújar	122
79. Olivar según edafología en el municipio de Andújar	123
80. Olivar según precipitación en el municipio de Andújar	124
81. Olivar según temperatura media anual en el municipio de Andújar	125
82. Olivar según pendiente en el municipio de Andújar	126
83. Olivar ecológico en el municipio de Andújar	127
84. Olivar según capacidad de uso en el municipio de Andújar	128
85. Olivar según ecorregímen solicitado en el municipio de Andújar	129
86. Olivar según régimen de cultivo en el municipio de Andújar	130
87. Olivar vulnerable en el municipio de Andújar	131
88. Erosión en el olivar del municipio de Andújar	132



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Pérdidas medias de suelo estimadas por término municipal	61
2. Tramos fluviales con riesgo de inundación en el área de estudio	71
3. Superficie de olivar por términos municipales (2024)	73
4. Evolución de los usos del suelo desde finales del siglo XIX a 2025	74
5. Ayuda complementaria redistributiva según regiones productivas, umbrales e importes	99
6. Condisionalidad reforzada y condiciones para el acogerse a pagos adicionales	100
7. Indicadores cuantitativos claves del olivar existente en el ámbito de estudio	101
8. Los cultivos olivareros y la sostenibilidad	133
9. Erosión potencial por subcuenca hidrográficas	140
10. Indicadores clave para el seguimiento de la mitigación de la erosión y la inundación asociada a un manejo inadecuado de los suelos de olivar a partir de 2024	142

1. ANTECEDENTES

A finales de diciembre de 2024, el área de medio ambiente del Ayuntamiento de Andújar contacta con el profesor José Domingo Sánchez Martínez para conocer su disponibilidad para la realización de un estudio sobre la erosión en la cuenca del Guadalquivir. Analizado el pliego técnico con las demandas requeridas, se acepta el encargo y se pone en marcha el procedimiento administrativo para llevarlo a efecto con la formación de un equipo de trabajo multidisciplinar. Así, con fecha de 8 de enero de 2025, el profesor Sánchez Martínez entrega la documentación pertinente para solicitar autorización de compatibilidad en el Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Jaén.

El 15 de enero, una vez examinada la documentación (a la que se le asigna el número de expediente 2025005) y comprobada la preceptiva conformidad de los departamentos del investigador responsable y el resto de profesorado de la Universidad de Jaén que participan en el estudio, la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), informa, con carácter previo y favorable, esta autorización de compatibilidad. Una vez que la Vicerrectora de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Jaén resuelve conceder autorización de compatibilidad para la prestación de los servicios solicitado, la Universidad de Jaén, con fecha 21/01/2025, presenta una oferta técnico-económica al Ayuntamiento de Andújar. Finalmente, el Ayuntamiento de Andújar, a principios de marzo, aprueba el contrato menor de prestación de servicios que da paso a la realización del trabajo, cuyo plazo de realización se establece en nueve meses de duración.

2. OBJETIVOS DEL CONTRATO TÉCNICO DE ASESORAMIENTO

La contratación se destina al asesoramiento para la realización de un estudio técnico sobre la erosión en el área de estudio que se expone más adelante, al objeto de identificar, diagnosticar y proponer soluciones sostenibles para mitigar los impactos de la erosión, así como sensibilizar a los actores locales sobre la importancia de adoptar prácticas agrícolas que promuevan la recuperación y el mantenimiento de la salud de suelo. El estudio se enmarca en el proyecto *Parque Fluvial Orgánico de Andújar, Río Guadalquivir: Besando, Abrazando el Guadalquivir*, iniciativa incluida en el Programa de Ayudas para Fomentar Actuaciones Dirigidas a la Restauración y Resiliencia de Ciudades Españolas, gestionado por la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en el desarrollo del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea (NextGeneration EU).

3. COMIENZO DE LOS TRABAJOS PARA EL ESTUDIO TÉCNICO

En la primera reunión de trabajo mantenida con responsables de la concejalía de Medio Ambiente del Excmo. Ayuntamiento de Andújar, con fecha de 17 de marzo de 2025, se procedió a concretar detalles fundamentales para el comienzo y contenido del trabajo técnico, que son los siguientes:

- Delimitación del ámbito de estudio: en aras a la operatividad, el trabajo se centra en la que ha sido considerada como área de incidencia directa de procesos erosivos en el cauce del Guadalquivir en el entorno de la ciudad de Andújar (figura 1). A tal fin, considerando aspectos naturales y culturales, se incluyen 24 subcuencas fluviales (figuras 2 y 3) que se extienden por las 3 grandes zonas fisiográficas presentes en la provincia de Jaén (macizos paleozoicos de Sierra Morena, campiñas del Guadalquivir y serranías subbéticas en ámbitos de las comarcas Sierra Mágina y Sierra Sur de Jaén). En la delimitación

se ha tenido en cuenta la distribución de los grandes embalses presentes en la zona, por su efecto en la regulación del ciclo hidrológico y la sedimentación de arrastres procedentes de la erosión. El área cubre un total de 307.192,92 hectáreas. En suma, la delimitación se ha realizado con un criterio hidrográfico, de representatividad y contraste. Por lo demás, la zona cuenta con una importante masa de olivar, cultivo al que se dedica una atención especial por la importancia del manejo de sus suelos en relación al control de la erosión y la inundación en los cauces que se dan cita en el área de estudio. El tramo del río Guadalquivir incluido en el ámbito de estudio es el comprendido entre los embalses de Pedro Marín y Marmolejo. Esta delimitación es coherente con estudios relacionados con el incremento de la sedimentación y el riesgo de inundación en el municipio de Andújar (López-Gómez, Blas-Moncalvillo, Cuéllar-Moro, 2023).

- Definición de las escalas espacio-temporales del análisis: siempre que ha sido posible se han utilizado los datos más recientes disponibles, procedentes de las fuentes que más adelante se describen. La excepción ha sido la evolución de los usos del suelo y, en concreto, el proceso de formación de la masa de olivar actualmente existente, que nosotros hemos reconstruido a partir del último tercio del siglo XIX. En cuanto a la escala, la mayoría de la cartografía temática entregada está representada a 1:750.000. En el caso del olivar se ha partido de la observación cartográfica mínima disponible en el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Sobre esa base, se han realizado agrupaciones ascendentes para solaparlas con otras variables a escalas más pequeñas. Para los mapas de detalle del olivar presente en el término municipal de Andújar se ha empleado una escala 1:250.000.
- Selección de fuentes: en gran medida, los resultados del trabajo se basan en la interpretación de una serie cartográfica generada a partir de información espacial georreferenciada, tratada mediante el programa QGIS, procedente de dos grandes repositorios: de una parte, el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y, de otra, la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). El SIGPAC es el instrumento que la administración española emplea para identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos en sus solicitudes de ayuda de la PAC. Además de servir para el control administrativo y sobre el terreno de las declaraciones de los solicitantes, “el SIGPAC se ha convertido en una herramienta de enorme utilidad en campos diferentes del agrario (geología, infraestructuras, urbanismo...), lo que obedece a su concepción y desarrollo, en el que se hace uso continuo y permanente de las tecnologías más avanzadas en información geográfica automatizada¹”. En nuestro caso, se ha trabajado con la versión correspondiente a 2024. Previa solicitud al organismo encargado de su gestión se ha dispuesto de información a nivel de recinto (unidades espaciales de referencia para el cálculo de los pagos directos recibidos por los olivareros perceptores de ayudas, que no tienen por qué coincidir con parcelas catastrales ni con explotaciones agrarias). De cada uno de estos recintos se dispone de datos tanto del percepto: referencia anónimizada del solicitante, edad, sexo, municipio de residencia y si se trata de una persona física o jurídica; como del propio recinto: referencia espacial, superficie, variedad plantada, sistema de plantación, pendiente media, régimen de cultivo, régimen de tenencia, así como si se solicitó acogerse a algún ecorégimen o cuenta con certificación ecológica. Sobre la base de estos recintos, que suman 168.392,38 ha distribuidos en 45 municipios (figura 4), se han superpuesto diferentes variables físicas para correlacionar el olivar con aspectos como la topografía, el tipo de suelo dominante, la capacidad de uso, la vulnerabilidad asociada a la pendiente y el régimen de cultivo o la pérdida de suelo por erosión, entre otros muchos. En este caso, hemos recurrido a REDIAM, que permite un acceso libre a sus bases de datos espaciales². Igualmente, se ha manejado información procedente, entre otros, de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), el Instituto de

¹ <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

² <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam>



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA), el Instituto Geográfico Nacional (IGN) o el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

- Búsqueda bibliográfica: la realización del estudio técnico se ha nutrido también del conocimiento acumulado en la literatura científica, con una búsqueda de documentos científicos que tratan el tema estudiado a través de bases bibliográficas internacionales (SCOPUS y JCR).



Figura 1
Delimitación de la zona de estudio



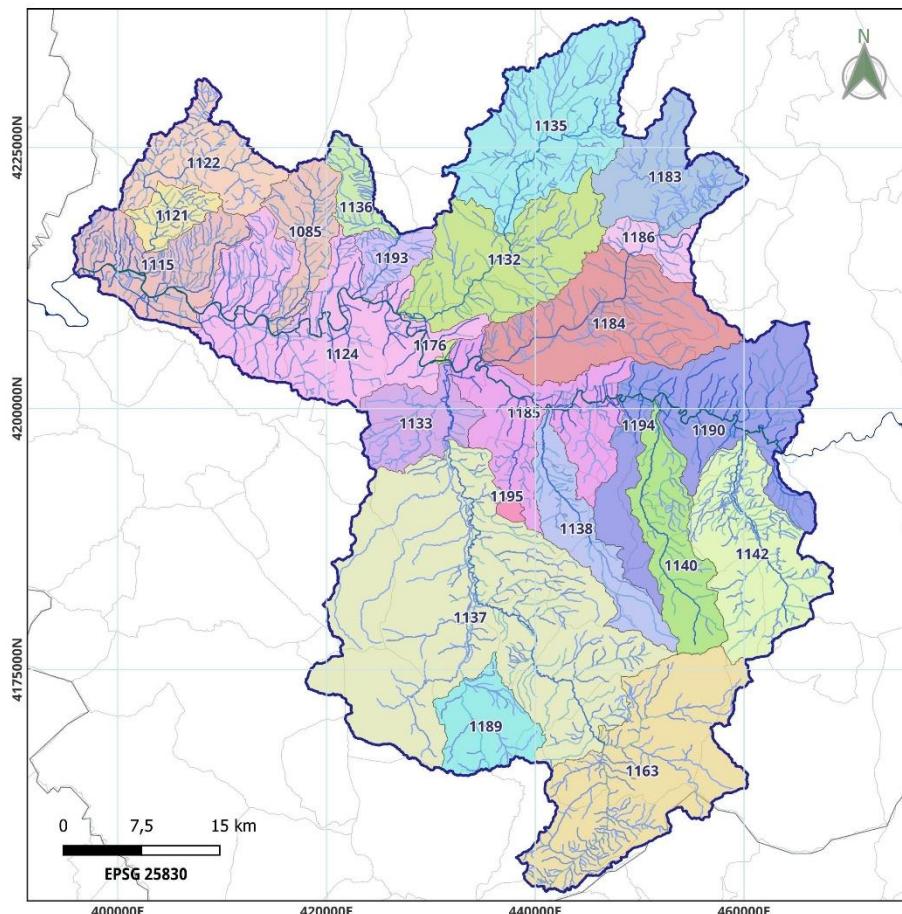
Zona de estudio



Fuente: IECA, CNIG



Figura 2
Subcuenca hidrográfica en la zona de estudio

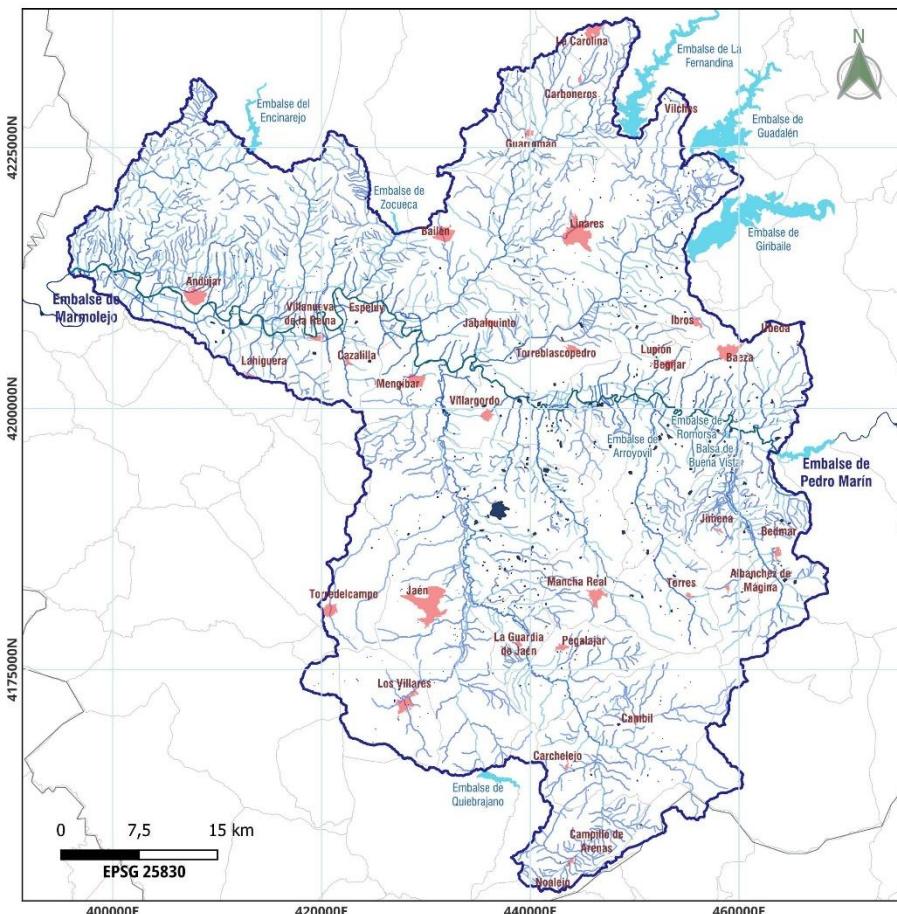


Subcuenca hidrográfica

Fuente: C.H.G.



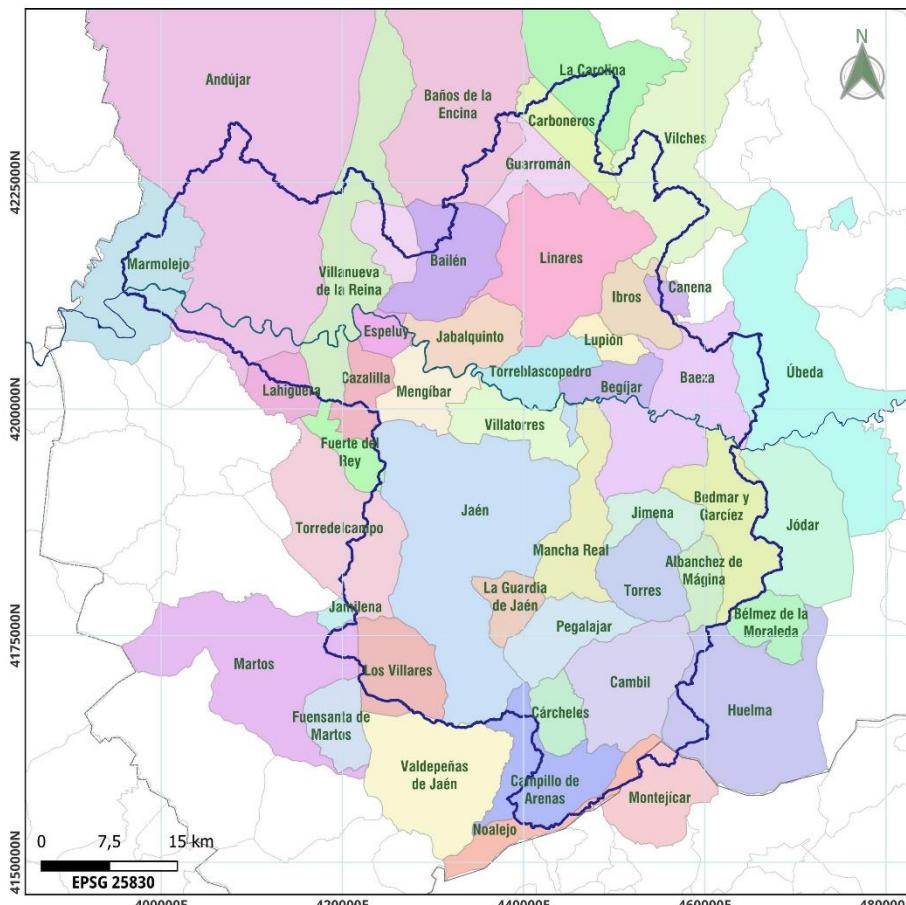
Figura 3



Fuente: DERA - IECA

Geografía de la zona de estudio

Figura 4
Municipios incluidos total o parcialmente en la zona de estudio



Fuente: DERA - IECA

Municipios en la zona de estudio





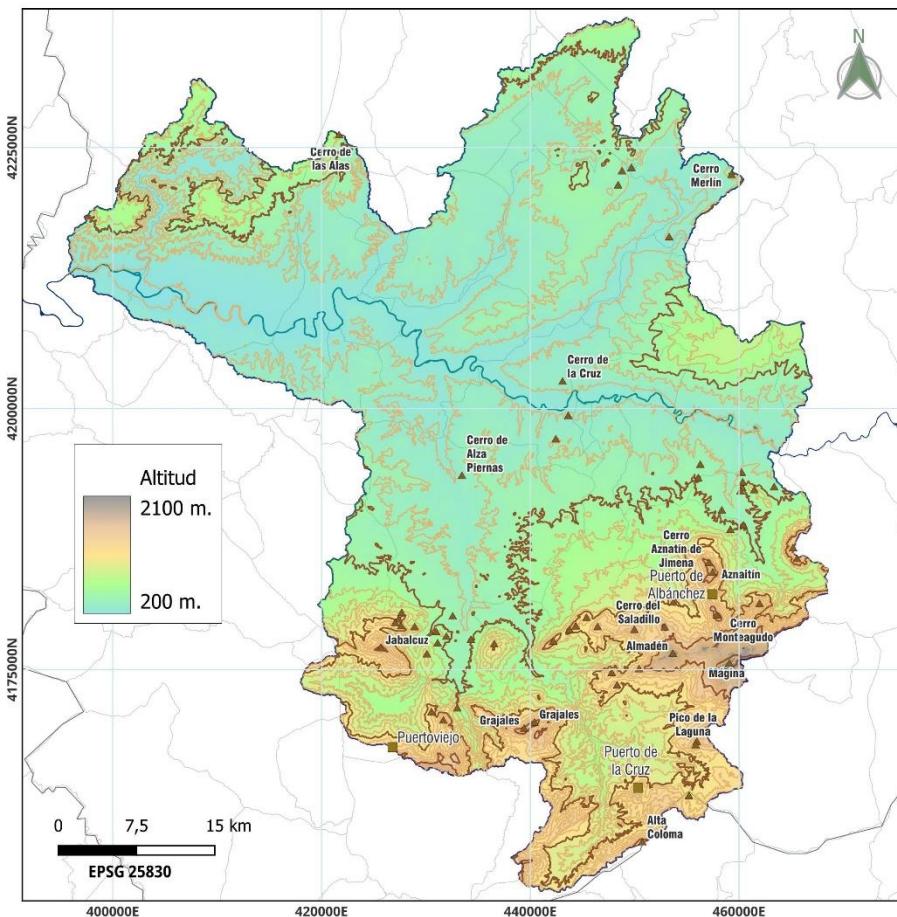
*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

3.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS BÁSICOS

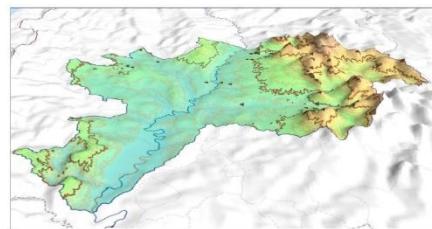
3.1.1. Caracterización geomorfológica e hidrográfica

Para ilustrar este apartado se han confeccionado una serie de mapas de detalle que permiten localizar y cuantificar con precisión los diferentes aspectos físicos que caracterizan a este territorio. Empezaremos presentando aspectos básicos de la geomorfología, reparando en la topografía y el relieve. En ese sentido, tanto la altimetría (figura 5) como las pendientes (figura 6), ambas con una elevada capacidad para condicionar otras variables ambientales de gran importancia, como puedan ser el clima, la escorrentía o la red de drenaje, incluyen situaciones muy contrastadas. De hecho, en el área seleccionada tenemos los puntos más elevados (en las cimas de Sierra Mágina) y bajos de toda la provincia de Jaén (en la porción más occidental del valle del Guadalquivir). Los desniveles son más acusados en la porción meridional, coincidiendo con los relieves jóvenes de las montañas alpinas de la cordillera subbética. La transición es menos acusada hacia el norte, por la menor entidad topográfica y la reducida porción de Sierra Morena que se ha incluido en el área de estudio. En un sentido longitudinal, el cauce del Guadalquivir salva un desnivel de 129 metros (320 msnm es el máximo nivel normal del agua en el embalse de Pedro Marín y 191 msnm en el de Marmolejo) a lo largo de un tramo de 119 km, que se desglosan en dos subtramos prácticamente idénticos en longitud tomando como referencia la presa de Mengíbar. En todo caso, cabe destacar la reducida porción de tierras llanas (pendientes inferiores al 5%), asociadas a valles fluviales de cierta anchura, que solo en su extremo occidental empiezan a cobrar mayor dimensión; así como la presencia de terrenos escarpados, con pendientes superiores al 30%, en las áreas de orografía más montañosa (más de un 10% de este territorio se sitúa por encima de 1.000 msnm). En un estadio intermedio quedan las campiñas, pero hay que hacer notar que casi el 60% de la superficie está por debajo de 600 msnm.

Figura 5
Rango de altitudes en la zona de estudio



Altimetría



Fuente: I.G.N.

Altitud	Superficie ha	Porcentaje
100-199	1.804,24	0,59
300-399	128.842,65	41,94
400-499	54.828,20	17,85
500-599	28.921,01	9,41
600-699	19.932,60	6,49
700-799	13.465,79	4,38
800-899	12.053,06	3,92
900-999	11.503,23	3,74
1.000-1099	10.405,22	3,39
1.100-1199	8.539,40	2,78
1.200-1299	5.953,82	1,94
1.300-1399	3.806,18	1,24
1.400-1499	2.571,31	0,84
1.500-1599	1.472,07	0,48
1.600-1699	1.014,85	0,33
1.700-1799	832,30	0,27
1.800-1899	581,65	0,19
1.900-1999	428,73	0,14

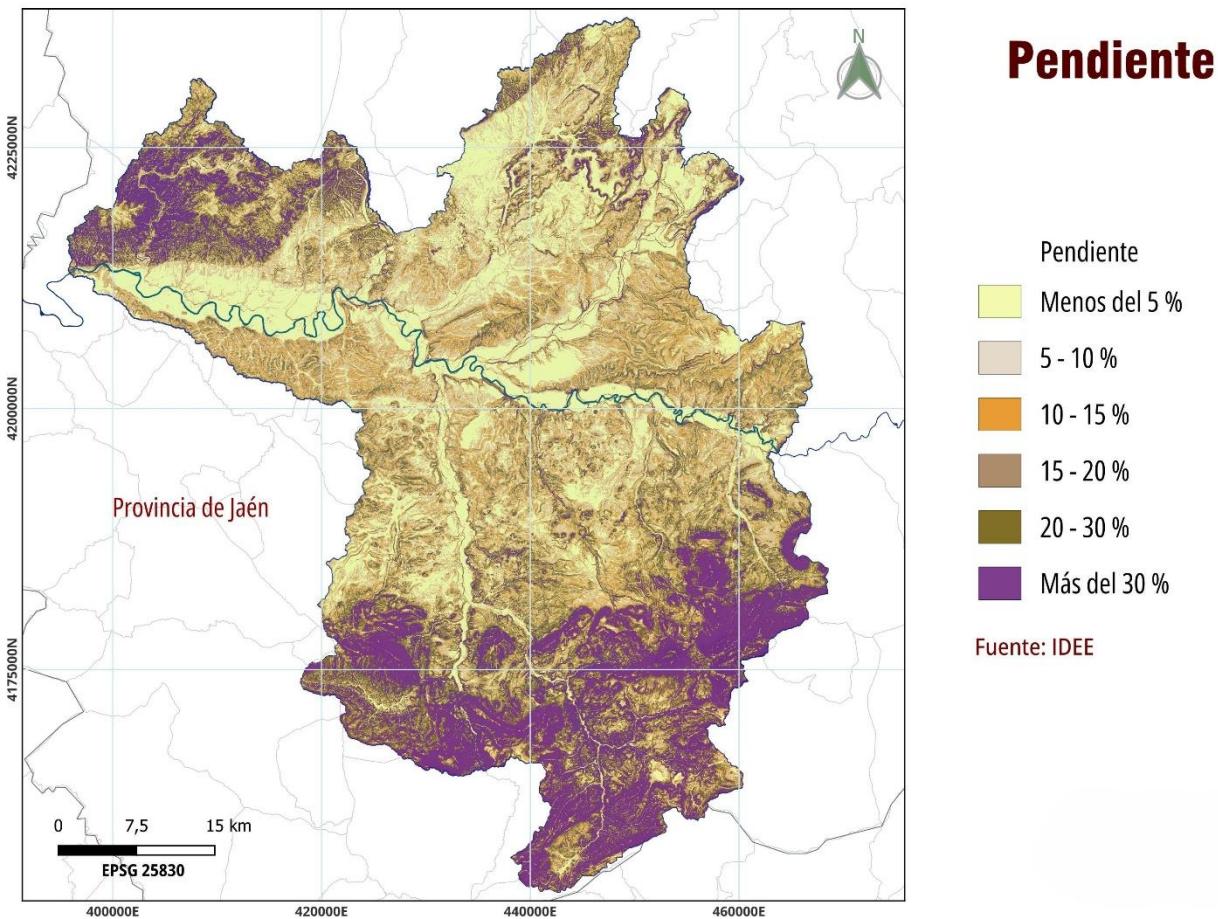


Besando, abrazando el
Guadalquivir

2.000-2099	163,56	0,05
2.100-2199	72,14	0,02
Total	307.192,01	100,00



Figura 6
Distribución de las pendientes



Tipología	Superficie ha	Porcentaje
Menos del 5%	56.262,94	18,41
5- 10 %	61.759,75	20,21
10- 15 %	52.960,94	17,33
15- 20 %	35.433,63	11,59
20- 30 %	39.786,75	13,02
Más del 30 %	59.449,44	19,45
Total	305.653,44	100,00



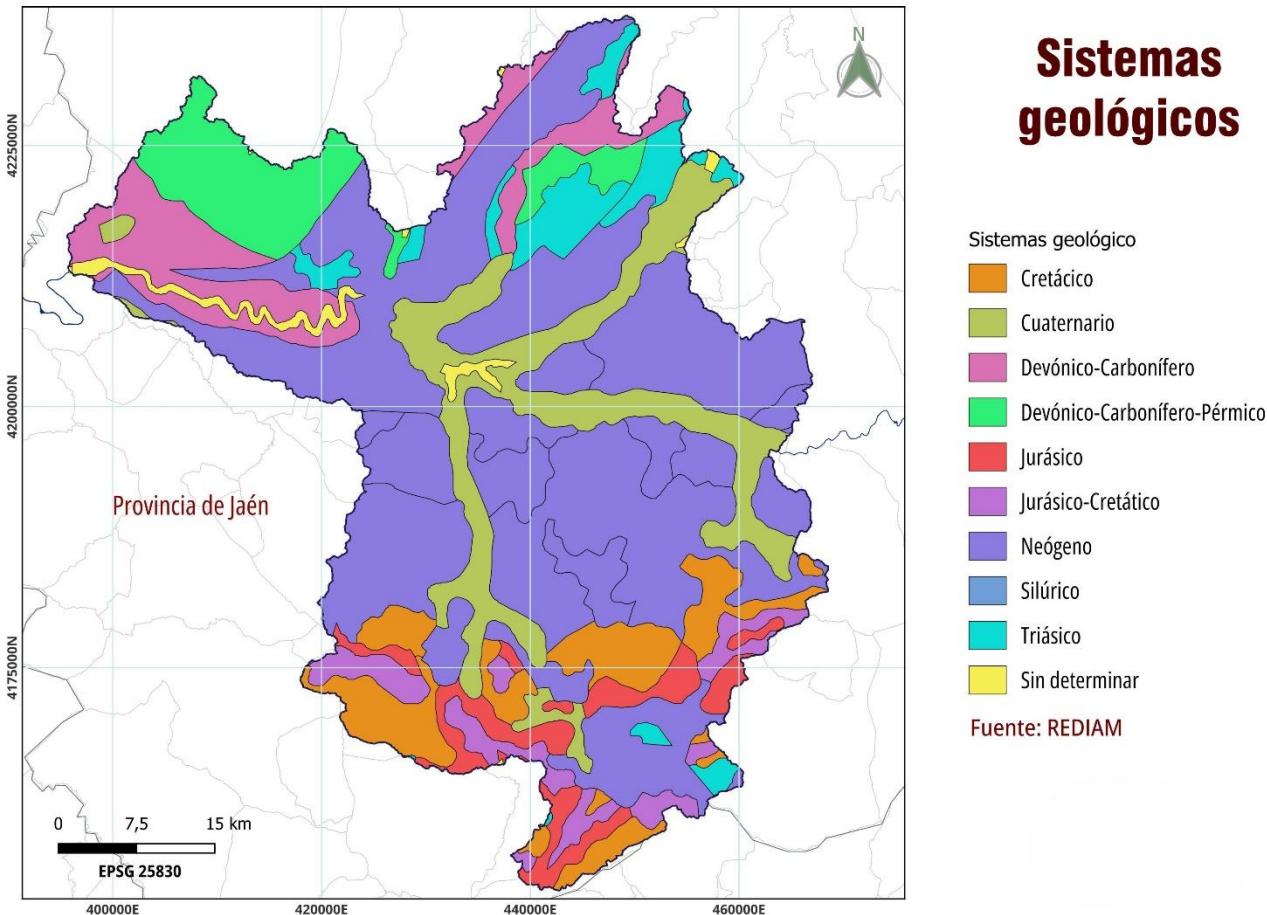
*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

Para conseguir una adecuada caracterización geomorfológica hay que comenzar por plasmar el origen de los materiales presentes en el área de estudio. En ese sentido, el mapa geológico (figura 7) contiene una representación de las grandes unidades geoestructurales que se dan cita en el territorio andaluz. En la porción del Macizo Hespérico (Sierra Morena) afloran los materiales más antiguos (paleozoicos), que van desde el Silúrico hasta el Pérmico. Le siguen en edad las rocas asociadas a los plegamientos alpinos, correspondientes al Triásico, Jurásico y Cretácico, que afloran en el sur de la zona. Entre medias quedan los materiales más jóvenes, de edad neógena (Mioceno y Plioceno) y cuaternaria (Pleistoceno y Holoceno), donde encontramos los valles por donde discurren los cauces principales que ejercen de vectores de depósito y evacuación de sedimentos.

La clasificación genética es, a la vez, argumento para la comprensión de la diversidad estructural y litológica que se asocia a la actividad tectónica propia de cada uno de los grandes períodos geológicos a los que nos hemos referido (figura 8). Destacan, en ese sentido, las estructuras apalachenses sobre cuarcitas y pizarras de la Zona Centro-Ibérica, así como las formas redondeadas sobre rocas de origen volcánico del batolito de Los Pedroches, ambas en Sierra Morena; los terrenos en posición horizontal o subhorizontal de las zonas más recientes (sedimentos arcillosos postorogénicos en valles y campiñas); y los pliegues de estilo jurásico en las sierras subbéticas, donde alternan margas y calizas. La litología, en cualquier caso, se ha presentado en dos escalas de aproximación. La más general (clases litológicas) nos refleja con claridad el predominio de los materiales de origen sedimentario (figura 9). Un mayor detalle se observa en el mapa de unidades litológicas (figura 10), especialmente útil para anticipar la diferente competencia de las rocas sedimentarias en relación a su composición mineralógica, con el contraste fundamental entre aquellas en las que domina la matriz arcillosa y las que presentan carbonato cálcico en su composición.

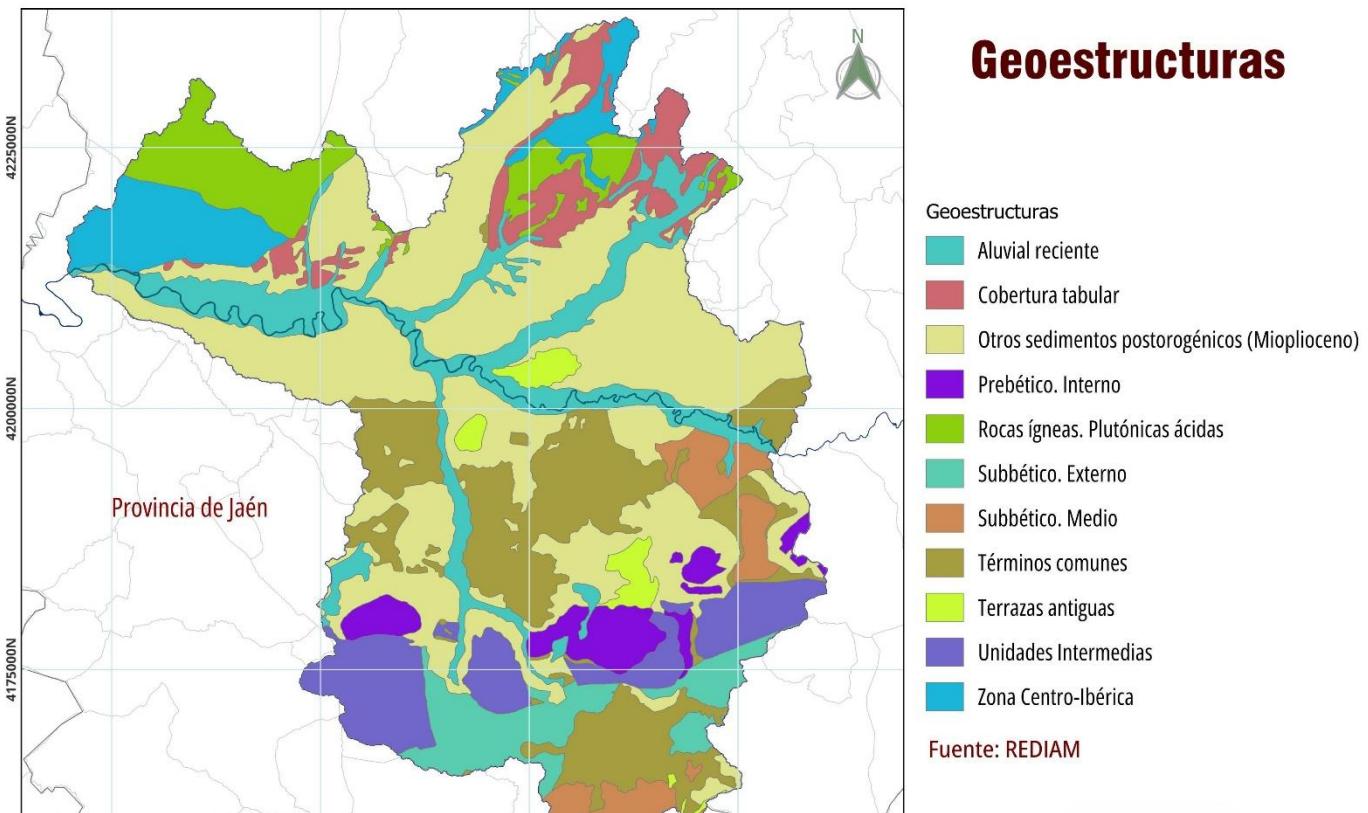


Figura 7
Mapa geológico



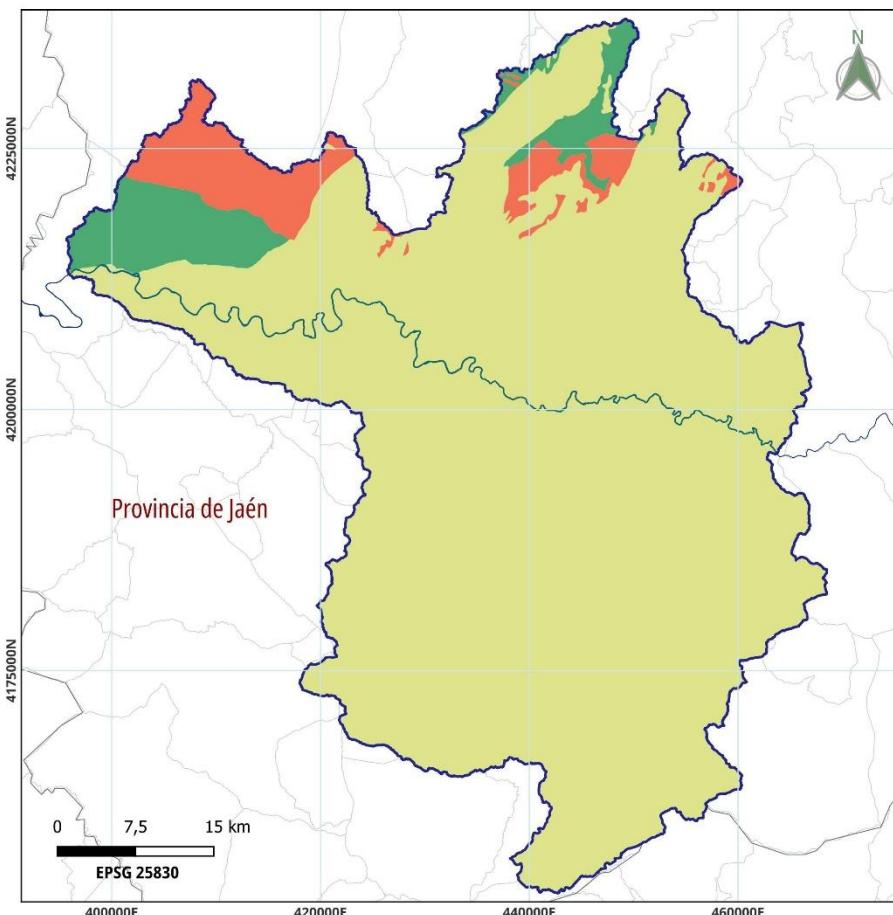
SISTEMA	Superficie ha	Porcentaje
Cretácico	24.032,14	7,82
Cuaternario	37.100,74	12,08
Devónico-Carbonífero	24.646,89	8,02
Devónico-Carbonífero-Pérmino (Plut. Hercínico)	21.535,69	7,01
Jurásico	13.770,95	4,48
Jurásico-Cretácico	12.149,80	3,96
Neógeno	155.265,82	50,54
Silúrico	18,63	0,01
Triásico	14.512,83	4,72
Sin determinar	4.158,52	1,35
Total	307.192,02	100,00

Figura 8
Estructuras geológicas



Geoestructuras	Superficie ha	Porcentaje
Aluvial reciente	32.687,45	10,64
Otros sedimentos postorogénicos (Mioplioceno)	109.375,68	35,60
Términos comunes	45.554,73	14,83
Prebético Interno	10.431,97	3,40
Cobertura tabular	14.880,09	4,84
Rocas ígneas. Plutónicas ácidas	18.082,44	5,89
Terrazas antiguas	5.002,22	1,63
Zona Centro-Ibérica	17.612,68	5,73
Unidades Intermedias	22.527,43	7,33
Subbético Medio	16.280,57	5,30
Subbético Externo	14.754,54	4,80
Dominio Obejo-Valsequillo	2,23	0,00
Total	307.192,02	100,00

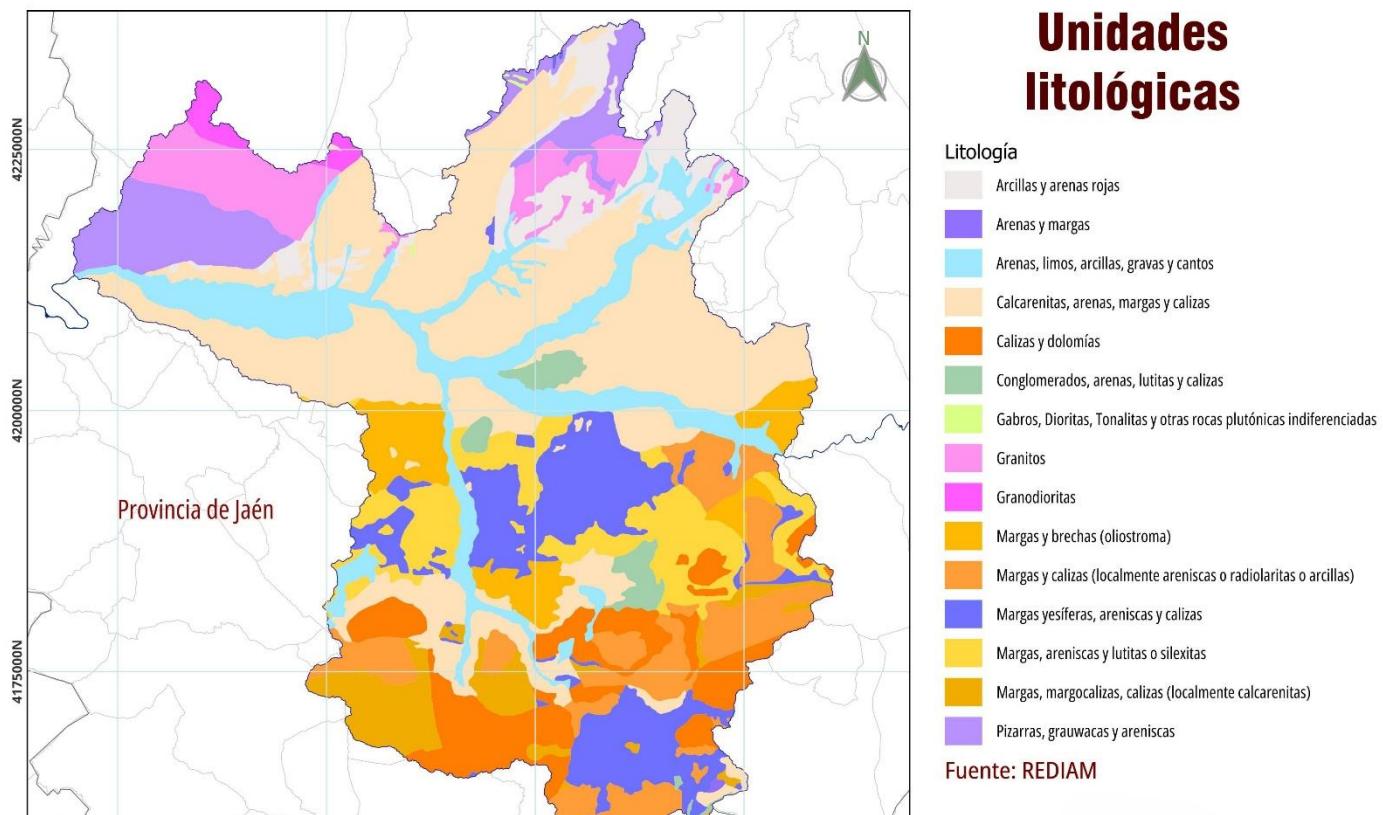
Figura 9
Clases litológicas



Clases litológicas

Clase	Superficie ha	Porcentaje
Sedimentario	271.496,90	88,38
Plutónico	18.082,44	5,89
Metamórfico	17.612,68	5,73
Total	307.192,02	100,00

Figura 10
Unidades litológicas



Unidad litológica	Superficie ha	Porcentaje
Calcarenitas, arenas, margas y calizas	88.146,12	28,69
Margas y calizas (localmente areniscas o radiolaritas o arcillas)	30.857,34	10,04
Arcillas y arenas rojas	14.880,09	4,84
Margas, margocalizas, calizas (localmente calcarenitas)	11.860,17	3,86
Granitos	15.469,72	5,04
Pizarras, grauwacas y areniscas	17.612,68	5,73
Gabros, dioritas, tonalitas y otras rocas plutónicas indiferenciadas	150,10	0,05
Margas yesíferas, areniscas y calizas	31.014,67	10,10
Margas y brechas (oliostroma)	13.543,63	4,41
Margas, arenas y lutitas o silexitas	21.091,03	6,87
Calizas y dolomías	22.275,65	7,25
Arenas, limos, arcillas, gravas y cantos	32.687,45	10,64
Conglomerados, arenas, lutitas y calizas	5.002,22	1,63
Arenas y margas	138,53	0,05
Granodioritas	2.462,62	0,80
Total	307.192,02	100,00



Besando, abrazando el
Guadalquivir

La geomorfología de la zona se ilustra también desde varios niveles de agrupamiento. La aproximación más general se corresponde con los sistemas geomorfológicos (figura 11), mientras que las unidades geomorfológicas ofrecen un mayor nivel de detalle (figura 12).

Dentro del sistema denudativo fluvio-coluvial, las formas de origen fluvial se deben a procesos de erosión y sedimentación ligados a la actividad de la red hidrográfica, dando lugar a morfologías donde predominan perfiles rectos y planos inclinados en los engarces con las zonas exteriores a su influencia. De esta manera, encontramos vegas, llanuras de inundación y terrazas. Como antes hemos dejado entrever, el Guadalquivir se halla todavía próximo a su zona de cabecera y, en consecuencia, las vegas y llanuras de inundación en este tramo fluvial alto son estrechas franjas (lo mismo ocurre en los afluentes que se le unen en el área de estudio), y solo a partir de Villanueva de la Reina empiezan a anunciar la entidad que irán cobrando una vez el río supera los límites provinciales. En estos mismos entornos se reconocen las terrazas fluviales procedentes del encajamiento reciente, en el contexto de los cambios climáticos acaecidos durante el período pliocuaternario, incluyendo restos de terrazas antiguas ($> 1.000.000$ años) al sur del Guadalquivir. Materiales sedimentarios también recientes, pero en este caso de origen coluvial (acumulados por gravedad o con escaso transporte), son los pedimentos y conos de deyección presentes en las laderas de las montañas meridionales.

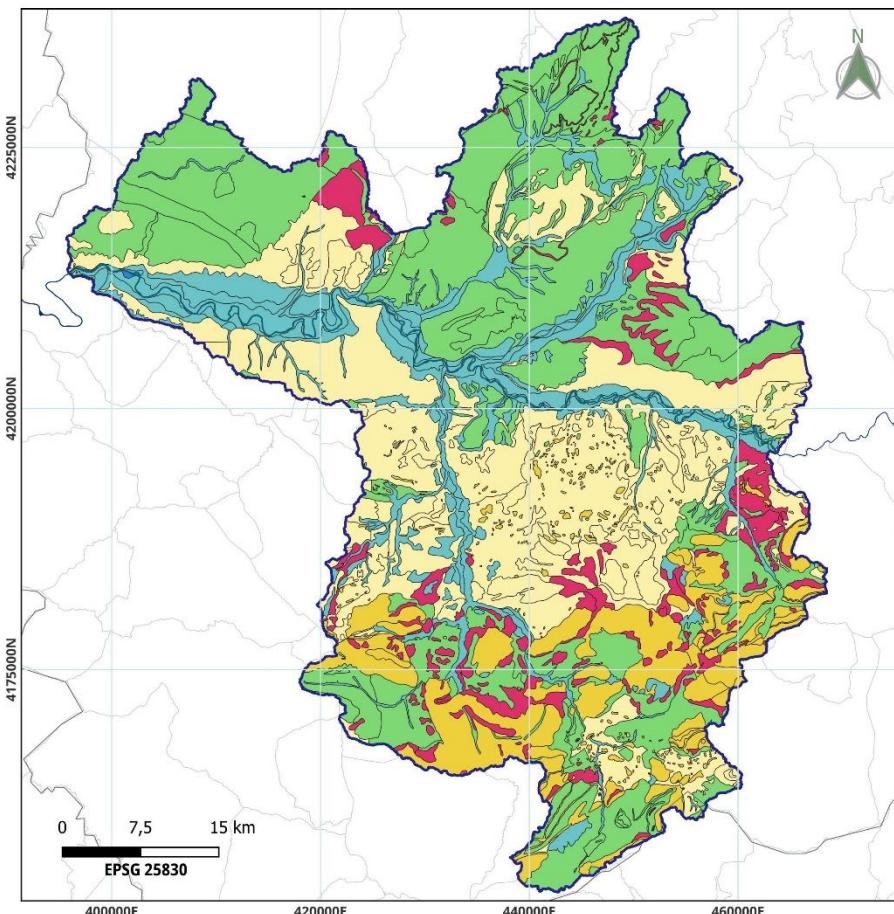
Las formas asociadas al sistema gravitacional-denudativo incluyen dos formas principales. De una parte, depósitos que dan lugar a derrubios de ladera y canchales, deslizamientos y formas derivadas de procesos de solifluxión (cuando predominan materiales margo-arcillosos). De otra parte, los denominados glacis de erosión (diferenciados de los pedimentos por la presencia de un paquete de materiales blandos), que forman planos suavemente inclinados para engarzar las laderas montañosas con los llanos circundantes. Todas estas formas están representadas en el entorno de los relieves alpinos presentes en la zona. Por el contrario, el sistema morfogenético denudativo es dominante en las campiñas del Guadalquivir, donde encontramos una sucesión de llanuras, colinas y lomas.

El sistema estructural-denudativo es predominante en todas las zonas de montaña, tanto de origen hercíniano como alpino, siendo motivo de la existencia de un elevado número de geoformas, que van desde las derivadas del modelo de deposición de los sedimentos (este es el caso de los relieves tabulares) a las debidas al efecto del plegamiento (colinas, cerros, montañas) o la presencia de fenómenos intrusivos (colinas o cerros sobre plutones de la Sierra de Andújar). Los relieves de plegamiento pueden diferenciarse según se trate de estructuras estables, con menor pendiente y erosión, que es lo propio de Sierra Morena; o estructuras más inestables, prototípicamente en los terrenos más escarpados del sur provincial. En este sistema se incluyen también formas no estructurales, pero fuertemente condicionadas por ellas, como son barrancos y cañones.

Completan el panorama de diversidad geomorfológica los relieves asociados a los materiales carbonatados. El sistema kárstico-denudativo tiene una importante impronta estructural, con materiales plegados dispuestos en anticlinales y sinclinales. Por otra parte, la disolución de la roca caliza está en el origen de una gran variedad de formas superficiales también reconocibles en la zona donde abundan estos materiales, como son lapiaces, dolinas o travertinos.

En la figura 13 se presentan las principales unidades fisiográficas basadas en la geomorfología.

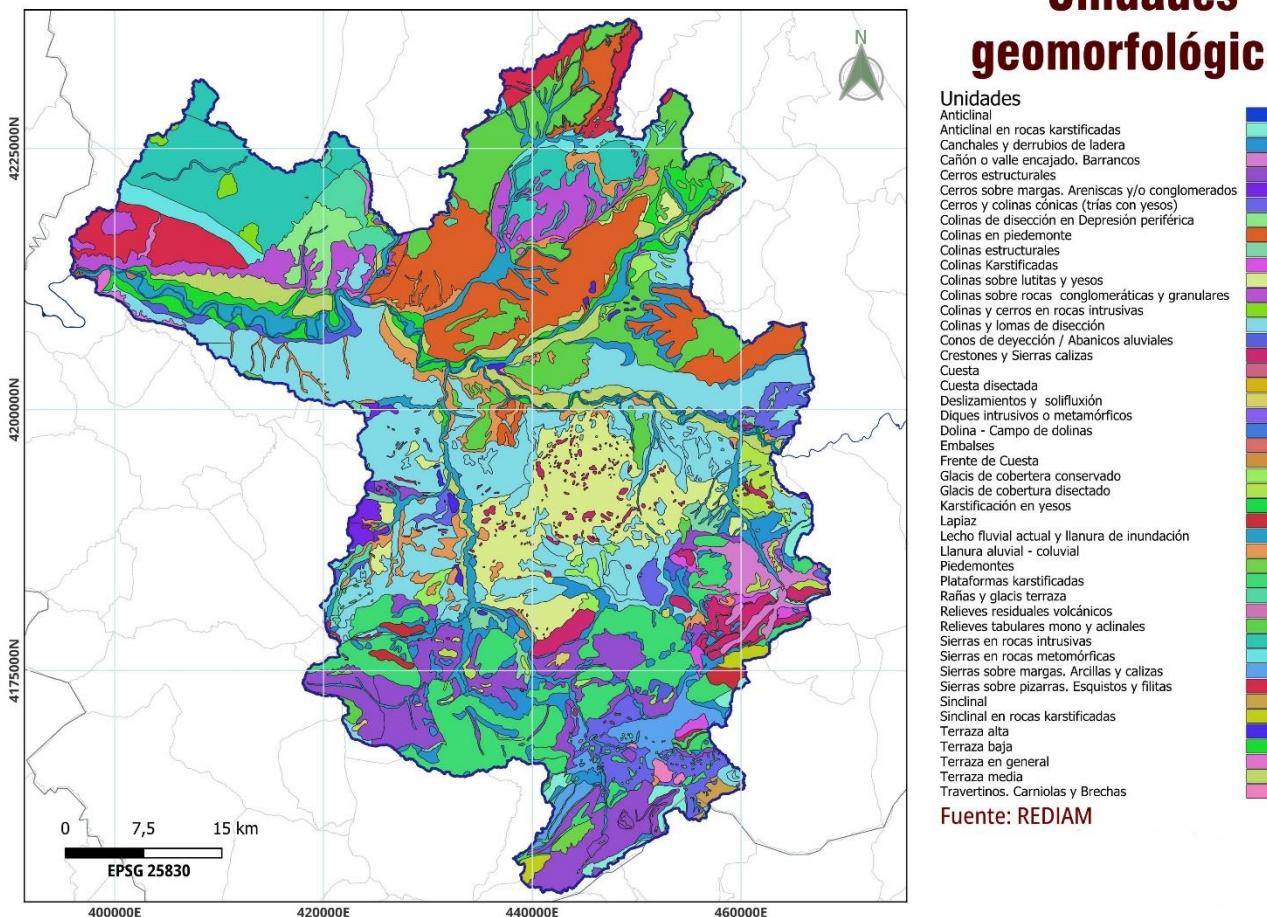
Figura 11
Sistemas geomorfológicos



Sistema geomorfológico	Superficie ha	Porcentaje
Sistema Fluvio-coluvial	44.917,40	14,62
Sistema lacustre	183,42	0,06
Sistema morfogenético-denudativo	94.327,01	30,71
Sistema karstico-denudativo	35.115,96	11,43
Sistema gravitacional-denudativo	20.911,26	6,81
Sistema estructural-denudativo	111.687,74	36,36
Sistema volcánico	49,23	0,02
Total	307.192,02	100,00

Figura 12
Unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas



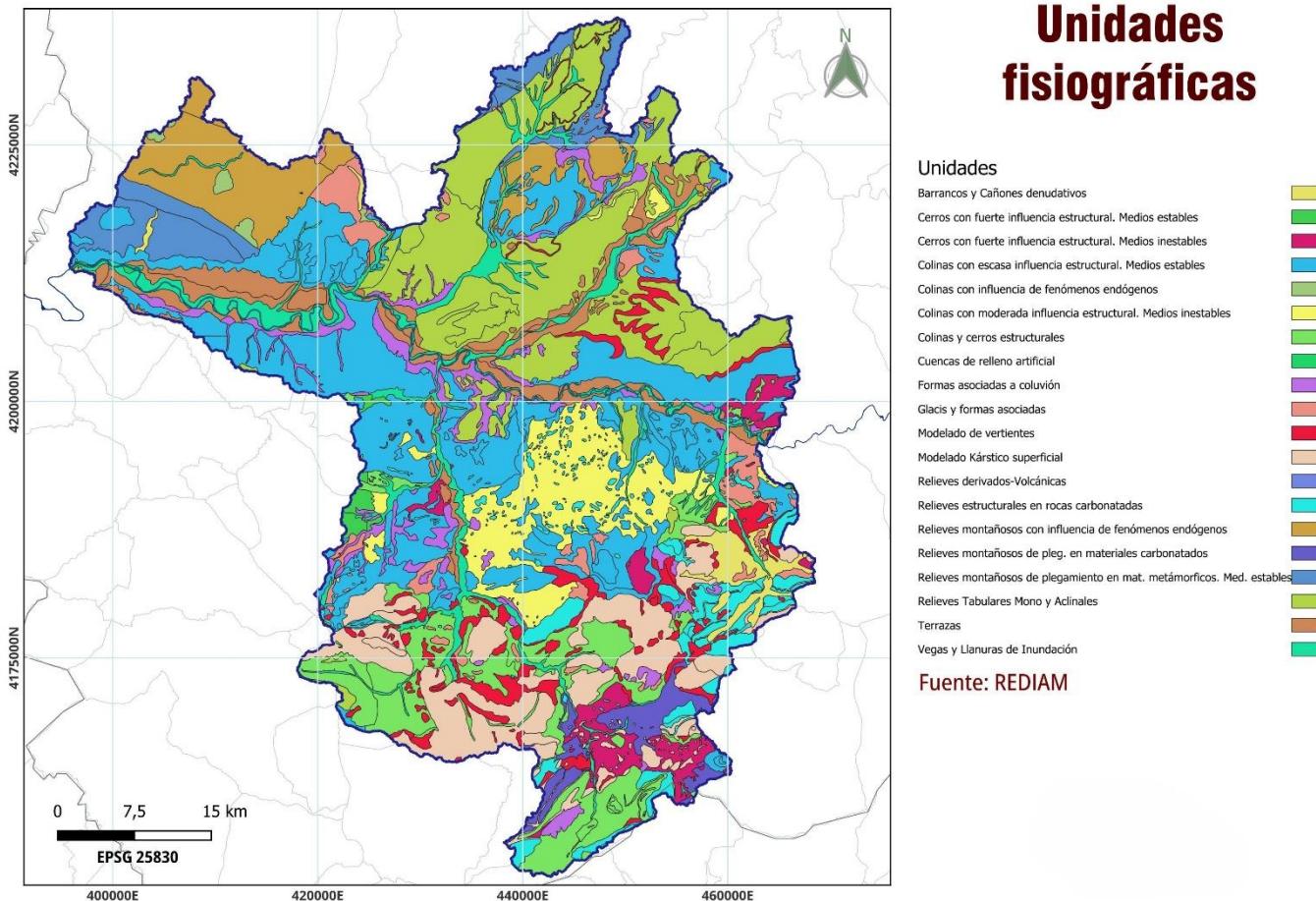
Unidad estructural	Superficie	Porcentaje
Anticinal	5,10	0,002
Anticinal en rocas karstificadas	2.217,75	0,722
Canchales y derrubios de ladera	11.887,08	3,870
Cañón o valle encajado. Barrancos	4.271,16	1,390
Cerro estructural	20.251,71	6,593
Cerro sobre margas. Areniscas y/o conglomerados	1.379,27	0,449
Cerro y colinas cónicas (trías con yesos)	7.689,41	2,503
Colinas de disección en depresión periférica	3.319,78	1,081
Colinas en piedemonte	24.422,71	7,950
Colinas estructurales	2.494,74	0,812
Colinas Karstificadas	1.285,20	0,418
Colinas sobre lutitas y yesos	20.267,29	6,598
Colinas sobre rocas conglomeráticas y granulares	10.185,02	3,316
Colinas y cerros en rocas intrusivas	946,70	0,308
Colinas y lomas de disección	51.486,25	16,760
Conos de deyección / Abanicos aluviales	2.226,06	0,725
Crestones y sierras calizas	5.977,48	1,946



Cuesta	43,09	0,014
Cuesta disectada	1,06	0,000
Deslizamientos y solifluxión	345,76	0,113
Diques intrusivos o metamórficos	63,98	0,021
Dolina- Campo de dolinas	11,72	0,004
Embalses	183,42	0,060
Frente de cuesta	138,93	0,045
Glacis de cobertura conservado	2.334,57	0,760
Glacis de cobertura disectado	2.691,61	0,876
Karstificación en yesos	58,57	0,019
Lapiaz	1.168,30	0,380
Lecho fluvial actual y llanura de inundación	16.518,01	5,377
Llanura aluvial – coluvial	8.608,15	2,802
Piedemontes	545,24	0,177
Plataformas karstificadas	22.914,26	7,459
Rañas y glacis terraza	3.652,24	1,189
Relieves residuales volcánicos	49,23	0,016
Relieves tabulares mono y aclinales (superficie estructural)	23.035,60	7,499
Sierras en rocas intrusivas	18.553,65	6,040
Sierras en rocas metomórficas	3.650,32	1,188
Sierras sobre margas. Arcillas y calizas	4.418,10	1,438
Sierras sobre pizarras. Esquistos y filitas	8.803,91	2,866
Sinclinal	586,97	0,191
Sinclinal en rocas karstificadas	1.067,62	0,348
Terraza alta	647,15	0,211
Terraza baja	6.184,36	2,013
Terraza en general	702,57	0,229
Terraza media	9.485,85	3,088
Travertinos. Carniolas y Brechas	415,07	0,135
Total	307.192,02	100,000

Figura 13
Unidades fisiográficas

Unidades fisiográficas



Unidad fisiográfica	Superficie ha	Porcentaje
Barrancos y Cañones denudativos	4.271,16	1,39
Cerro con fuerte influencia estructural. Medios estables	1.379,27	0,45
Cerro con fuerte influencia estructural. Medios inestables	7.689,41	2,50
Colinas con escasa influencia estructural. Medios estables	64.991,04	21,16
Colinas con influencia de fenómenos endógenos	1.010,68	0,33
Colinas con moderada influencia estructural. Medios inestables	20.267,29	6,60
Colinas y cerros estructurales	22.746,46	7,40
Cuencas de relleno artificial	183,42	0,06
Formas asociadas a coluvión	11.379,45	3,70
Glacis y formas asociadas	8.678,42	2,83
Modelado de vertientes	12.232,84	3,98
Modelado kárstico superficial	24.567,92	8,00
Relieves derivados-volcánicas	49,23	0,02
Relieves estructurales en rocas carbonatadas	10.548,05	3,43
Relieves montañosos con influencia de fenómenos endógenos	18.553,65	6,04
Relieves montañosos de plegamiento en materiales carbonatados	5.010,17	1,63
Relieves montañosos de plegamiento en materiales metámorficos	12.454,23	4,05
Relieves tabulares monoclinales y aclinales	47.641,38	15,51



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

Terrazas	17.019,94	5,54
Vegas y llanuras de inundación	16.518,01	5,38
Total	307.192,02	100,00





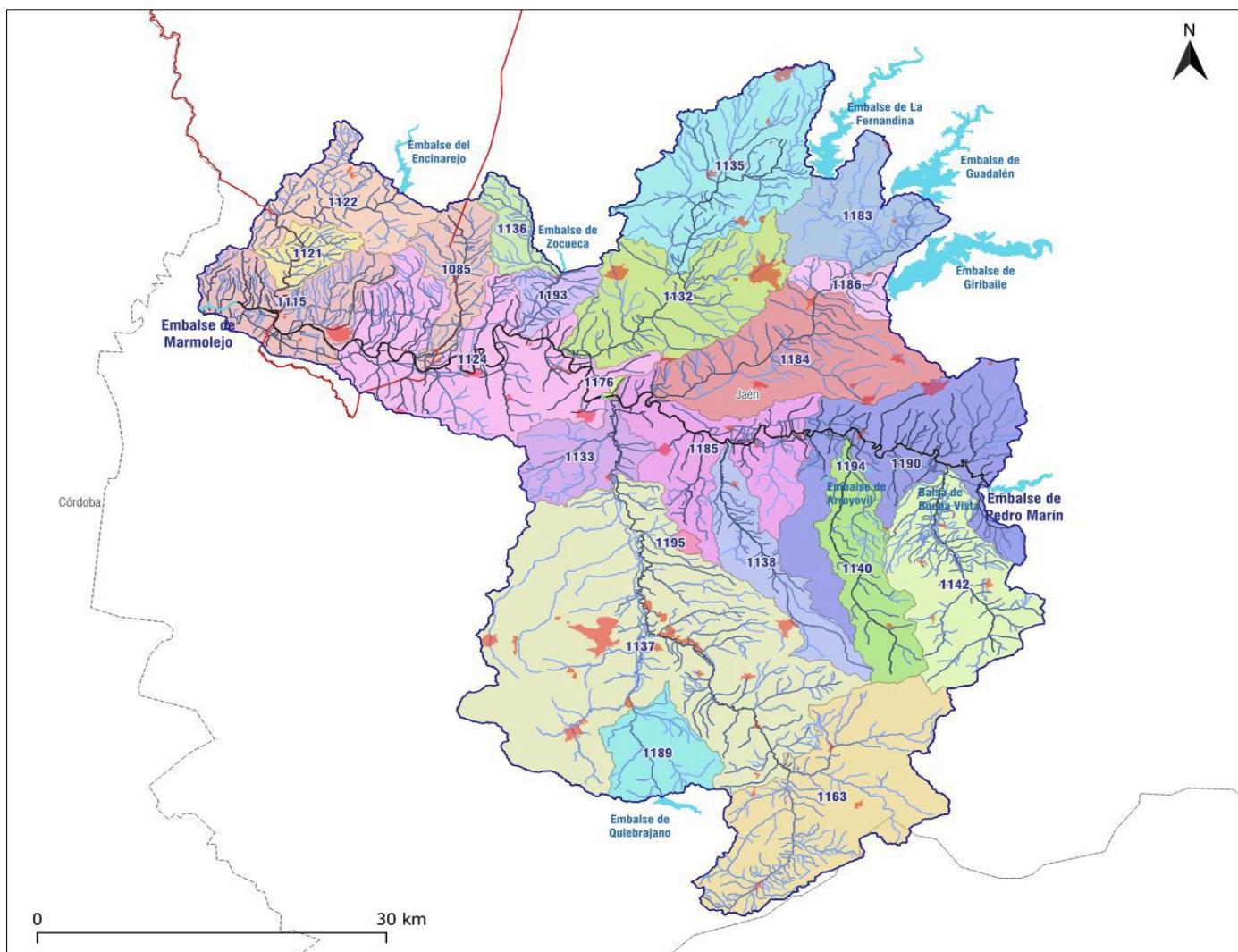
Besando, abrazando el
Guadalquivir

La caracterización hidrográfica se inicia con la cartografía de los cauces fluviales hasta su cuarto orden de jerarquía respecto al río principal. Estos se agrupan en un total de veinticuatro subcuencas, con tamaños muy dispares y que suman un total de algo más de trescientas siete mil hectáreas (figura 14). Al detalle del perímetro y la superficie de cada una de ellas hay que sumar una breve mención a la forma; por lo general, los afluentes del Guadalquivir ocupan cuencas estrechas y alargadas, salvando mayores desniveles en sus afluentes por la izquierda, donde también recorren tramos más grandes y existe una menor regulación a partir de la construcción de embalses (con la excepción del Quiebrajano).

En cuanto a los caudales, partimos del hecho de que las precipitaciones muestran una importante variabilidad espacial y temporal. La media que hemos presentado, correspondiente al período 1991-2020, tiene unos umbrales que van desde 410 hasta los 686 mm, traduciendo la incidencia que la altitud tiene en la modificación local de las condiciones atmosféricas (figura 15). Y lo mismo ocurre respecto a las temperaturas (figura 16), cuyas medias anuales indican en todo caso la acumulación de calor que es característica del valle del Guadalquivir, con veranos largos, muy secos y calurosos; y meses fríos que, salvo en las zonas más elevadas, no llegan al mínimo para considerar la existencia de invierno climatológico (meses con menos de 6º C de media). El resultado es una evapotranspiración (figura 17) que refleja la existencia de aridez en la mayor parte del área analizada, una realidad que se viene incrementando en el contexto de cambio climático en el que estamos insertos y que, de hecho, permite ya que una porción del área tenga parámetros climáticos que permiten calificarla de esteparia antes que mediterránea (Chazarra Bernabé et al. 2022).

La variabilidad climática tiene un reflejo directo en el régimen fluvial. Esto se puede ilustrar a partir del aforo de caudal del propio Guadalquivir. Así, tomando como referencia la estación existente en la presa de Mengíbar, con una observación que se nutre de información recogida durante 93 años, el caudal medio anual es de 39,41 m³/s, siendo el mínimo 8,15 m³/s y el máximo de 105,94 m³/s. Si nos vamos a los extremos inferior y superior de las mediciones mensuales, los resultados son aún más exagerados: 0,13 m³/s y 439,86 m³/s respectivamente. Los caudales medios mensuales (figura 18) retratan a la perfección los contrastes estacionales de las condiciones climáticas.

Figura 14
Perímetro y superficie de las subcuencas fluviales



ID	Nombre de la cuenca	Perímetro	Area_HA
1184	Río Guadalimar desde el arroyo Fuente Álamo hasta al embalse de Mengíbar	79599,16	18592,72
1186	Río Guadalimar desde la presa de Giribaile hasta el arroyo Fuente Álamo	34668,93	3044,67
1142	Río Bedmar	72249,63	16892,81
1190	Río Guadalquivir desde la presa de Pedro Marín hasta Sotogordo	157282,68	23010,08
1115	Embalse de Marmolejo	66580,64	11272,90
1121	Río Jándula aguas abajo de la Loma de las Buenas Hiebas	32051,57	3369,72
1122	Río Jándula aguas abajo de la presa de Encinarejo hasta la Loma de las Buenas Hierbas	69640,21	9518,70
1124	Río Guadalquivir aguas abajo de la presa de Mengíbar hasta el embalse de Marmolejo	137136,77	25430,17
1185	Río Guadalquivir desde Sotogordo hasta el embalse de Mengíbar	112671,98	15022,36
1085	Arroyo Escobar	55256,98	6613,82
1133	Río Guadalbullón desde las Infantas hasta el embalse de Mengíbar	50470,12	7305,32
1137	Río Guadalbullón hasta las Infantas	167731,21	59935,71
1193	Río Rumblar aguas abajo de Zocueca	32938,22	3291,94
1140	Río Torres	72179,76	10348,87
1163	Río Cambil y Barranco del Toro	102905,18	26252,08
1183	Ríos Guadalén y Guarizas aguas abajo de las presas de Guadalén y Fernandina	65139,12	10584,48
1132	Río Guadiel y afluentes aguas abajo del Arroyo de la Muela	84396,55	16967,00
1135	Río Guadiel y afluentes hasta el arroyo de la Muela	89882,83	19890,36
1136	Arroyo de la Fresneda	37316,59	3457,47
1138	Arroyo del Salado	76586,19	8539,42
1189	Río Quiebrajano	44586,17	7173,03
1195	Balsa del Cádimo	9100,53	441,70
1176	Embalse de Mengíbar	8517,52	217,75
1194	Laguna Grande	1756,27	18,95
TOTAL		307192,02	

Figura 15
Mapa de precipitación media anual

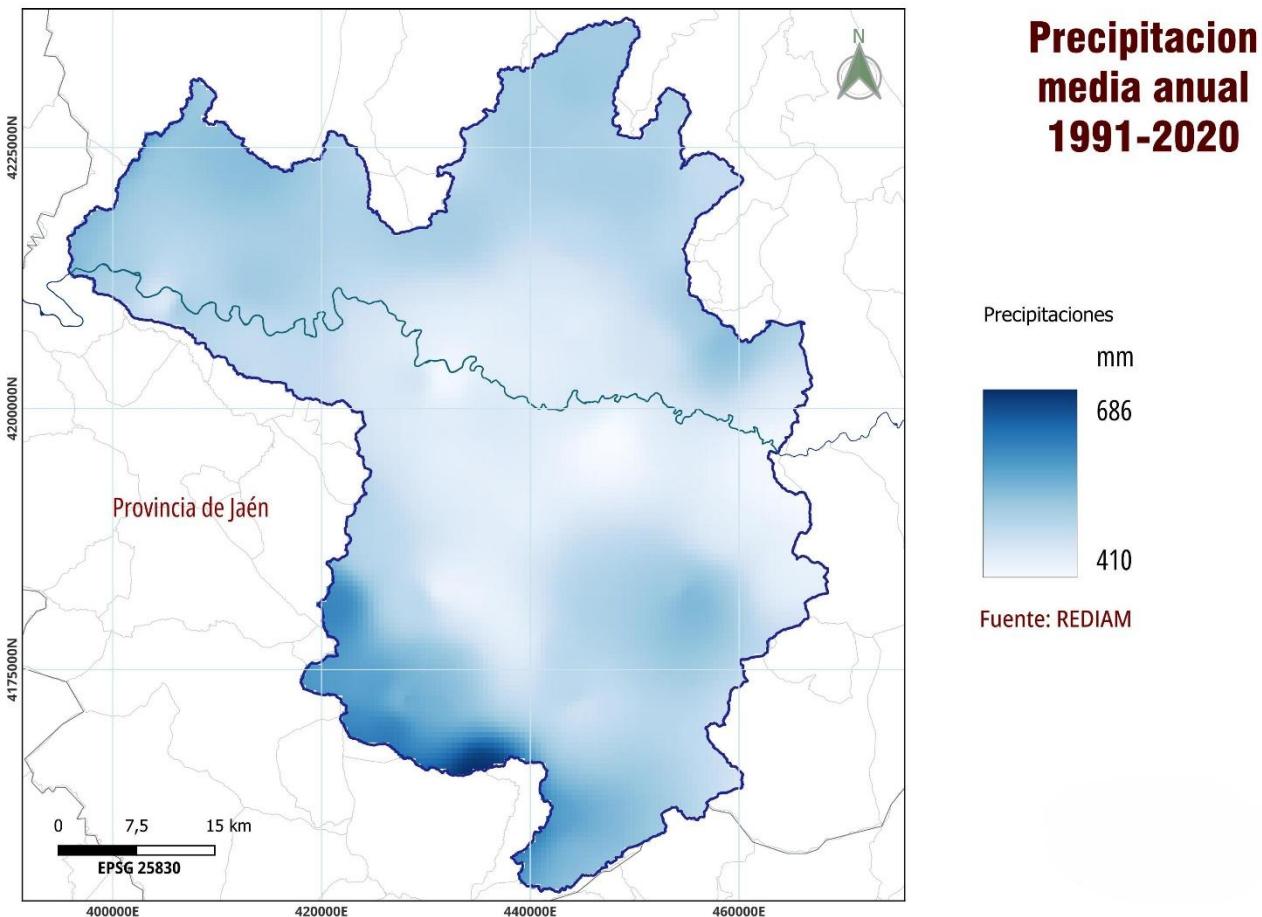
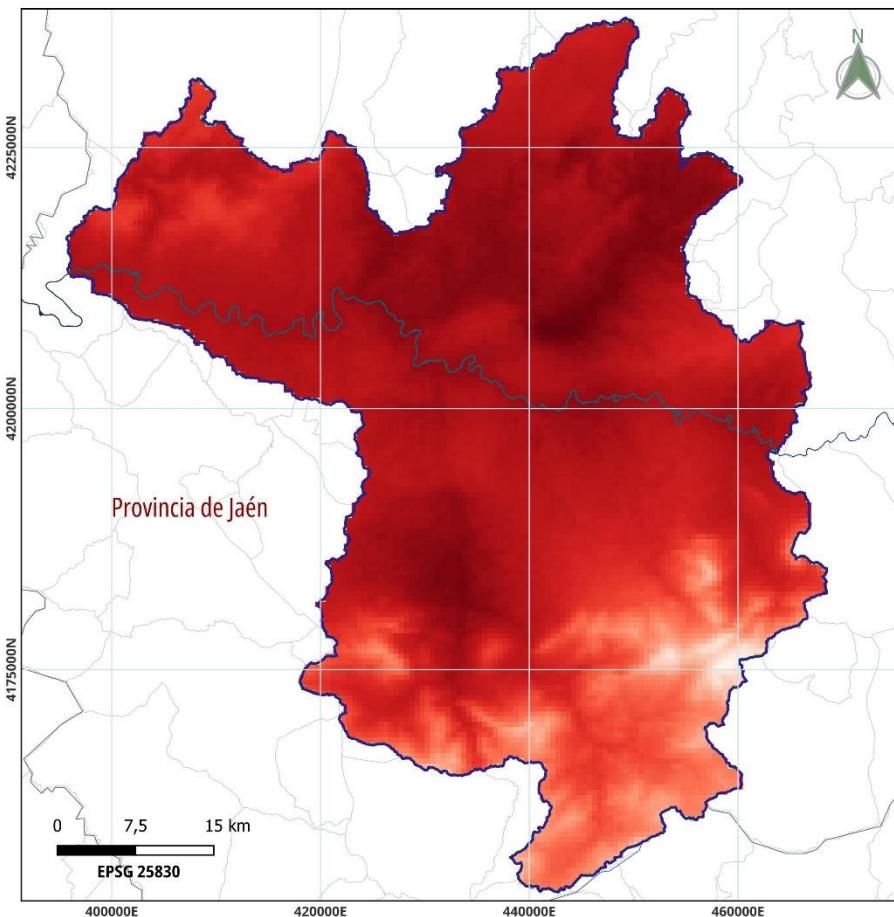


Figura 16
Mapa de temperaturas medias



Temperatura media anual (2023)



Figura 17
Evapotranspiración potencial

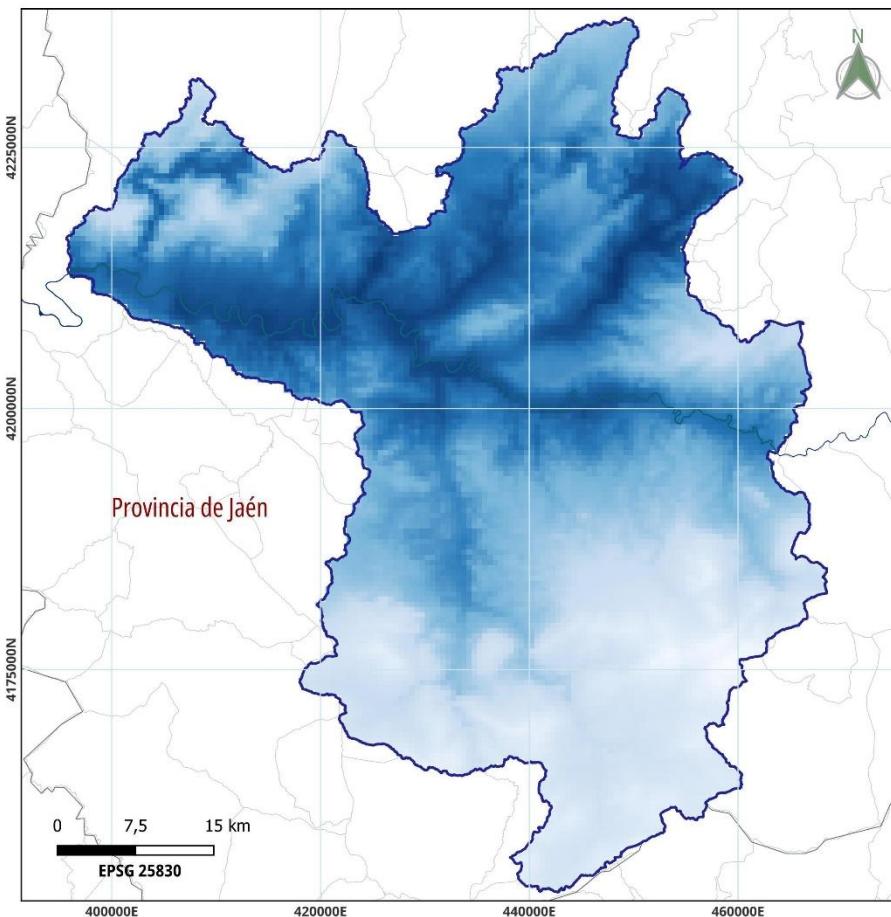
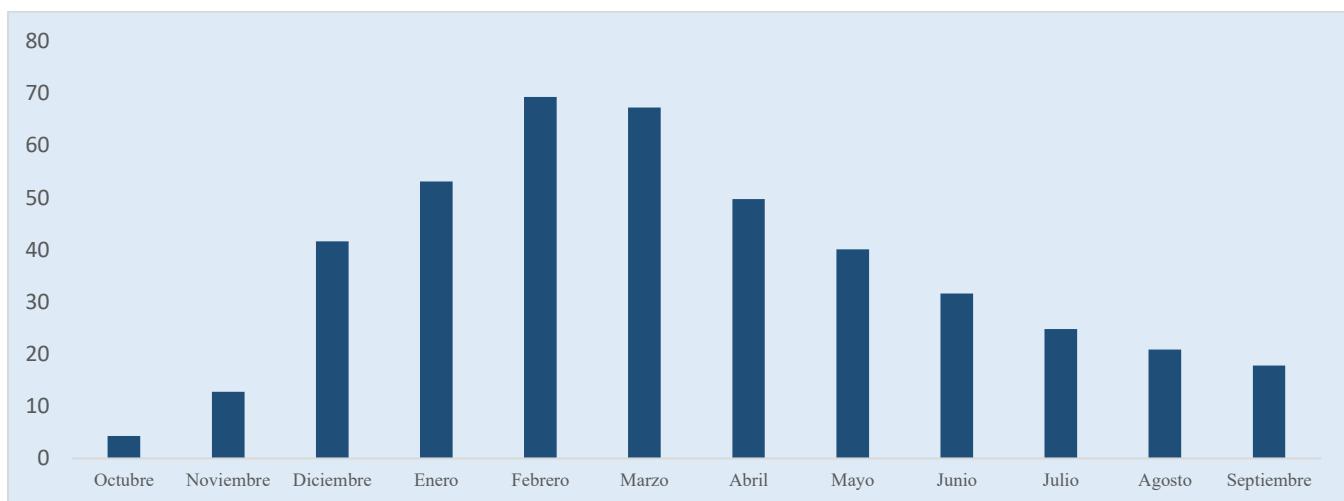
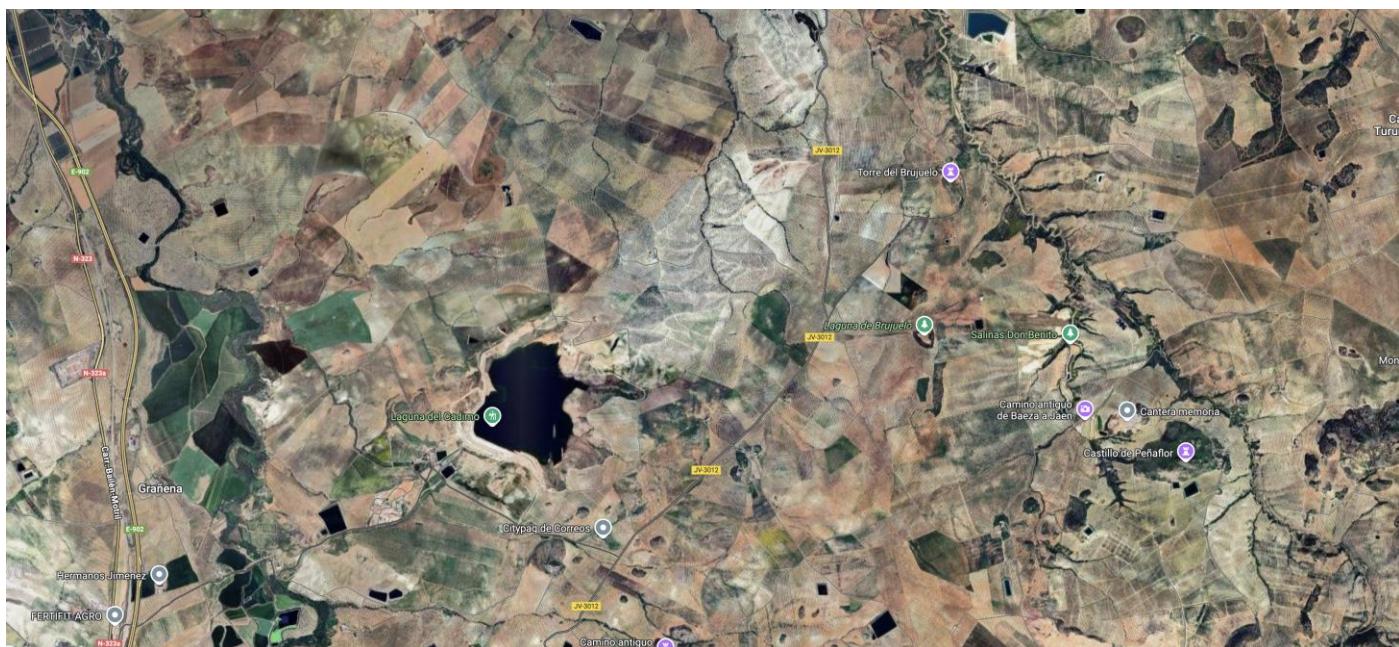


Figura 18
Caudales medios mensuales en m³/s del Guadalquivir en la presa de Mengíbar



Fuente: <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/af0/estaf-datos.asp?indroeia=5004>

La circulación hídrica está también condicionada por la permeabilidad de los materiales de la cuenca (figura 19), facilitando en cada caso las escorrentías superficiales o subterráneas (figura 20). Así, la alta permeabilidad en el valle del Guadalquivir explica la existencia de acuíferos detríticos, mientras la presencia de materiales carbonatados en el sur de la zona la de acuíferos kársticos. Junto a estos embalses naturales de agua (figura 21), de enorme importancia para la regulación del ciclo hidrológico y el aprovechamiento de los recursos hídricos para diferentes usos, hay que destacar la existencia de grandes embalses en los límites de la zona estudiada -precisamente allí donde la permeabilidad de las rocas es más reducida-, así como un elevado número de balsas de riego, mayoritariamente destinadas al olivar, que se distribuyen por todo el territorio. Un caso especialmente destacado es la Balsa del Cadimo, en el término municipal de Jaén, con una capacidad de almacenamiento de casi 20 hm³.



Balsas de regadío y presa del Cadimo, en el entorno del río Guadalquivir (Jaén)

Figura 19
Permeabilidad de los materiales

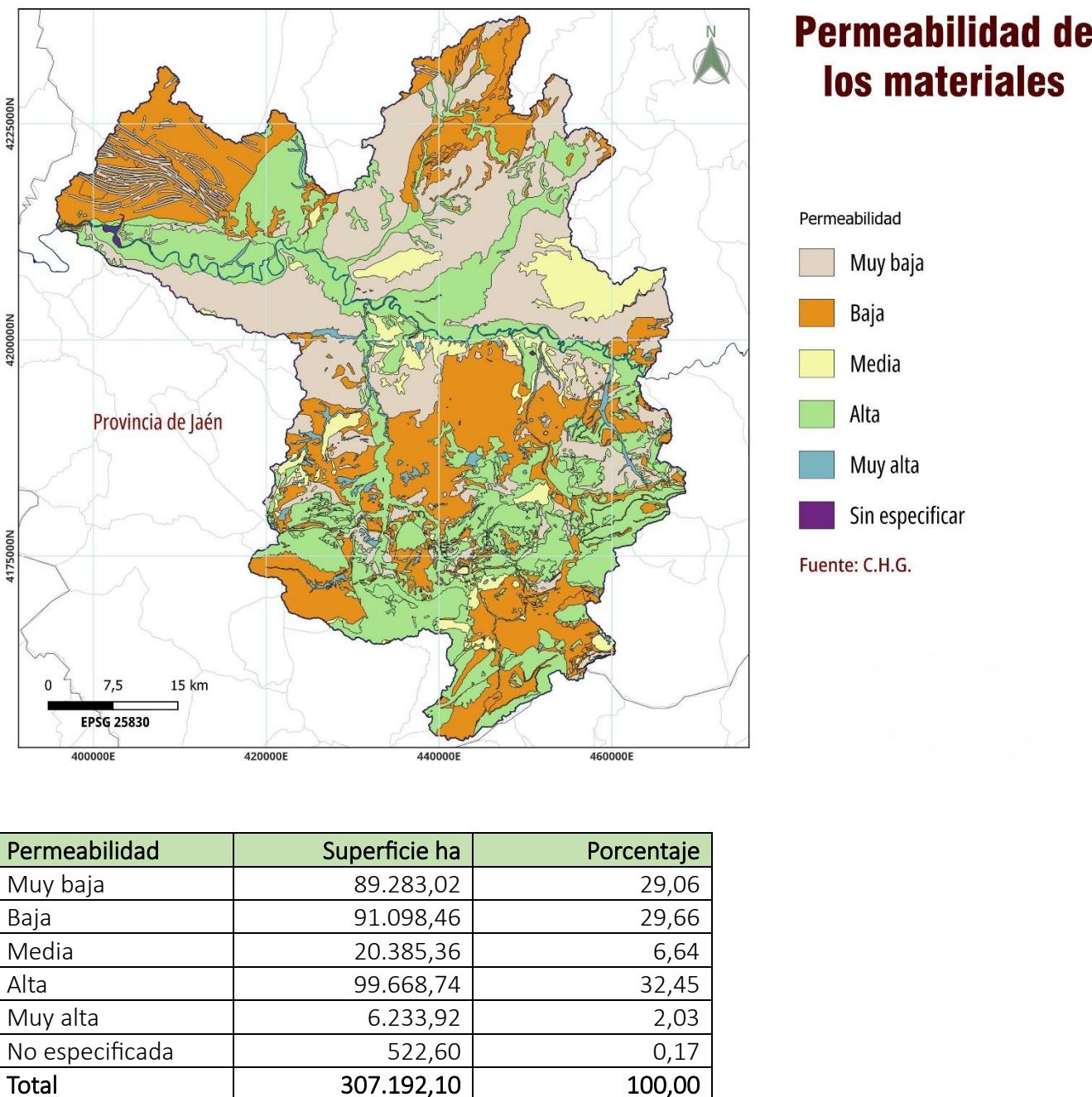


Figura 20
Escorrentía media anual

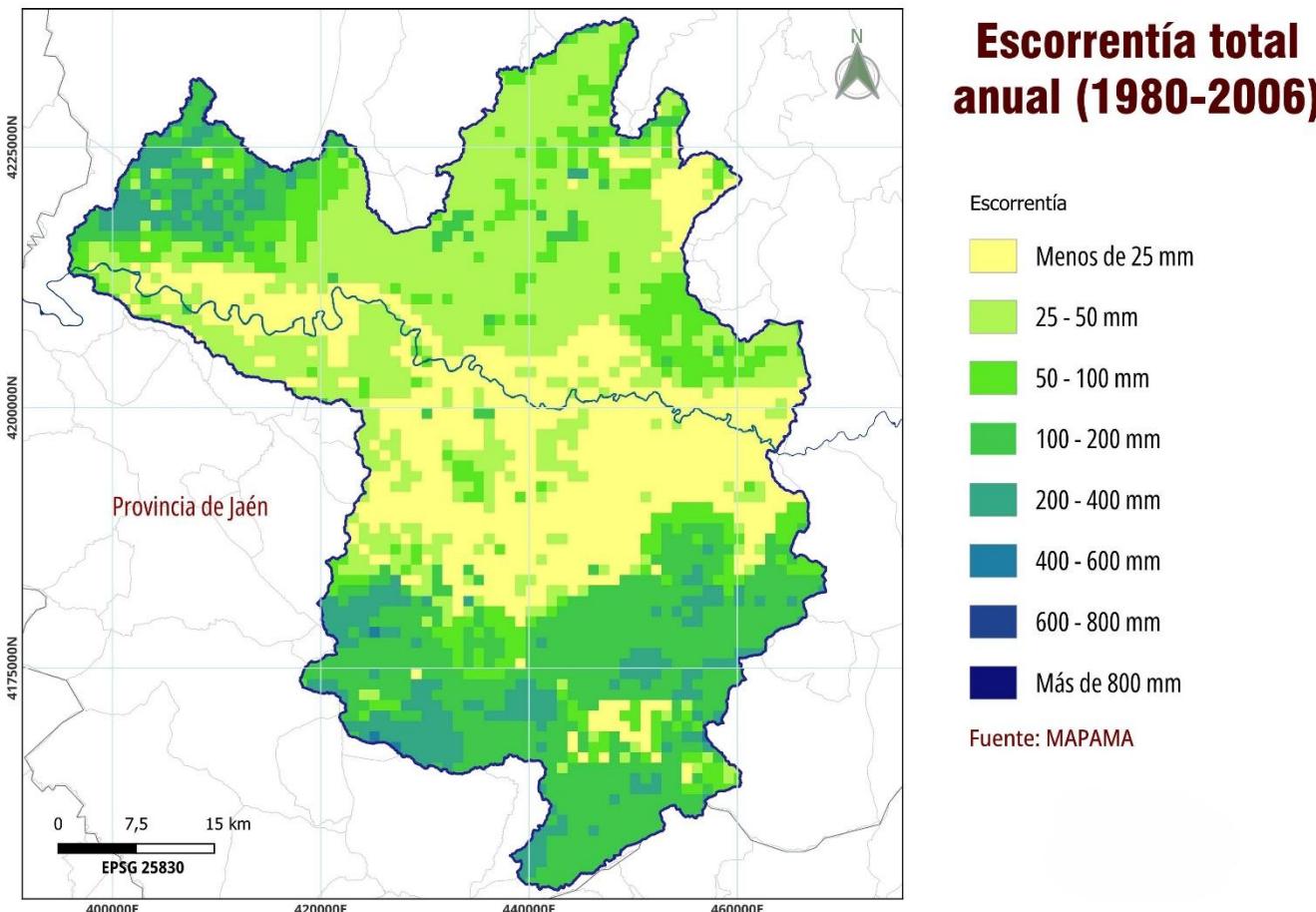
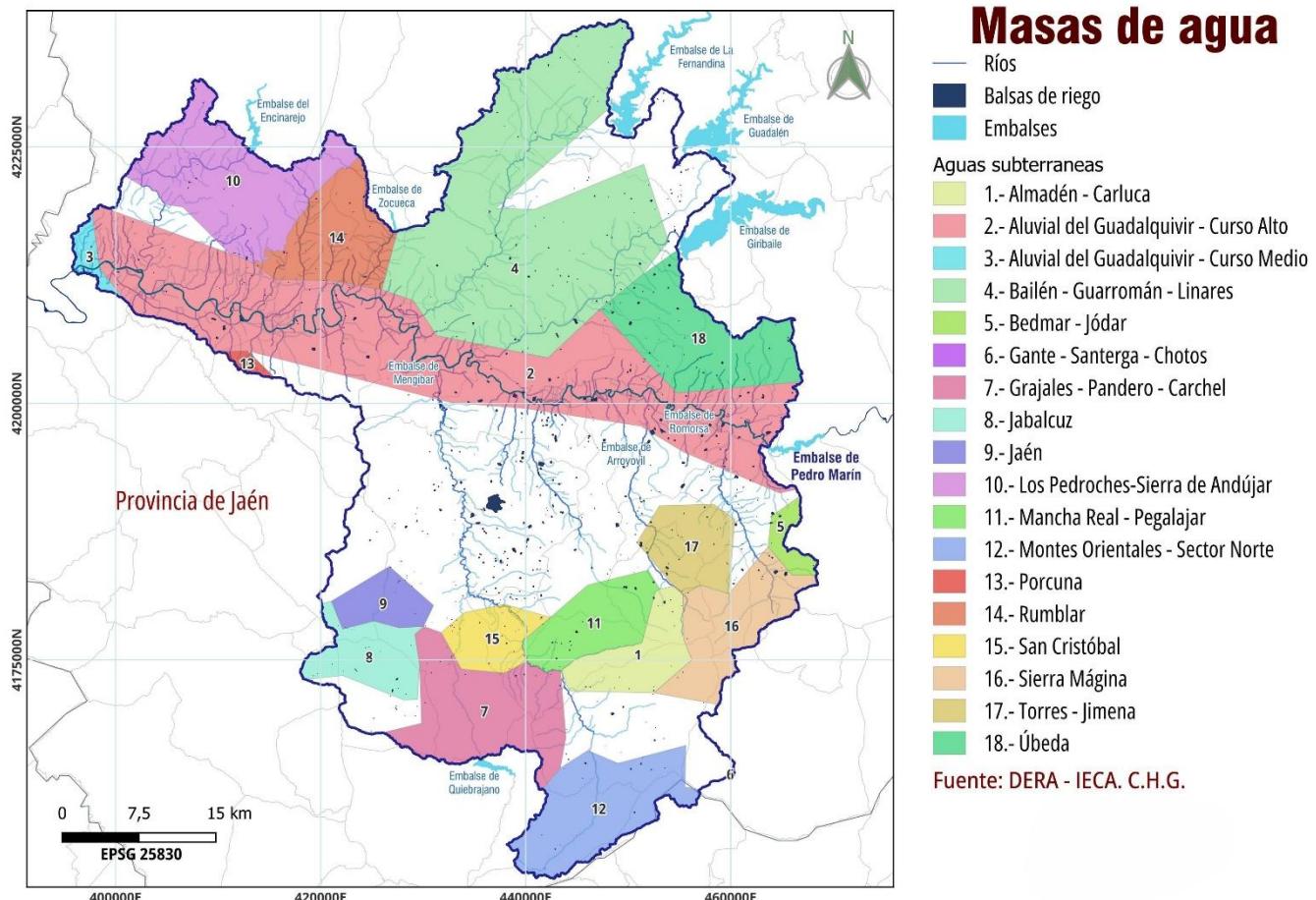


Figura 21
Masas de agua superficiales y subterráneas



Nombre de la masa	Superficie ha	Porcentaje
Grajales- Pandero- Cárcel	14.166,85	6,59
Sierra Mágina	9.640,79	4,48
Úbeda	13.316,42	6,19
Almadén- Carluca	6.400,13	2,98
Mancha Real- Pegalajar	7.387,77	3,44
San Cristóbal	4.594,12	2,14
Torres- Jimena	6.276,31	2,92
Bedmar- Jódar	1.687,30	0,78
Jabalcuz	6.116,86	2,84
Jaén	3.767,25	1,75
Bailén- Guarromán- Linares	48.117,09	22,38
Rumblar	9.455,97	4,40
Aluvial del Guadalquivir- Curso Alto	52.748,18	24,53
Porcuna	590,40	0,27
Gante- Santerga- Chotos	46,50	0,02
Montes Orientales- Sector Norte	12.594,45	5,86
Aluvial del Guadalquivir- Curso Medio	1.380,36	0,64



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Los Pedroches-Sierra de Andújar	16.745,74	7,79
Total	215.032,51	100,00





3.1.2. Identificación de suelos y cobertura vegetal

En la zona están representadas hasta 23 unidades cartográficas de suelos, que pueden agruparse en seis grupos y once subgrupos de suelos dominantes (Figura 22). En primer lugar, los fluvisoles, que son suelos sobre depósitos aluviales recientes, perfectamente reconocibles en las inmediaciones de los ríos de mayor entidad presentes en la zona; aproximadamente suponen el 7,25%. En un extremo opuesto en cuanto a desarrollo edáfico y potencialidad agrícola se encuentran los litosoles, cuya profundidad está limitada por la presencia de roca continua y dura muy próxima a la superficie, como prototípicamente sucede en áreas de montaña con pendientes superiores al 25%. En este ámbito territorial, los suelos de peor calidad suponen el 10,51%, si bien considerando junto a los litosoles los luvisoles crómicos y las rendsinas con cambisoles cárnicos.

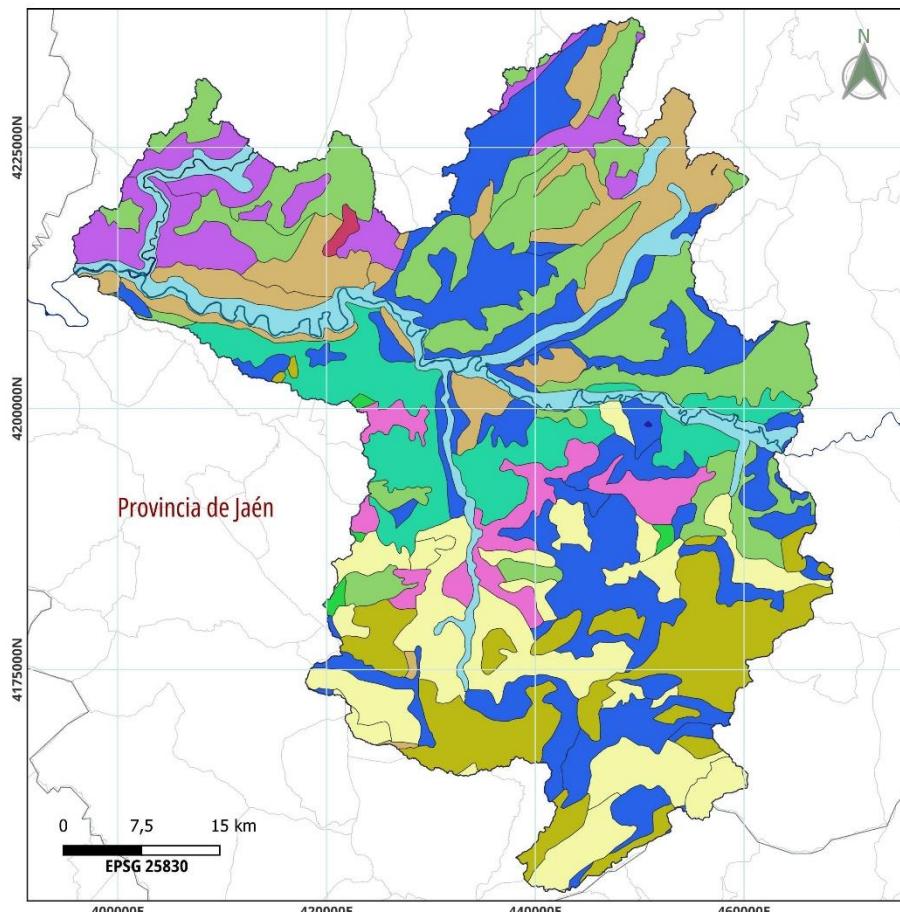
Por su parte, los vertisoles se caracterizan por una textura arcillosa y por la presencia de arcillas expansibles (esmectitas). Conocidos como bujeos o tierras negras andaluzas, tienden a presentar colores oscuros, una reducida capacidad de infiltración y, por ello, la tendencia tanto al encharcamiento en la estación húmeda como a la aparición de grietas durante el período seco. Estos suelos se localizan en diferentes áreas de colinas bajas y cerros del valle del Guadalquivir, sobre materiales sedimentarios margosos o margo-calizos, representando un poco menos del 10% del territorio estudiado. Desde el punto de vista agrícola son suelos con buena fertilidad química pero problemáticos desde el punto de vista físico, por su alto contenido en arcilla y la presencia de grietas, fenómeno que dificulta notablemente el manejo del suelo y aumenta las pérdidas de agua por evaporación (otros subgrupos, como los cambisoles vírticos, también presentan este problema, aunque de forma no tan acusada).

Los cambisoles presentan una pedogénesis marcada pero no excesivamente avanzada. En general, se localizan sobre topografías llanas o suavemente onduladas, así como en zonas de pie de monte. Es el grupo de suelos más representado en la zona, alcanzando en sus diferentes combinaciones el 43,69% de la superficie. Son suelos de buen potencial agrícola, espesor moderado y ricos en nutrientes. Entre ellos, hay que destacar el subgrupo de los cambisoles cárnicos, siendo el suelo típico de los olivares andaluces, y uno de los más afectados por los procesos de degradación antrópicos, como son la pérdida de materia orgánica y la erosión. Los regosoles, en cambio, son suelos someros, poco evolucionados y con reducida materia orgánica; en la zona están representados los subgrupos eútricos y cárnicos. Los primeros se encuentran en Sierra Morena, sobre materiales metamórficos e intrusivos. Los segundos tienen una buena representación en zonas topográficamente favorables del entorno de las sierras subbéticas. En conjunto suponen el 19,4%.

Los luvisoles, finalmente, se desarrollan dentro de zonas con suaves pendientes, llanuras y terrazas fluviales, en climas en los que existen notablemente definidas las estaciones secas y húmedas. Son los suelos de mayor desarrollo edáfico del área de estudio, y los más antiguos desde el punto de vista geológico. El término deriva del vocablo latino *luere* (lavar), refiriéndose al lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las inferiores. Son suelos generalmente favorables para el cultivo, aunque con algunas limitaciones derivadas de la presencia de horizontes ricos en arcilla. En esta área son el 9,85% del total.

Recientemente, la Comisión Europea, a través del Joint Research Centre (JRC), ha realizado un estudio de coberturas en toda Europa, con una elevada resolución a partir de imágenes satelitales para evaluar la cobertura vegetal de suelos agrícolas. El ámbito de estudio en el que estamos centramos está en el rango 0-5%, reflejando un problema objetivo para la conservación del suelo y, por tanto, de erosión e inundación (Fendrich et al, 2023).

Figura 22
Mapa de suelos



Edafología

Suelos

- Cambisoles cárnicos
- Cambisoles éutricos
- Cambisoles véticos
- Fluvisoles calcáreos
- Litosoles
- Luvisoles cárnicos
- Luvisoles crómicos
- Regosoles calcáreos
- Regosoles éutricos
- Vertisoles crómicos
- Vertisoles pélicos
- No especificado

Fuente: REDIAM

Unidad edáfica	Superficie ha	%
Cambisoles cárnicos con Regosoles calcáreos	1.471,60	0,48
Cambisoles cárnicos con Regosoles calcáreos, Fluvisoles calcáreos y Luvisoles Cárnicos	5.518,96	1,80
Cambisoles cárnicos y Regosoles calcáreos con Litosoles, Fluvisoles calcáreos y Cambisoles véticos	5.632,58	1,83
Cambisoles cárnicos, Luvisoles cárnicos y Luvisoles crómicos con Litosoles y Fluvisoles calcáreos	19.322,07	6,29
Cambisoles cárnicos, Regosoles calcáreos y Litosoles con Rendsinas	36.365,44	11,84
Cambisoles éutricos, Luvisoles crómicos y Luvisoles órticos	17.334,81	5,64
Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos y Litosoles con Rankers	3.980,49	1,30
Cambisoles véticos, Regosoles calcáreos y Vertisoles crómicos con Cambisoles cárnicos	32.391,79	10,54
Cambisoles véticos, Vertisoles crómicos y Cambisoles cárnicos con Regosoles calcáreos	12.194,55	3,97
Fluvisoles calcáreos	22.274,56	7,25
Litosoles, Luvisoles crómicos y Rendsinas con Cambisoles cárnicos	32.285,50	10,51
Luvisoles cárnicos, Cambisoles cárnicos y Cambisoles éutricos con Luvisoles crómicos, Regosoles calcáreos y Litosoles	14.896,19	4,85
Luvisoles cárnicos, Cambisoles cárnicos y Luvisoles crómicos con Regosoles calcáreos	8.779,07	2,86
Luvisoles cárnicos, Luvisoles crómicos y Luvisoles gleicos	5.880,72	1,91
Luvisoles crómicos, Litosoles y Regosoles éutricos con Nitosoles dísticos	696,63	0,23
Regosoles Calcáreos y Cambisoles cárnicos con litosoles, Fluvisoles calcáreos y Rendsinas	24.255,07	7,90
Regosoles Calcáreos y Cambisoles cárnicos con Luvisoles cárnicos y Fluvisoles calcáreos	5.066,25	1,65
Regosoles calcáreos y Litosoles con Cambisoles cárnicos	11.652,37	3,79
Regosoles éutricos, Litosoles y cambisoles éutricos con Rankers, sobre materiales metamórficos	11.197,08	3,64
Regosoles éutricos, Litosoles y cambisoles éutricos con Rankers, sobre materiales plutónicos	7.443,01	2,42
Vertisoles crómicos y Cambisoles véticos con Cambisoles cárnicos, Regosoles calcáreos y Vertisoles pélicos	26.860,66	8,74



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

Vertisoles pélicos y Vertisoles crómicos	953,11	0,31
Vertisoles pélicos, Rendsinas y Regosoles calcáreos	90,45	0,03
Sin dato	649,05	0,21
Total	307.192,02	100,00





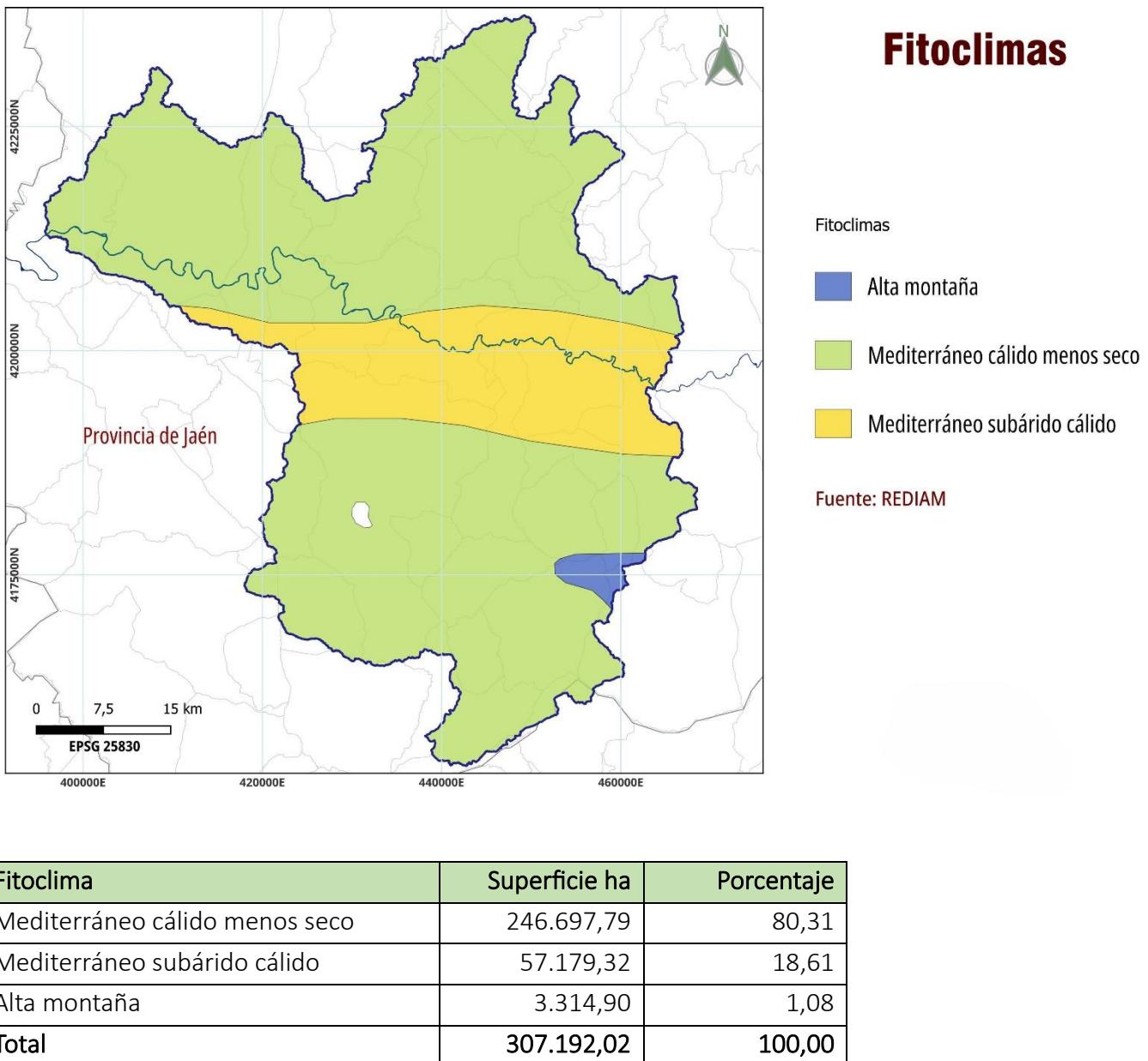
*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

Las cubiertas vegetales y los usos del suelo muestran un claro acomodo a la distribución de los suelos y el resto de elementos del medio físico, pero igualmente una intensa y antigua acción humana. Para ilustrar el primer aspecto hemos comenzado presentando los mapas de fitoclimas y pisos bioclimáticos (figuras 23 y 24). Los mapas de vegetación potencial y pisos bioclimáticos nos hablan del predominio de la vegetación climatófila, por una presencia más reducida de asociaciones azonales. Este es el caso de asociaciones vegetales donde abunda el agua, como ocurre en las inmediaciones de los cursos fluviales, en los que encontramos alisedas, saucedas, alamedas, olmedas, tarayales, adelfares o fresnedas (series riparias). Y, de la misma forma, de otras que reflejan la existencia de condiciones muy secas, cuya difícil colonización es explotada por coscojares, carrascales, lentiscares, acebuchales o enebrales. La mayor parte del territorio sería, no obstante, de condiciones ideales para la presencia de encinares, cuyo cortejo florístico iría cambiando en relación al piso bioclimático y la acidez del suelo o, en menor medida en este caso, los alcornocales, inequívocamente asociados a los suelos ácidos de Sierra Morena. En las zonas cacuminales tendrían cabida los pinares de montaña y, por encima de la línea de crecimiento de las plantas leñosas superiores, los almohadillados (figuras 25 y 26).

Cuando se observa el mapa de los grandes usos del suelo en la actualidad se comprueba la profunda transformación llevada a cabo, con el predominio de los suelos dedicados a la agricultura o artificializados (índice). Prácticamente todo suelo susceptible de ser cultivado se encuentra hoy dedicado a diferentes aprovechamientos agrícolas, si bien predominan los leñosos (olivar de manera muy destacada, como después tendremos oportunidad de ver) y hay que señalar la gran significación superficial y económica alcanzada por los regadíos. Mientras, una parte importante de las zonas más bajas y mejor comunicadas ha sido destinada a los asentamientos humanos y las infraestructuras que permiten su funcionalidad. Por su parte, los terrenos forestales se encuentran casi exclusivamente en las sierras, mientras en las zonas de campiña solo se encuentran manchas muy puntuales y reducidas. Las riberas de los cursos fluviales, igualmente, han sido reducidos a mínimas expresiones de su potencialidad.

La importancia del olivar queda reflejada en la figura 28, mientras que el régimen de cultivo, donde el regadío tiene una considerable extensión, se trata en la figura 29.

Figura 23
Fitoclimas



Fitoclima

Mediterráneo cálido menos seco

Mediterráneo subárido cálido

Alta montaña

Total

Superficie ha

246.697,79

57.179,32

3.314,90

307.192,02

Porcentaje

80,31

18,61

1,08

100,00

Figura 24
Pisos bioclimáticos

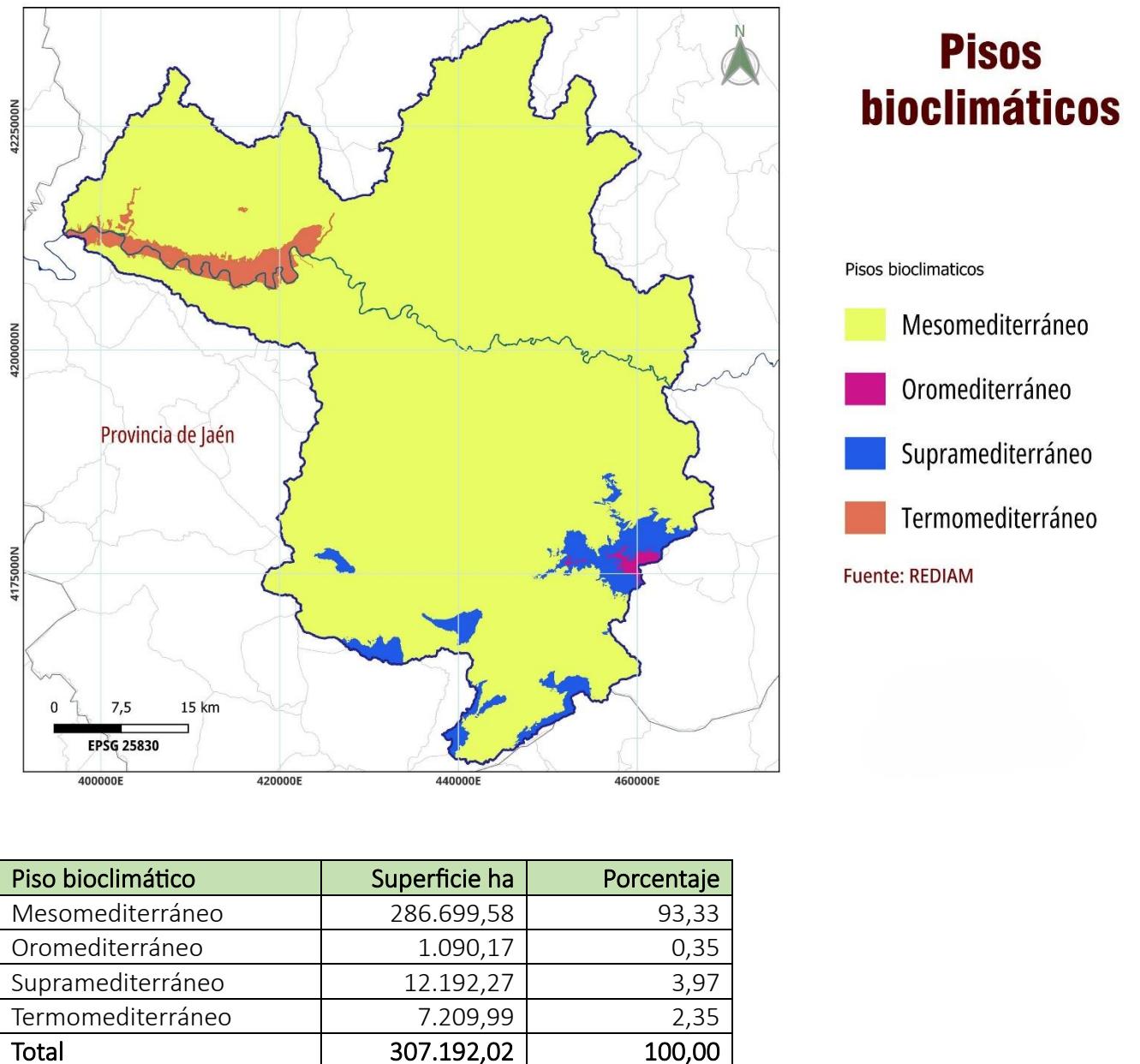
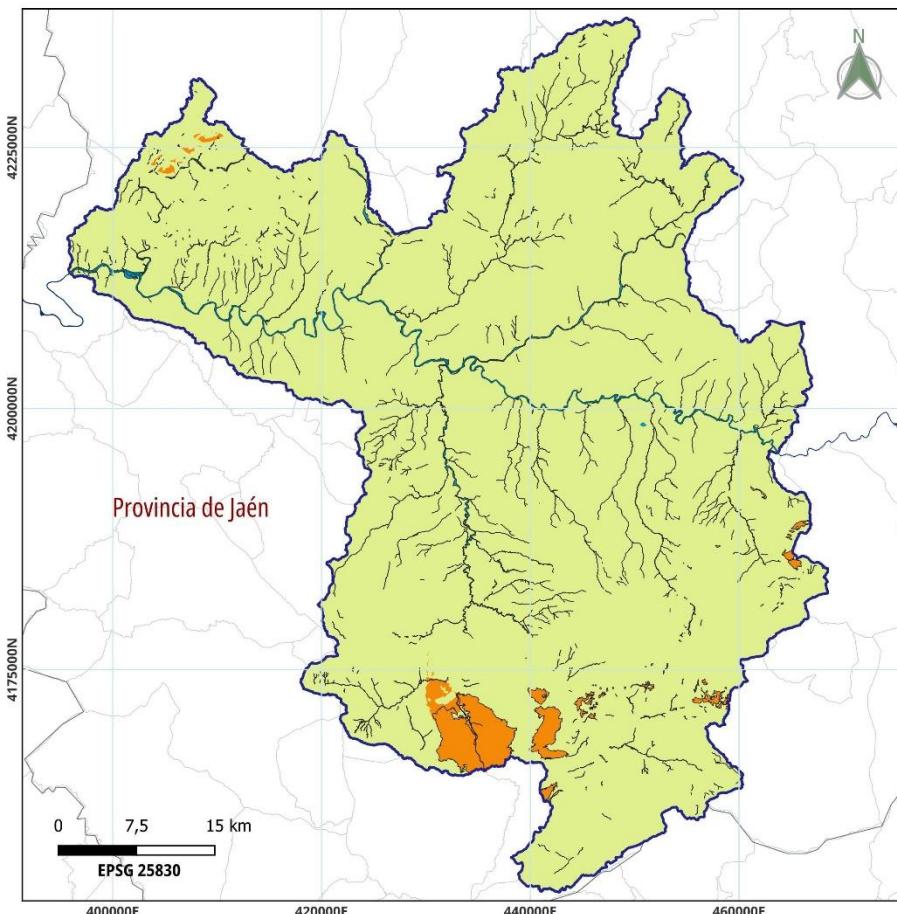
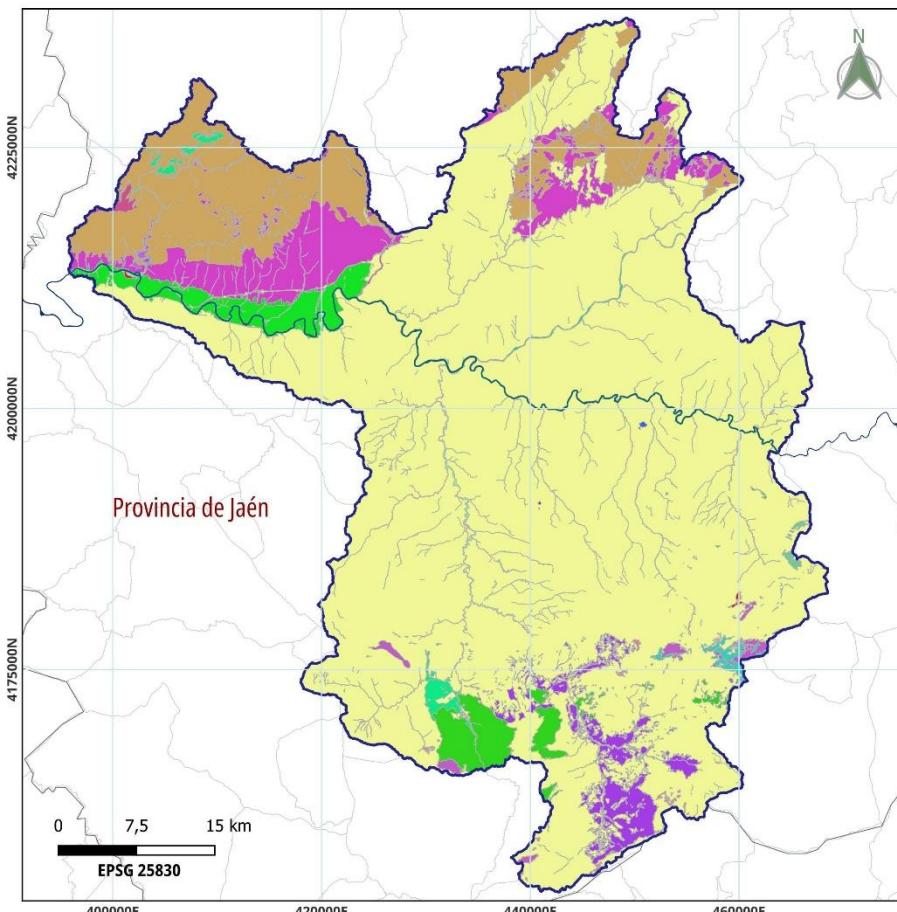


Figura 25
Vegetación potencial (clases)



Vegetación potencial	Superficie ha	Porcentaje
Sin información	0,05	0,00
Edafohigrófila	4.525,31	1,47
Edafoxerófila	7.189,74	2,34
Climatófila	295.476,91	96,19
Total	307.192,02	100,00

Figura 26
Vegetación potencial (series)



Vegetación potencial

Series	142	168	217
0	147	191	221
56	151	193	224
57	152	195	230
75	155	204	231
81	156	207	232
84	158	210	233
133	159	213	
134	164	214	
135	166	216	
140			

Fuente: REDIAM

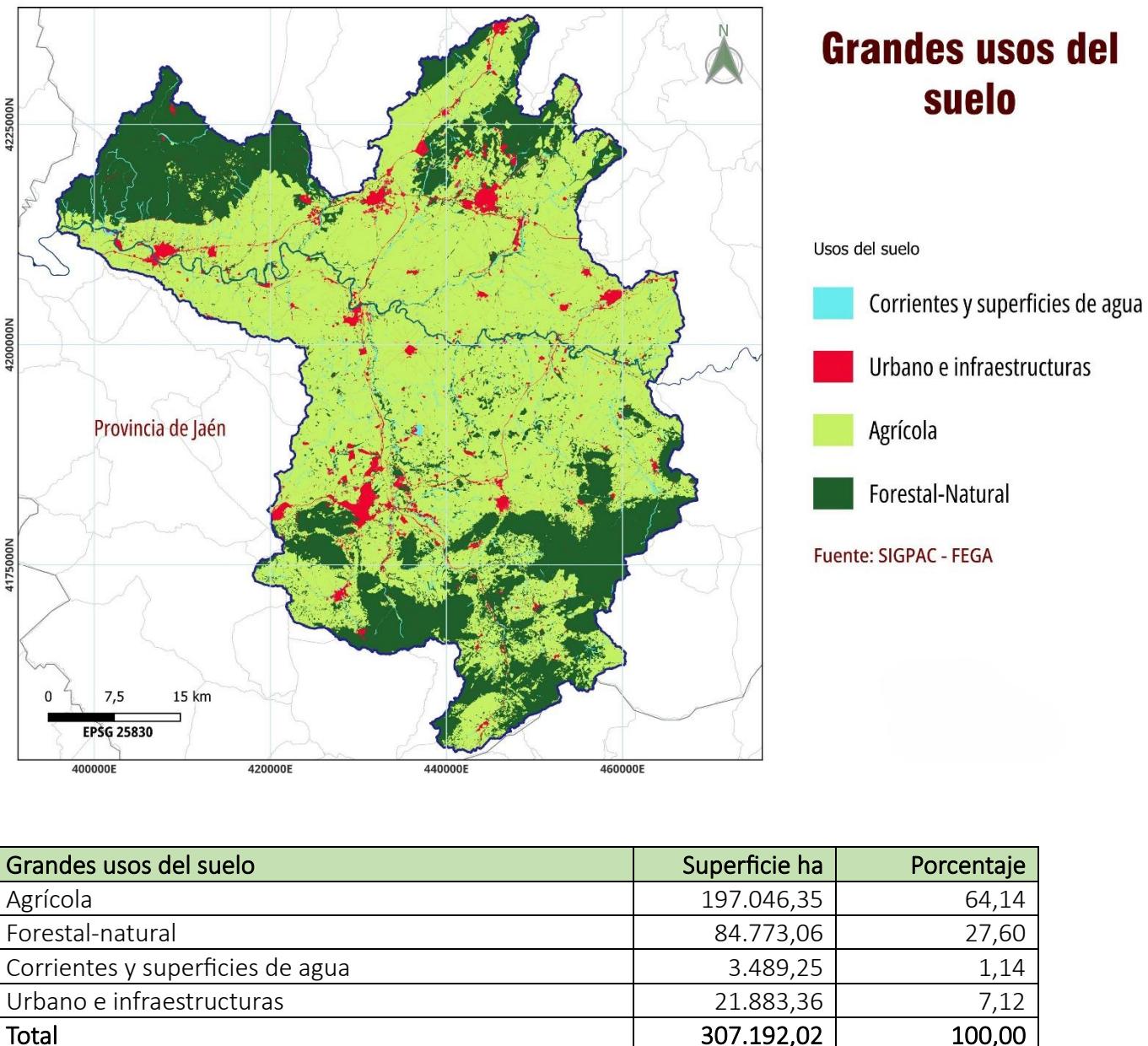
0	Unidades sin clasificar-zonas sin vegetación natural-
56	Geomacroseries edafohigrófilas de aguas salobres.
57	Geomacrosereies edafohigrófilas de aguas dulces.
75	Geoserie edafohigrófila mesomeditárea mediterráneo-iberolevantina y bética oriental basófila
81	Geoserie edafohigrófila mesomeditárea inferior y termomediterránea hispalense basófila
84	Asparago albi-Querco cocciferae sigmetum. Serie edafoxerófila mesomeditárea, luso-extremadurensis, del acebuche (<i>O. europaea</i> var. <i>sylvestris</i>) y el lentisco (<i>P. lentiscus</i>).
133	Serie climatófila y edafoxerófila serrana baztetana y trevenquina calco-dolomitícola y calcícola mediterránea pluviestacional oceánica y subcontinental supra-oromediterránea subhúmeda de los bosques de <i>Pinus nevadensis</i> y <i>Daphne hispanica</i> con <i>Juni</i>
134	Serie climatófila subbética calcícola mediterránea pluviestacional oceánica supra-oromediterránea subhúmedo-húmeda inferior de los bosques de <i>Pinus latisquama</i> y <i>Juniperus sabina</i> con <i>Genista longipes</i> y <i>Berberis hispánica</i>
135	Serie edafoxerófila subbética calco-dolomitícola mediterránea pluviestacional oceánica suprameditánea subhúmedo-húmeda de los bosques de <i>Pinus latisquama</i> y <i>Juniperus phoenicea</i> con <i>Echinospartum boissieri</i>
140	Serie temporihigrófila bética calcícola mediterránea pluviestacional oceánica suprameditánea subhúmedo-húmeda de los bosques de <i>Acer granatense</i> y <i>Daphne latifolia</i> con <i>Berberis hispánica</i> y <i>Polygonatum odoratum</i>
142	Serie climato-temporihigrófila subbética y penibética occidental argilífila mediterránea pluviestacional oceánica mesomeditánea seco-subhúmeda de los bosques de <i>Quercus alpestris</i> y <i>Viburnum tinus</i> con <i>Bupleurum fruticosum</i> y <i>Clematis flammula</i>
147	Serie climatófila luso-extremadurensis silícícola y calcárea mediterránea pluviestacional oceánica mesomeditánea seca superior-subhúmeda de los bosques de <i>Quercus suber</i> y <i>Sanguisorba hybrida</i> con <i>Luzula baetica</i> y <i>Lavandula luisieri</i>
151	Serie climatófila y edafoxerófila luso-extremadurensis silícícola mediterránea pluviestacional oceánica mesomeditánea seco-subhúmeda de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Pyrus bourgaeana</i> con <i>Cytisus bourgaei</i> y <i>Lavandula sampaioana</i>
152	Serie climatófila y edafoxerófila luso-extremadurensis silícícola mediterránea pluviestacional oceánica mesomeditánea seco-subhúmeda de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Pyrus bourgaeana</i> con <i>Cytisus bourgaei</i> y <i>Lavandula sampaioana</i>
155	Serie climatófila y edafoxerófila bética calcícola y dolarenítícola mediterránea pluviestacional oceánica mesomeditánea seco-húmeda de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Paeonia coriacea</i> con <i>Genista speciosa</i> y <i>Ulex willkommii</i>
156	Serie climatófila y edafoxerófila bética calcícola y calco-dolomitícola mediterránea pluviestacional oceánica suprameditánea seco-húmeda de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Berberis hispánica</i> con <i>Crataegus boissieri</i> y <i>Festuca scarios</i>
158	Serie climatófila y edafoxerófila mediterránea iberoatlántica silícícola mediterránea pluviestacional oceánica termomediterránea seco-subhúmeda inferior de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Myrtus communis</i> con <i>Chamaerops humilis</i> y <i>Lavandula</i>



159	Serie climatófila y edafoxerófila bética y algarviense calcícola y calco-dolomitícola mediterránea pluviestacional oceánica termomediterránea seco-húmeda de los bosques de <i>Quercus rotundifolia</i> y <i>Rhamnus oleoides</i> con <i>Chamaerops humulis</i> y <i>Phlo</i>
164	Serie climatófila y edafoxerófila bajoaragonesa calcícola mediterránea xérica oceánica y pluviestacional oceánica mesomediterránea semiárido-seca de los bosques y altifruticadas de <i>Quercus coccifera</i> y <i>Rhamnus lycioides</i> con <i>Pinus halepensis</i>
166	Serie edafoxerófila rupestre castellana y orobíberica calcícola mediterránea pluviestacional oceánica meso-supramediterránea seco-subhúmeda de los microbosques de <i>Juniperus phoenicea</i> y <i>Rhamnus lycioides</i> con <i>Rhamnus parvifolius</i> y <i>Brachypodium r</i>
168	Serie edafoxerófila subbética calco-dolomitícola mediterránea pluviestacional oceánica mesosupramediterránea inferior seco-subhúmeda de los bosques de <i>Pinus halepensis</i> y <i>Rhamnus lycioides</i> con <i>Echinospartum boissieri</i> y <i>Brachypodium retusum</i>
191	Serie y geoserie fluvio-alvear y fluvial mediterránea iberolusitana dulceacuícola blanda mediterránea pluviestacional oceánica mesomediterránea seco-húmeda de los bosques de <i>Alnus glutinosa</i> y <i>Scrophularia scorodonia</i> con <i>Carex lusitanica</i> y <i>Viti</i>
193	Serie y geoserie fluvio-alvear y fluvial orobíbera dulceacuícola dura templada y mediterránea pluviestacional oceánica mesosupratemplada y supramediterránea subhúmedo-húmeda submediterránea de los bosques de <i>Salix alba</i> y <i>Salix lambertiana</i>
195	Serie fluvio-alvear interna y rivular bajoaragonesa y castellana meridional dulceacuícola dura o muy dura mediterránea pluviestacional y xérica oceánica meso-supramediterránea semiárido-seca de los microbosques y altifruticadas de <i>Salix neutri</i>
204	Serie y geoserie fluvio-lagunar y ramblas mediterránea ibérica central dulceacuícola dura o muy dura mediterránea pluviestacional y xérica oceánica meso-supramediterránea seco-semiárida de los microbosques de <i>Tamarix canariensis</i> y <i>Glyzorrhiz</i>
207	Serie y geoserie fluvial y rivular luso-extremadureño dulceacuícola blanda o ligeramente dura mediterránea pluviestacional oceánica y continental termo-mesomediterránea seco-subhúmeda de las altifruticadas de <i>Flueggea tinctoria</i> y <i>Rubus ulm</i>
210	Complejo edafoxerófilo meso-supramediterránea subbético calizo-dolomítico de la sabina mora (<i>Juniperus phoenicea</i>) y el pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i>).
213	Serie fluvio-alvear y fluvial bética campiñesa dulceacuícola dura o muy dura mediterránea pluviestacional oceánica termo-mesomediterránea inferior seca de los bosques de <i>Populus alba</i> y <i>Nerium oleander</i> con <i>Tamarix canariensis</i> y <i>Saccharum ravenn</i>
214	Serie y geoserie fluvio-alvear y fluvial bajoaragonesa y castellana meridional mediterránea dulceacuícola dura o muy dura pluviestacional y xérica oceánica meso-supramediterránea inferior semiárido-seca de los bosques de <i>Populus alba</i>
216	Serie y geoserie fluvial mediterránea iberolusitana dulceacuícola blanda o ligeramente dura mediterránea pluviestacional oceánica termo-mesomediterránea secosubhúmeda de los bosques de <i>Fraxinus angustifolia</i> y <i>Ranunculus ficariaformis</i> con <i>Lonic</i>
217	Serie fluvio-ribera mediterránea ibérica central dulceacuícola dura o muy dura mediterránea pluviestacional oceánica mesosupramediterránea inferior seco-subhúmeda de los bosques de <i>Ulmus minor</i> y <i>Opopanax chironium</i> con <i>Arum italicum</i> y <i>Rubus</i>
221	39k Serie fluvio-alvear y rivular mediterránea occidental dulceacuícola dura o ligeramente dura mediterránea pluviestacional y xérica oceánica termo-mesomediterránea seco-subhúmeda de las altifruticadas de <i>Nerium oleander</i> y <i>Rubus ulmifolius</i> con C
224	Geoserie edafohigrófila meso-termomediterránea hispalense mesohalófila
230	Geoserie edafohigrófila supramediterránea ibérica basófila
231	Geoserie edafohigrófila meso-termomediterránea mediterráneo-iberotártica silicícola
232	Geoserie edafohigrófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina y bética oriental basófila
233	Geoserie edafohigrófila mesomediterránea inferior y termomediterránea hispalense basófila

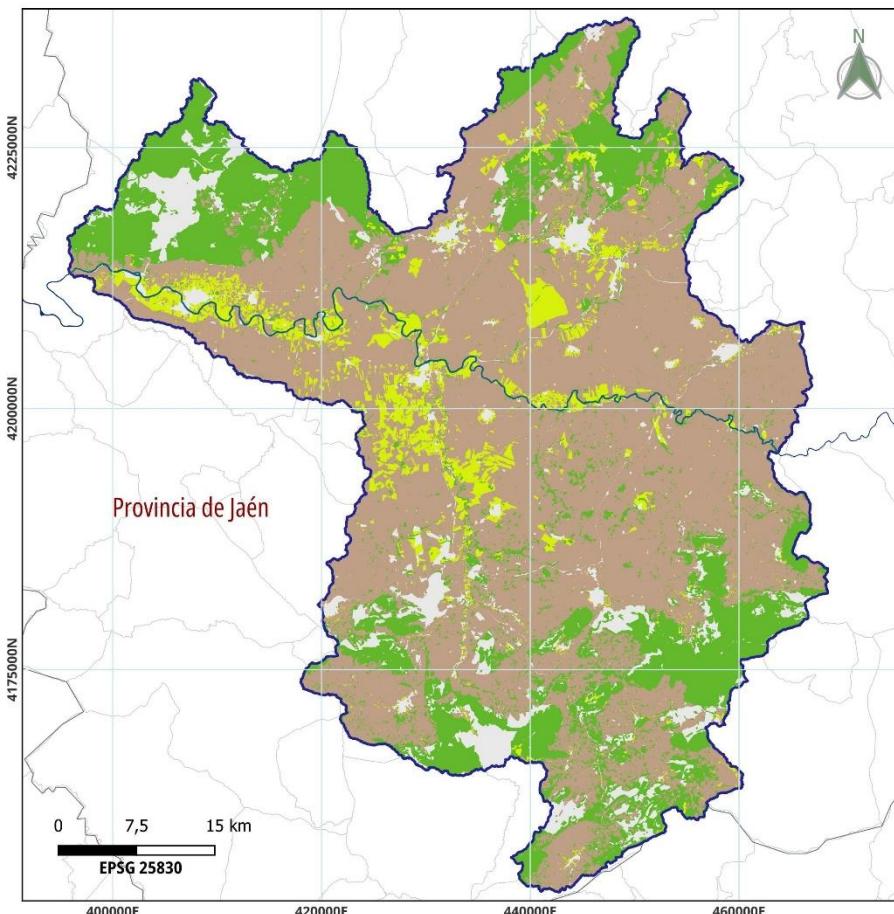
	Superficie ha	Porcentaje		Superficie ha	Porcentaje
0	0,048	0,00	56	0,048	0,00
56	7,620	0,00	168	5.520,034	1,80
57	4,662	0,00	191	90,195	0,03
75	567,561	0,18	193	35,075	0,01
81	19,290	0,01	195	27,656	0,01
84	1.415,382	0,46	204	3,944	0,00
133	2,887	0,00	207	209,255	0,07
134	784,902	0,26	210	0,143	0,00
135	28,849	0,01	213	129,083	0,04
140	1.362,937	0,44	214	235,548	0,08
142	58,787	0,02	216	241,267	0,08
147	460,226	0,15	217	42,713	0,01
151	32.461,892	10,57	221	211,834	0,07
152	16.720,971	5,44	224	98,258	0,03
155	230.716,424	75,10	230	10,489	0,00
156	315,829	0,10	231	171,782	0,06
158	262,737	0,09	232	2.419,079	0,79
159	6.148,719	2,00	164	6.148,719	2,00
164	6.180,601	2,01	233	2.419,079	0,79
166	225,337	0,07			
Total			307.192,016	100,00	

Figura 27
Grandes categorías de usos del suelo



Grandes usos del suelo	Superficie ha	Porcentaje
Agrícola	197.046,35	64,14
Forestal-natural	84.773,06	27,60
Corrientes y superficies de agua	3.489,25	1,14
Urbano e infraestructuras	21.883,36	7,12
Total	307.192,02	100,00

Figura 28
Principales usos de la superficie agraria útil



Tipología de la superficie agraria útil

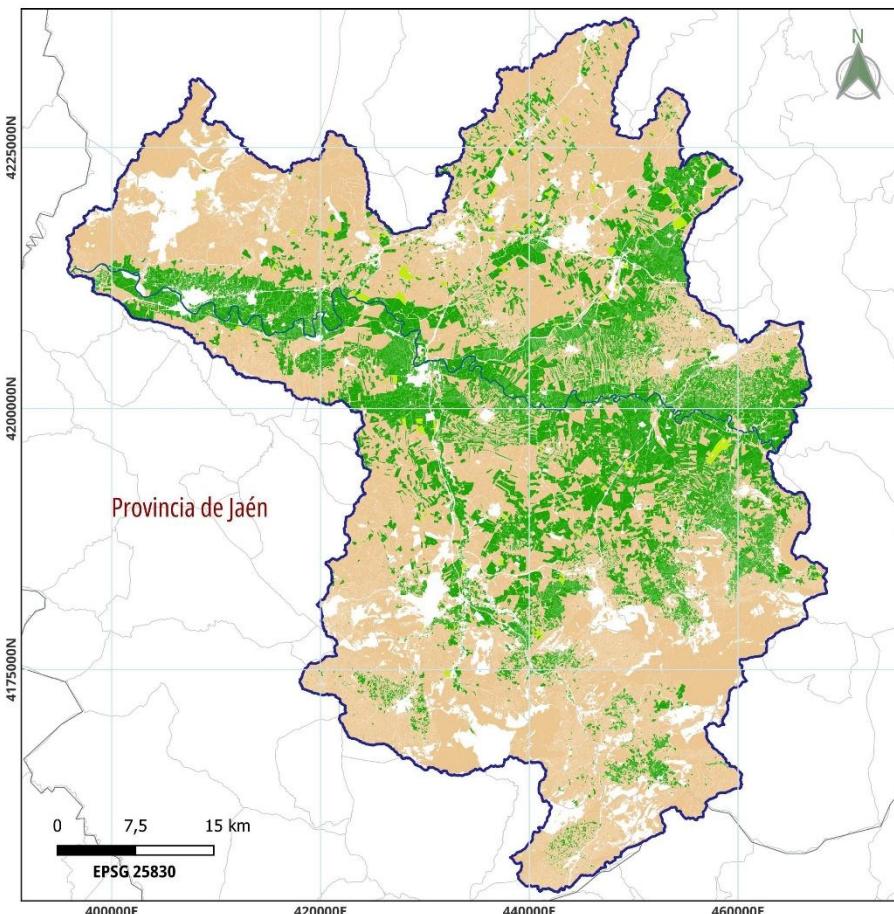
Usos del suelo

- Leñosos
- Pastos
- Herbáceos
- Superficie no agraria

Fuente: SIGPAC - FEGA

Uso del suelo	Superficie ha	Porcentaje
Olivar	174.553,15	88,58
Frutal	2.138,54	1,09
Huerta	175,33	0,09
Tierra arable	18.379,01	9,33
Olivar-frutal	16,47	0,01
Frutales de cáscara-olivar	88,47	0,04
Cítricos	0,92	0,00
Frutal de cáscara	1.559,77	0,79
Viñedo	99,27	0,05
Frutal-viñedo	6,84	0,00
Frutal de cáscara-viñedo	3,89	0,00
Olivar-cítricos	7,59	0,00
Olivar-viñedo	15,02	0,01
Cítricos-frutal	0,01	0,00
Frutal de cáscara-frutal	1,96	0,00
Cítricos-viñedo	0,16	0,00
Total	197.046,40	100,00

Figura 29
Régimen de cultivo



Régimen de cultivo de la superficie agraria útil

Régimen

- Secano
- Parcialmente regado
- Regadío

Fuente: SIGPAC - FEGA

Régimen de cultivo	Superficie ha	Porcentaje
Secano	114.764,49	58,24
Parcialmente regado	80.183,15	40,69
Regadío	2.098,71	1,07
Total	197.046,35	100,00



Besando, abrazando el
Guadalquivir

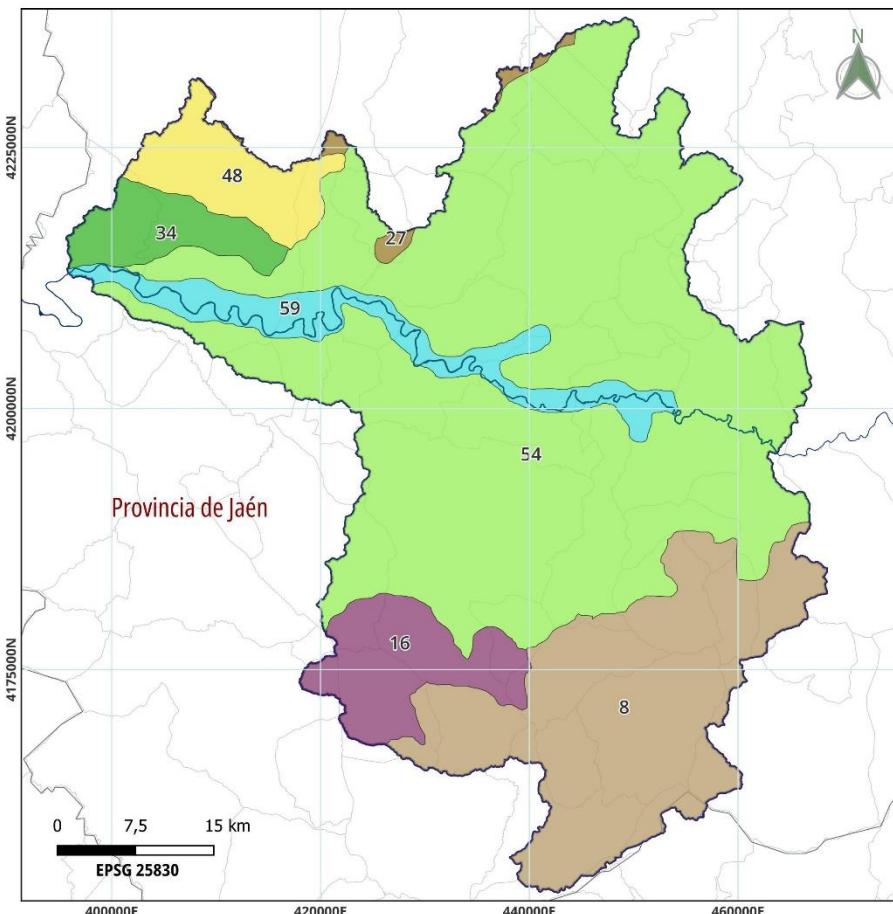
Para una mejor comprensión de la diversidad morfológica y fisonómica se han incorporado también los mapas de los paisajes presentes en la zona a la escala de tipos y unidades de paisaje, de acuerdo a la clasificación realizada por Mata Olmo y Saiz Herráiz en 2003 (figuras 30 y 31). El tipo de paisaje más extendido es el de las campiñas del Guadalquivir. Sus rasgos definitorios principales son la suavidad de relieves alomados sobre materiales sedimentarios margo-arcillosos, de elevada aptitud agrícola, y un poblamiento concentrado en grandes núcleos, destacándose en emplazamientos culminantes desde donde se divisa en panorámica un parcelario atomizado que se ha ido llenando de olivos. Por la delimitación realizada, las sierras y valles de Sierra Morena apenas están representados, pero sí otros tipos característicos al norte del Guadalquivir, como las laderas y penillanuras. Las primeras se corresponden con estribaciones serranas en la que se va produciendo la transición entre los usos agrícolas y forestales, pero donde la presencia de suelos triásicos ofrece margen suficiente para la implantación de olivares de sierra. La penillanura, por su parte, anuncia ya el mundo de la gran propiedad y los usos ganaderos característicos de las dehesas de buena parte del suroeste peninsular.

Las vegas del Guadalquivir en esta parte de Andalucía, junto a la generalización del regadío, ofrecen un mosaico de aprovechamientos agrícolas, con cereales y plantas industriales entre las que también se emplazan huertas, frutales y el omnipresente olivar, que se puede apreciar asociado también a hábitat concentrado, como paradigmáticamente reflejan los poblados de colonización construidos a mediados del siglo pasado. La urbanización de esta zona ha ido en paralelo a la consolidación de la infraestructura viaria y ferroviaria, con villas y ciudades que se acercan al río.

En las sierras béticas estructura el paisaje la alternancia de materiales calizos y margosos, estos últimos formando corredores que facilitan las comunicaciones y se han ido contagiando de la expansión olivarera de las campiñas adyacentes hasta alcanzar, en no pocos casos, los límites ecológicos del cultivo. En contraste, las cumbres calizas son territorio forestal y, dada su naturaleza litológica, calares que llenan las arcas de agua que son los acuíferos localizados en estas zonas. Típicamente, las entidades de población tienden a situarse en el contacto entre ambos, que facilitan la formación de fuentes y surgencias de elevado caudal y persistencia, algo también conveniente en el contexto histórico de territorio de frontera para facilitar el control visual y, con ello, la seguridad.



Figura 30
Grandes tipos de paisaje



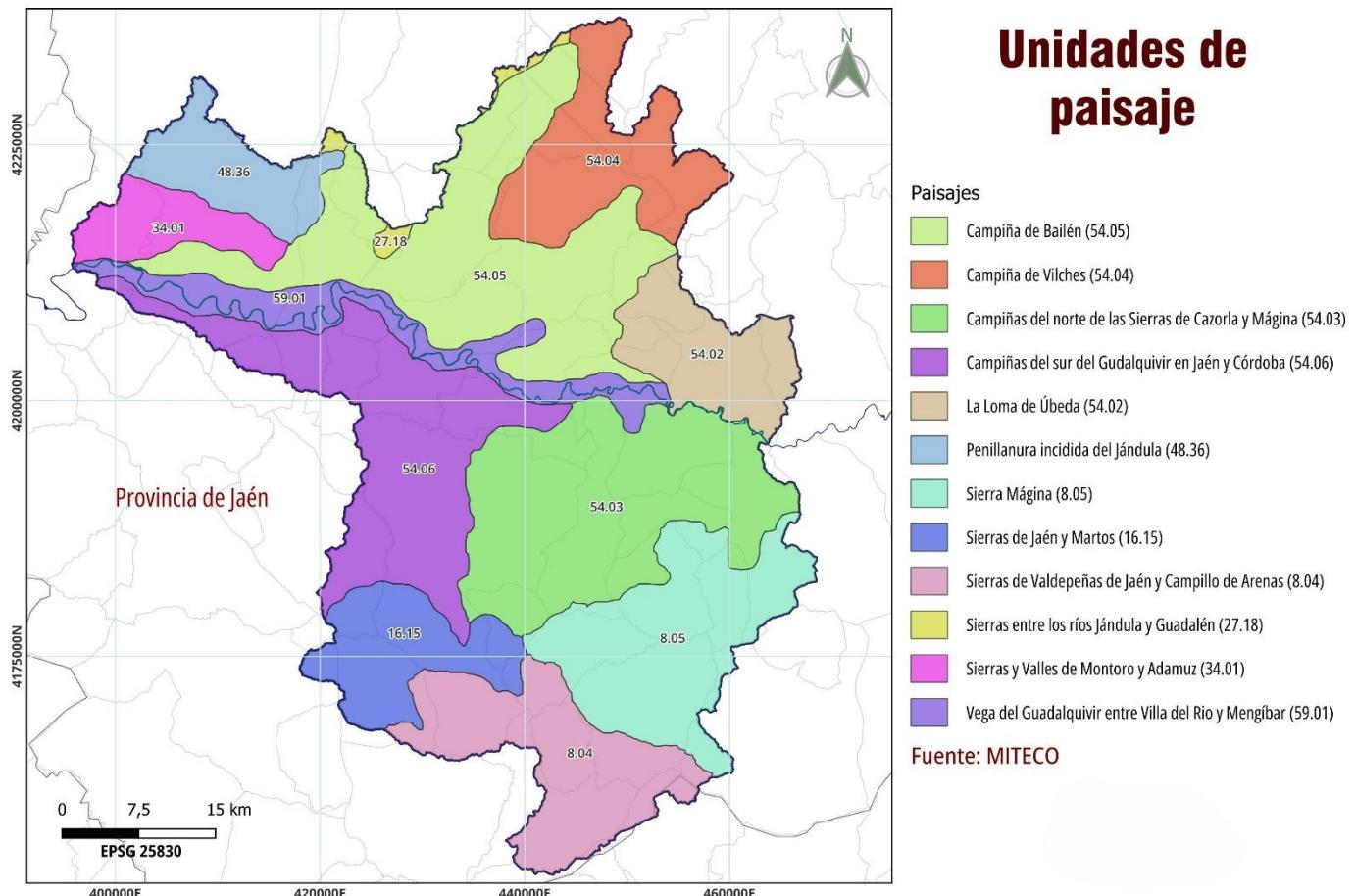
Tipos de paisaje

- Campiñas andaluzas (54)
- Laderas y valles de la Sierra Morena al Guadalquivir (34)
- Macizos montañosos y altas sierras subbéticas y prebéticas (8)
- Penillanuras suroccidentales (48)
- Sierras Béticas (16)
- Sierras y Valles de Sierra Morena (27)
- Vegas del Guadalquivir, Genil y Guadalete (59)

Fuente: MITECO

Tipo de paisaje	Superficie ha	Porcentaje
Campiñas andaluzas	185.084,88	60,25
Hoyas y depresiones bético-alicantinas	7,45	0,00
Laderas y valles de la Sierra Morena al Guadalquivir	10.415,53	3,39
Macizos montañosos y altas sierras subbéticas y prebéticas	61.385,72	19,98
Penillanuras suroccidentales	13.625,29	4,44
Sierras Béticas	17.530,56	5,71
Sierras y valles de Sierra Morena	1.981,42	0,65
Vegas del Guadalquivir, Genil y Guadalete	17.161,16	5,59
Total	307.192,02	100,00

Figura 31
Unidades de paisaje



Unidad de paisaje	Superficie ha	Porcentaje
Sierras entre los ríos Jándula y Guadalén	1.900,43	0,62
Campiña de Vilches	23.693,10	7,71
Penillanura incidida del Jándula	13.706,28	4,46
La Loma de Úbeda	17.310,32	5,64
Campiña de Bailén	53.683,29	17,48
Sierras y Valles de Montoro y Adamuz	10.415,53	3,39
Vega del Guadalquivir entre Villa del Río y Mengíbar	17.161,16	5,59
Campiñas del norte de las Sierras de Cazorla y Mágina	48.412,13	15,76
Campiñas del sur del Guadalquivir en Jaén y Córdoba	41.986,06	13,67
Sierra Mágina	33.732,30	10,98
Sierras de Jaén y Martos	17.530,56	5,71
Sierras de Valdepeñas de Jaén y Campillo de Arenas	27.660,87	9,00
Total	307.192,02	100,00

3.2. DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN ACTUAL Y ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE EROSIÓN

El territorio analizado tiene un gran potencial erosivo, derivado del predominio de materiales blandos, pendientes elevadas, escasa cobertura vegetal y manejo deficiente de los suelos agrícolas. Todo ello en un contexto de precipitaciones concentradas en el tiempo y, en ocasiones, alcanzado un nivel torrencial (Calero et al., 2019).

Una manera de introducirnos en la cuestión es considerar la diferente capacidad de uso del suelo, una forma de evaluar el potencial agrícola del territorio teniendo en cuenta las principales limitaciones que pueden reducir su productividad natural por razones topográficas, edáficas, climáticas o de acuerdo al uso y la cubierta vegetal: pendiente; profundidad, textura, salinidad, drenaje y erosionabilidad del suelo; grado de humedad y riesgo de helada; densidad y tipo de vegetación o uso actual. De acuerdo a este método se reconocen cuatro grandes categorías, todas ellas representadas en el área estudiada (figura 32). Las tierras de calidad excelente capacidad de uso son las de mayor calidad agrológica y no necesitan de cuidados especiales de conservación, pues las pérdidas por erosión son muy bajas. Como se puede ver en el mapa correspondiente, se trata no obstante de la categoría de menor significación superficial, limitada exclusivamente a los fondos de valle de los cauces principales. Las tierras con buena a moderada capacidad cubren una gran parte de las campiñas, a excepción de aquellos lugares donde el incremento de la pendiente va dando paso a los terrenos con capacidad de moderada a marginal, que son predominantes ya en las laderas montañosas. En estas últimas categorías, no obstante, la productividad agrícola puede llegar a ser buena con un manejo apropiado. De todas formas, cuando más se aproximan a la marginalidad, más complejas y costosas se vuelven las prácticas de conservación para mantener la capacidad productiva, resultando con frecuencia más aconsejable su mantenimiento o transformación en terrenos pascícolas o forestales. Por último, los terrenos marginales e improductivos se caracterizan por la ausencia de suelos capaces de soportar la agricultura de forma permanente. Otra característica que tiene incidencia en la productividad, y por tanto que puede ser un buen indicador de degradación, es el contenido en materia orgánica, ya que es este importante componente del suelo el primero en perderse por la alteración humana. La situación, en ese sentido, es poco favorable, al menos en comparación con las medias nacionales, a partir de las mediciones de carbono estimadas (figuras 33 y 34). Así, el contenido natural y óptimo de carbono orgánico para los suelos mediterráneos debería ser siempre superior, como mínimo, al 1%.

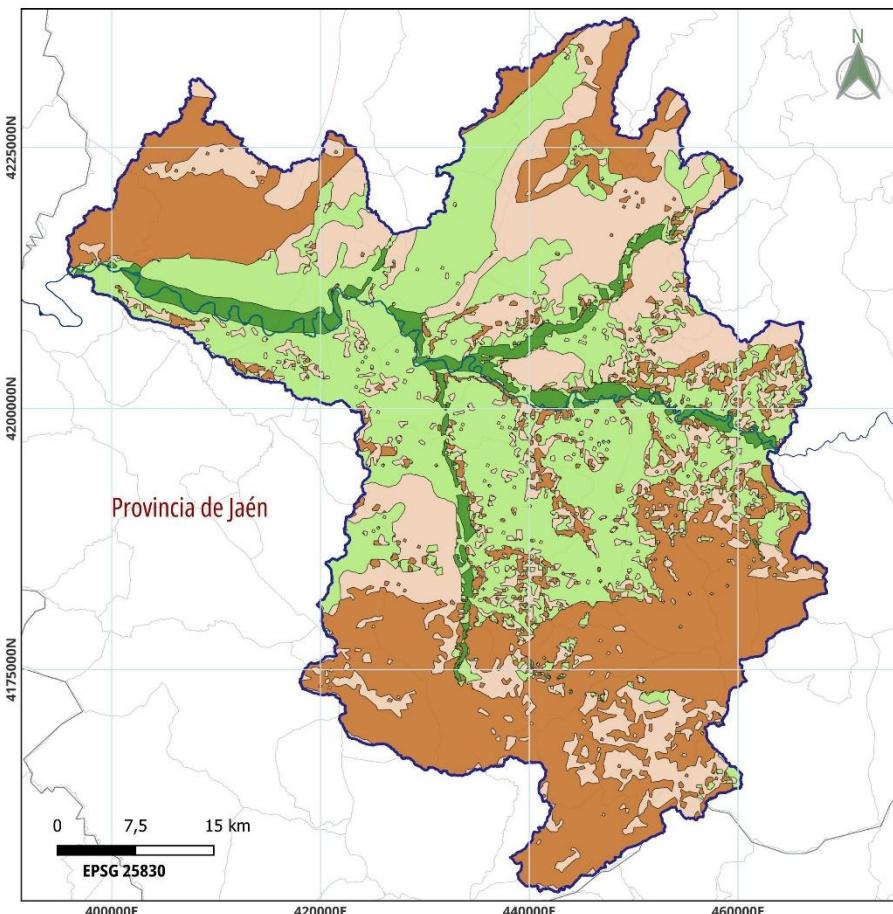
Una parte considerable del territorio presenta tasas de erosión elevadas o muy elevadas (figura 35), considerando como umbral de superación agravado del problema a las que ofrecen unas pérdidas superiores a 12 t/ha·año. De hecho, los umbrales aceptables de erosión son mucho menores, en torno a 5/t/ha·año, que es la tasa anual con la que el suelo se regenera mediante su proceso natural. Aunque a ello nos vamos a referir con mayor profundidad y detalle posteriormente, en gran medida se debe a la intensificación productiva experimentada en las zonas agrícolas y, más concretamente, a la forma de manejar los suelos en la olivicultura convencional. La expansión e intensificación del olivar ha supuesto la colonización de terrenos inadecuados, marginales para el cultivo por su pendiente. Además, el productivismo, inspirado por las políticas agrarias imperantes hasta hace unos pocos años, favoreció la supresión permanente de la vegetación espontánea en las calles del olivar, segando sistemáticamente mediante laboreo, empleo de herbicidas o una combinación de ambas. Esto dio paso a un paisaje de suelos permanentemente desnudos, cuya función pasó a ser la de soporte físico antes que la fuente de agua y de nutrientes. La pertinaz aplicación de productos de síntesis química está en la base de la aparición de varios procesos de deterioro ambiental (Scheidel, Krausmann, 2011) pero el principal ha sido el incremento de la erosión, con tasas anuales medias claramente por encima de la capacidad de generación de suelo. Estas tasas de erosión presentan, no obstante, importantes variaciones espaciales y temporales.



La degradación del suelo y la ausencia de vegetación capaz de contribuir a una mejor regulación del ciclo hidrológico impulsan la expansión de la aridez. Como se puede ver en el mapa, una parte considerable del territorio, muy acusadamente en el área agrícola campiñesa, presenta un alto riesgo de desertificación (figura 36). En estas zonas, al deterioro edáfico hay que sumar otros procesos de merma de las capacidades productivas de los recursos naturales: reducción de la vegetación espontánea, mayor recurrencia e intensidad de condiciones meteorológicas extremas, reducción de la cantidad y calidad de agua disponible, etc.



Figura 32
Capacidad de uso del suelo



Capacidad de uso del suelo

Capacidad de uso

- Excelente
- De buena a moderada
- De moderada a marginal
- Marginales e improductivos

Fuente: REDIAM

Capacidad	Superficie ha	Porcentaje
Excelente	12.813,50	4,17
De buena a moderada	100.809,93	32,82
De moderada a marginal	83.230,94	27,09
Marginales o improductivas	110.337,65	35,92
Total	307.192,02	100,00

Figura 33
Contenido de carbono orgánico en el suelo

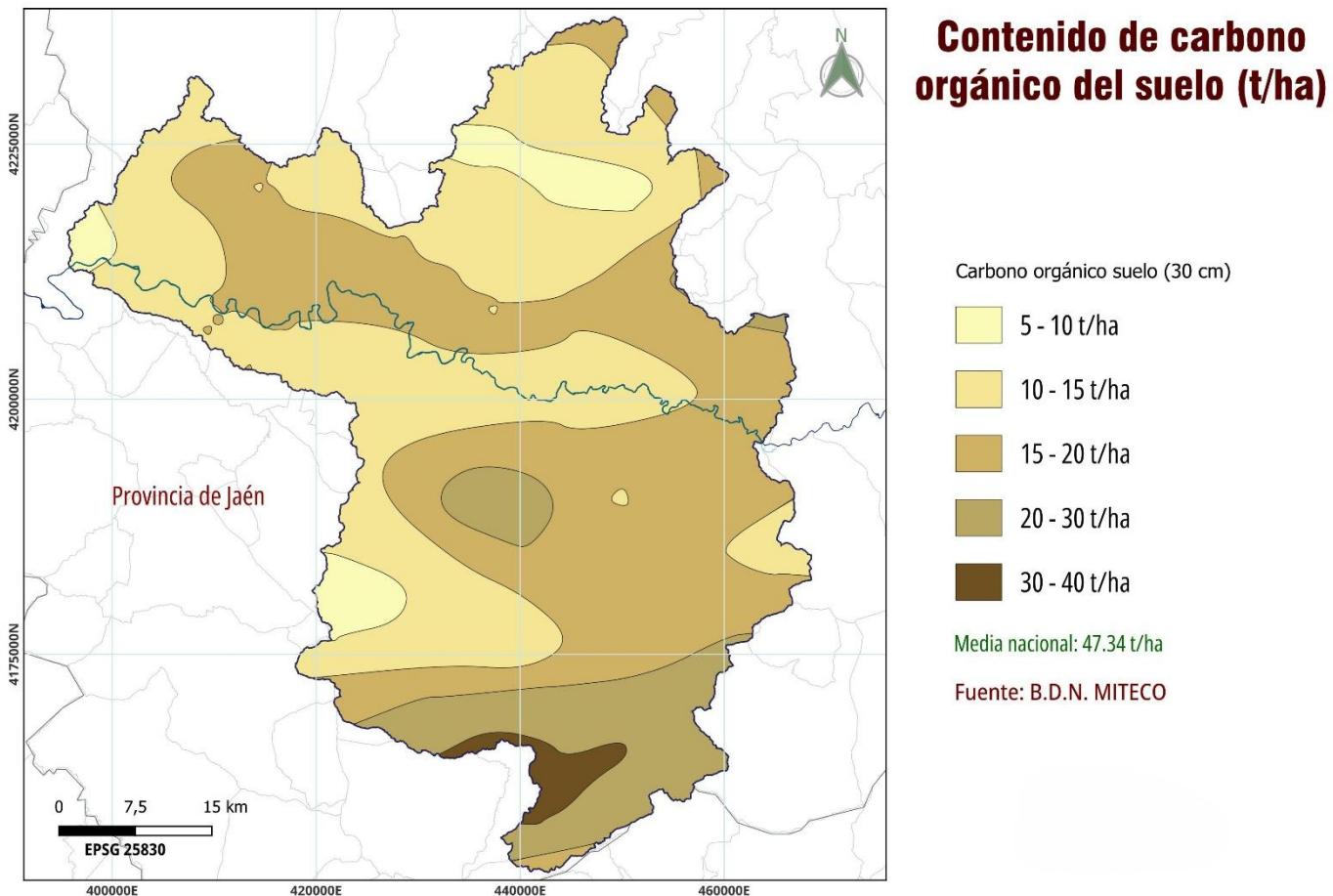
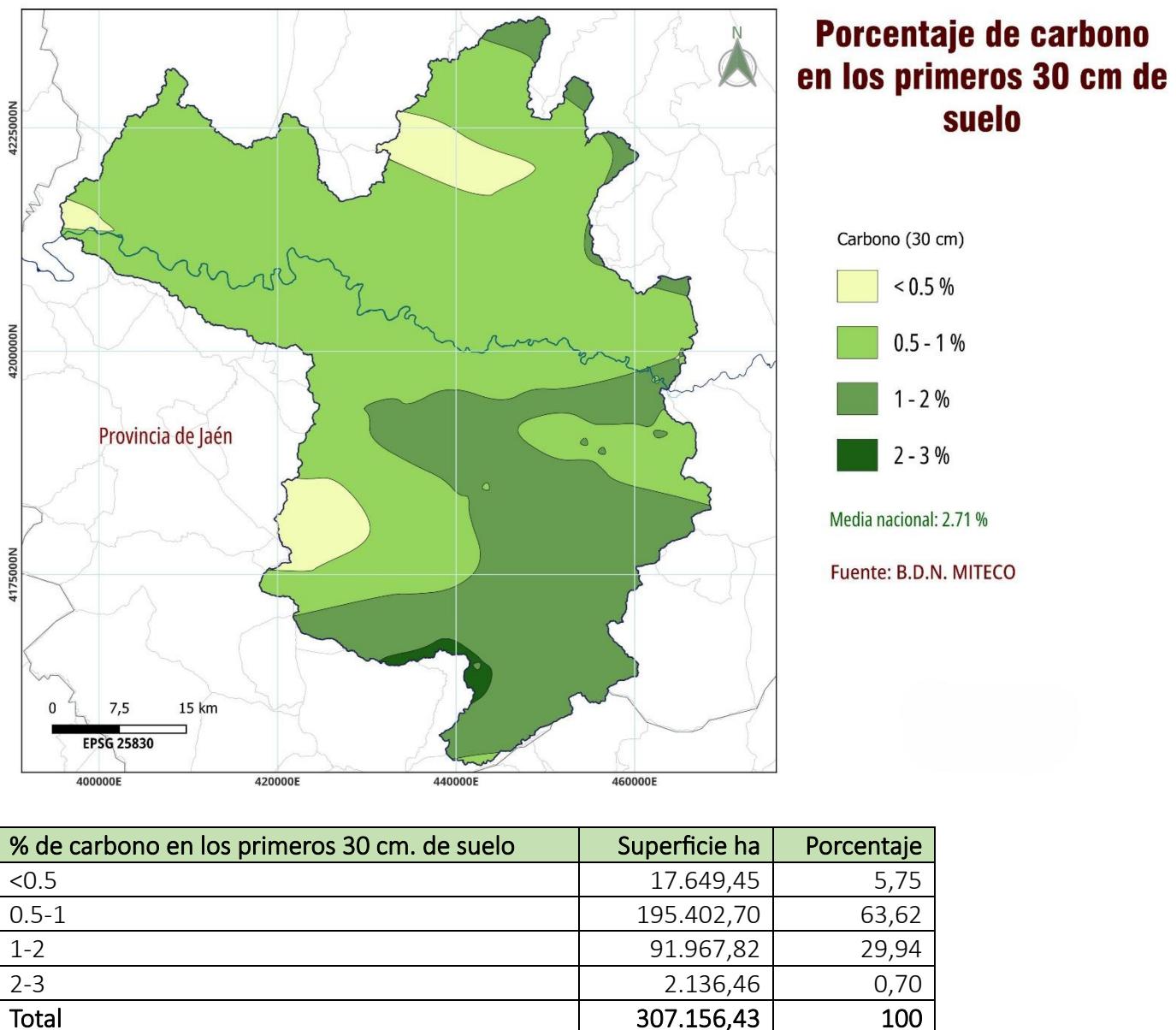
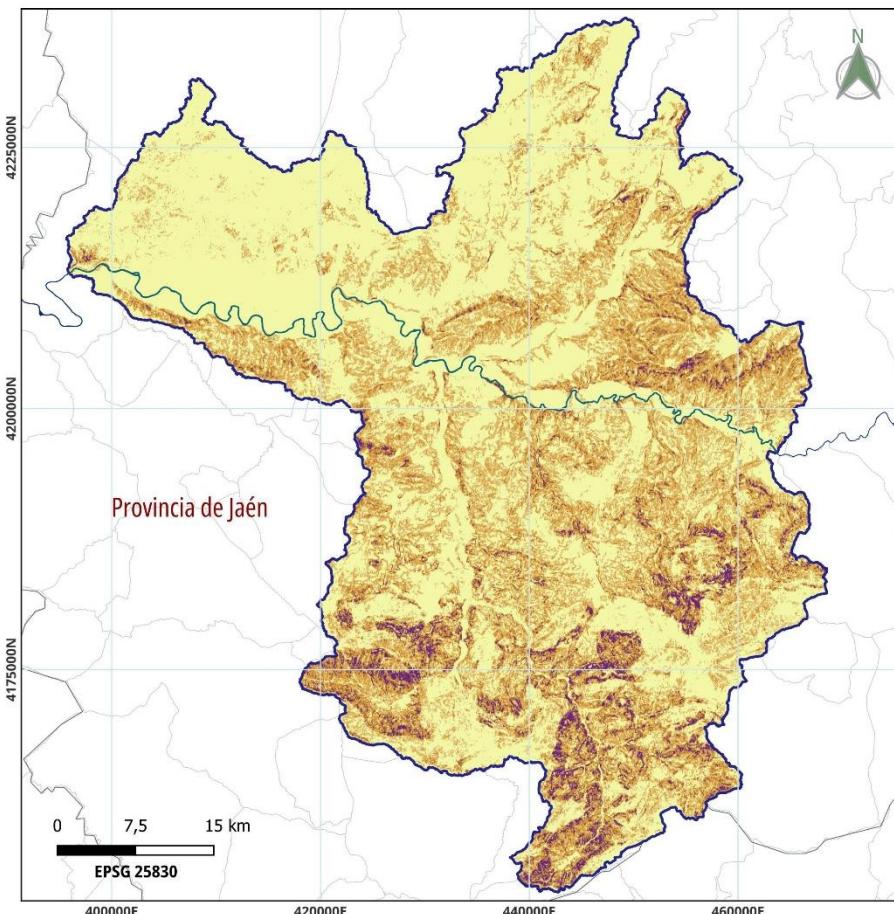


Figura 34
Contenido de carbono orgánico en los primeros 30 cm del suelo



% de carbono en los primeros 30 cm. de suelo	Superficie ha	Porcentaje
<0.5	17.649,45	5,75
0.5-1	195.402,70	63,62
1-2	91.967,82	29,94
2-3	2.136,46	0,70
Total	307.156,43	100

Figura 35
Pérdidas medias de suelo por erosión del período 1992-2021



Pérdida de suelo por erosión

Pérdida de suelo

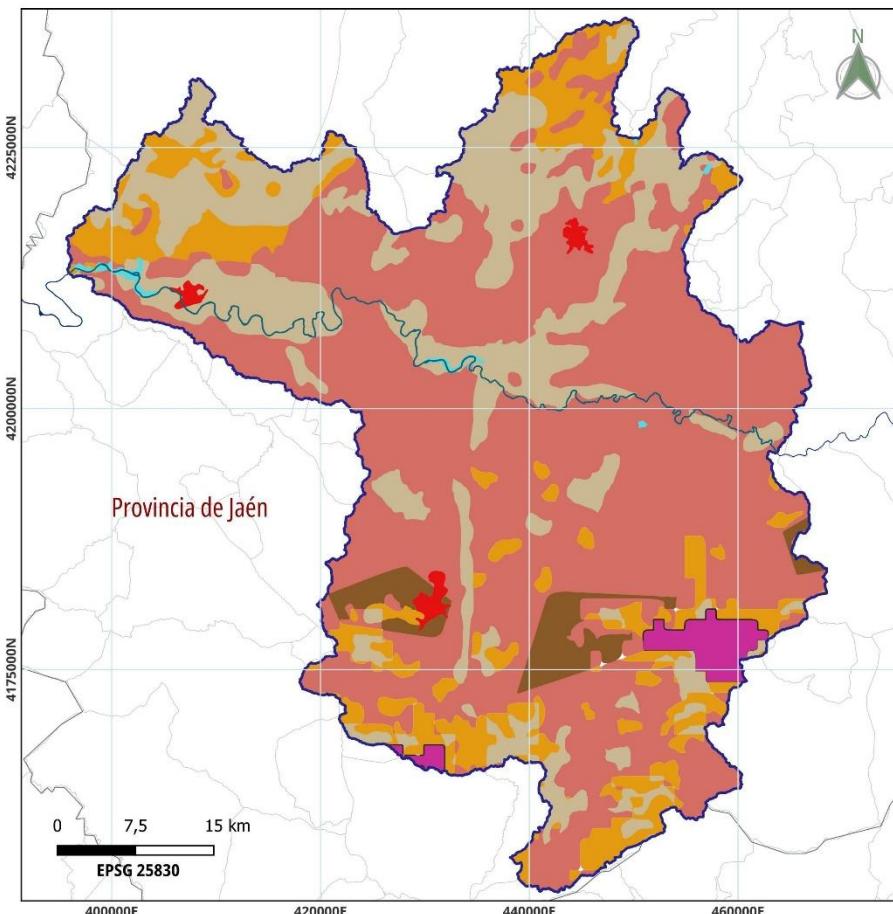
- Menos de 12 t/ha·año
- 12 - 50 t/ha·año
- 50 - 100 t/ha·año
- Más de 100 t/ha·año

Datos medios calculados para el período 1992-2021

Fuente: REDIAM

Pérdida de suelo	Superficie ha	Porcentaje
Menos de 12 t/ha·año	179.792,438	58,56
12 - 50 t/ha·año	90.343,125	29,43
50 - 100 t/ha·año	26.188,875	8,53
Más de 100 t/ha·año	10.684,125	3,48
Total	307.008,563	100,00

Figura 36
Riesgo de desertificación



Riesgo de desertificación

Riesgo de desertificación	Superficie ha	Porcentaje
Bajo	69.713,19	22,71
Medio	40.815,55	13,30
Alto	179.375,17	58,44
Muy alto	9.113,82	2,97
Láminas de agua	971,90	0,32
Urbano	1.781,19	0,58
Fuera de programa	5.187,67	1,69
Total	306.958,48	100,00

3.2.1. Estudios e investigaciones específicas sobre la erosión

La erosión y el riesgo de inundación de las vegas fluviales que atraviesan este territorio, en particular el tramo más bajo del Guadalquivir, son procesos que hay que entender en el contexto de dinámicas de cambio global derivados, fundamentalmente, del incremento de la aridez y el avance de la desertización. La expansión de las tierras áridas y el empeoramiento de la salud del suelo son procesos que se encuentran en dinámica expansiva a nivel mundial (UNCCD, 2024). En el caso de España, los ambientes esteparios se originan como consecuencia de la continentalidad y la sequía relacionadas con la distribución espacial del relieve más montañoso, en ocasiones reforzada por la presencia de determinados sustratos edáficos que empeoran las condiciones locales (Reyes Prósper, 1915; Sainz Ollero, van Staalanden, 2012). Se trata de una serie de territorios que, en su mayoría, son tierras altas y llanuras a sotavento de elevadas cordilleras, como es el caso paradigmático del sureste peninsular, en las provincias de Alicante, Murcia, Almería y Granada.

La ausencia de bosques, por supuesto, tiene que ver también con la acción humana durante siglos, pero, sin ninguna duda, el deterioro de las condiciones climáticas actuales es un elemento decisivo para comprender el incremento de la superficie que va incorporándose a estos paisajes tan originales en el contexto europeo. Los climas áridos según la clasificación de Köppen (tipo B) han experimentado una notable expansión en la península ibérica y las Islas Baleares entre 1951 y 2020, pasando del 11% al 21%. Este crecimiento, hasta prácticamente doblar su significación espacial, ha sido especialmente intenso desde 1990, y tienen en el sureste de la provincia de Jaén uno de sus frentes de avance más activos (Chazarra Bernabé et al., 2022). Así, una lengua esteparia penetra por la cuenca del Guadiana Menor y se ha incrustado ya en la zona central de la provincia, incluyendo terrenos que están dentro del área de estudio.

La desertificación ha sido un tema de preocupación política e investigación científica sistemática al menos desde las dos últimas décadas del siglo pasado, a raíz de la celebración en Nairobi de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación (1973). En la misma se elaboró un mapa de desiertos y áreas proclives a la desertificación y España aparecía como el único país de Europa occidental con numerosas zonas con procesos en marcha calificados ya en aquellos momentos como graves. De acuerdo con lo previsto en el plan de acción de esta conferencia, en 1981 el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación puso en marcha el Proyecto de Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo (LUCDEME). Este proyecto sigue vigente en su labor de investigación básica y aplicada, especialmente en el caso de las provincias de Granada y Almería³.

Obviamente, la provincia de Jaén se ha ido haciendo acreedora a formar parte de esta preocupación. Considerando a la erosión (junto con el deterioro de las condiciones climáticas, hidrológicas y biológicas) como uno de los elementos fundamentales de la desertización, la publicación del *Inventario Nacional de Erosión de Suelos* resultó otro paso decisivo para comprobar la elevada proporción de territorio que está sometida a importante riesgo de desertificación en la provincia. El estudio dedicado a los suelos jiennenses (Ministerio de Medio Ambiente, 2008) analiza la erosión utilizando el modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), que permite determinar las pérdidas potenciales de suelo de una manera objetiva, a partir del cálculo de los distintos factores que intervienen en el proceso erosivo: índice de erosión pluvial, erosibilidad del suelo, longitud y pendiente de las laderas, cubierta y manejo de la vegetación natural y prácticas de conservación de suelos. Por otra parte, en el estudio se analizan diferentes tipos de erosión: laminar y en regueros, en cárcavas y barrancos, así como movimientos en masa (erosión en profundidad), erosión en cauces y erosión eólica. De todos estos procesos, el primero es el más generalizado y fácil de estimar mediante el modelo, siendo de atención prioritaria en el estudio, donde también se pone el acento en la causa fundamental de su origen y aceleración, que no es otra que la relacionada con una mala gestión de los suelos agrícolas:

³ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/lucha-contra-la-desertificacion/lch_lucdeme.html

Desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo, la erosión hídrica superficial de tipo laminar o en regueros es la que más interesa por su influencia en la degradación de los sistemas naturales, la pérdida de productividad de la tierra y la alteración de los procesos hidrológicos, especialmente cuando se considera la erosión acelerada antrópicamente, que es la que ocasiona las grandes pérdidas de suelo y está propiciada fundamentalmente por la roturación de terrenos en pendiente, la aplicación indiscriminada de prácticas agropecuarias inadecuadas, la deforestación o las grandes obras públicas (pag. 52).

La localización y cuantificación, tanto de los estados erosivos como de erosión potencial se recoge con precisión y a diferentes escalas (subcuenca fluvial, municipio). En la tabla 1, se resumen los resultados más interesantes del estudio, ofreciendo un panorama de contraste, pero también de elevadas pérdidas medias para el conjunto de la zona, claramente superiores a la capacidad de regeneración de suelo (5 t/ha·año).

Tabla 1
Pérdidas medias de suelo estimadas por término municipal

Municipio	Pérdidas medias T·ha ⁻¹ ·año ⁻¹		Pérdidas medias T·ha ⁻¹ ·año ⁻¹
		Municipio	
Albanchez de Mágina	35,06	Jódar	21,81
Andújar	6,38	La Carolina	8,38
Baeza	36,82	La Guardia de Jaén	50,01
Bailén	21,03	Lahiguera	55,88
Baños de la Encina	5,97	Linares	19,67
Bedmar y Garcíez	30,31	Los Villares	92,09
Begíjar	46,32	Lupión	44,58
Cambil	30,49	Mancha Real	21,32
Campillo de Arenas	37,01	Marmolejo	18,28
Canena	62,79	Martos	51,65
Carboneros	17,10	Mengíbar	20,44
Cárcheles	73,98	Noalejo	40,43
Cazalilla	38,38	Pegalajar	43,37
Espeluy	18,46	Torreblascopepo	11,56
Fuensanta de Martos	83,91	Torredelcampo	54,46
Fuerte del Rey	51,74	Torres	34,94
Guarromán	10,83	Úbeda	41,85
Huelma	35,52	Valdepeñas de Jaén	39,08
Ibros	42,36	Vilches	14,45
Jabalquinto	29,32	Villanueva de la Reina	12,18
Jaén	31,66	Villatorres	23,63
Jamilena	61,60	MEDIA	35,55
Jimena	37,34		

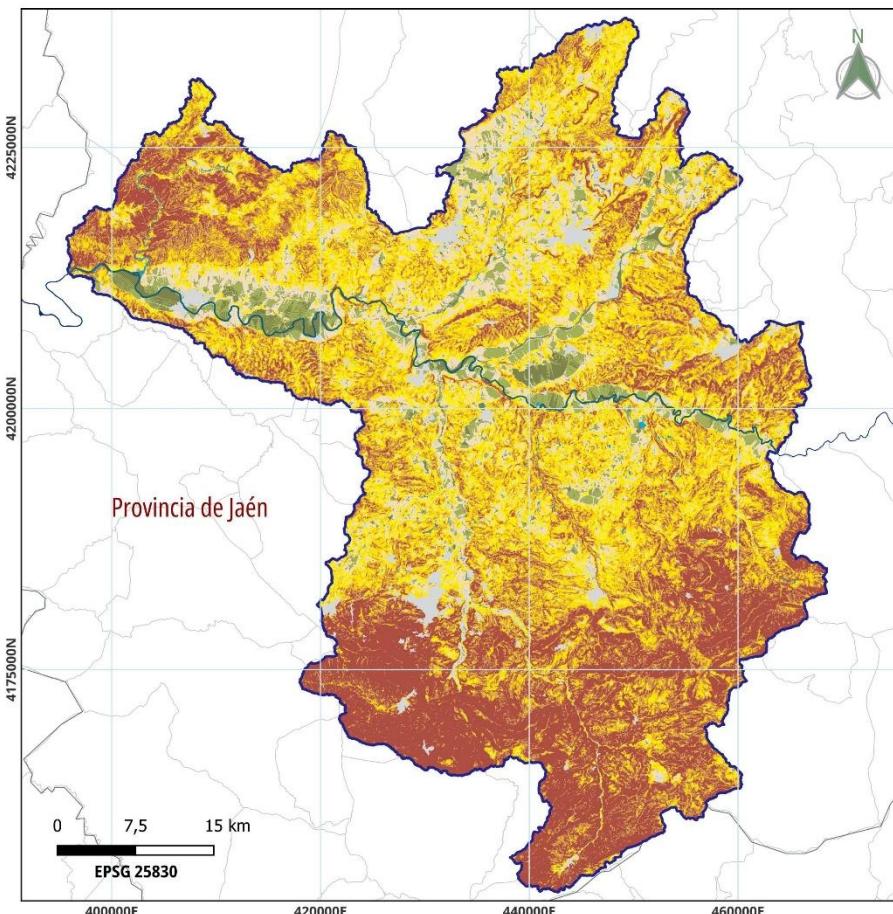
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2008).

Por lo que respecta a la erosión en cárcavas y barrancos, solo en seis municipios de la zona que estamos considerando se localizaron y cuantificaron estos procesos: Andújar (191,69 ha), Cambil (33,31 ha), Jaén (78,94 ha), Jódar (109,88 ha), Pegalajar (33,44 ha) y Úbeda (161,23 ha). Esto no impide reconocer, sin embargo, la gravedad de este proceso erosivo. Así, estudios más recientes en puntos del área de estudio (Torredelcampo) estiman que la tasa de erosión en cárcavas y barrancos podría multiplicar hasta por 10 veces la erosión laminar y en regueros (Fernández et al., 2020).

El inventario nacional de erosión de suelos (INES) se ha actualizado con datos de 2022, dando como resultado los datos que acompañan a los mapas de las figuras 37 a 42.



Figura 37
Erosión potencial



Erosión potencial

- Erosión potencial
- <= 5 t/ha·año
 - > 5 y <= 10 t/ha·año
 - > 10 y <= 25 t/ha·año
 - > 25 y <= 50 t/ha·año
 - > 50 y <= 100 t/ha·año
 - > 100 y <= 200 t/ha·año
 - > 200 t/ha·año
 - Láminas de agua y humedales
 - Superficies artificiales

Fuente: I.N.E.S. MITECO

Erosión potencial	Superficie ha	Porcentaje
≤ 5	5.312,25	1,73
> 5 y ≤ 10	14.579,38	4,75
> 10 y ≤ 25	36.501,69	11,89
> 25 y ≤ 50	45.353,19	14,77
> 50 y ≤ 100	63.432,81	20,66
> 100 y ≤ 200	64.646,38	21,06
> 200	67.988,44	22,15
Láminas de agua superficiales y humedales	813,19	0,26
Superficies artificiales	8.353,06	2,72
Total	306.980,38	100,00

Figura 38
Erosión laminar

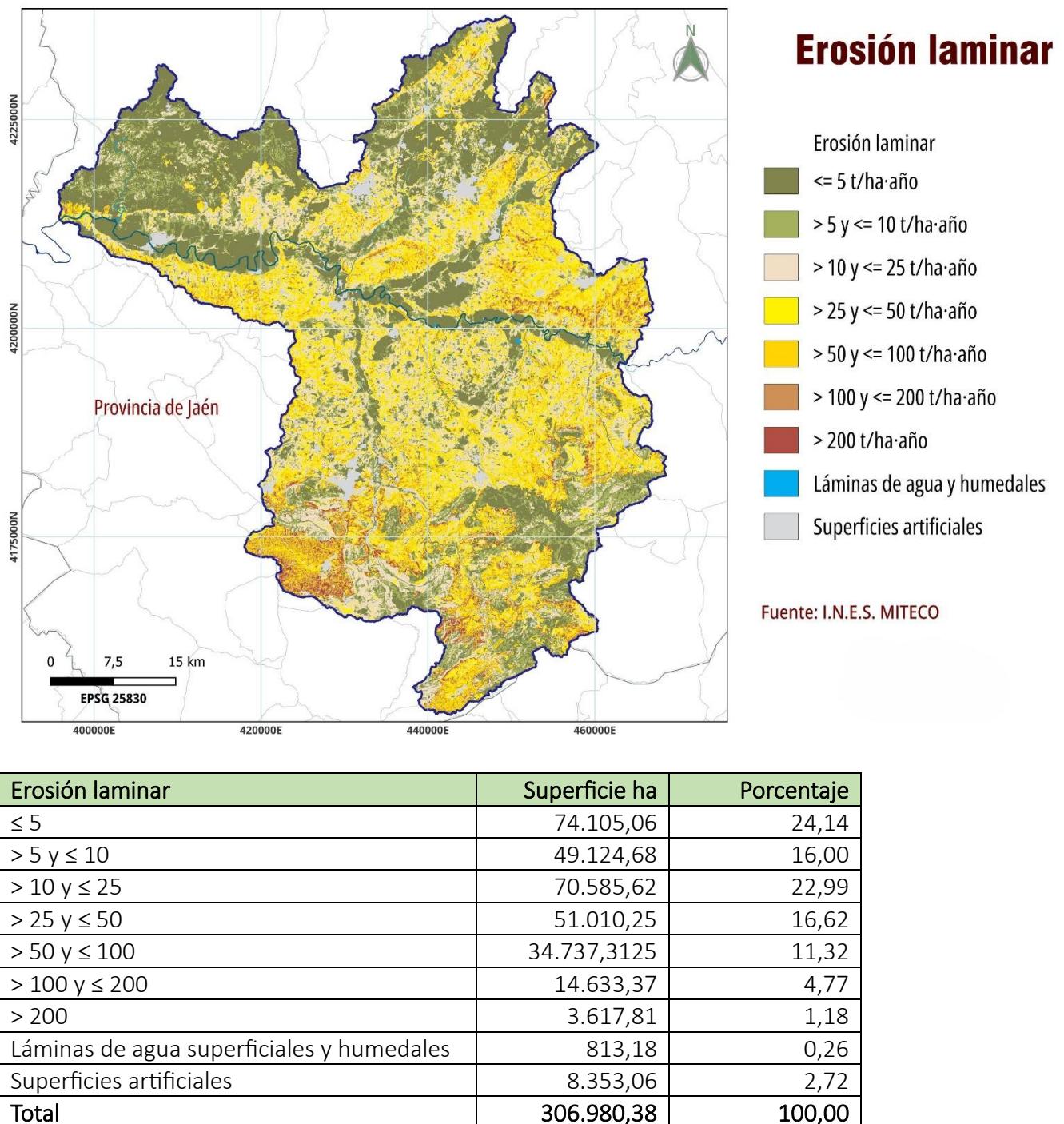
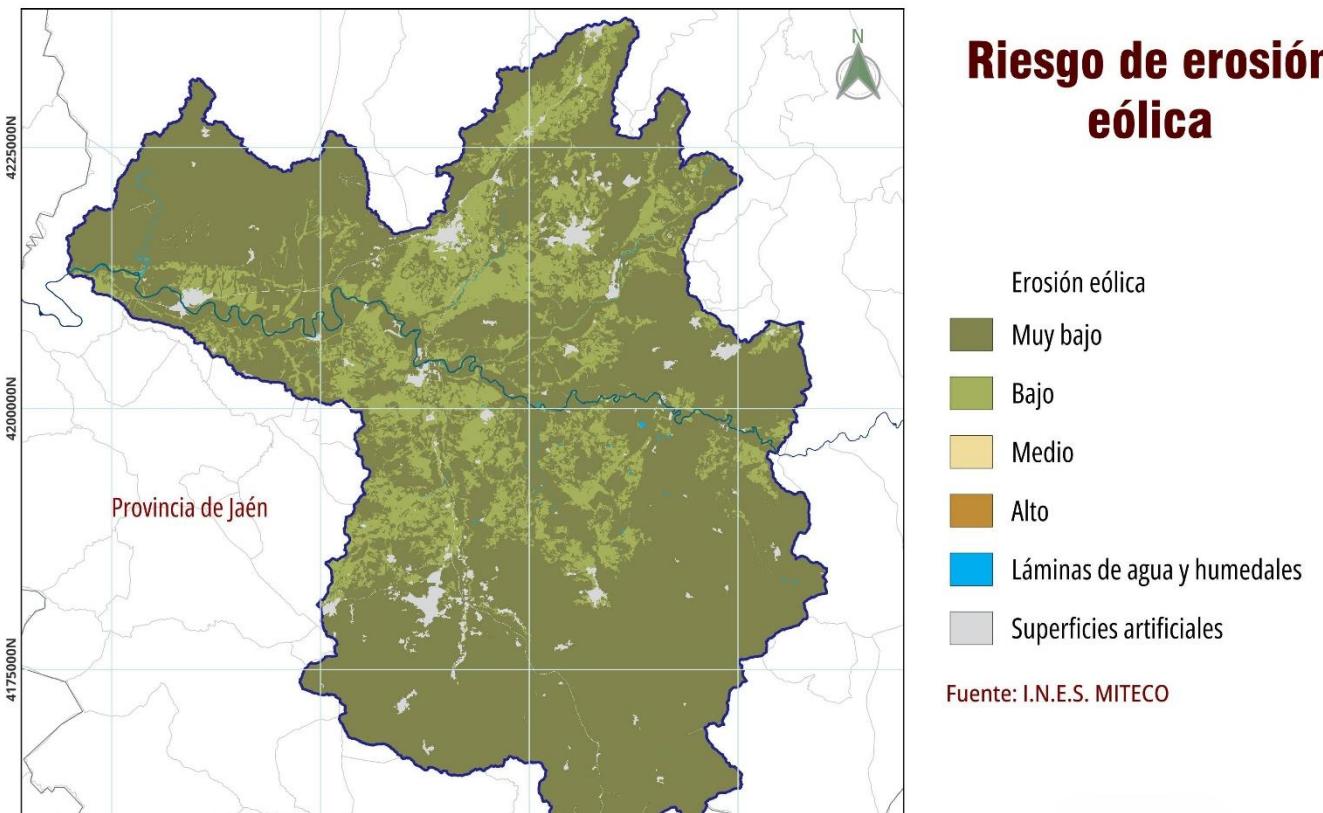


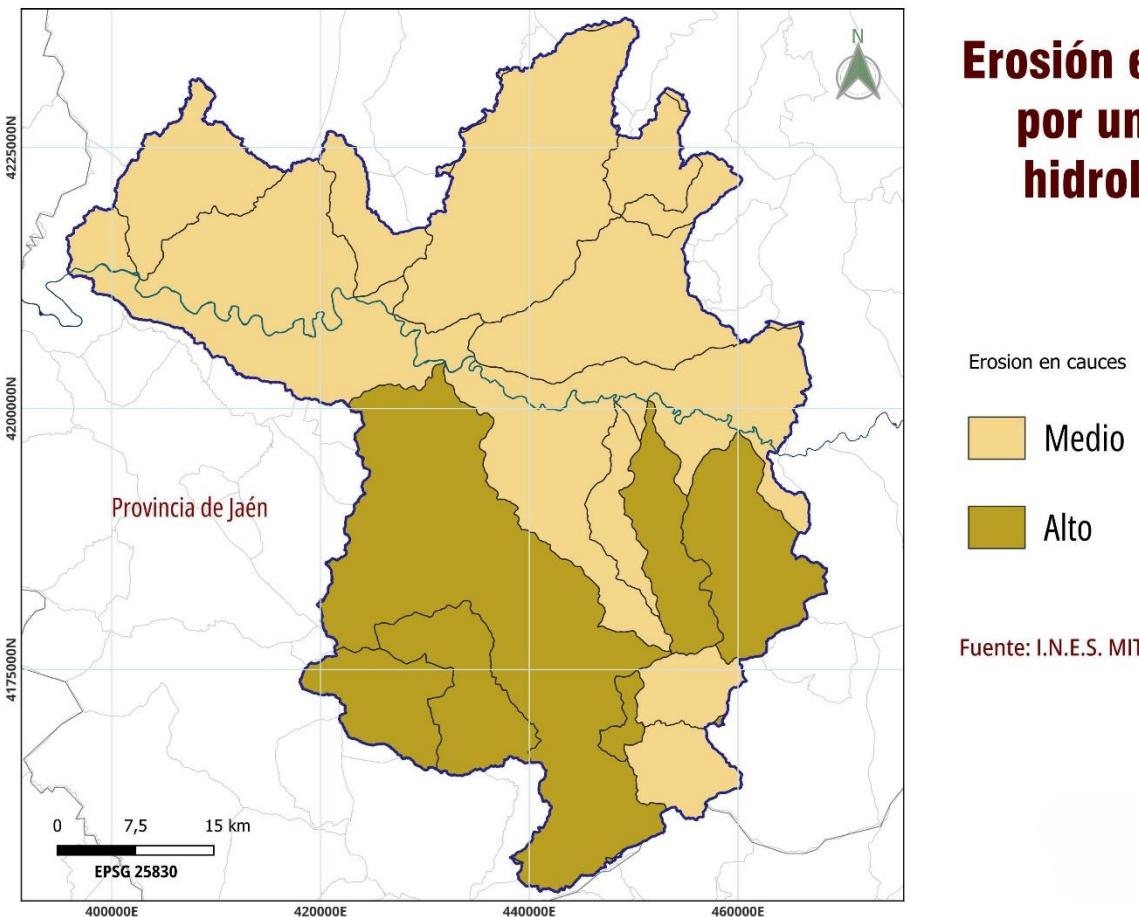
Figura 39
Riesgo de erosión eólica



Riesgo erosión eólica	Superficie ha	Porcentaje
Nula o muy baja	241.809,44	78,77
Baja o moderada	56.004,69	18,24
Media	0,00	0,00
Alta	0,00	0,00
Muy alta	0,00	0,00
Láminas de agua y humedales	813,19	0,26
Superficies artificiales	8.353,06	2,72
Total	306.980,38	100,00

Figura 40
Erosión en cauces por unidades hidrológicas

Erosión en cauces por unidades hidrológicas



Código subcuenca	Erosion_ca	Corriente	Tipo	Cuenca	Desde	Hasta
5092	Medio	Arbuniel	Rio	Guadalquivir		
5058	Medio	Riovil	Rio	Guadalquivir		
5135	Medio	Cabrera	Rio	Guadalquivir		
5243	Medio	Cubillas	Rio	Guadalquivir	Origen	Pinar
5120	Medio	Fresneda	Rio	Guadalquivir	Sardinilla	Guadalquivir
5104	Medio	Grande	Rio	Guadalquivir	Renegadero	Pinto
5045	Medio	Guadahortuna	Rio	Guadalquivir		
5081	Medio	Guadalén	Rio	Guadalquivir	Montizón	Guarrizas
5074	Medio	Guadalimar	Rio	Guadalquivir	Beas	Guadalén
5053	Medio	Guadalquivir	Rio	Guadalquivir	Jandulilla	Bedmar
5100	Medio	Guadiel	Rio	Guadalquivir		
5084	Medio	Guarrizas	Rio	Guadalquivir	Despeñaperros	Guadalén
5125	Medio	Mingo López	Arroyo	Guadalquivir	Salado	Salado de Arjona
5090	Medio	Oviedo	Rio	Guadalquivir		
5136	Medio	Pradillo	Rio	Guadalquivir	Cabrera	Guadalquivir
5103	Medio	Renegadero	Rio	Guadalquivir		
5127	Medio	Saladillo	Arroyo	Guadalquivir		
5124	Medio	Salado	Arroyo	Guadalquivir		
5128	Medio	Salado de Arjona	Arroyo	Guadalquivir	Saladillo	Valhondo
5138	Medio	Salado de Porcuna	Arroyo	Guadalquivir	Origen	Saladillo

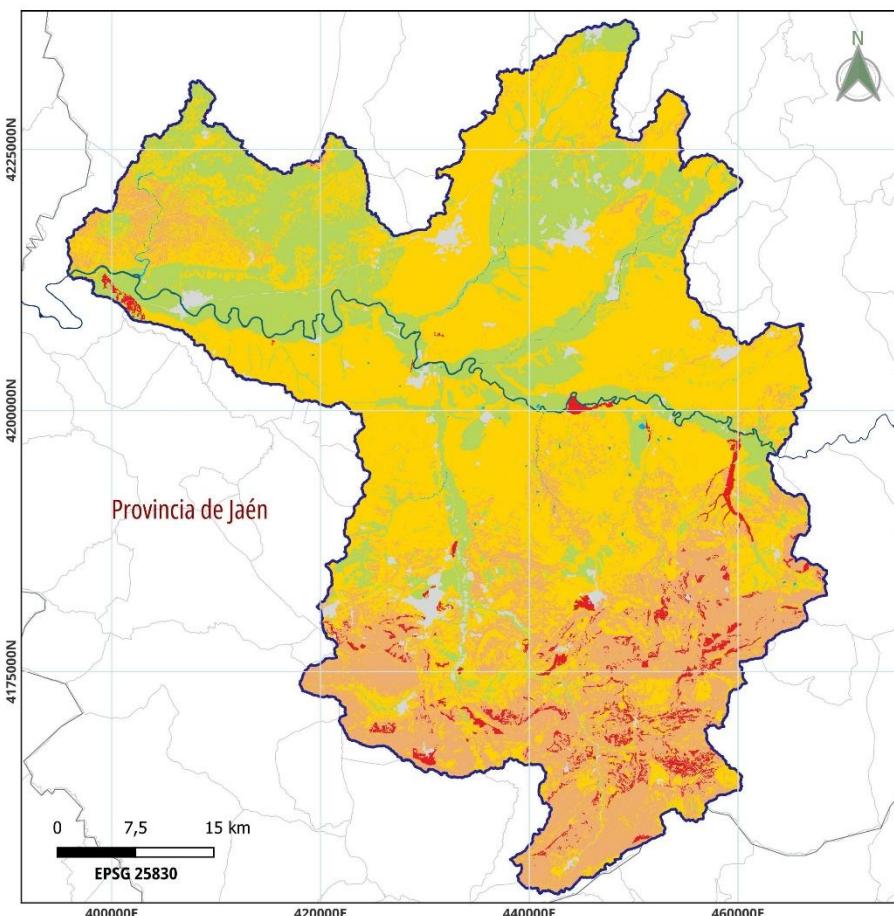


Besando, abrazando el
Guadalquivir

5119	Medio	Sardinilla	Rio	Guadalquivir		
5054	Alto	Bedmar	Rio	Guadalquivir		
5089	Alto	Cambil	Rio	Guadalquivir	Origen	Oviedo
5088	Alto	Campillo	Rio	Guadalquivir	Origen	Cambil
5096	Alto	Frío	Rio	Guadalquivir		
5095	Alto	Jaén	Rio	Guadalquivir	Origen	Frio
5052	Alto	Jandulilla	Rio	Guadalquivir		
5249	Alto	Juntas	Rio	Guadalquivir		
5056	Alto	Torres	Rio	Guadalquivir		



Figura 41
Potencialidad de movimiento en masa



Potencialidad de movimiento en masa

Potencialidad movimiento en masa

- Nula o muy baja
- Baja o moderada
- Media
- Alta
- Muy alta
- Láminas de agua y humedales
- Superficies artificiales

Fuente: I.N.E.S. MITECO

Potencialidad	Superficie ha	Porcentaje
Nula o muy baja	2,88	0,00
Baja o moderada	66.929,38	21,80
Media	155.125,19	50,53
Alta	68.769,75	22,40
Muy alta	6.986,94	2,28
Láminas de agua y humedales	813,19	0,26
Superficies artificiales	8.353,06	2,72
Total	306.980,38	100,00



Besando, abrazando el
Guadalquivir

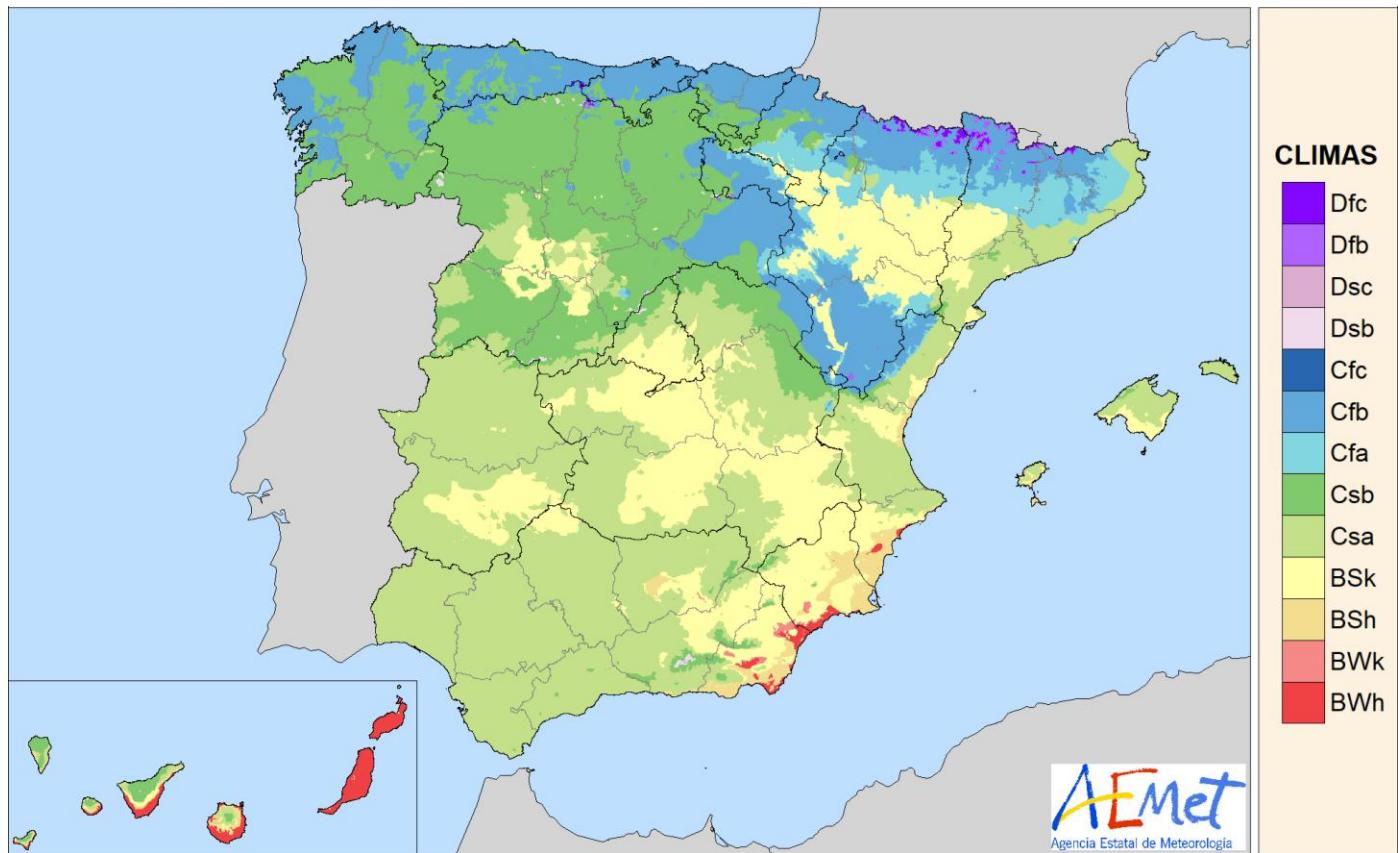
Como decimos, junto a la expansión de los climas áridos (figura 42), el otro elemento fundamental en la expansión del riesgo de la desertificación ha sido la generalización de malas prácticas agronómicas y, en este caso, dado el uso mayoritario del suelo agrícola, sobre todo fuera de las zonas de menor pendiente, a la manera convencional en cómo se ha gestionado el olivar. Paradójicamente, las tasas de erosión calculadas para toda la región andaluza desde mediados del siglo XX hasta la actualidad han mostrado una tendencia a la estabilidad, pero el mantenimiento de las cifras medias se ha hecho con una importante variación en relación a los territorios y los usos del suelo. De una parte, la recuperación de la cubierta forestal ha reducido sensiblemente el problema en las áreas de montañas; en cambio, la intensificación de la agricultura lo ha incrementado en las cultivadas. En consecuencia, el problema se ha concentrado, de forma que una pequeña fracción de superficie, en torno al 20%, concentra el 67% de todas las pérdidas de suelo en Andalucía (Milazzo et al., 2022). Es en esas zonas, por tanto, donde se registran las tasas de erosión por encima del umbral de tolerancia de 5 t/ha·año (Birkeland, 1999), pero también ahí vamos a encontrar escenarios muy diferenciados. En todo caso, los resultados indicados están en la línea de lo indicado en otros estudios similares realizados en el valle del Guadalquivir (Junta de Andalucía, s. f.), donde se afirma que:

“resulta notoria la necesidad de incluir a la provincia de Jaén entre las tierras sometidas a los mayores procesos erosivos en la región, comparables a los existentes en las provincias de Almería y Granada, y, por tanto, acreedora de estudios y actuaciones específicas” (pág. 360).

En el Plan de Acción del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación (MITECO, 2022), se exponen algunos datos que conviene no perder de vista para entender la encrucijada en la que nos encontramos. Así, de una parte, la esperada reducción de las precipitaciones totales, al tiempo que el incremento de la proporción de las que adquieren pautas torrenciales, está cambiando el balance entre el agua almacenada en el suelo (“agua verde”) y la acumulada en láminas superficiales (“agua azul”), como resultado de una menor infiltración y, por tanto, con el aumento de la posibilidad de inundación y erosión del suelo. Y a ello se suma la intensificación agrícola, definida como el aumento de los gastos en insumos por unidad de superficie. En este panorama, una parte del territorio español deteriora su capacidad productiva natural, como paradigmáticamente ocurre en los cultivos leñosos sin manejo adecuado de la cubierta vegetal. En este plan de acción, la provincia de Jaén se referencia como una de las que suman pérdidas medias de entre 40 y 50 t/ha·año, resultando que el 83% de la superficie agrícola tiene pérdidas superiores a 10 t/ha·año, citándose el manejo convencional de los suelos del olivar como uno de los principales problemas a abordar. Como después veremos, el riesgo de erosión severa afecta a una parte importante de los recintos de olivar elegibles para la presentación de solicitudes de la PAC. En el contexto de la confección de un atlas de la desertificación en España (Martínez-Valderrama, 2023), uno de los casos de estudio que se ha considerado indispensable es precisamente el de la erosión en el olivar.

La conclusión que podemos sacar es, por tanto, la coherencia y gravedad de la erosión detectada en los diferentes trabajos realizados hasta la fecha. En consecuencia, la validez de la fuente que nosotros hemos empleado para presentar cartografía que sirve para enmarcar y calibrar el problema resulta suficiente para el ámbito y la escala a la que se está abordando la cuestión.

Figura 42
Clasificación climática de Köppen para el período 1991-2020



3.2.2. Validación de áreas críticas y referencia al transporte de lodos en el entorno de Andújar

El incremento de las escorrentías, la mayor proporción de sólidos arrastrados y determinadas acciones humanas en las inmediaciones de los cauces fluviales (eliminación de vegetación riparia, incremento de suelos sellados en los entornos urbanos) implican una acentuación del riesgo de inundación (tabla 2). En el área de estudio se tienen identificadas cuatro tramos fluviales en los cuales periódicamente se ha producido esta circunstancia (figura 43). El caso es que los cauces fluviales cada vez son más estrechos como consecuencia de la agradación por la acumulación de los materiales que acarrea el flujo de agua (Bohórquez, del Moral-Erencia, 2017), y se ha demostrado que esto ocurre con mayor incidencia desde mediados del siglo pasado, esto es, cuando se acelera la expansión y mecanización de la olivicultura (Bohórquez et al., 2014, 2022, 2023, 2024; Gómez et al., 2014; Gómez, Moncalvillo, Sánchez, 2022).

Tabla 2
Tramos fluviales con riesgo de inundación en el área de estudio

Denominación	Longitud	Municipios afectados
Río Guadalquivir en Marmolejo	1,79 km	Marmolejo
Aguas arriba de la presa de Marmolejo	11,59 km	Andújar y Marmolejo
Arroyo Encantado	1,81 km	Villanueva de la Reina, Cazalilla
Arroyo del Turbio	6,78 km	Jaén

Fuente: Sistema nacional de cartografía de zonas inundables.

Mapas de peligrosidad y riesgo. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

Una de las situaciones más peligrosas ha sido la planteada en el entorno urbano de Andújar. Existen registros históricos antiguos de este hecho, pero en tiempos recientes es asunto más recurrente y con mayor capacidad de afectación. Ello es debido a la conjunción de tres factores: la construcción del embalse de Marmolejo, un salto hidroeléctrico que data de 1962, a unos 16 kilómetros aguas abajo de Andújar, que remansa el agua y favorece la sedimentación; la ocupación de la llanura de inundación en el proceso de crecimiento urbano de Andújar (construcción de instalaciones deportivas y polígonos industriales); y, de nuevo, por la intensa transformación de los usos del suelo y su manejo en la cuenca receptora de las aguas que atraviesan esta zona. Esta problemática ha sido motivo de varios estudios realizados por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, 2015; CEDEX 2021). En un trabajo más reciente, el resultado de aplicar el modelo RUSLE en este conjunto de subcuenca ha ofrecido un resultado de 48 t/ha·año de pérdida media por erosión en el área (López-Gómez, de Blas Moncalvillo y Cuéllar-Moro 2024). Se trata, de nuevo, de cifras coherentes con trabajos publicados con anterioridad (López-Cuervo, 1990; Gómez et al., 2006) y, por lo que a sus resultados se refiere, lo más destacado es la demostración de que la sedimentación en el embalse es reversible, siendo posible mantener su nivel por debajo de los niveles de seguridad que garanticen la efectividad de las medidas de defensa frente a las inundaciones de Andújar. Eso sería factible gestionando adecuadamente las compuertas de la presa durante los episodios de avenida. En todo caso, esto no quita que la gestión del problema requiera un tratamiento integral y, por tanto, que junto al comportamiento de los cauces se tenga en cuenta la dinámica de la cuenca, lo que significa que la validación de las áreas críticas es no solo la detección de lugares críticos sino una cuestión de gestión territorial.

En otro orden de cosas, la actual proliferación de plantas solares en la zona supone igualmente un reto de gestión de la dinámica erosiva⁴. Los parques fotovoltaicos, en efecto, modifican drásticamente la cobertura del suelo y aumentan la concentración y velocidad del agua de escorrentía al comportarse como pantallas de acumulación de la lluvia. En ese sentido, sin una adecuada gestión del binomio vegetación-suelo, se

⁴ <https://www.bioingenieriadelpaisaje.com/soluciones-para-el-control-de-la-erosion-en-centrales-solares/>

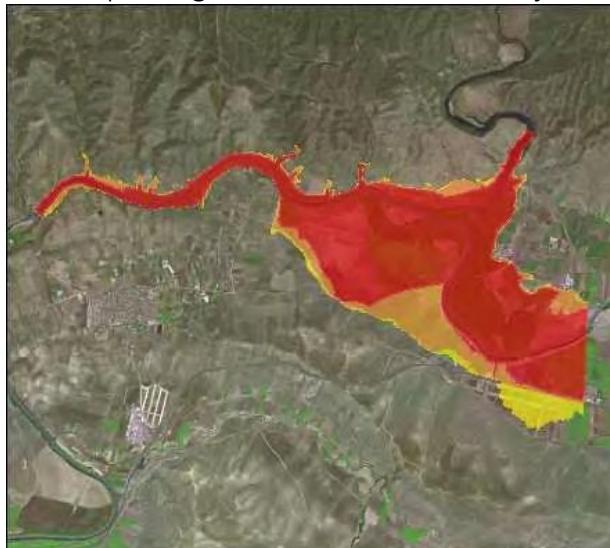
incrementa el riesgo de erosión laminar, la formación de cárcavas y la colmatación de sedimentos arrastrados. Hay que señalar que en ámbito de estudio este tipo de construcciones se están implantando sobre terrenos ocupados por olivar tradicional, lo que ha dado lugar a un importante conflicto sobre la ordenación de este territorio, como ha puesto de manifiesto una reciente resolución de la Asociación Española de Municipios del Olivo⁵ (AEMO).

Figura 43
Cartografía de áreas con riesgo de inundación en el ámbito de estudio

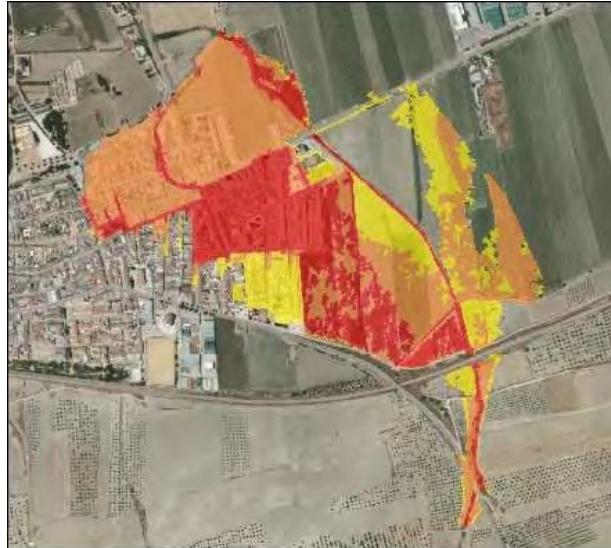
Arroyo del Turbio



Guadalquivir aguas arriba Presa Marmolejo



Arroyo Encantado



Río Guadalquivir en Marmolejo



(en color rojo: periodo de retorno de 10 años; en color naranja: período de retorno de 100 años; en color amarillo; período de retorno de 500 años)

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. <https://www.chguadalquivir.es/mapas-de-inundacion>

⁵ <https://www.mercacei.com/pdf/resolucion-naemo.pdf>

3.3. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CAUSALES

3.3.1. Evaluación de los impactos de las actividades humanas sobre la erosión

Si bien, como hemos indicado, los cambios en el contexto climático y las transformaciones en los usos del suelo son los motores principales que impulsan la erosión, el factor más decisivo de todos ellos es la progresiva ocupación del espacio agrícola, especialmente en terrenos marginales, por olivares con manejos de suelos inadecuados. Por esa razón, en este apartado se va a comenzar realizando un análisis exhaustivo del cultivo del olivar en el área de estudio, especificando sus características y discriminando las tasas de erosión que experimentan en estos momentos a nivel de recinto SIGPAC, para así detectar las áreas en las que los problemas alcanzan una mayor dimensión. Partimos de la base de que las pérdidas de suelo, junto a otros problemas que afectan a su salud, implican una disminución del potencial productivo y, a raíz de la literatura analizada, que es bastante frecuente que las pérdidas superen ampliamente las tasas de renovación natural, definiéndose así un típico proceso de sobreexplotación de los recursos naturales.

El olivar que se acoge a solicitud de ayudas de la PAC ocupa en el ámbito de estudio algo más de ciento sesenta y ocho mil hectáreas, según se recoge en la tabla 3, en la que se plasma cuantitativamente la distribución espacial que aparece en la figura 44.

Tabla 3
Superficie de olivar por términos municipales (2024)

Municipio	Sup. ha	% Total	Municipio	Sup. ha	% Total
Albanchez de Mágina	895,81	0,532	Jimena	3.290,38	1,954
Andújar	6.882,08	4,087	Jódar	58,54	0,035
Baeza	14.551,30	8,641	Lahiguera	1.509,60	0,896
Bailén	7.286,80	4,327	Linares	10.075,79	5,984
Baños de la Encina	2.467,34	1,465	Los Villares	4.842,68	2,876
Bedmar y Garcíez	6.550,03	3,890	Lupión	2.113,37	1,255
Begíjar	3.253,29	1,932	Mancha Real	7.273,74	4,320
Cambil	4.674,24	2,776	Marmolejo	1.256,46	0,746
Campillo de Arenas	2.857,13	1,697	Martos	829,98	0,493
Canena	406,40	0,241	Mengíbar	3.097,93	1,840
Carboneros	2.058,13	1,222	Montejícar	231,93	0,138
Cárcheles	2.001,02	1,188	Noalejo	185,69	0,110
Cazalilla	2.527,98	1,501	Pegalajar	3.429,75	2,037
Espeluy	1.673,25	0,994	Torreblascopedro	4.322,01	2,567
Fuensanta de Martos	5,96	0,004	Torredelcampo	4.109,30	2,440
Fuerte del Rey	284,72	0,169	Torres	3.275,62	1,945
Guarromán	2.690,52	1,598	Úbeda	2.331,48	1,385
Huelma	1.310,97	0,779	Valdepeñas de Jaén	12,37	0,007
Ibros	4.427,40	2,629	Vilches	3.273,63	1,944
Jabalquinto	5.835,45	3,465	Villanueva de la Reina	7.440,13	4,418
Jaén	22.914,82	13,608	Villatorres	6.039,61	3,587
Jamilena	4,89	0,003			
Total				168.392,38	100

Fuente: Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, FEGA.

Dada la extensión y heterogeneidad paisajística del ámbito (figuras 45 y 46), están presentes municipios englobados en ocho comarcas agrarias (figura 47), un hecho que es importante para después comprender su

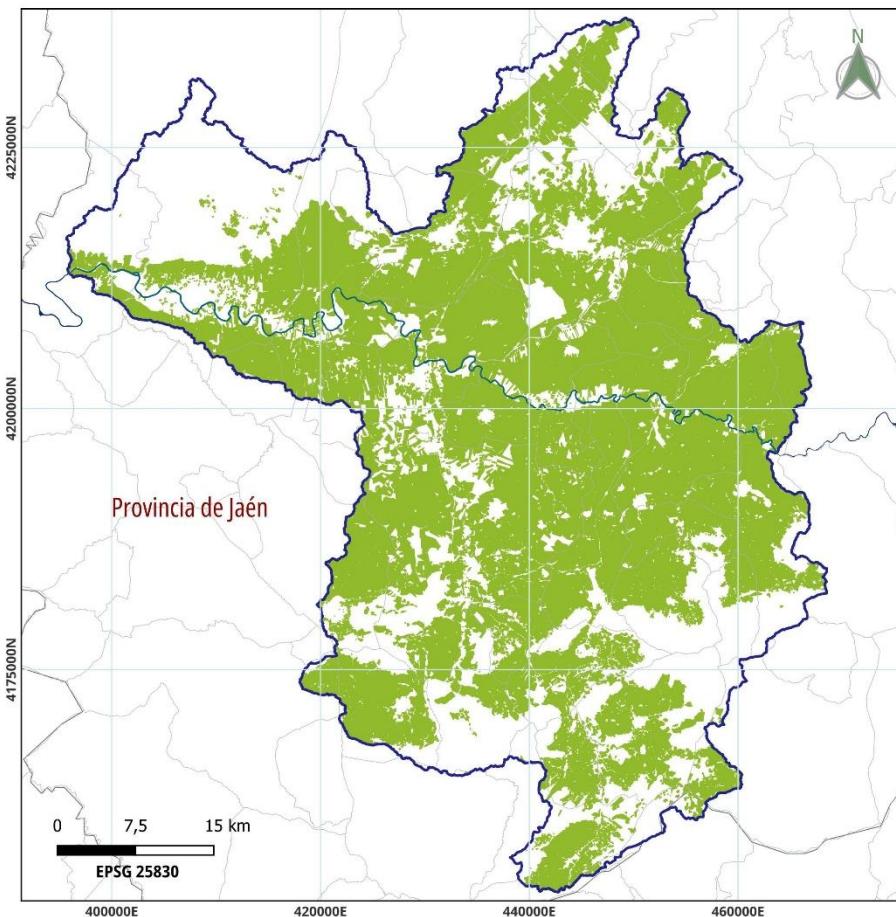


Besando, abrazando el
Guadalquivir

comportamiento en términos de captación potencial de ayudas públicas en función de la región productiva a la que se han asignado en los dos últimos períodos de programación de la PAC. Un factor a considerar igualmente es su distribución en relación al marco de plantación (figura 48). En ese sentido, hay que considerar que las plantaciones más densas suelen ser también las más recientes. El modelo de plantación más extendido es el tradicional, aunque en la literatura reciente y el reconocimiento de campo llevado a cabo se ha podido comprobar que en determinadas zonas está en marcha un proceso de reestructuración mediante el cual olivares tradicionales, e incluso intensivos, están siendo arrancados para introducir una densidad de planta mucho más elevada (Rodríguez-Cohard et al., 2022). El auge de estas plantaciones superintensivas explica también la presencia de variedades que amplían lo que hasta hace poco era un dominio casi exclusivo de la variedad picual (figura 49). Algunas de estas nuevas variedades, no obstante, se han visto favorecidas por su capacidad de tolerancia al *verticillium*, como es el caso de frantoio; en otras ocasiones, el carácter híbrido de la planta explica la oportunidad que supone su desarrollo para las exigencias de cultivo y recolección mecanizada de los nuevos setos de olivar. Como se observa en el mapa correspondiente, estos procesos están teniendo lugar en los terrenos más cercanos al río principal, pues la condición de terreno llano o poco quebrado también está incluida en el paquete que otorga preferencia a las plantaciones de alta densidad. Y algo parecido ocurre con respecto al régimen de cultivo (figura 50), si bien en este caso el regadío está extendido por toda la zona de estudio. Para ello, se ha movilizado una ingente cantidad de recursos superficiales y subterráneos (figura 51). Cuando se observa el origen del agua empleada, en todo caso, se comprueba el predominio de los acuíferos al norte del Guadalquivir, en los límites ya con la red de grandes embalses públicos que regulan los principales afluentes por su derecha. Al sur del cauce, en cambio, los recursos son fundamentalmente superficiales y, por ello, un elemento fundamental para comprender su operatividad es la proliferación de balsas a disposición de las comunidades de regantes. Finalmente, el aprovechamiento de aguas residuales tratadas en el entorno de las poblaciones de mayor entidad se ha convertido también en un recurso muy apreciado (figura 52).

Hay que señalar que la masa de olivar cartografiada puede acogerse a los beneficios derivados de la inclusión de este territorio dentro del área de la Indicación Geográfica Protegida Aceite de Jaén. Además, otros municipios están englobados en la Denominación de Origen Protegido Sierra Mágina y, con una presencia meramente testimonial derivada de la delimitación basada en subcuenca fluviales, de Montes de Granada (figura 53).

Figura 44
Localización de la superficie de olivar



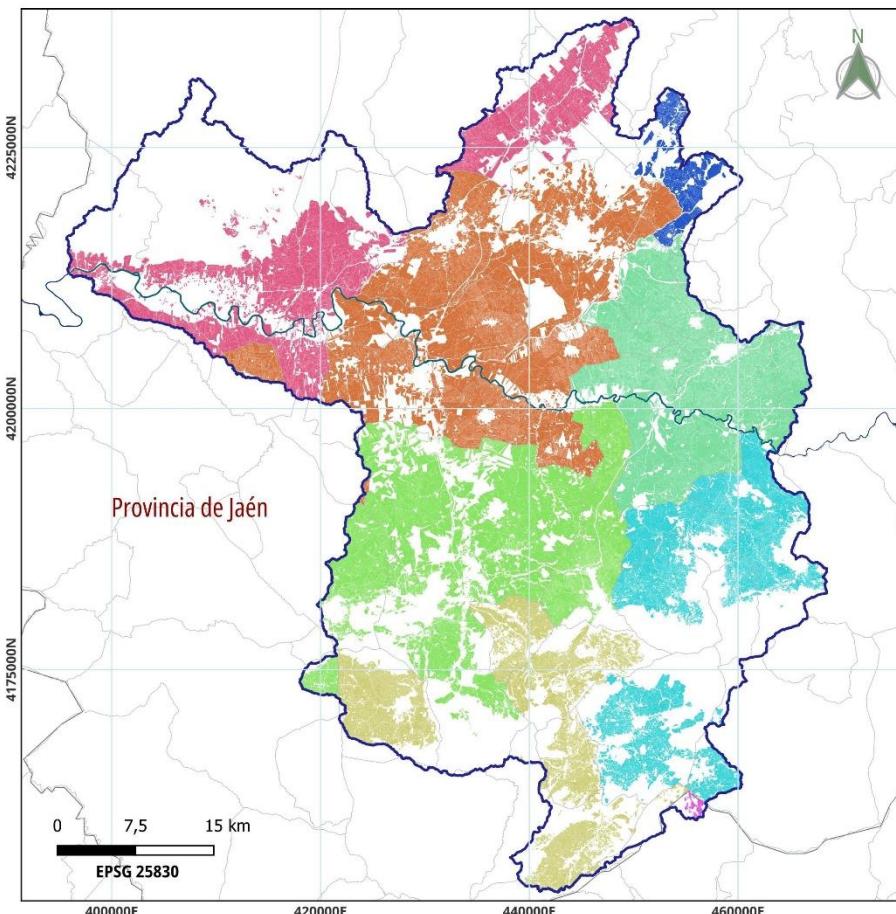
Localización de la superficie de olivar



Fuente: SIGPAC - FEGA



Figura 45
El olivar en sus respectivas comarcas agrarias



Comarcalización agraria del olivar

Comarca agraria

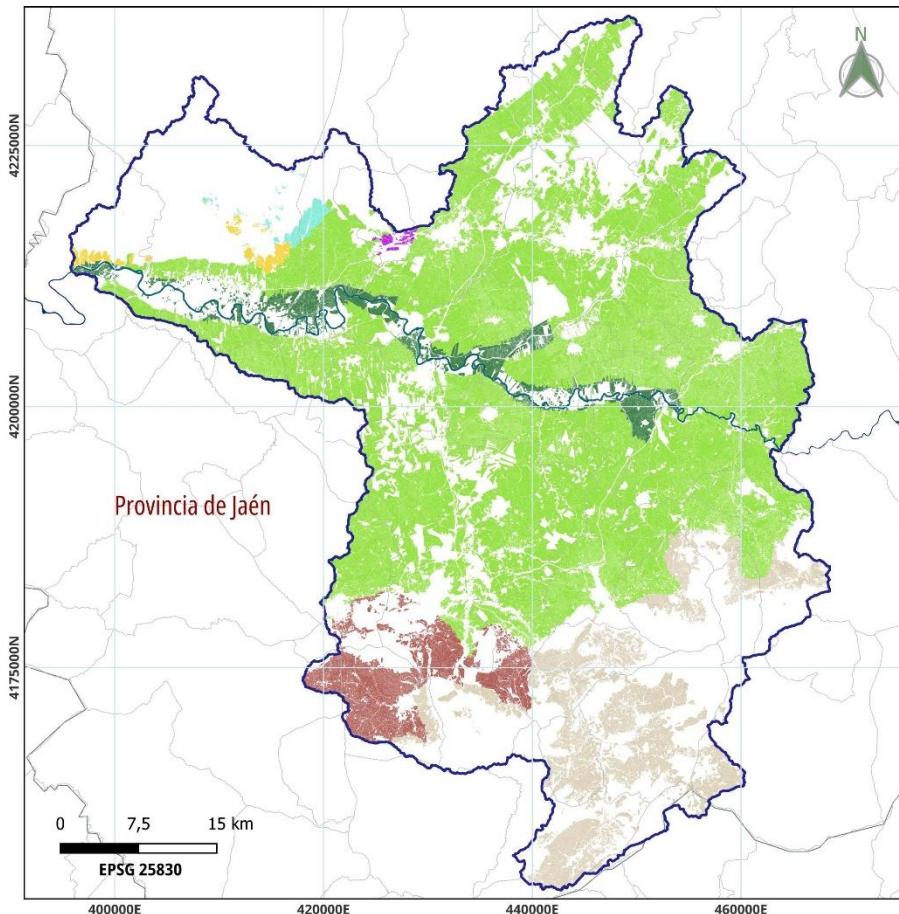
- Campiña del Norte
- Campiña del Sur
- El Condado
- Iznalloz
- La Loma
- Mágina
- Sierra Morena
- Sierra Sur

Fuente: SIGPAC - FEGA



Figura 46
El olivar según tipo de paisaje

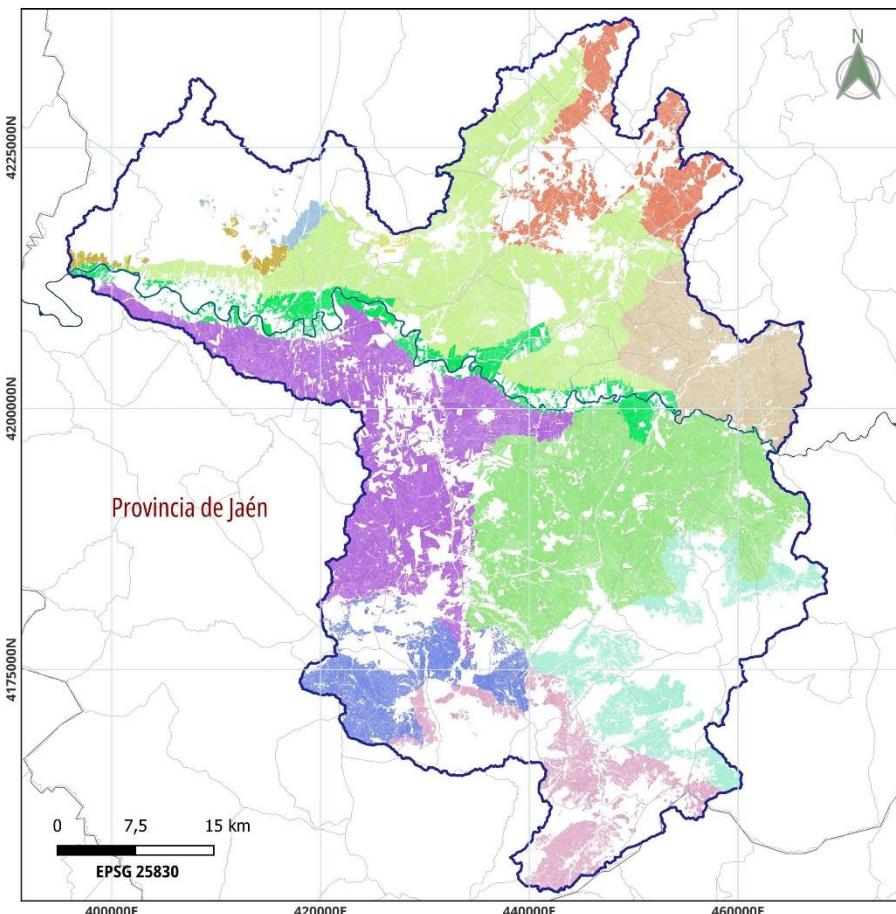
Localización del olivar según tipo de paisaje



Fuente: SIGPAC - FEGA. MITECO.



Figura 47
El olivar según unidad de paisaje



Localización del olivar según unidad de paisaje

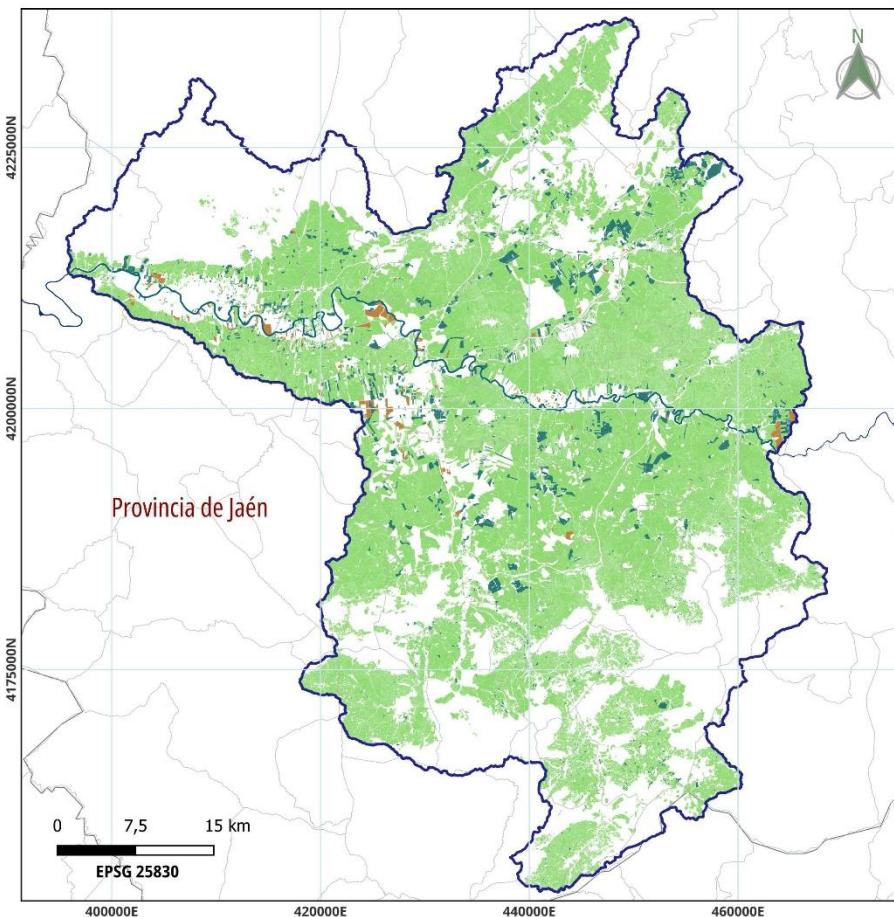
Unidades de paisaje

- Campiña de Bailén
- Campiña de Vilches
- Campiñas del norte de las Sierras de Cazorla y Mágina
- Campiñas del sur del Guadalquivir en Jaén y Córdoba
- La Loma de Úbeda
- Penillanura incida del Jándula
- Sierra Mágina
- Sierras de Jaén y Martos
- Sierras de Valdepeñas de Jaén y Campillo de Arenas
- Sierras entre los ríos Jándula y Guadalén
- Sierras y Valles de Montoro y Adamuz
- Vega del Guadalquivir entre Villa del Río y Mengíbar

Fuente: SIGPAC - FEGA. MITECO.



Figura 48
El olivar según marco de plantación



Localización del olivar según marco de plantación



Figura 49
Principales variedades de olivar

Localización de las principales variedades de olivar

- Variedad
- Picual
 - Arbequina
 - Frantoio
 - Picudo
 - Changlot Real
 - Empeltre
 - Hojiblanca
 - Arbosana
 - Sikitita
 - Otras

Fuente: SIGPAC - FEGA

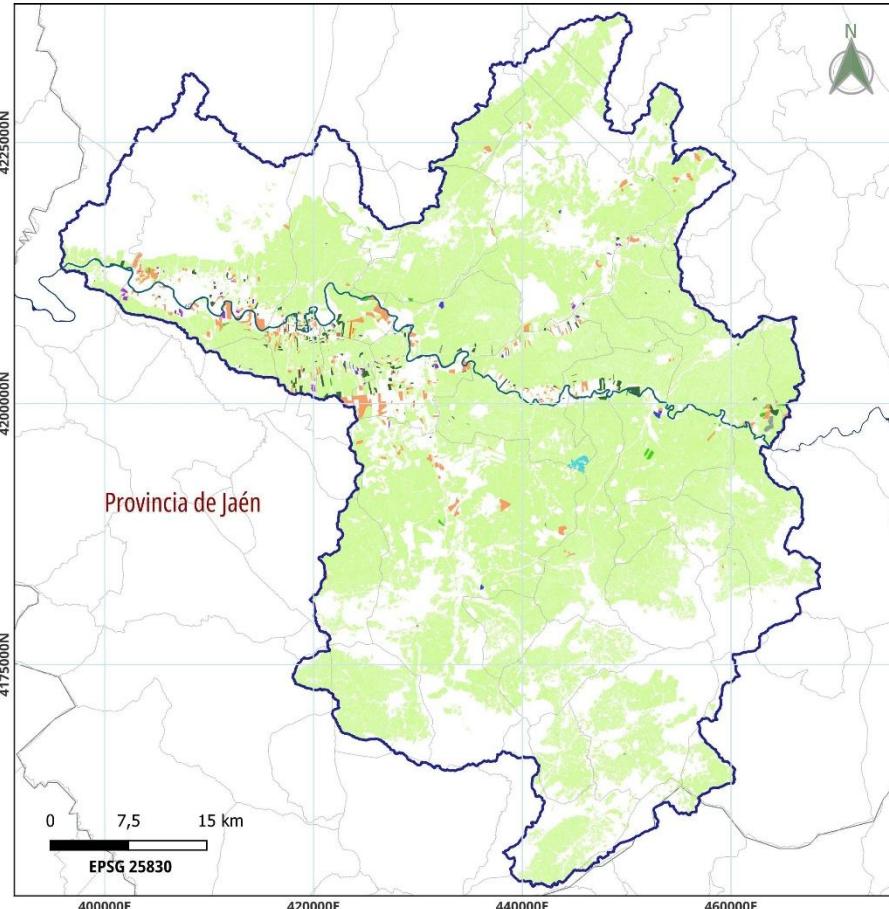
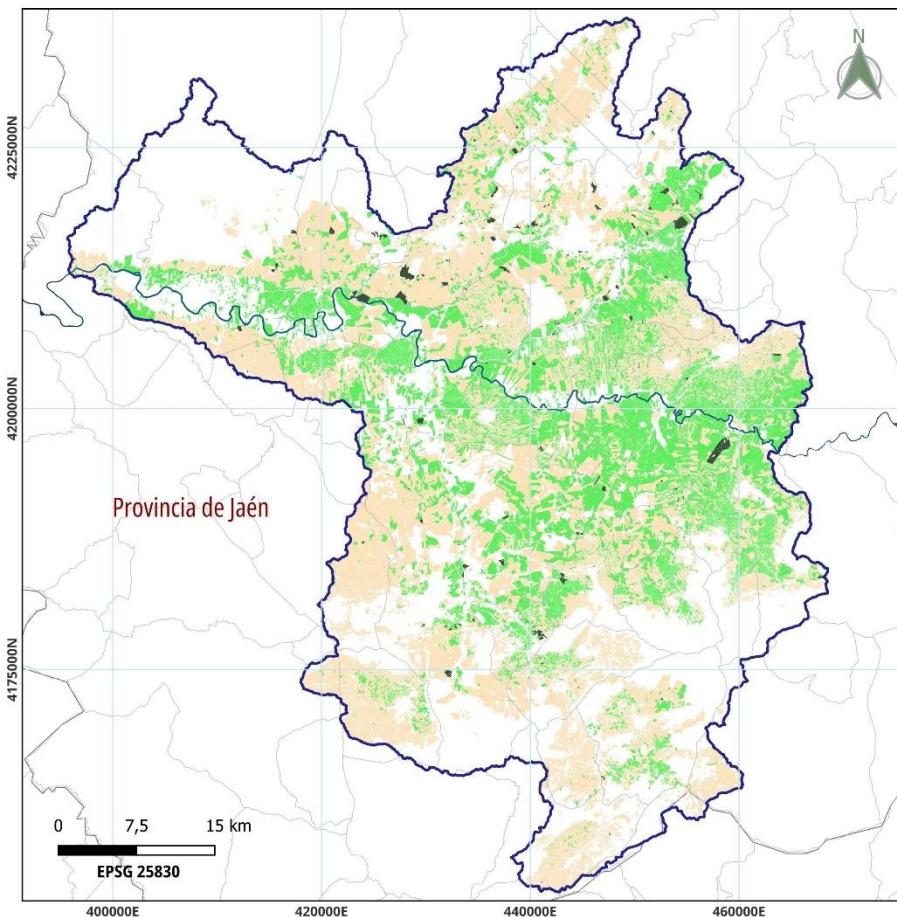


Figura 50
El olivar según el régimen de cultivo



Localización del olivar según régimen de cultivo

Régimen de cultivo

Secano

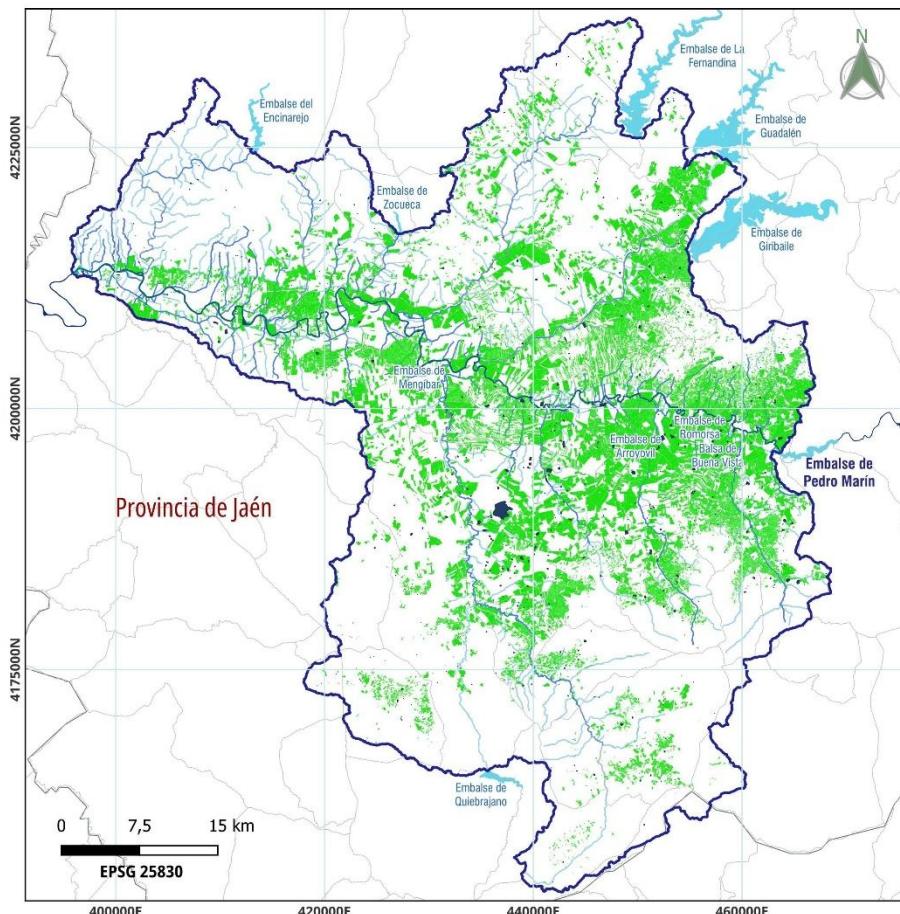
Parcialmente regado

Regadío

Fuente: SIGPAC - FEGA



Figura 51
Balsas y embalses para el regadío del olivar



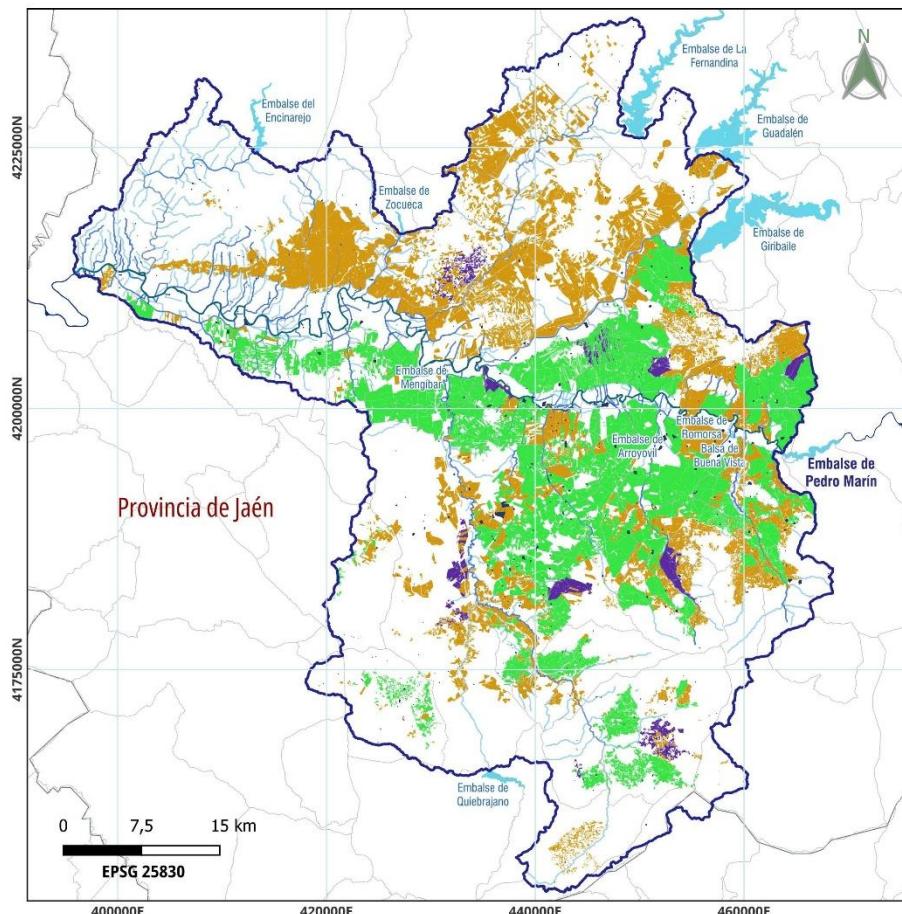
Olivar regado e infraestructuras de agua

- Olivar regado
- Embalses y presas
- Balsas de riego

Fuente: SIGPAC - FEGA. IECA.



Figura 52
El olivar regado según el origen del recurso



Olivar regado y origen del agua (2021)

Origen del agua

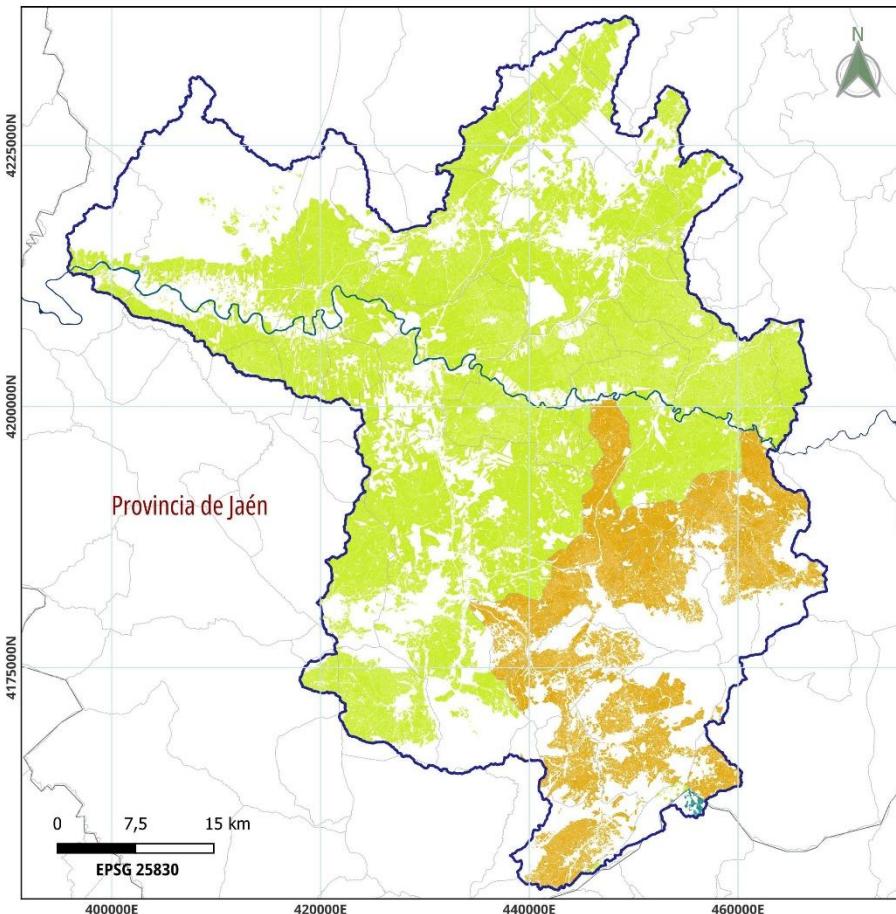
- Superficial
- Subterraneo
- Reutilizado

Fuente: SIGPAC - FEGA. IECA. C.H.G.



Figura 53
Denominaciones de origen protegido

Localización del olivar respecto a las D.O.P.





Besando, abrazando el
Guadalquivir

Para adentrarnos en la problemática de la erosión en los suelos de olivar, junto a la distribución por intervalos de altitud (figura 54), un factor que explica también los matices presentes en los principales elementos del clima de la zona (figuras 55 y 56), hay que señalar los gradientes de pendiente (figura 57) y, en particular, el protagonismo que alcanzan los recintos de olivar que se encuentran por encima del 15%, un umbral que no solo implica un incremento del potencial erosivo, sino que también es muestra de su vulnerabilidad en términos competitivos respecto a los olivares de vega o las campiñas más suaves, sobre todo cuando estos últimos reciben el beneficio del regadío (Parras et al., 2025). Desde luego, para comprender esos contrastes y diferentes gradientes de vulnerabilidad física y económica es fundamental traer de nuevo a colación la diversidad edafológica (figura 58) y la diferente capacidad de uso del suelo (figura 59). Finalmente, el mapa que refleja las pérdidas medias de suelo permite establecer las prioridades en la introducción de medidas correctoras, pero, sobre todo, comprende que solo una intervención integral y generalizada puede tener capacidad real para invertir la situación actual pues, como se aprecia, la mayor parte de los recintos productivos tiene tasas de erosión claramente insostenibles (figura 60).

Como estamos viendo, en gran cantidad de ocasiones la pérdida estimada de suelo en el olivar supera con creces las tasas de renovación natural. La erosión hídrica viene motivada fundamentalmente por el golpeo de gotas de lluvia sobre suelos desprovistos de vegetación que reduzca su velocidad y facilite la infiltración. De esta manera, de van descomponiendo las agregaciones de partículas de limo, arcilla y arena que en diferente composición tienen los suelos. En los casos menos intensos, con pendientes poco pronunciadas, se da paso a una erosión laminar y difusa. Cuando las condiciones de partida son menos favorables comienzan a aparecer los surcos y cárcavas; los primeros son canales de anchura y profundidad reducida, que pueden ser eliminados por laboreo, mientras que las cárcavas nos enfrentan ya a un panorama mucho más complejo de abordar, pues impiden el paso de maquinaria y requieren de inversiones por lo general complejas y costosas.

Junto a las estimaciones que nosotros hemos presentado, la bibliografía recoge también los resultados empíricos de muestreos realizados en diferentes momentos y lugares. En las parcelas experimentales se han medido pérdidas máximas de 3 t/ha·año en laboreo convencional (Gómez et al., 2009), mientras que en otros casos las mayores pérdidas se han detectado en sistemas de no laboreo con suelo desnudo, donde se ha llegado hasta 19 t/ha·año (Durán et al., 2009). En ambos casos, la comparación con parcelas manejadas con cubierta vegetal o inerte demostró el mucho mejor desempeño ambiental y productivo de estas últimas, arrojando cifras muy inferiores de pérdidas de suelo. De todas formas, resulta muy complicado extrapolar este tipo de resultados, dada la complejidad y diversidad de situaciones existentes en el terreno.

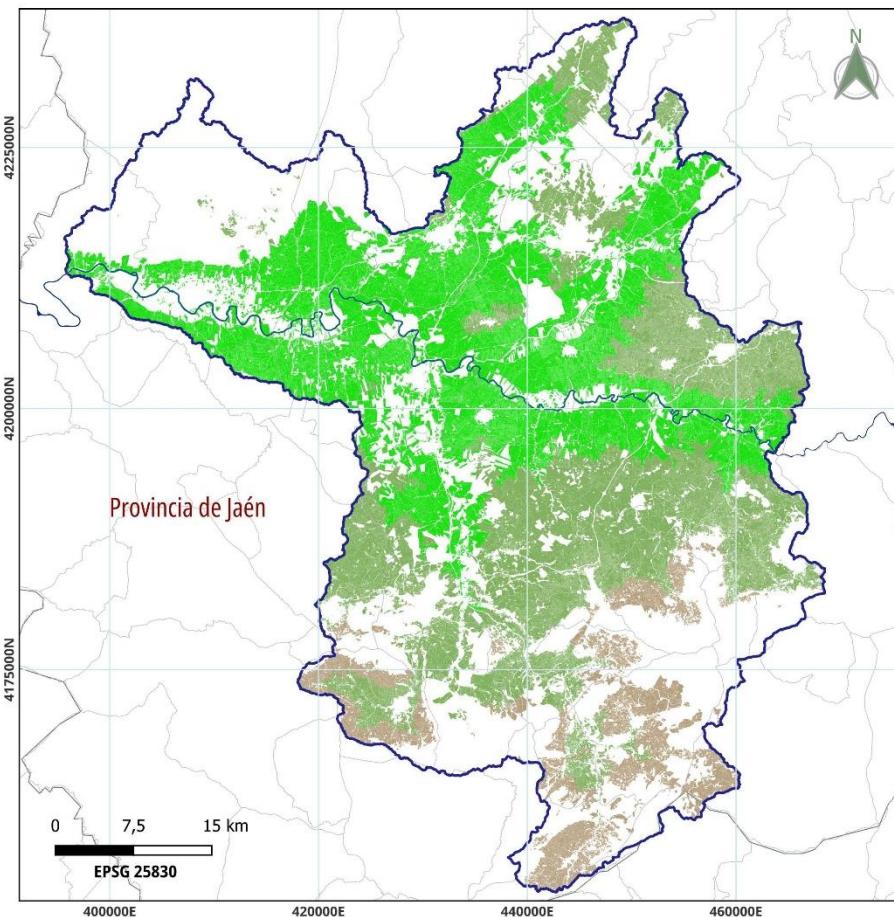
El seguimiento de cárcavas también cuenta con resultados empíricos de gran interés, que responden a una mejora sustancial de los medios de observación indirecta mediante diferentes técnicas geomáticas. Cabe destacar, por encontrarse de lleno en el área de estudio, la investigación que la Universidad de Jaén está realizando en los términos de Torredelcampo, Fuerte del Rey y Lahiguera sobre una extensión de más de 100 km², donde se están midiendo pérdidas de suelo que superan ampliamente las estimaciones a partir de las ecuaciones aplicadas en estudios de gabinete (Calero et al., 2019; Fernández et al., 2020). Una muestra de la gravedad del problema se refleja en las siguientes fotografías.



Besando, abrazando el
Guadalquivir



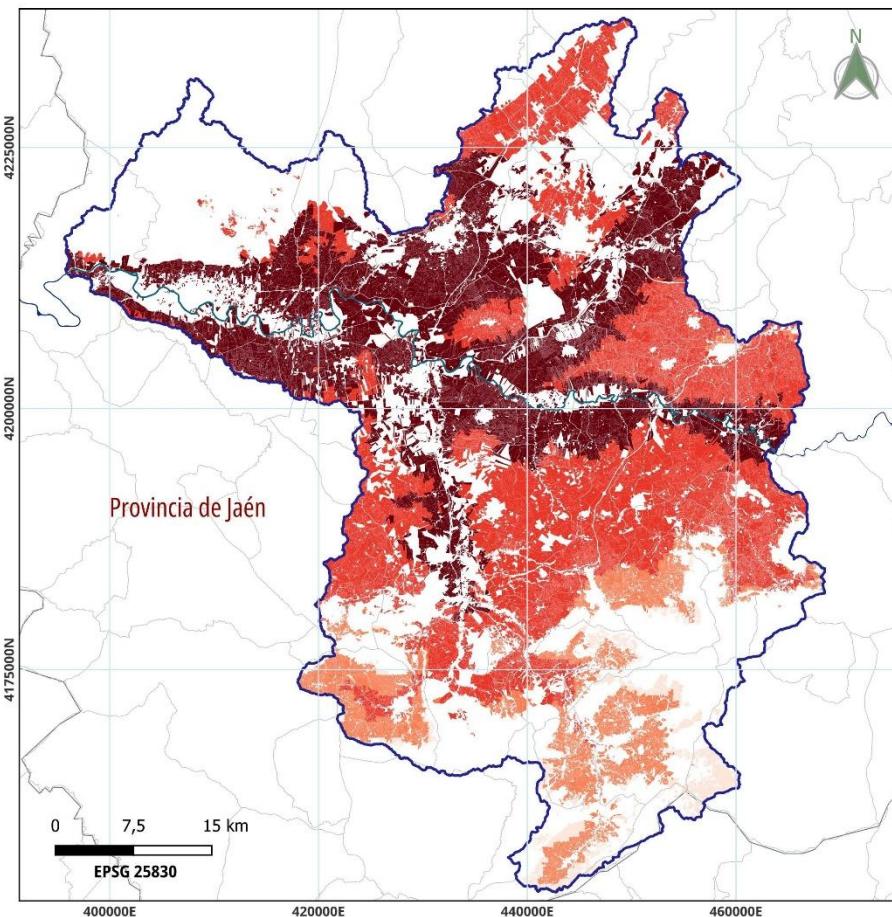
Figura 54
El olivar según altitud



Localización del olivar según intervalos de altitud



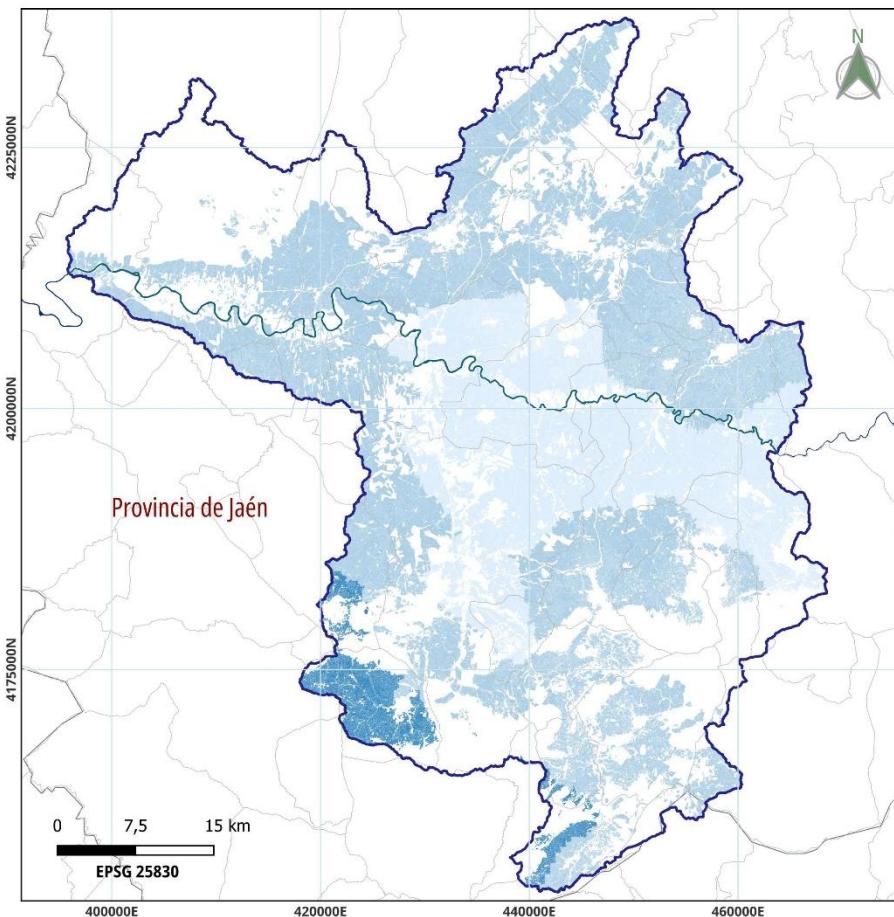
Figura 55
El olivar según la temperatura media anual



Localización del olivar según temperatura



Figura 56
El olivar según precipitación

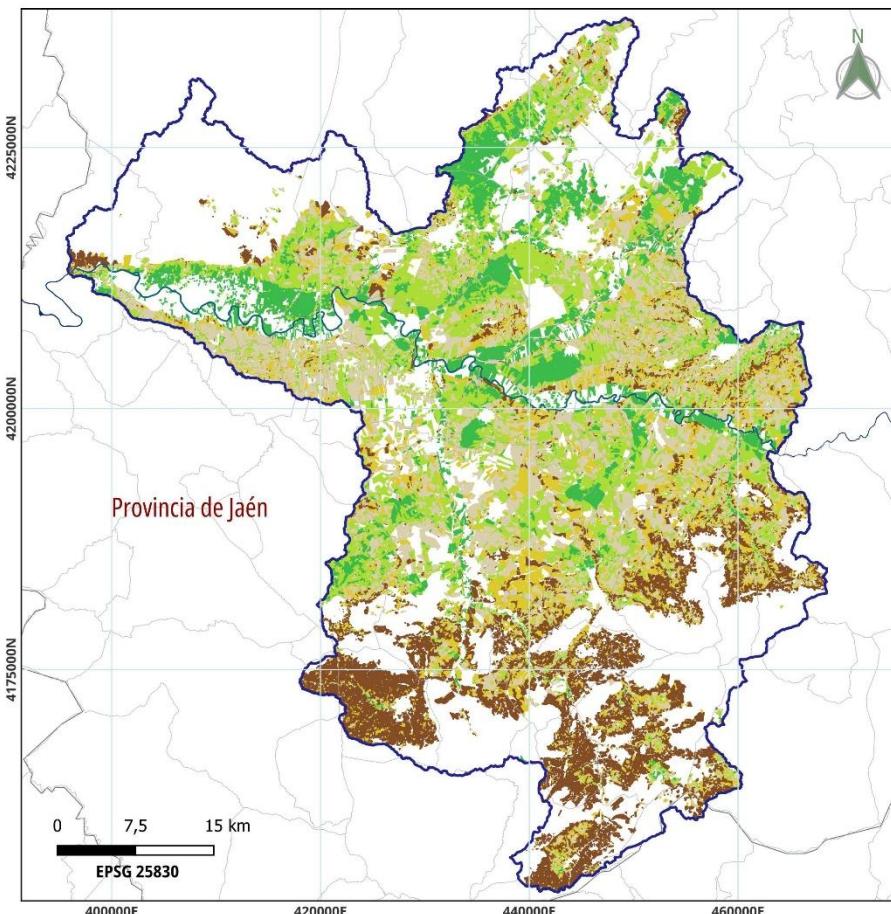


Localización del olivar según nivel de precipitación

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM



Figura 57
El olivar según la pendiente



Localización del olivar según tipo de pendiente

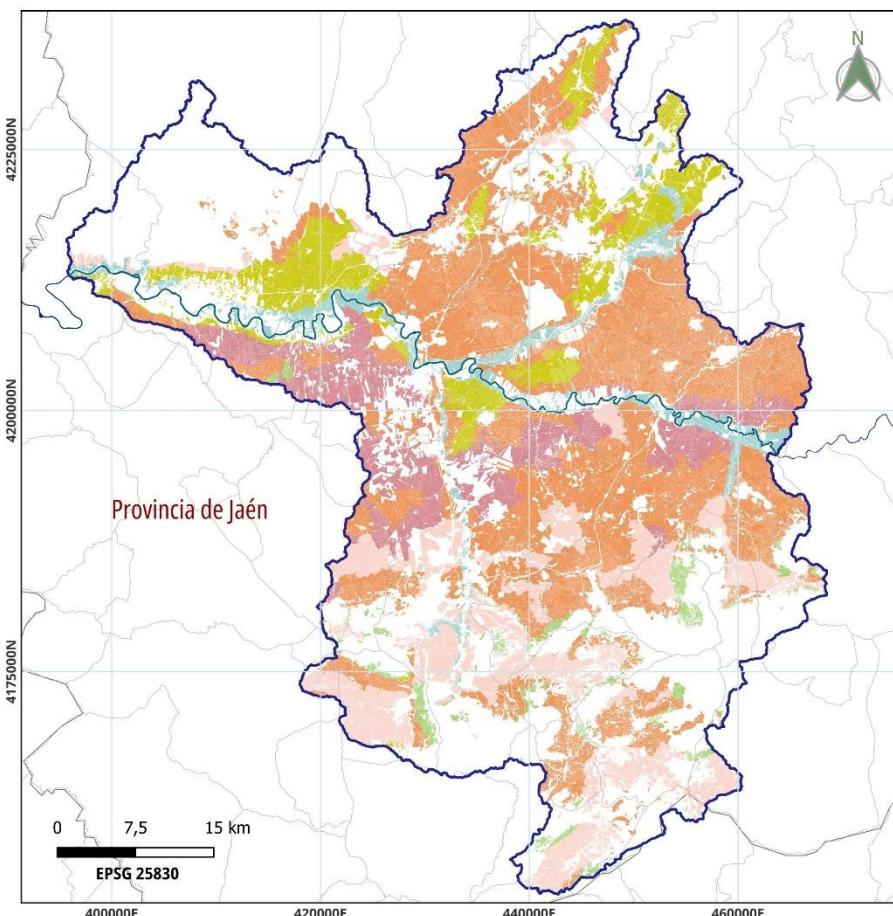
Tipología de Olivar

- Menos del 5 %
- Del 5 al 10 %
- Del 10 al 15 %
- Del 15 al 20 %
- Más del 20 %

Fuente: SIGPAC - FEGA

Pendiente	Superficie	Porcentaje
Menos del 5 %	22.559,23	13,40
5 - 10 %	43.079,44	25,58
10 - 15 %	47.002,58	27,91
15 - 20 %	26.696,64	15,85
20 - 30 %	17.758,37	10,55
Más del 30 %	11.296,12	6,71
Total	168.392,38	100,00

Figura 58
El olivar según tipo de suelo



Localización del olivar según tipo de suelo

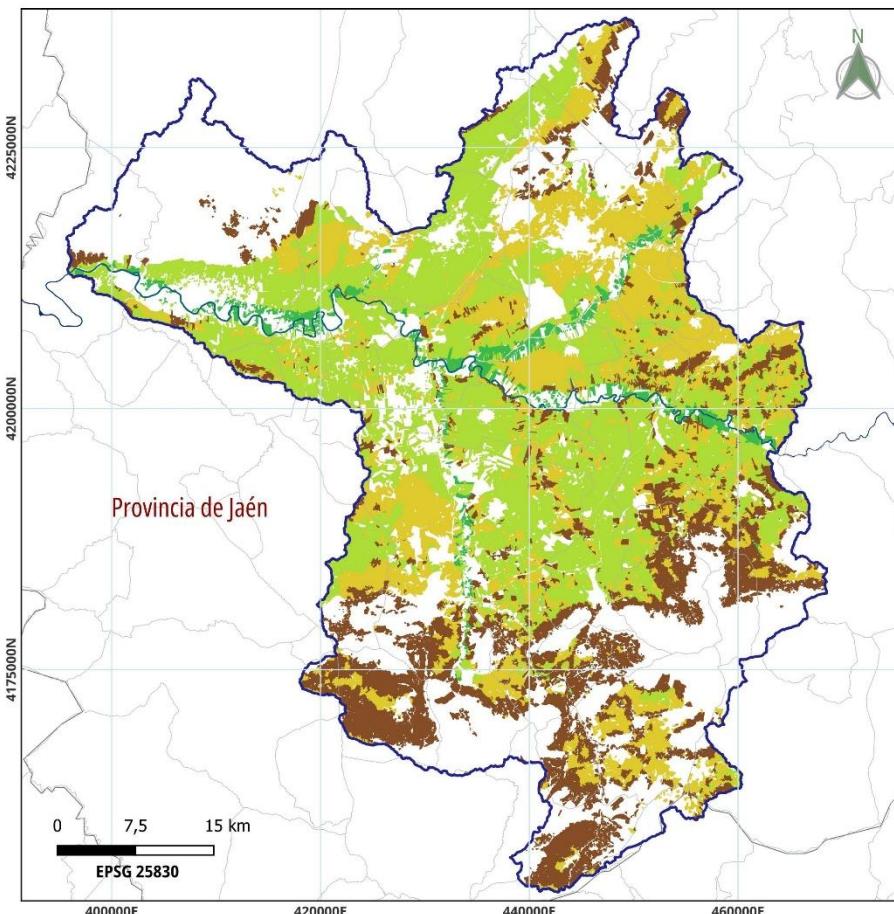
Tipo de suelo

- █ Cambisoles
- █ Fluvisoles
- █ Litosoles
- █ Luvisoles
- █ Regosoles
- █ Vertisoles

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM.

Tipo de suelo	Superficie	Porcentaje
Cambisoles	86.835,68	51,57
Fluvisoles	8.581,67	5,10
Litosoles	3.914,59	2,32
Luvisoles	19.825,08	11,77
Regosoles	28.132,62	16,71
Vertisoles	21.102,74	12,53
Total	168.392,38	100,00

Figura 59
Olivar según la capacidad de uso del suelo



Localización del olivar según capacidad de uso

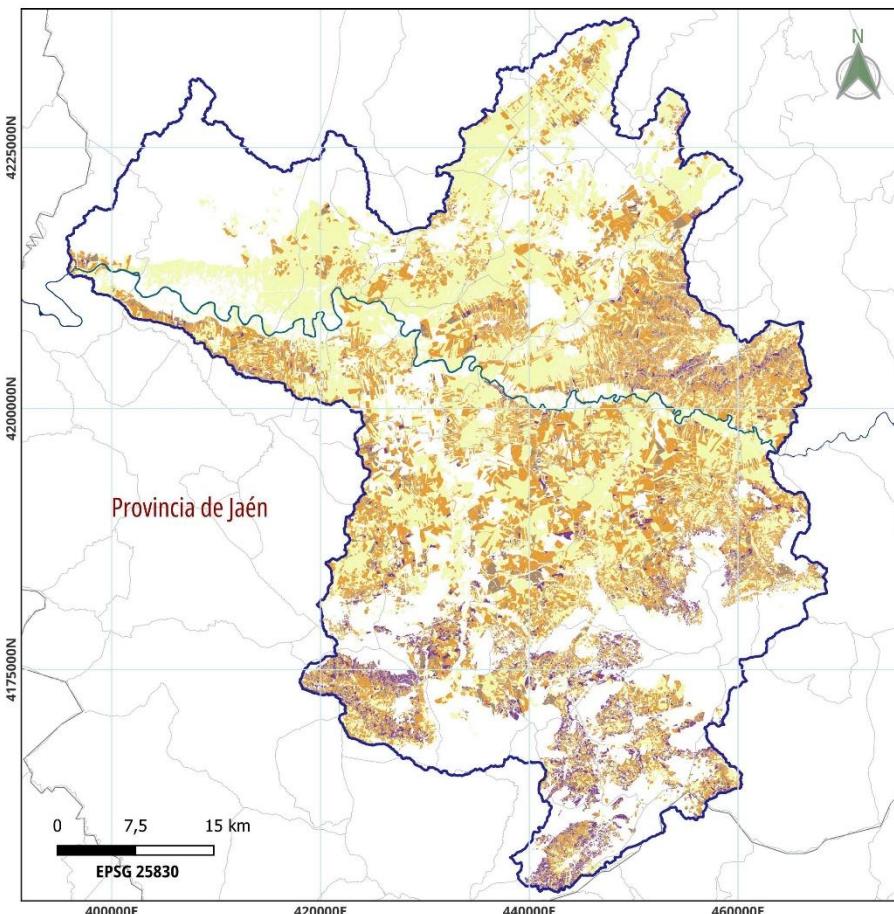
Tipología del Olivar

- Marginales e improductivos
- De moderada a marginal
- De buena a moderada
- Muy buena

Fuente: SIGPAC - FEGA

Capacidad	Superficie	Porcentaje
Excelente	4.884,08	2,90
De buena a moderada	74.955,76	44,51
De moderada a marginal	51.954,16	30,85
Marginales o improductivas	36.598,38	21,73
Total	168.392,38	100,00

Figura 60
Erosión en el olivar



Pérdida de suelo en el olivar

Pérdida de suelo

- Menos de 12 t/ha·año
- 12 - 50 t/ha·año
- 50 - 100 t/ha·año
- Más de 100 t/ha·año

Datos medios calculados para el período 1992-2021

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM.

Pérdida de suelo	Superficie	Porcentaje
Menos de 12 T/ha·año	83.920,86	49,84
12 - 50 T/ha·año	59.920,92	35,58
50 - 100 T/ha·año	16.400,20	9,74
Más de 100 T/ha·año	8.150,4	4,84
Total	168.392,38	100,00

3.3.2. Análisis del uso del suelo y cambios históricos

La distribución actual de los usos del suelo, fruto de tendencias consolidadas a nivel general, como el incremento de la superficie artificializada, la arborización de los espacios forestales, la matorralización de las tierras agrarias abandonadas, el retroceso de los cultivos anuales, la expansión de los leñosos, el cada vez mayor protagonismo del regadío y, para el caso concreto de las vegas del Guadalquivir, el mantenimiento de una reducida proporción de cultivos forrajeros, industriales y frutales, se puede reconstruir estadística y cartográficamente, asumiendo errores propios del desarrollo técnico de cada época y discrepancias en la información y el tratamiento de fuentes igualmente dispares, desde el último tercio del siglo XIX (figura 61). Un ejemplo de estas disparidades está en la propia consideración de las categorías que nosotros presentamos en la tabla 4, en relación por ejemplo con la superficie ocupada por láminas de agua o lo que se considera suelo sellado (artificial). En todo caso nos interesa constatar la progresiva reducción de los cultivos herbáceos y, por el contrario, la expansión de los leñosos. Si nos centramos en las cifras más recientes, más de dieciocho mil hectáreas son suelo sellado, un factor que antes habíamos mencionado ya como explicación de la reducción de las tasas de infiltración del agua de lluvia y, por ello, facilitador de los picos de crecida en episodios de precipitación intensa. Los terrenos agrícolas, en conjunto, han crecido sobre los forestales, suponiendo la incorporación de suelos con producciones marginales que, en gran medida, se asocian con los terrenos donde mayores tasas de erosión se encuentran a día de hoy; y presumimos también que mayor riesgo de abandono de la actividad, lo que puede suponer nuevos riesgos ambientales si este no está dirigido durante la transición hacia su naturalización. Como en otras partes del territorio andaluz, la progresión del olivar es apabullante y, en sus diferentes edades de plantación, cabe encontrar también un patrón espacio-temporal (figura 62). Los primeros en introducirse buscaron terrenos de menor calidad, para no hacer competencia a la prioridad de producción de cereales en secano; con el paso del tiempo, sin embargo, irán ocupando terrenos de campiña cada vez más favorables y, finalmente, entrarán en las propias vegas del Guadalquivir, un territorio prácticamente vedado a esta planta hasta mediados del siglo XX. La expansión de diferentes cultivos en áreas inapropiadas en las zonas mediterráneas de todo el mundo se ha reconocido como un proceso orientado por razones de mercado y, en no pocas ocasiones, igualmente favorecedor de la erosión (Nadal-Romero, García-Ruiz, 2025).

Tabla 4
Evolución de los usos del suelo desde finales del siglo XIX a 2025

Superficie en ha				
Usos del suelo	s. XIX	1956	1984	2025
Agua	4.546,49	8.694,06	131,75	5.980,20
Artificial	3.017,07	2.767,60	6.159,00	18.026,47
Herbáceos	130.529,17	101.817,55	80.552,06	23.266,55
Leñosos	69.646,97	106.137,12	124.957,08	175.903,72
Forestal arbolado	15.679,80	3.574,09	8.476,63	15.584,63
Forestal no arbolado	83.140,71	84.201,60	86.915,48	68.430,45
Total	306.560,21	309.148,02	309.176,00	309.217,02
Superficie en %				
Usos del suelo	s. XIX	1956	1984	2025
Agua	1,48	2,81	0,04	1,93
Artificial	0,98	0,90	1,99	5,83
Herbáceos	42,58	32,93	26,05	7,52
Leñosos	22,72	34,33	40,42	56,89
Forestal arbolado	5,11	1,16	2,74	5,04



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Forestal no arbolado	27,12	27,24	28,11	22,13
Total	100	100	100	100



Figura 61
Evolución de grandes usos del suelo

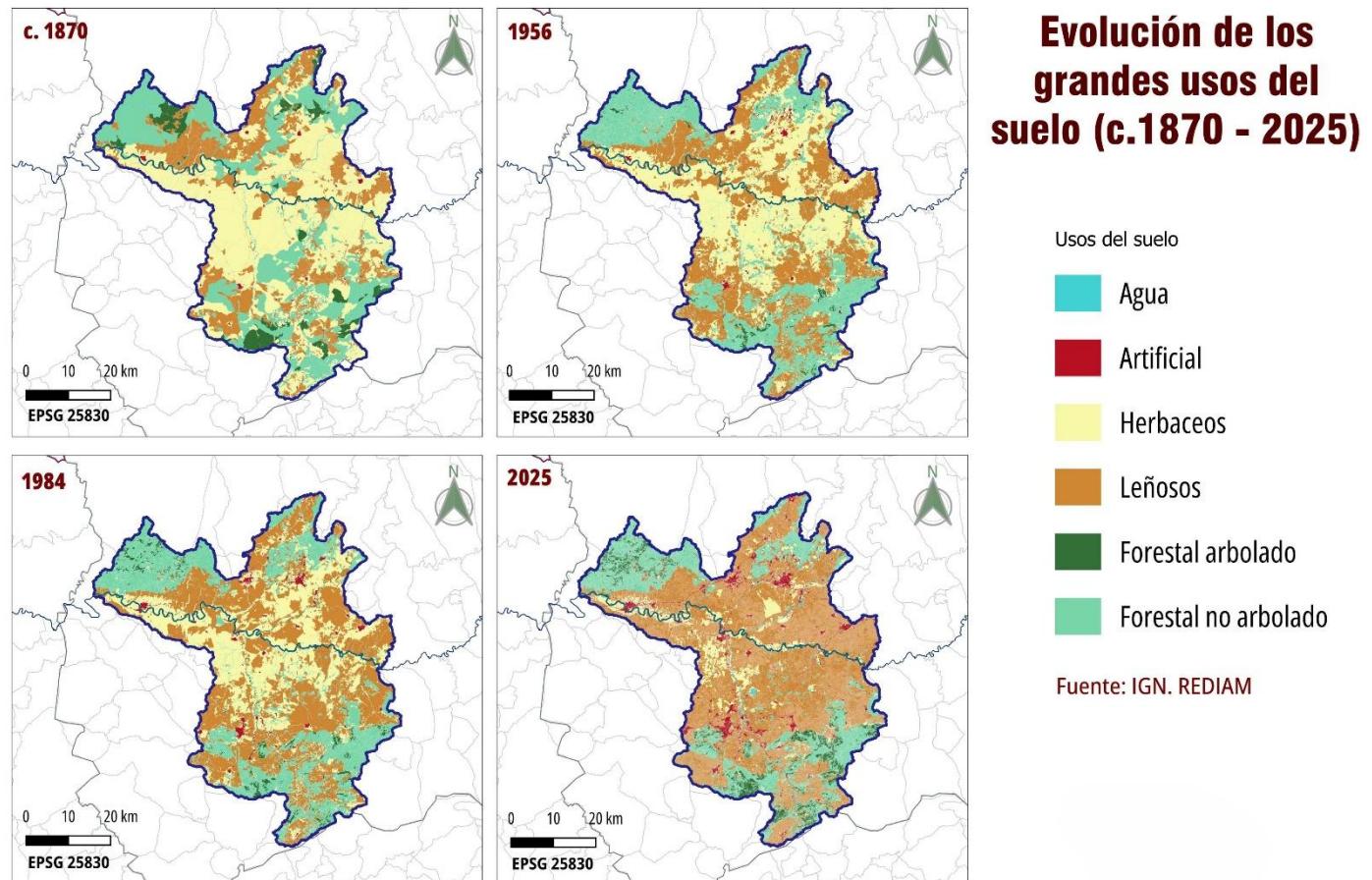
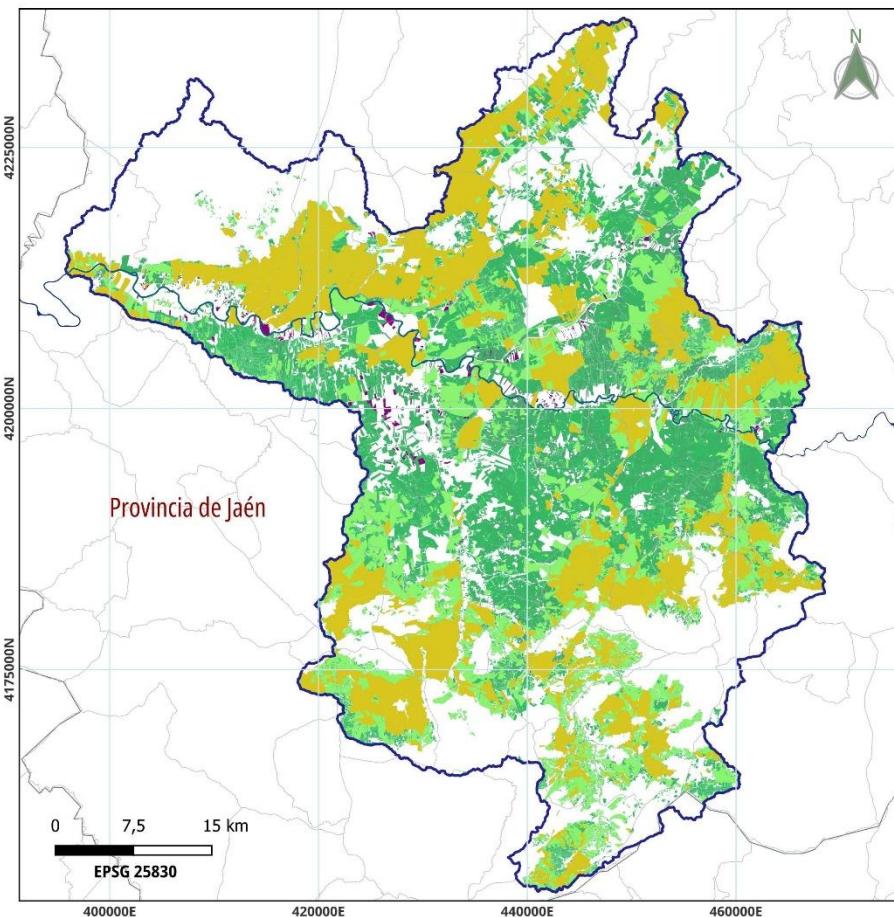


Figura 62
Evolución de la superficie de olivar



3.3.3. El efecto de la Política Agrícola Común

Desde luego, un momento crucial para la expansión e intensificación del olivar fue la adhesión de España al Mercado Único Europeo. La PAC, con sus luces y sus sombras, ha orientado decisivamente los cambios en los usos del suelo a los que antes nos hemos referido, fomentando la consolidación del monocultivo olivarero, a la vez que ha ofrecido estímulos a los agricultores para conseguir diferentes objetivos en según qué época, lo que se ha traducido en manejos de los recursos poco favorables para fines alineados con la conservación de los recursos naturales, al menos hasta hace unos pocos años. Por mucho que los documentos oficiales remarquen los logros del pasado en sus dos grandes pilares (European Commission, 2020), la literatura científica ha insistido en documentar algunas importantes contradicciones del modelo alimentario europeo orientado por la PAC, caracterizado, también, por la presencia de dietas insanas, el envejecimiento de los agricultores, la desigualdad y los desequilibrios en la distribución de las ayudas o la aplicación de métodos productivos a todas luces insostenibles. En términos ambientales, por ejemplo, este sector está entre los grandes contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero, el agotamiento de los recursos hídricos y el suelo o la alarmante disminución de la biodiversidad (Recanati, *et al.*, 2019). Desde la perspectiva socioeconómica, por otra parte, tales logros resultan muy dispares en función de sectores, explotaciones y regiones (Lillemets, Fertő, Viira, 2022). Además, cada vez hay ido cobrando más fuerza la idea de que los subsidios deben orientarse a la obtención de bienes públicos (Bateman, Balmford, 2018). Por supuesto, el olivar ha sido en numerosas ocasiones el sector productivo analizado para llegar a este tipo de conclusiones y para realizar propuestas que poco a poco están cambiando el rumbo de los estímulos y los resultados de tales políticas (Sánchez Martínez, Garrido Almonacid, 2017 y 2019; Scheidel, Krausmann, 2011).

En el actual período de programación (2023/27) la PAC se articula en torno a diez objetivos clave, orientados a fines económicos, medioambientales y sociales⁶: garantizar unos ingresos justos a los agricultores; aumentar la competitividad; mejorar la posición de los agricultores en la cadena alimentaria; acción contra el cambio climático; cuidado del medio ambiente; preservar los paisajes y la biodiversidad; apoyar la renovación generacional; dinamizar el tejido socioeconómico de las zonas rurales; proteger la calidad de los alimentos y la salud de los consumidores; fomentar el conocimiento y la innovación (objetivo transversal). La nueva generación de ayudas prevista ha introducido, en su aplicación en España, modificaciones de cierto calado respecto a las que han estado vigentes hasta 2022. Nuestro propósito no es analizar la totalidad de las medidas, pero sí aquellas que van a tener una incidencia más directa en la olivicultura jienense y, especialmente, en relación con las orientaciones que tratan de recuperar la salud del suelo.

En ese sentido, cabe comenzar señalando las premisas que permiten acceder al cobro de las ayudas directas o desacopladas:

- De una parte, tener la consideración de agricultor activo, un concepto definido en esta ocasión a partir del cumplimiento de alguna de las siguientes opciones: estar dado de alta en el Régimen Especial de la Seguridad Social de los Trabajadores por Cuenta Propia o Autónomos-RETA- por el ejercicio de la actividad agraria, con incorporación o no en el Sistema Especial para Trabajadores por Cuenta Propia Agrarios-SETA- establecido en dicho régimen; que al menos el 25% de sus ingresos totales procedan de la actividad agraria en el periodo impositivo disponible más reciente; o que el importe de los pagos directos fuese menor a 5.000 euros en la campaña anterior. Como se ve, se trata de criterios muy poco restrictivos con los agricultores a tiempo parcial.
- En segundo lugar, cumplir unas normas y buenas prácticas en materia de medio ambiente, seguridad alimentaria, sanidad animal y vegetal y bienestar de los animales. En este período de programación se pone especial énfasis en las cuestiones medioambientales y climáticas. Es lo que ha venido a denominarse como “condicionalidad reforzada”.

⁶ https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/new-cap-2023-27/key-policy-objectives-new-cap_en

En el paquete de ayudas directas encontramos, en primer lugar, la Ayuda básica a la renta para la sostenibilidad (ABRS). Se trata de la nueva denominación de los derechos de régimen de pago básico que estuvieron vigentes en el anterior periodo de programación (desde 2014 a 2022). De acuerdo a lo establecido en el Plan Estratégico de la PAC del Reino de España 2023-2027, estas ayudas se aplicarán a partir de un criterio de regionalización: “con el objetivo de evitar una excesiva fragmentación del territorio, y profundizando en el proceso de acercamiento de los valores unitarios iniciales hacia el valor medio regional, se ha reducido el número de regiones respecto al modelo vigente durante el régimen de pago básico” (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-MAPA-, 2022a y b). En ese sentido, de las cincuenta regiones existentes se ha pasado a veinte, que siguen teniendo como marco de referencia las comarcas agrarias. En el caso de Jaén, El Condado, Sierra de Segura y Sierra de Cazorla, que suman 140.591,31 ha, se engloban en la decimotercera región; mientras el resto (Sierra Morena, Campiña del Norte, La Loma, Campiña del Sur, Mágina y Sierra Sur) forman parte de la decimocuarta, alcanzando entre todas 442.238,59 ha. Para 2023, los valores medios regionales de las ayudas de estas regiones fueron de 260,03 euros y 367,26 euros, respectivamente. Estas cantidades están por encima de las que se reciben en el resto de regiones para los cultivos leñosos (11 y 12): 98,42 euros en la región undécima y 142,01 euros en la duodécima. Por otra parte, los derechos de cada perceptor estarán sujetos a un principio de convergencia interna por el cual los valore por encima de la media se reducirán para compensar a los que están por debajo, de forma que en 2026 el valor de todo derecho deberá haber alcanzado al menos el 85% de la media regional y en 2029 se llegará a la plena convergencia dentro de cada región. Otra novedad de este pago es el establecimiento de un principio de regresividad para los pagos que superen los 60.000 euros y, en todo caso, la limitación del cobro máximo a 100.000 euros. Este principio se ha incorporado en el convencimiento de que las grandes explotaciones no requieren un apoyo tan decidido como las pequeñas y medianas; también como una forma de reservar fondos para el apoyo específico a los nuevos agricultores, agricultores que nunca hayan percibido ayudas y a las explotaciones que participen en programas de reestructuración, pues este será su destino.

La segunda de las ayudas directas es el Pago redistributivo (PR). Se trata de un pago complementario a la ABRS que se concede a las primeras hectáreas de todas las explotaciones, con el propósito de favorecer a las explotaciones profesionales medianas, de manera que, hasta un primer umbral de hectáreas, diferenciado por regiones, la ayuda redistributiva será del 20% del valor medio regional de la ayuda básica a la renta en esa región. A partir de dicho umbral y hasta un segundo umbral, la ayuda redistributiva será del 40% del valor medio regional. Por último, las hectáreas de la explotación que estén por encima de este segundo umbral, no recibirán la ayuda redistributiva. Para el caso de las regiones 13 y 14, los umbrales y los importes son los que figuran en la tabla 5.

Tabla 5

Ayuda complementaria redistributiva según regiones productivas, umbrales e importes

Región	Tramos de hectáreas	Importes (€/ha)
13	0 ha a 1,52 ha	52,31
	1,53 ha a 13,93 ha	104,68
14	0 ha a 1,07 ha	73,89
	1,08 ha a 8,43 ha	147,84

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-MAPA- (2022b).

En tercer lugar, tenemos los eco-regímenes, que son instrumentos pensados para reforzar las prácticas agrícolas beneficiosas para el clima y el medio ambiente, y que consisten en compromisos de buenas prácticas que van más allá del cumplimiento de la condicionalidad. En el caso de los cultivos leñosos, es posible acogerse a alguna de las dos modalidades definidas: de una parte, la denominada “agricultura de carbono”, cuyo

objetivo principal es mejorar la estructura del suelo y aumentar su contenido en carbono, reducir la erosión y la desertificación y reducir las emisiones e implica el mantenimiento de cubiertas vegetales espontáneas o sembradas o inertes; por otra parte, la llamada “agroecología”, que pretende favorecer la biodiversidad, los paisajes y la conservación y calidad de los recursos naturales (agua y suelo), para lo que se establecerán espacios de biodiversidad mediante superficies no productivas y otros elementos del paisaje. En todo caso, hay que aclarar que una misma superficie no podrá acogerse a más de una modalidad de forma simultánea y que acogerse o no a un eco-régimen es voluntario. Respecto a las ayudas contempladas, en el caso de los espacios de biodiversidad será de 56,05 euros por ha. Por su parte, en el caso del eco-régimen de agricultura baja en carbono, las ayudas estarán moduladas en relación a la pendiente de la parcela que se trata, de acuerdo al siguiente patrón: 61,07 euros cuando la pendiente sea inferior al 5%; 113,95 euros cuando esté comprendida entre el 5 y 10% y 165,17 euros cuando se supere el 10% de pendiente. Hay que señalar, no obstante, que estas ayudas pueden variar en función de los agricultores que decidan acogerse a los eco-régímenes. En la tabla 6 se recogen y comparan las medidas que conforman la “condicionalidad reforzada” y los eco-régímenes.

Tabla 6
Condicionalidad reforzada y condiciones para el acogerse a pagos adicionales

Condicionalidad reforzada: requisitos legales de gestión + Buenas condiciones agrarias y medioambientales (BCAM)	Eco-régimen “agricultura baja en carbono”
<p>1. Prohibición de quemas de restos de poda (exceptuadas en explotaciones de menos de 50 trabajadores o con una facturación inferior a 10 millones de euros).</p> <p>2. Prohibición de labrar en la dirección de la máxima pendiente cuando en superficies con una pendiente igual a mayor al 10%.</p> <p>3. Establecimiento de una cubierta vegetal de una anchura mínima de un metro en las calles transversales a la línea de máxima pendiente entre octubre y marzo.</p> <p>4. Prohibición de cosecha nocturna de plantaciones en seto.</p>	<p>1. Establecimiento de una cubierta vegetal (espontánea o sembrada) o inerte. Las cubiertas deberán permanecer todo el año y ocupar un mínimo del 40% de la anchura libre de copa, no permitiéndose la aplicación de fitosanitarios o herbicidas.</p> <p>2. En el caso de las cubiertas vegetales deberán permanecer vivas un mínimo de cuatro meses y ser manejadas mediante siega.</p> <p>3. Los restos de poda inerte deberán incorporarse al suelo antes del 1 de marzo.</p>

Fuente: <https://www.mercacei.com/noticia/58473/actualidad/las-claves-para-la-aplicacion-de-la-nueva-pac-en-el-olivar.html>

El Plan Estratégico de la PAC para España ha previsto también un montante de 220 millones de euros al año para incentivar el relevo generacional. Por otra parte, la perspectiva de género se introduce por primera vez en la PAC. Así, los menores de 40 años que se incorporen a la actividad agraria como jefes de explotación y cumplan con unos requisitos mínimos de formación y/o capacitación, recibirán una Pago Complementario a la Ayuda Básica a la Renta, consistente en el 100% adicional del valor medio regional de los derechos de pago hasta un máximo de 100 ha. En el caso de que se trate de una mujer, titular o cotitular de la explotación, esta cantidad se incrementará un 15%. Estas ayudas tendrán una duración de cinco años.

Un segundo paquete de ayuda se engloba en las intervenciones sectoriales. En ese sentido, una novedad de este período de programación es la contemplación de una *Ayuda asociada al olivar con dificultades específicas y alto valor medioambiental*, que se concederá a los productores de olivar que cumplan con una serie de requisitos que ahora indicaremos. El objeto de esta ayuda es evitar el abandono del olivar con dificultades

específicas relacionadas con limitaciones del medio natural, de alto valor ambiental y cuyo mantenimiento es esencial fundamentalmente desde el punto de vista social y ecológico. La dotación presupuestaria de esta medida es de 27,6 millones de euros y podrán optar a ella los agricultores activos titulares de explotaciones con hectáreas subvencionables de olivar que la soliciten anualmente a través de la solicitud única. El tipo de olivar que puede ser apoyado por esta ayuda es: olivar de secano, con una densidad de plantación por hectárea de hasta 100 árboles o una pendiente media de recinto superior o igual al 25 %, con una densidad mínima por hectárea de 30 árboles, con una media de edad de la plantación que ha de ser superior a diez años y con una superficie mínima subvencionable por parcela por la que se solicita la ayuda, de 0,1 hectáreas, y que la superficie mínima subvencionable por explotación sea de 0,5 ha. Además, también incluye, aunque no tengan algunas de esas características, a los olivares "centenarios" con reconocimientos internacionales específicos, siempre que estos estén claramente delimitados geográficamente debido a su valor patrimonial.

Finalmente, en el apartado de medidas de desarrollo rural, por su parte, se mantienen acciones preexistentes como la compensación a zonas con limitaciones productivas (zonas de montaña), el cumplimiento de compromisos medioambientales y climáticos (producción ecológica) o de requisitos obligatorios en el ámbito de áreas protegidas (Natura 2000), inversiones, instalación de jóvenes agricultores, el fomento de la cooperación y la asistencia técnica. En el fomento de la cooperación se enmarca el programa LEADER, así como los proyectos innovadores que resuelvan problemas o aprovechen oportunidades específicas por grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en Materia de Productividad y Sostenibilidad Agrícolas (AEI-AGRI).

En la cartografía (figuras 63 a 67) se han recogido alguno de los efectos de mayor importancia en la aplicación de esta nueva fase de la PAC. En lo que se refiere a los recintos cultivados de olivar, acogimiento a ecorregímenes, a prácticas ecológicas o clasificados con dificultades específicas y alto valor ambiental. Esta última delimitación se compara también con una clasificación propia de olivares vulnerables. Finalmente, se señalan también los recintos que están incluidos en áreas protegidas. De la misma forma, se presentan otras cuestiones relativas a las características de los solicitantes y el destino de las ayudas.

En la tabla 7 se recogen algunos indicadores básicos de las características del olivar presente en el área de estudio a partir de los datos suministrados en el SIGPAC. Para el asunto que nos concierne cabe destacar, en primer lugar, la masiva respuesta de los agricultores a la adopción de un ecorregímen, un paso decisivo para invertir la tendencia de manejo de los suelos en el olivar y, por tanto, una base cierta sobre la que avanzar y profundizar en estímulos público en aras a un incremento de los resultados en los próximos años. Por otra parte, y esta realidad es compartida con el resto de la provincia de Jaén, la superficie que se acoge al programa de agricultura ecológica es muy reducido y, según se observa en el mapa correspondiente, no existe un patrón de distribución espacial coherente, sino que parece el resultado de decisiones particulares con escasa capacidad para contagiarse por el territorio, ya sea por razones culturales o técnicas, ya por cuestiones logísticas o industriales (necesidad de contar con almazaras que ofrezcan una molturación específica para las aceitunas procedentes de estas parcelas), económicas (reducido diferencial respecto a aceites convencionales, escaso tamaño de la parcela o la explotación), comerciales (red de clientes interesados), etc. En cualquier caso, el montante de la ayuda la sigue haciendo atractiva, sobre todo cuando nos referimos a las parcelas olivareras con menor capacidad productiva, que son las que se encuentran en las categorías de olivar vulnerable o que se pueden acoger al programa sectorial para olivar con dificultades productivas y alto valor ambiental, a menudo coincidiendo también con los lugares donde el reto de la recuperación de la salud del suelo es más apremiante (Sánchez Martínez et al., 2025, en prensa).

Como se ha podido comprobar en el apartado anterior, el cultivo del olivar se encuentra en un momento de transición hacia nuevas formas de producción que aborden los problemas de sostenibilidad ambiental, social y económica que padece. Más allá de la PAC, desde el punto de vista normativo, en los próximos años se prevé



la implantación progresiva de una gran cantidad de leyes y reglamentos (algunos autores hablarían de un verdadero “tsunami normativo”), que van a obligar a los agricultores, cooperativas y empresas del sector a realizar un ingente esfuerzo de adaptación.

Una de las “revoluciones” que se van a producir en las empresas es la obligación de elaborar y presentar los denominados “informes de sostenibilidad”. Un informe de sostenibilidad es un documento que detalla el desempeño de una empresa en relación con sus impactos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). Este informe proporciona información transparente sobre las políticas, prácticas y métricas no financieras de la empresa, permitiendo a las partes interesadas evaluar su compromiso con el desarrollo sostenible. Esta normativa surge por la transposición directa de la Directiva (UE) 2022/2464. Se está a la espera de que se definan indicadores específicos de sostenibilidad en el sector agroalimentario, cuya publicación es inminente (Bardají-Azcárate et al., 2024).



Otro aspecto que será muy relevante en el futuro del sector serán los denominados “créditos de carbono”, concepto alineado con la Estrategia “de la granja a la mesa” (COM (2020) 381 final), que pretende definir el concepto de “carbonocultura” o economía del carbono en el sector agroalimentario. Los créditos de carbono generarán pagos extra al agricultor en función del CO₂ que fije en su explotación, medido en t ha⁻¹ año⁻¹. La implantación efectiva de los créditos de carbono se prevé a medio plazo (probablemente coincidiendo con el nuevo periodo de la PAC post-2027), dado que aún se está trabajando en el procedimiento definitivo de certificación de las extracciones de carbono (COM (2022) 672 final).

Finalmente, a medio plazo adquirirá también mucha importancia la nueva directiva comunitaria respecto a la salud del suelo, implementada en la denominada Ley de vigilancia del suelo (COM (2023) 416 final). Según la directiva, los gobiernos habrán de certificar la salud de los suelos y garantizar la aplicación de prácticas de gestión sostenible necesarias para la mejora de la misma.

En relación a la producción integrada en olivar, a fecha de junio de 2025 se contabilizan en el área de estudio un total de 33.621,79 ha, de las cuales solo 28.702,42 ha corresponden a olivar que se acoge a ayudas de la PAC en 2024 con el código 101, olivo (Figura 68).

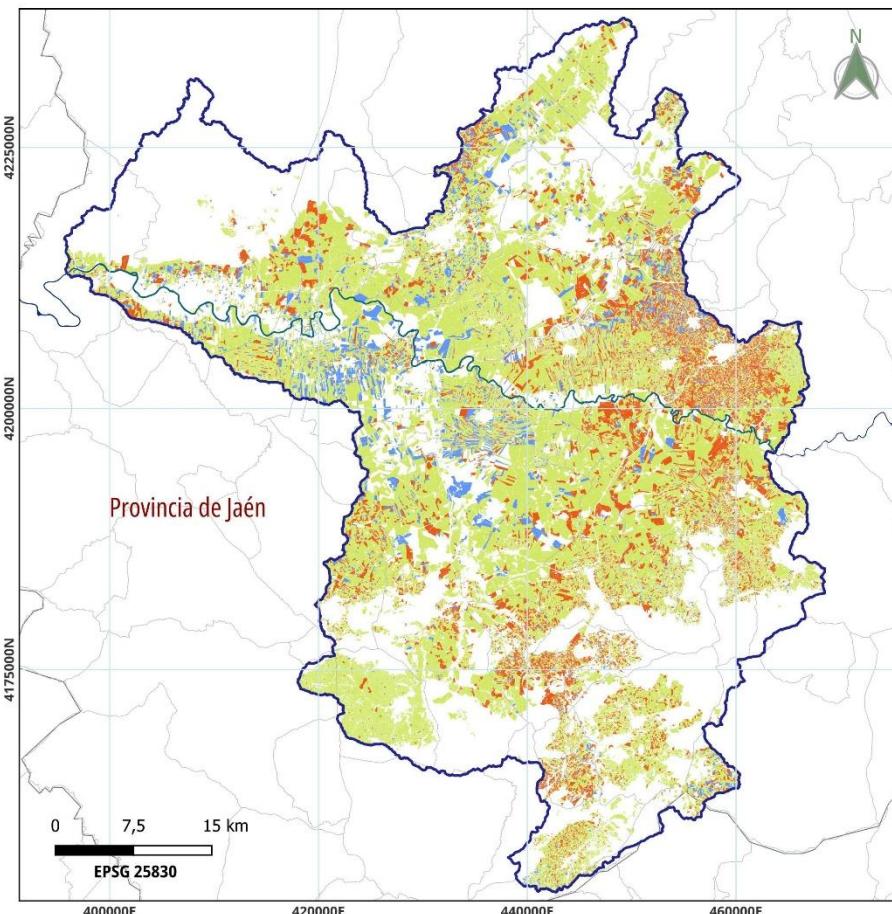
Tabla 7
Indicadores cuantitativos claves del olivar existente en el ámbito de estudio

Concepto	Superficie ha	Porcentaje
Superficie declarada de olivar (% sobre el total del territorio)	168.392,38	54,82
Superficie de olivar vulnerable	44.958,77	26,70
Superficie acogible a ayudas asociadas	69.295,45	41,15
Superficie en régimen de secano	100.989,42	59,97
Superficie en propiedad	123.729,61	73,48
Superficie en alta densidad	11.137,62	6,61
Superficie gestionada por entidad jurídica	37.436,33	22,23
Superficie gestionada por jóvenes agricultores	13.671,01	8,12
Superficie acogida a ecorégimen	155.267,49	92,21
Superficie en el interior de un ENP	1.606,77	0,95
Superficie en cultivo ecológico	5.155,13	3,06
Superficie cuya subvención sale fuera de la provincia de Jaén	20.365,88	12,09
Superficie total del ámbito de estudio	307.192,02	100,00

Fuente: SIGPAC, FEGA.



Figura 63
Ecorregímenes solicitados en 2024



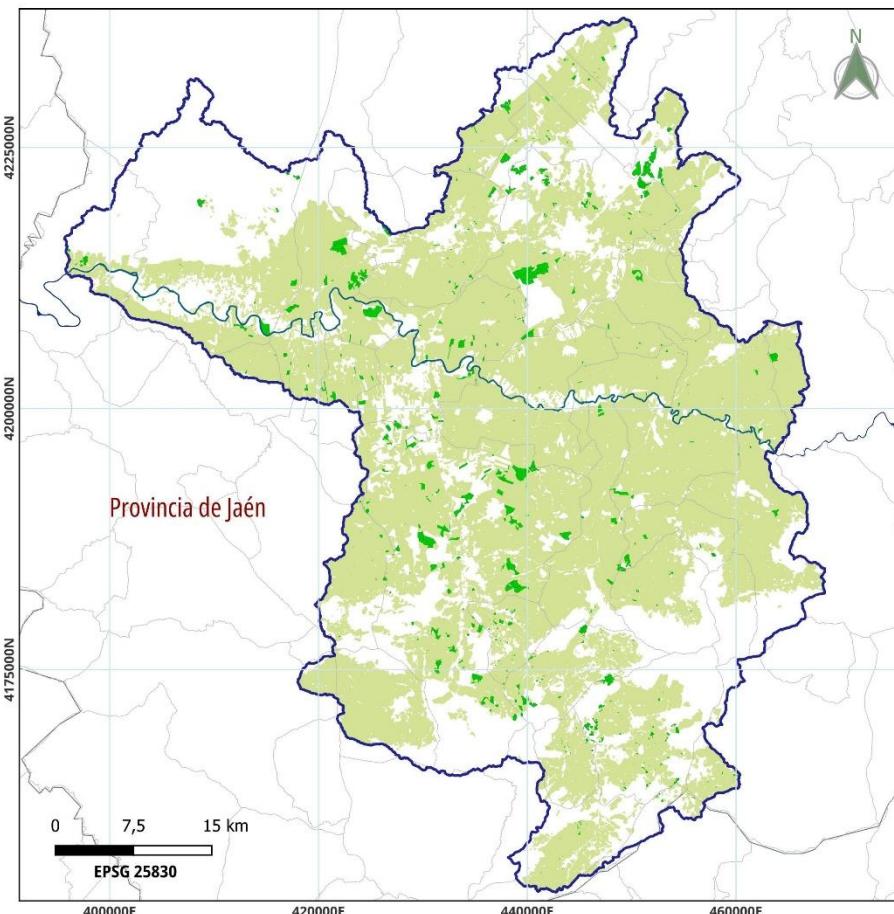
Localización del olivar según ecorégimen solicitado

Ecorégimen solicitado

- Cubierta inerte de restos de poda
- Cubierta vegetal espontánea o sembrada
- Espacios de biodiversidad
- No solicitado

Fuente: SIGPAC - FEGA

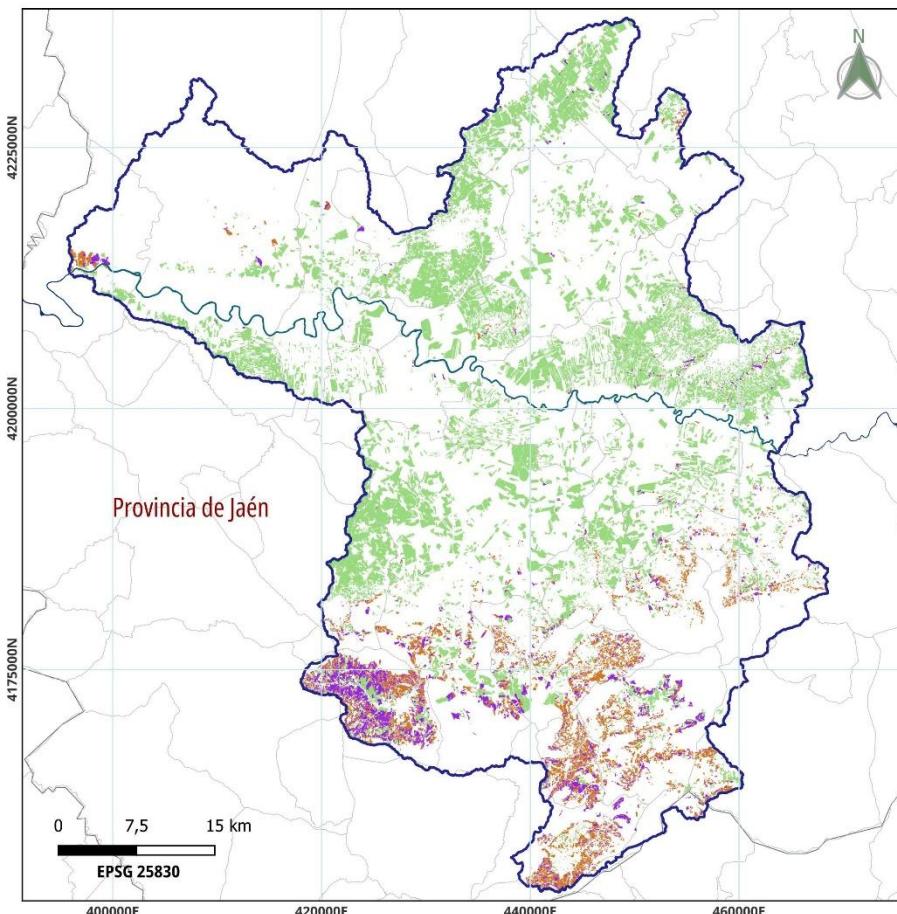
Figura 64
Olivar en producción ecológica



Localización del olivar ecológico



Figura 65
Olivar acogible a ayuda asociada



Olivar con dificultades específicas y alto valor medioambiental

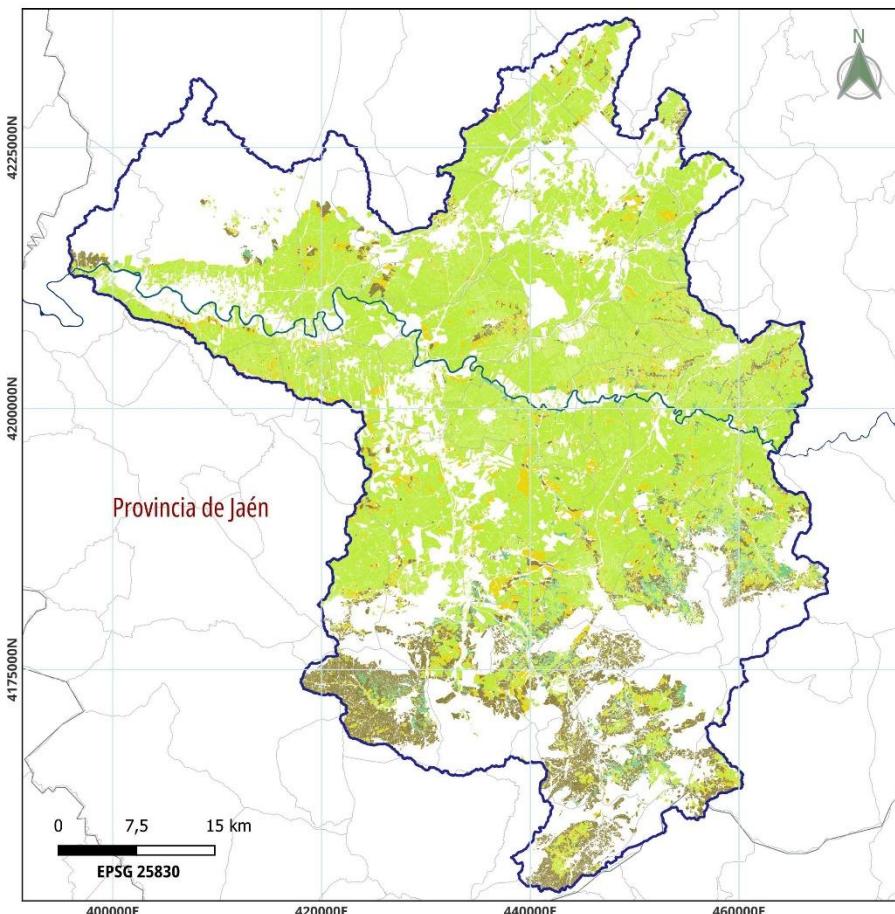
Olivar en desventaja

- Tradicional con densidad entre 30 y 100 olivos/ha
- Pendiente > 25%
- Densidad entre 30 y 100 olivos/ha y pendiente > 25%

Fuente: SIGPAC - FEGA



Figura 66
Olivar vulnerable



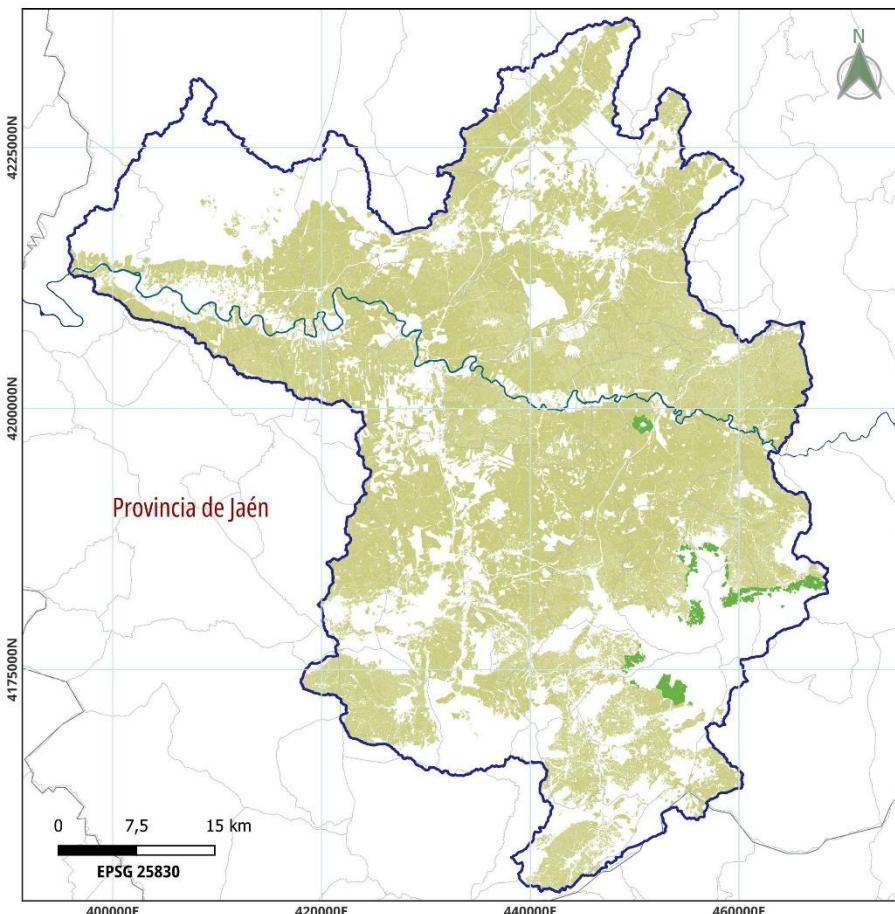
Vulnerabilidad del olivar

Vulnerabilidad

- Tradición con pendiente 15-20% en secano
- Tradición no mecanizable regadío
- Tradición no mecanizable secano
- No vulnerable

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 67
Olivar en el interior de áreas protegidas



Localización del olivar respecto a Espacios Naturales Protegidos

ENP

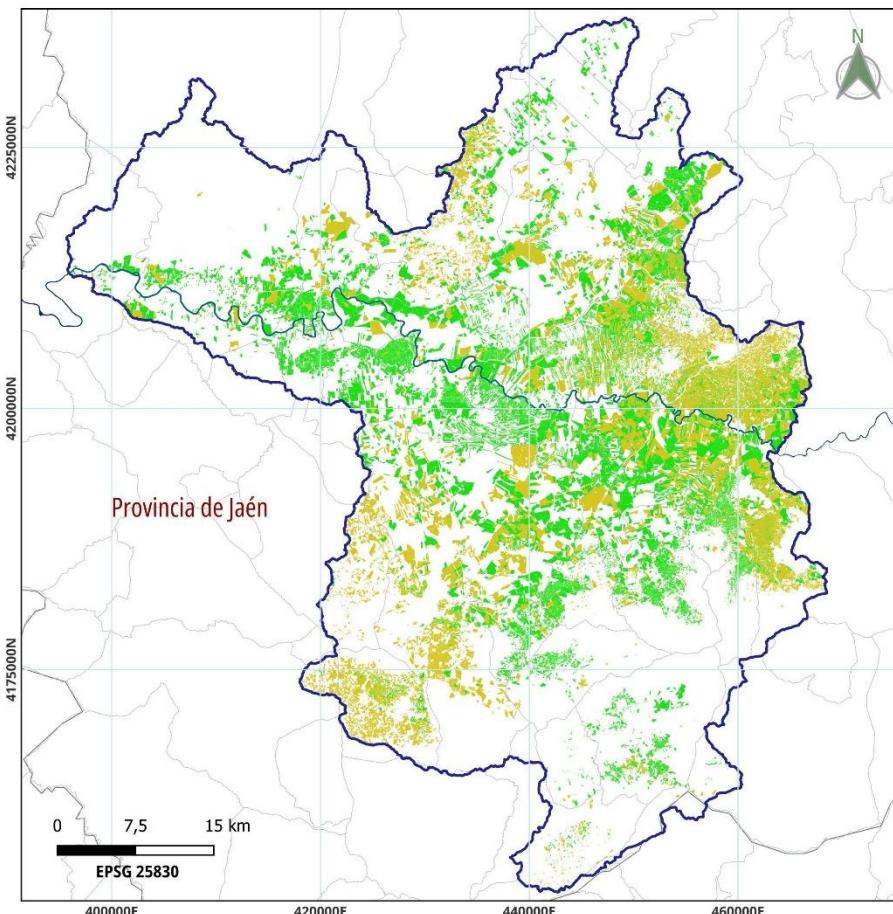
 Dentro de un E.N.P.

 Fuera de un E.N.P.

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 68
Localización del olivar en producción integrada

Localización del olivar en producción integrada



- Producción integrada
- Olivar convencional

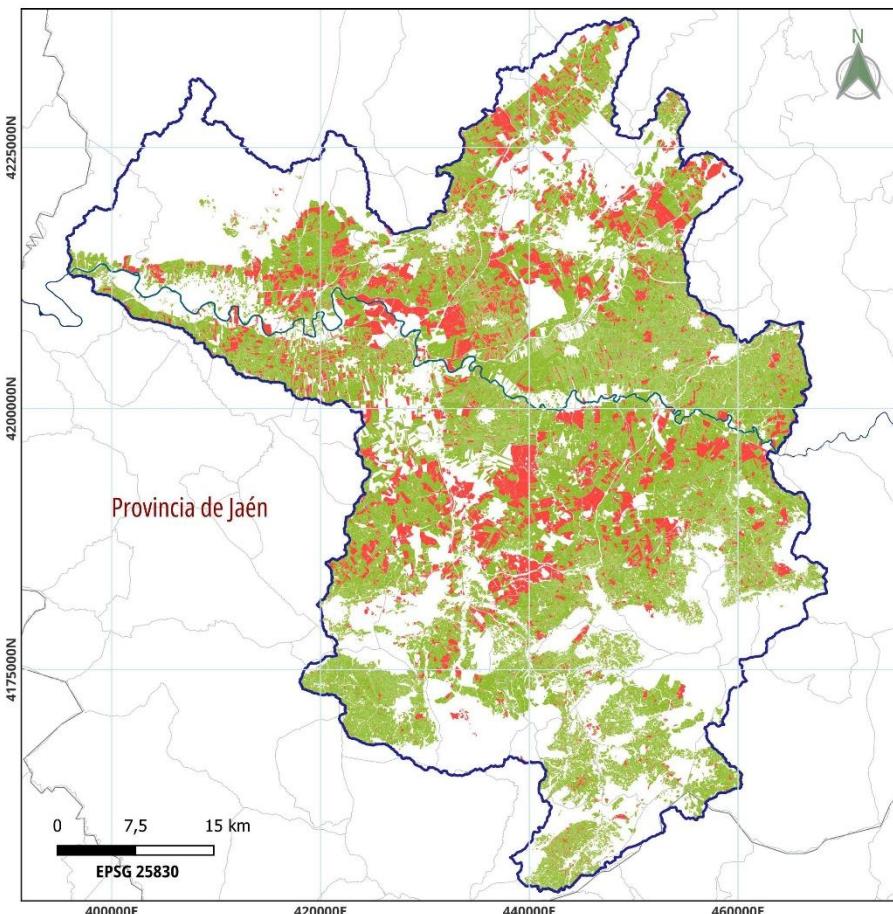
Fuente: SIGPAC - FEGA. J.A.



En un segundo bloque de mapas (figuras 69 a 75), se muestra una realidad socioeconómica donde las personas jurídicas han alcanzado un peso considerable (ya se trata de comunidades de bienes o empresas de diferente naturaleza y tamaño) en la gestión de las explotaciones agrarias, se cuantifica el envejecimiento de los solicitantes, la distribución de los perceptores de ayudas en función del sexo, el régimen de tenencia, su potencial de ingresos de ayudas a la renta en función de la región productiva donde se hallan los recintos olivareros y, finalmente, la relación espacial que existe entre la localización del recinto y el domicilio de la persona, física o jurídica, que recibe las ayudas. En este último aspecto se constata una fuerte vinculación de la actividad agraria y las rentas y el empleo que genera con el mantenimiento del tejido rural.



Figura 69
El olivar según el régimen jurídico del solicitante de ayudas de la PAC



Localización del olivar según régimen jurídico del declarante

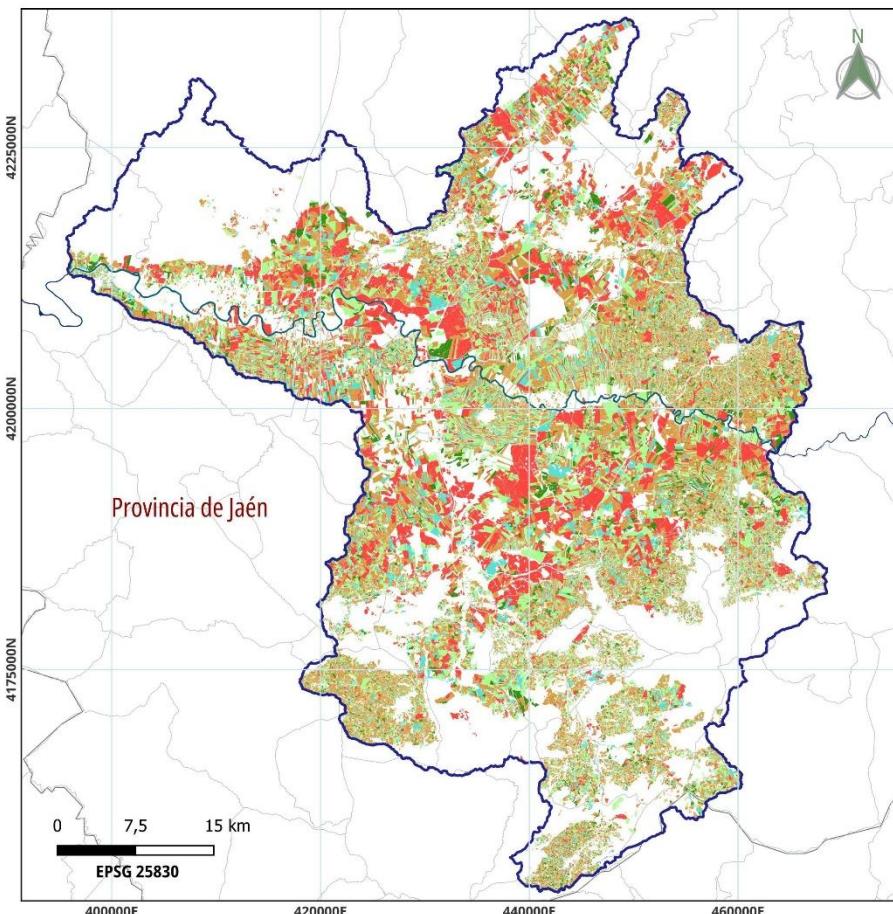
Declarante

Personas físicas

Entidad jurídica

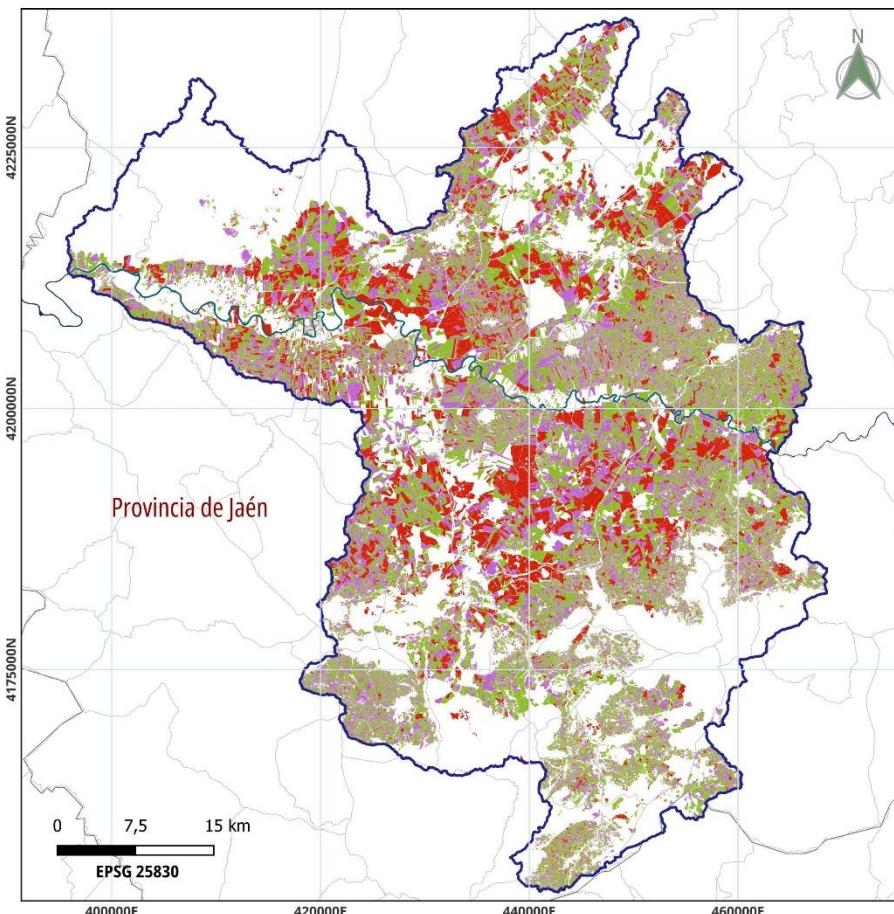
Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 70
El olivar según la edad del solicitante de ayudas de la PAC



Localización del olivar según edad del declarante

Figura 71
El olivar según el sexo del solicitante de ayudas de la PAC



Localización del olivar según sexo del declarante

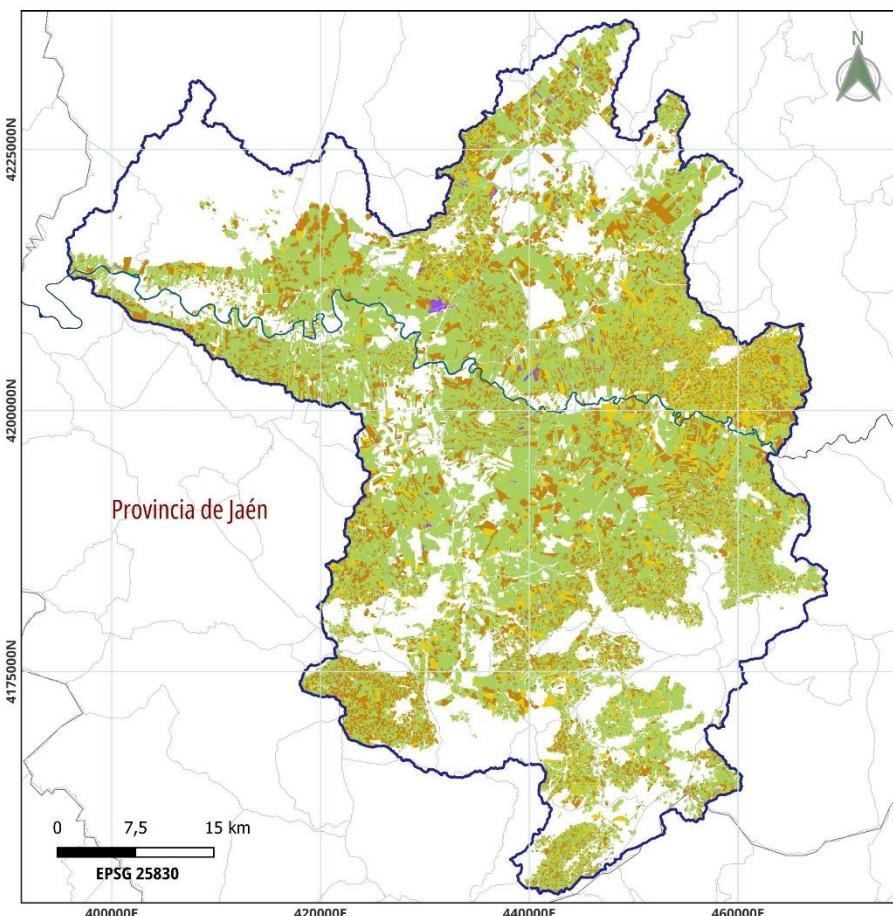
Sexo del declarante

- Hombre
- Mujer
- Entidad jurídica

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 72

El olivar según el régimen de tenencia de los solicitantes de ayudas de la PAC



Localización del olivar según régimen de tenencia

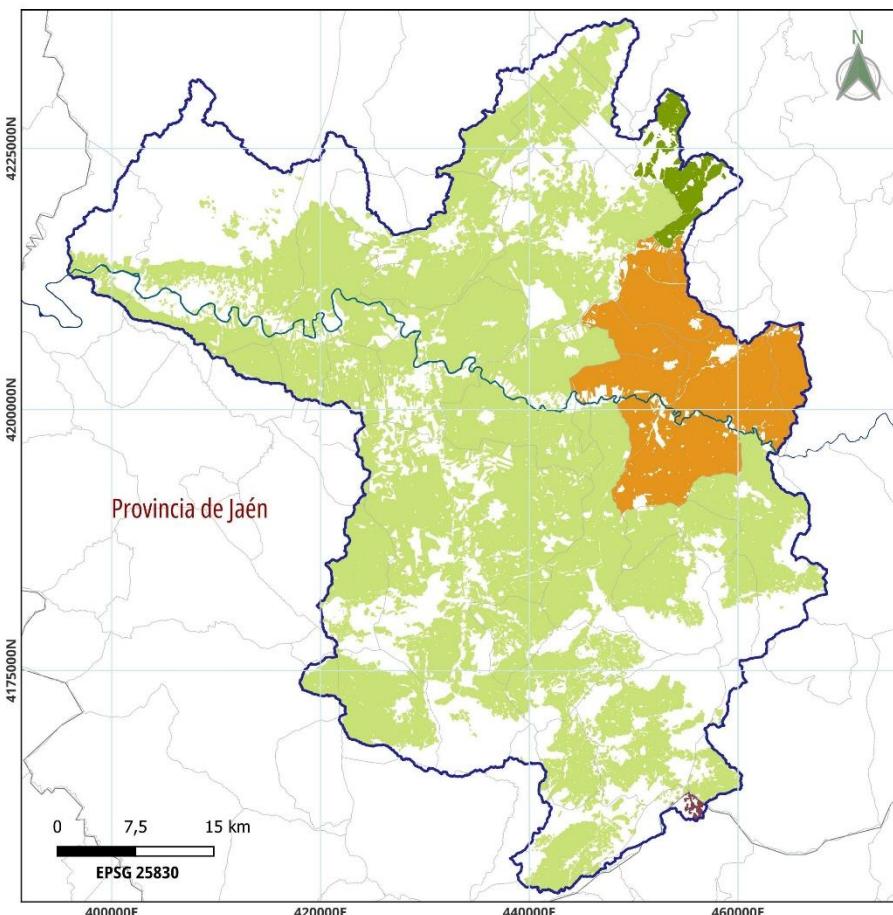
Regimen de tenencia

- Aparcería
- Arrendamiento
- Asignación superficial
- Propiedad
- Usufructo

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 73

El olivar según región productiva para el cálculo de las ayudas de la PAC en el período de programación 2015-2022



Localización del olivar según región PAC 2015

Región PAC

- Región 1802
- Región 1902
- Región 2002
- Región 2102

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 74

El olivar según región productiva para el cálculo de las ayudas de la PAC en el período de programación 2023-2027

Localización del olivar según región PAC 2023

Región PAC

Región 13

Región 14

Fuente: SIGPAC - FEGA

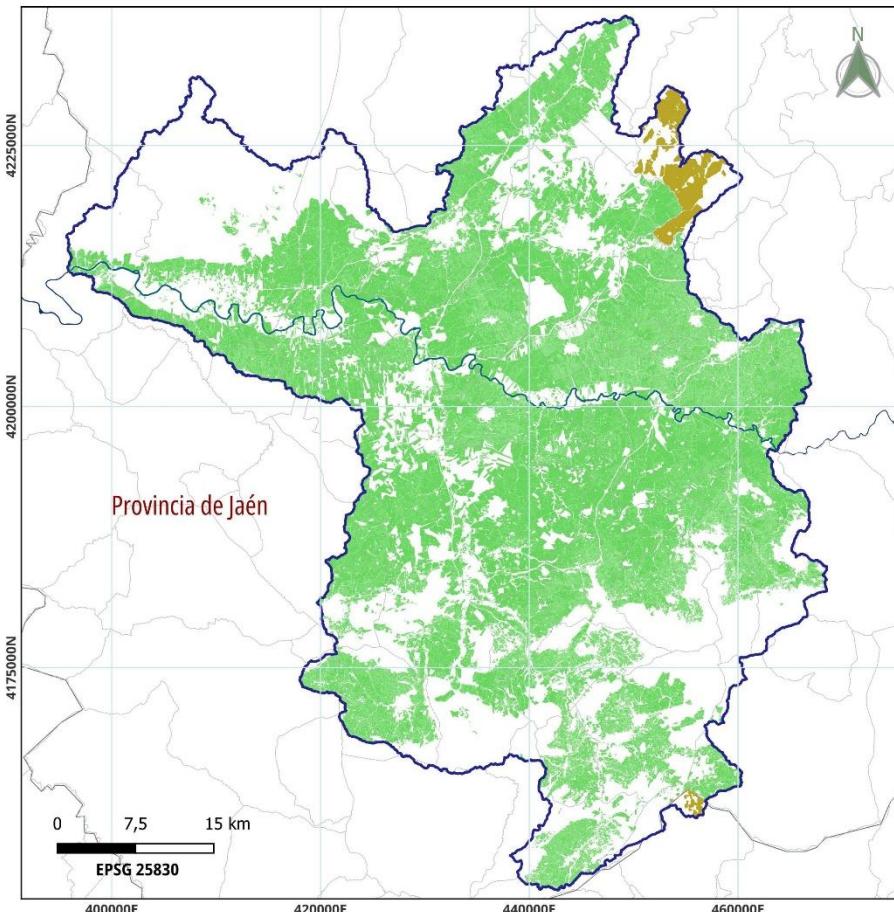
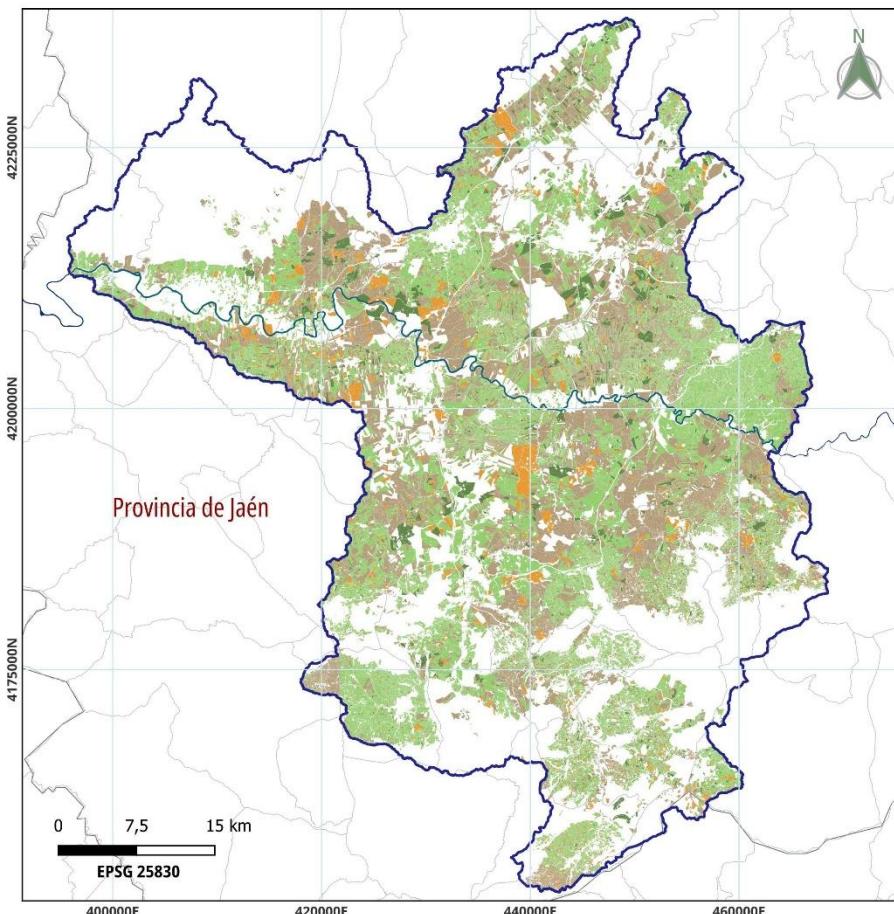


Figura 75
El olivar según el destino de las ayudas de la PAC



Destino de la subvención PAC al olivar

Destino de la PAC

- En el mismo municipio
- En otro municipio de la misma provincia
- En otra provincia andaluza
- Fuera de Andalucía

Fuente: SIGPAC - FEGA



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

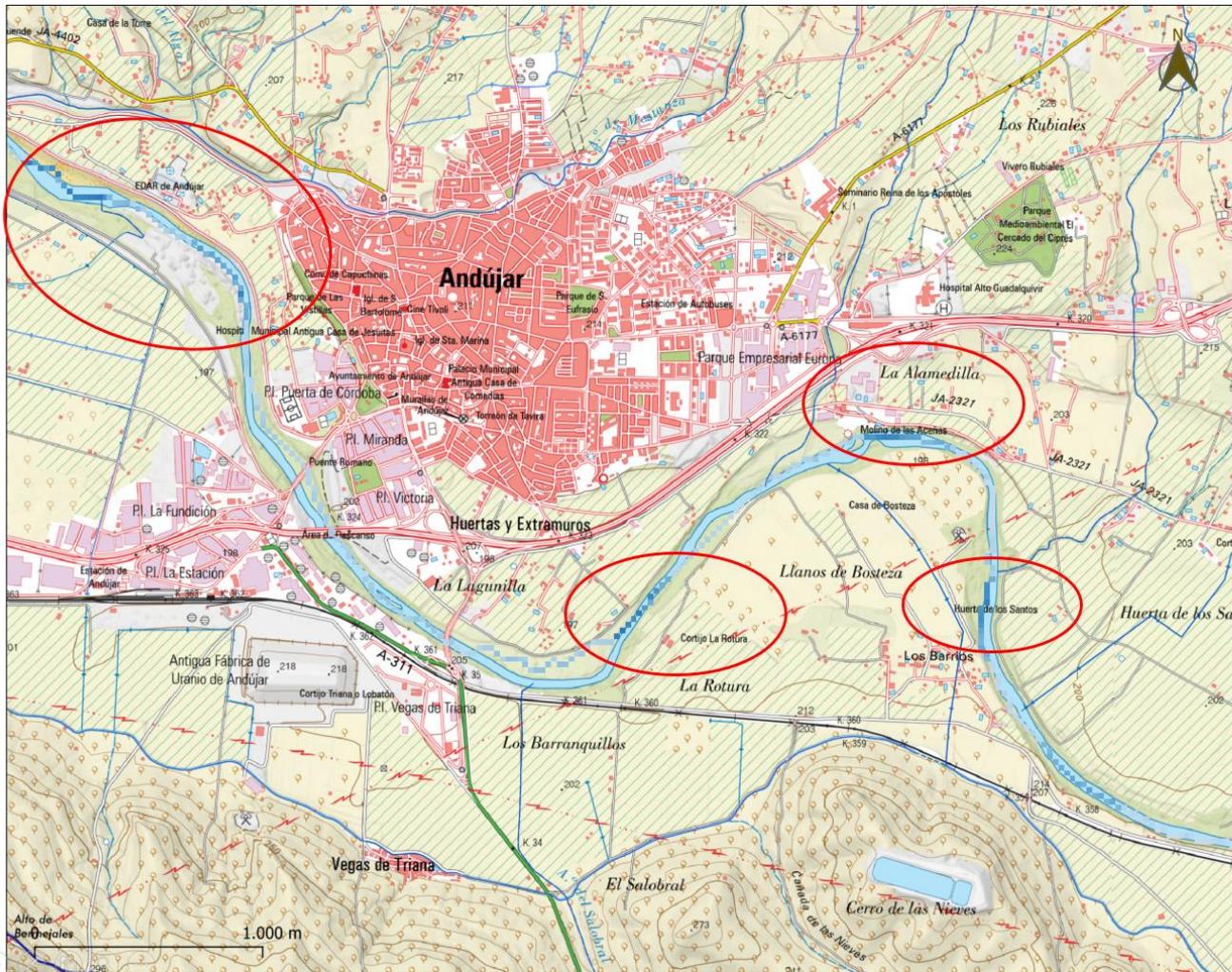
3.3.4. Un análisis a escala municipal: el caso de Andújar

En este apartado se presentan una serie de mapas relativos a la caracterización del olivar en el municipio de Andújar (figuras 77 a 88). Antes de ello, hemos localizado los lugares donde las descargas de sedimentos acarreados por el cauce del Guadalquivir serían mayores (figura 76). Como se ve en el mapa, se trata de las zonas cercanas a los parajes Huerta de los Santos, Molino de las Aceñas, Cortijo de La Rotura y un tramo amplio aguas abajo del Puente Romano. En estos lugares habría que hacer un análisis detallado de acciones de prevención y mitigación de los efectos de estos picos de crecida del río.

Aunque ya hemos indicado que otras decisiones humanas explican el incremento del riesgo de inundación, también señalamos la prioridad de aplicar medidas correctoras en la gestión de los suelos olivareros que se localizan a ambos lados del río, pero especialmente los localizados al sur del mismo, donde las tasas de erosión medias son más elevadas.

Figura 76

Lugares de concentración de descargas generadas para una precipitación máxima en 24 horas en un periodo de retorno de 100 años en el entorno de la ciudad de Andújar





Besando, abrazando el
Guadalquivir



Figura 77
Síntesis de la caracterización del olivar en el municipio de Andújar

Caracterización del olivar en el municipio de Andújar (Sierra Morena)

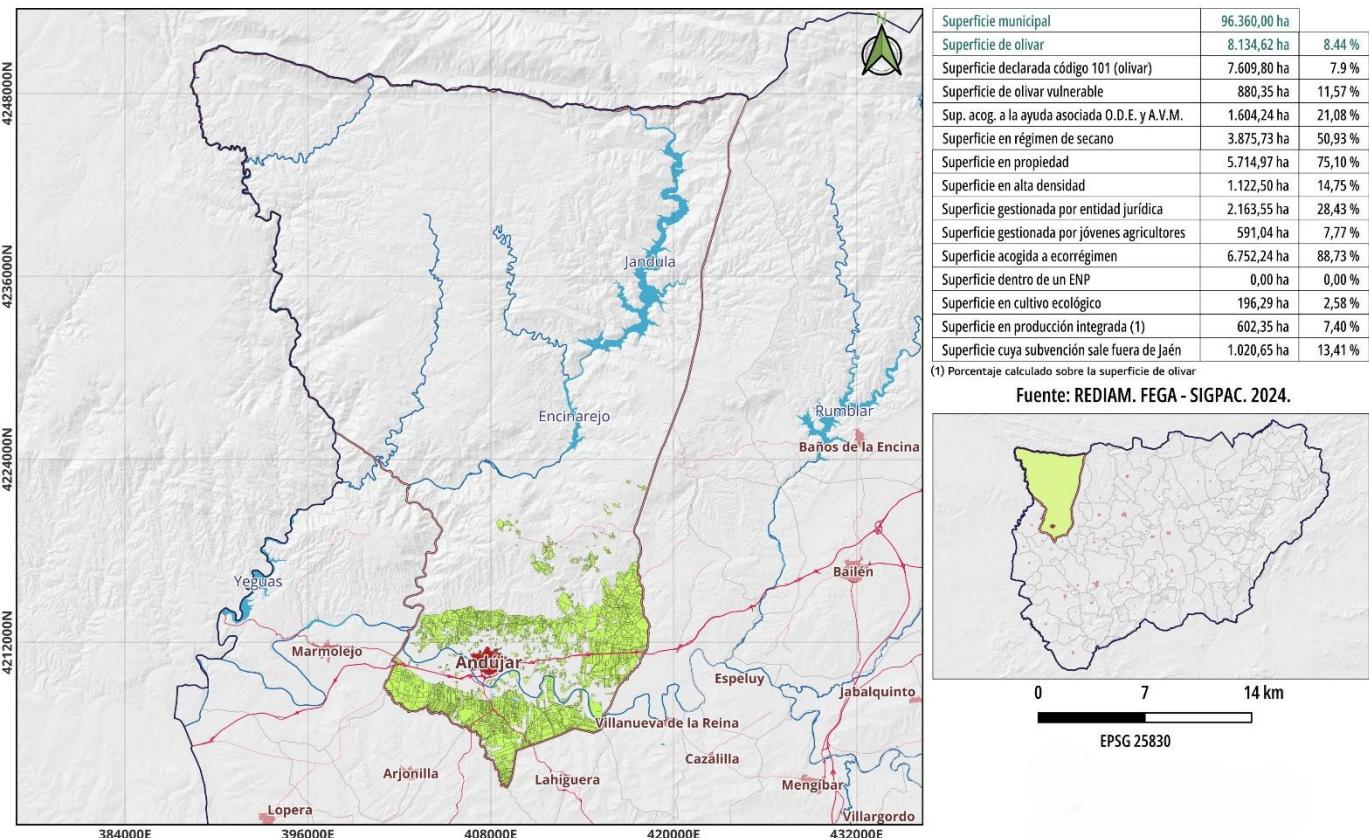
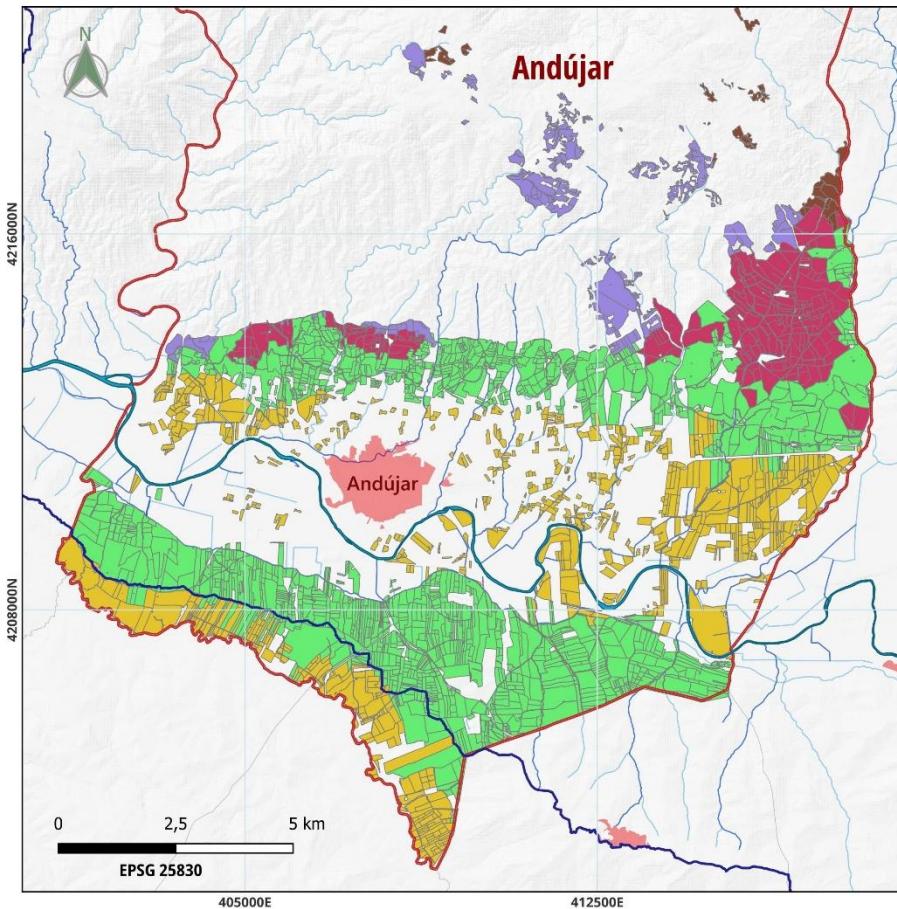


Figura 78
Olivar según litología en el municipio de Andújar

Localización del olivar según litología

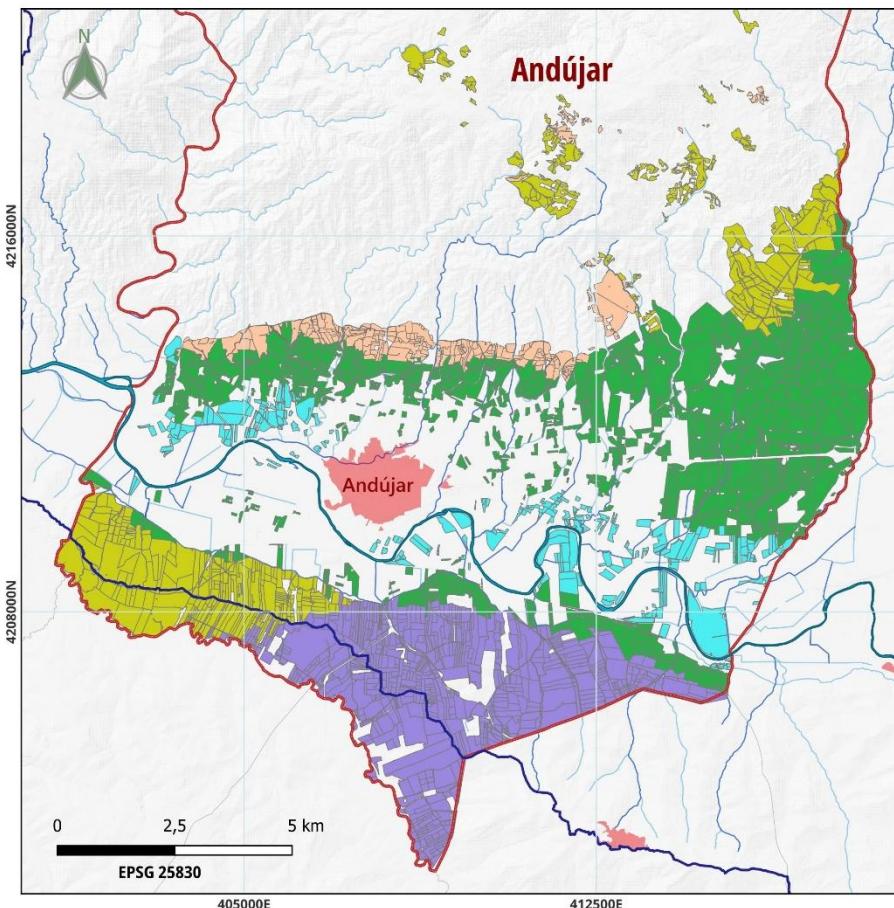


Litología

- Arcillas y arenas rojas
- Arenas, limos, arcillas, gravas y cantos
- Calcarenitas, arenas, margas y calizas
- Granitos
- Pizarras, grauwacas y areniscas

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 79
Olivar según edafología en el municipio de Andújar



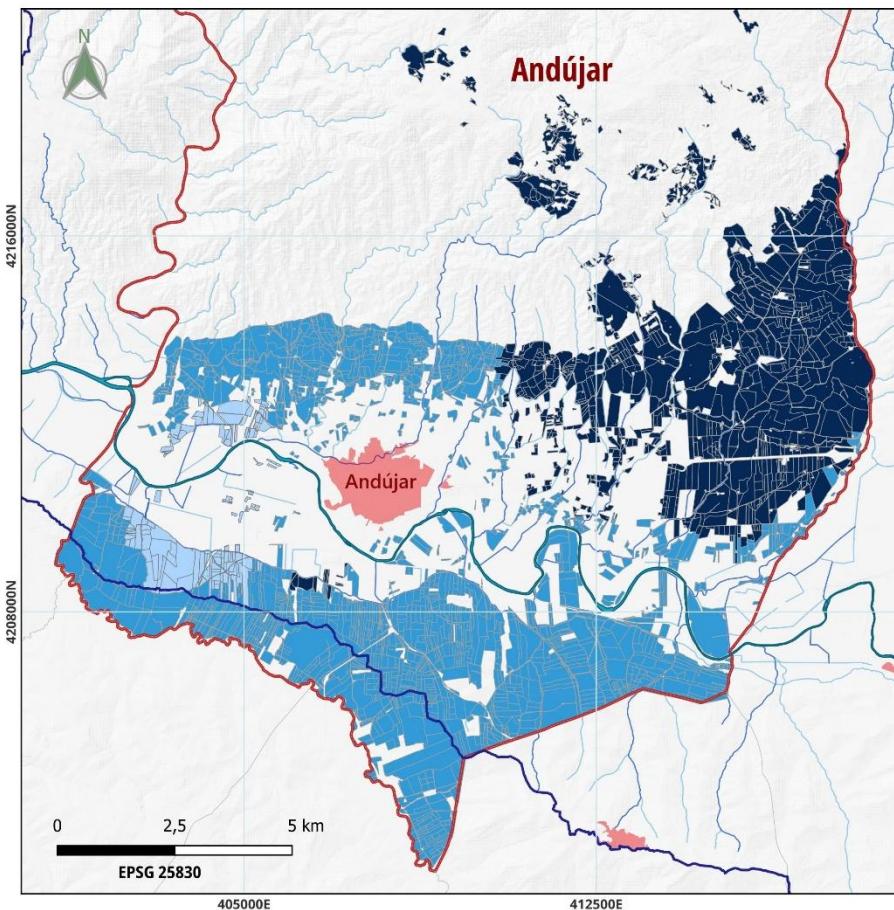
Localización del olivar según tipo de suelos

Edafología

- Cambisoles
- Fluvisoles
- Luvisoles
- Regosoles
- Vertisoles

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 80
Olivar según precipitación en el municipio de Andújar



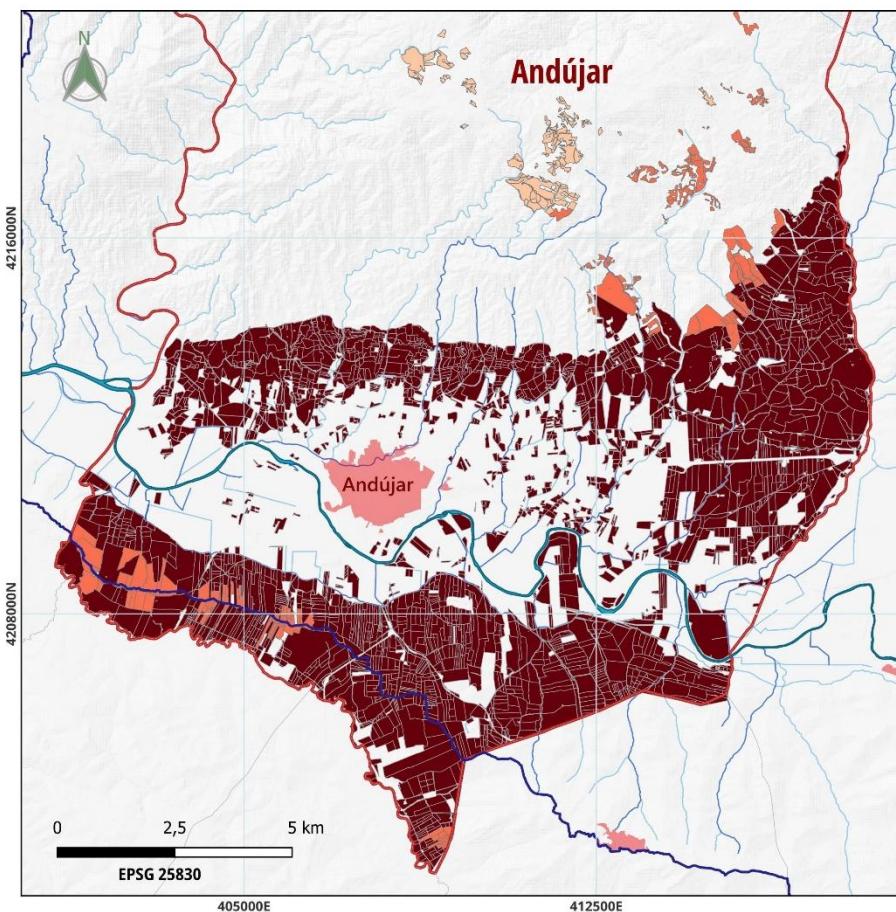
Localización del olivar según precipitación

Precipitación (mm)

- 450 - 475
- 475 - 500
- 500 - 527

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 81
Olivar según temperatura media anual en el municipio de Andújar



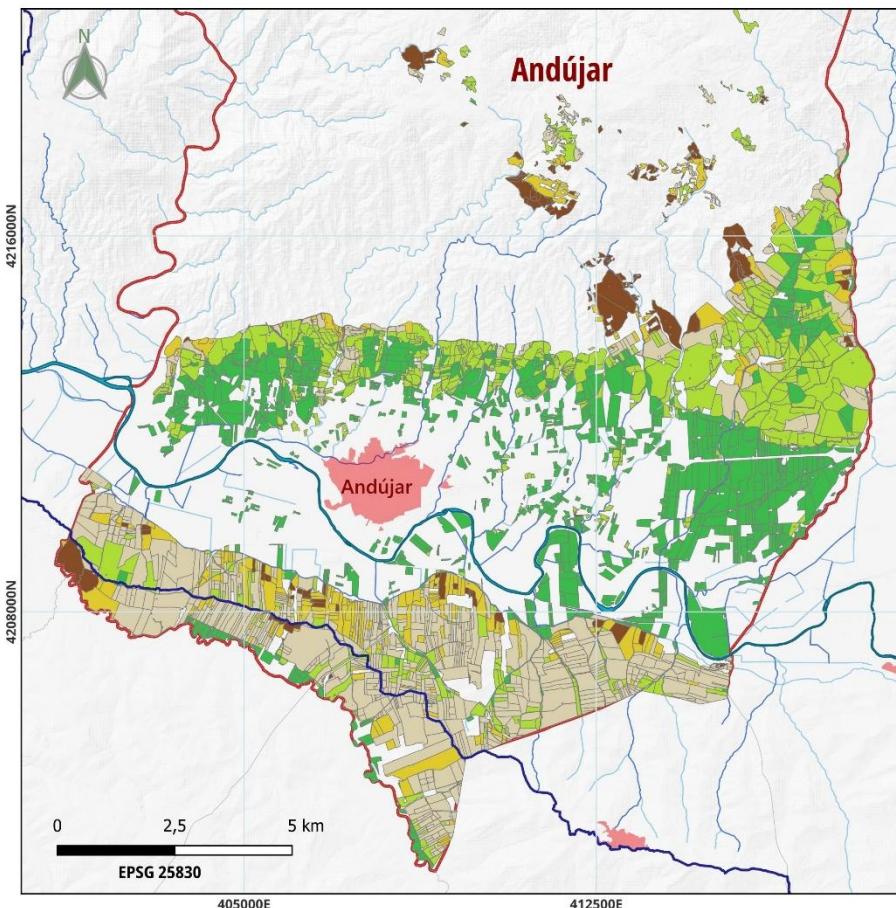
Localización del olivar según temperatura

Temperatura

- Menos de 16°C
- 16°C - 17°C
- Más de 17°C

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 82
Olivar según pendiente en el municipio de Andújar



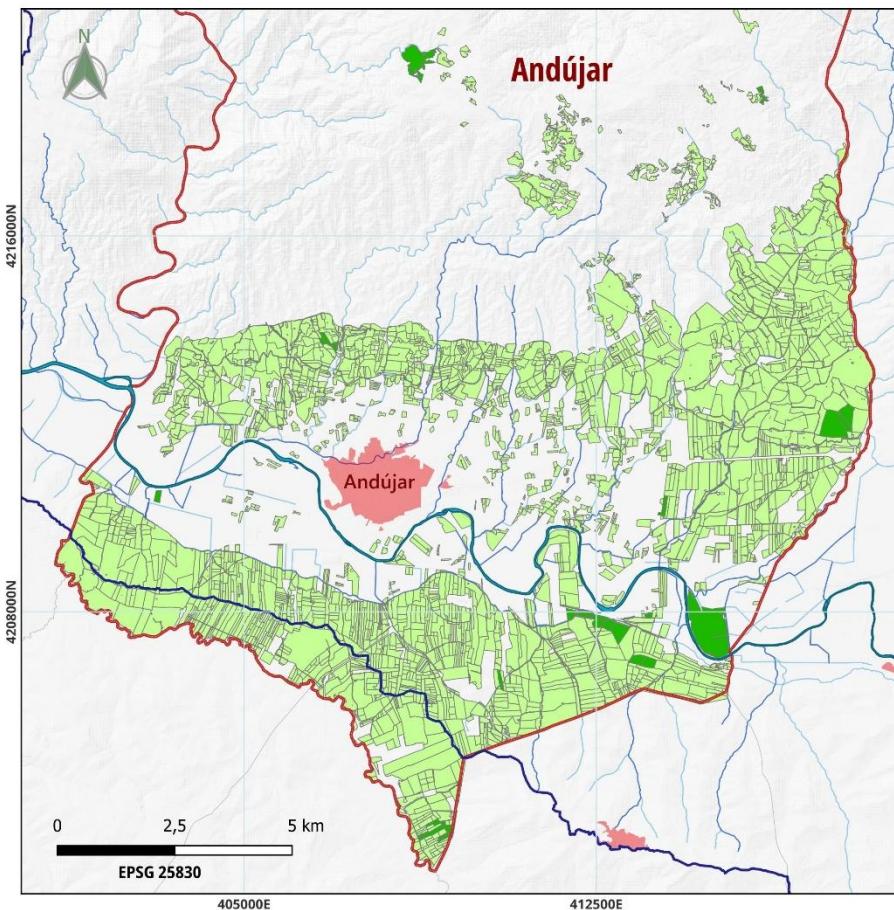
Localización del olivar según pendiente

Pendiente

- Menos del 5%
- 5 - 10 %
- 10 - 15 %
- 15 - 20 %
- Más del 20 %

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 83
Olivar ecológico en el municipio de Andújar



Localización del olivar ecológico

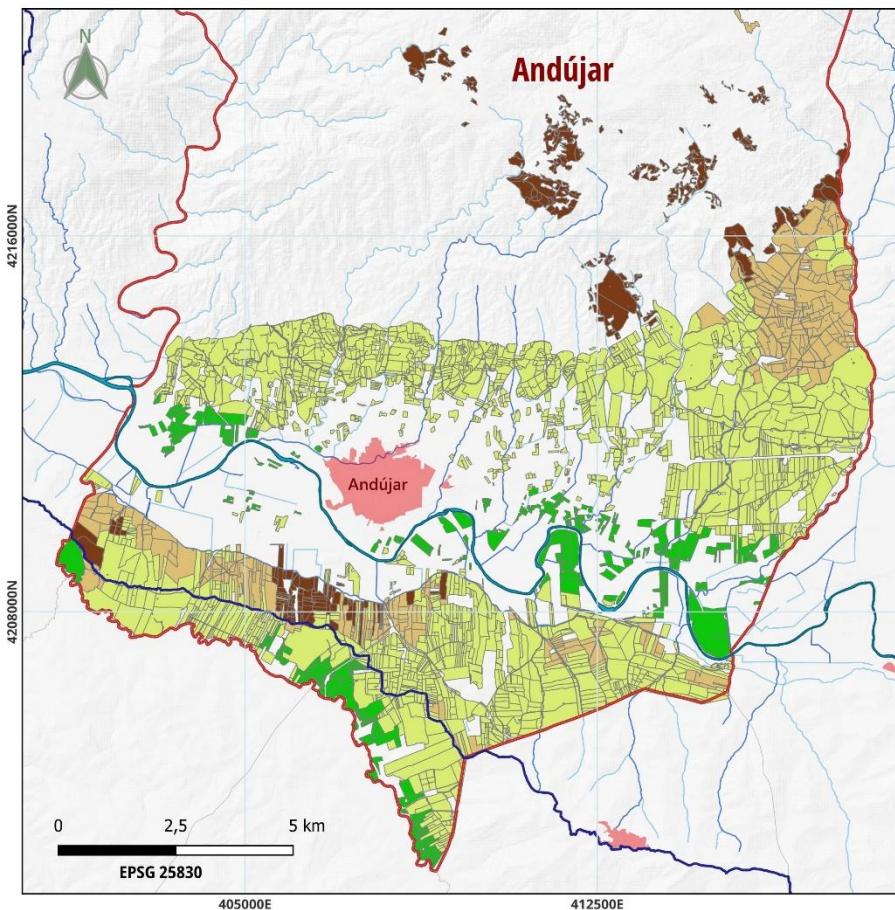
Tipología olivar

 Convencional

 Ecológico

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 84
Olivar según capacidad de uso en el municipio de Andújar



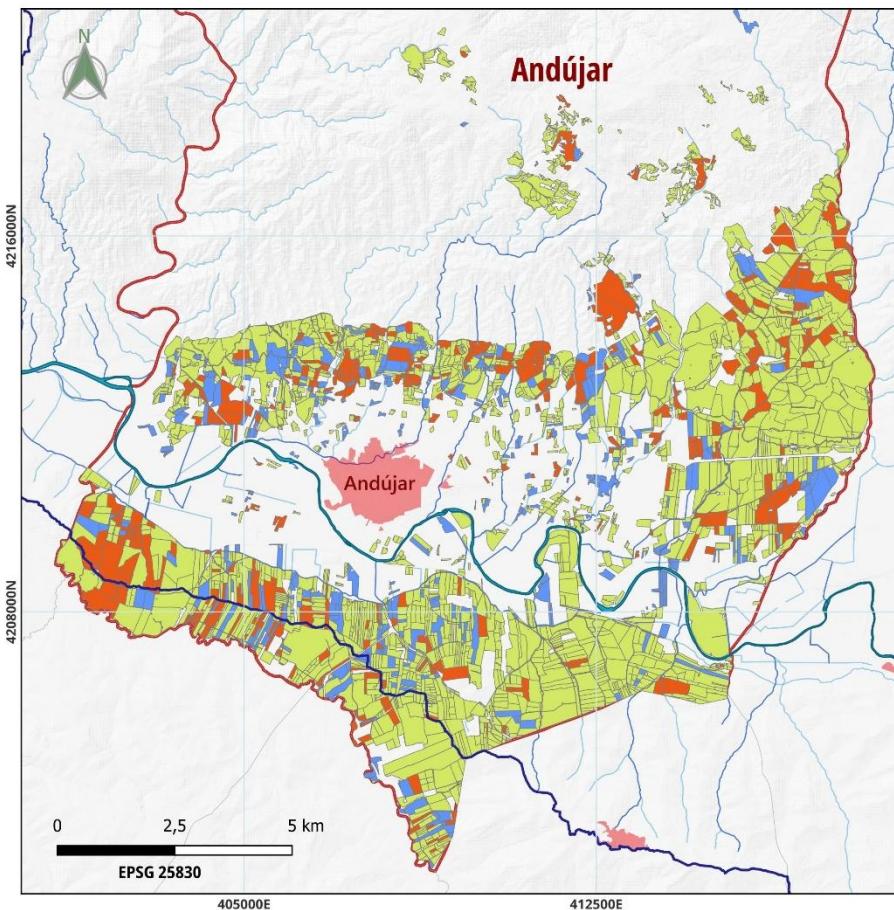
Localización del olivar según capacidad de uso

Capacidad

- Marginales e improductivos
- De moderada a marginal
- De buena a moderada
- Muy buena

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

Figura 85
Olivar según ecorregímen solicitado en el municipio de Andújar



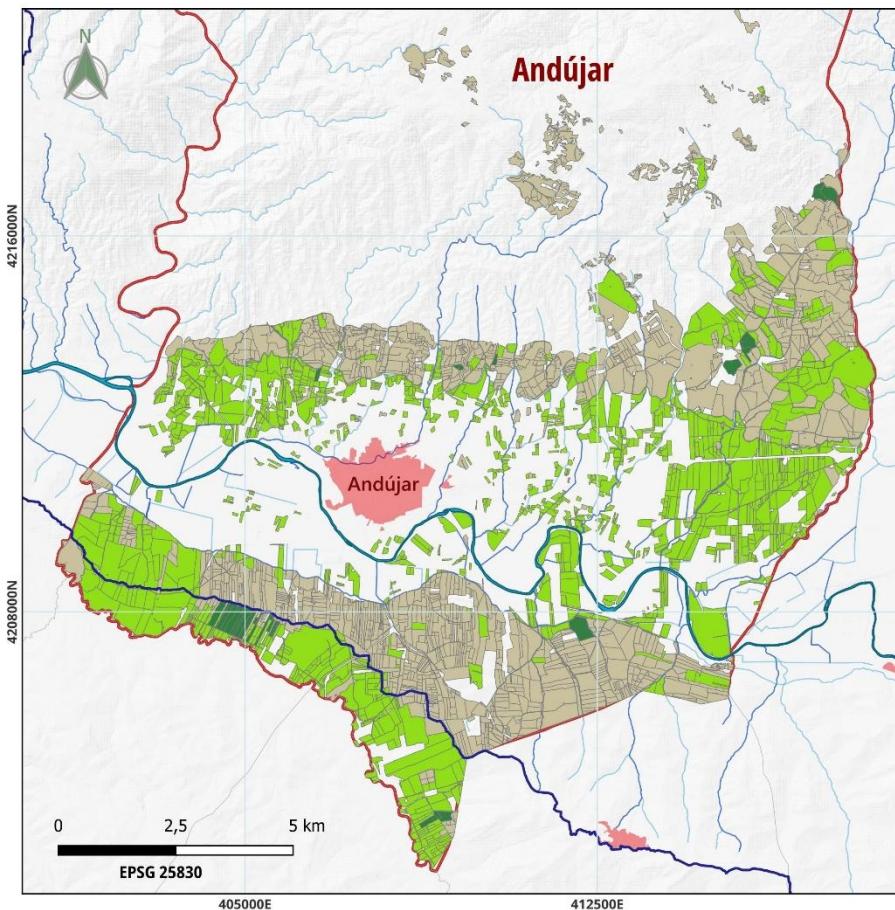
Localización del olivar según ecorregímen solicitado

Ecorregímen

- Cubierta vegetal espontánea o sembrada
- Cubierta inerte de restos de poda
- No especificado

Fuente: SIGPAC - FEGA.

Figura 86
Olivar según régimen de cultivo en el municipio de Andújar



Localización del olivar según régimen de cultivo

Régimen de cultivo

- Secano
- Parcialmente regado
- Regadío

Fuente: SIGPAC - FEGA

Figura 87
Olivar vulnerable en el municipio de Andújar

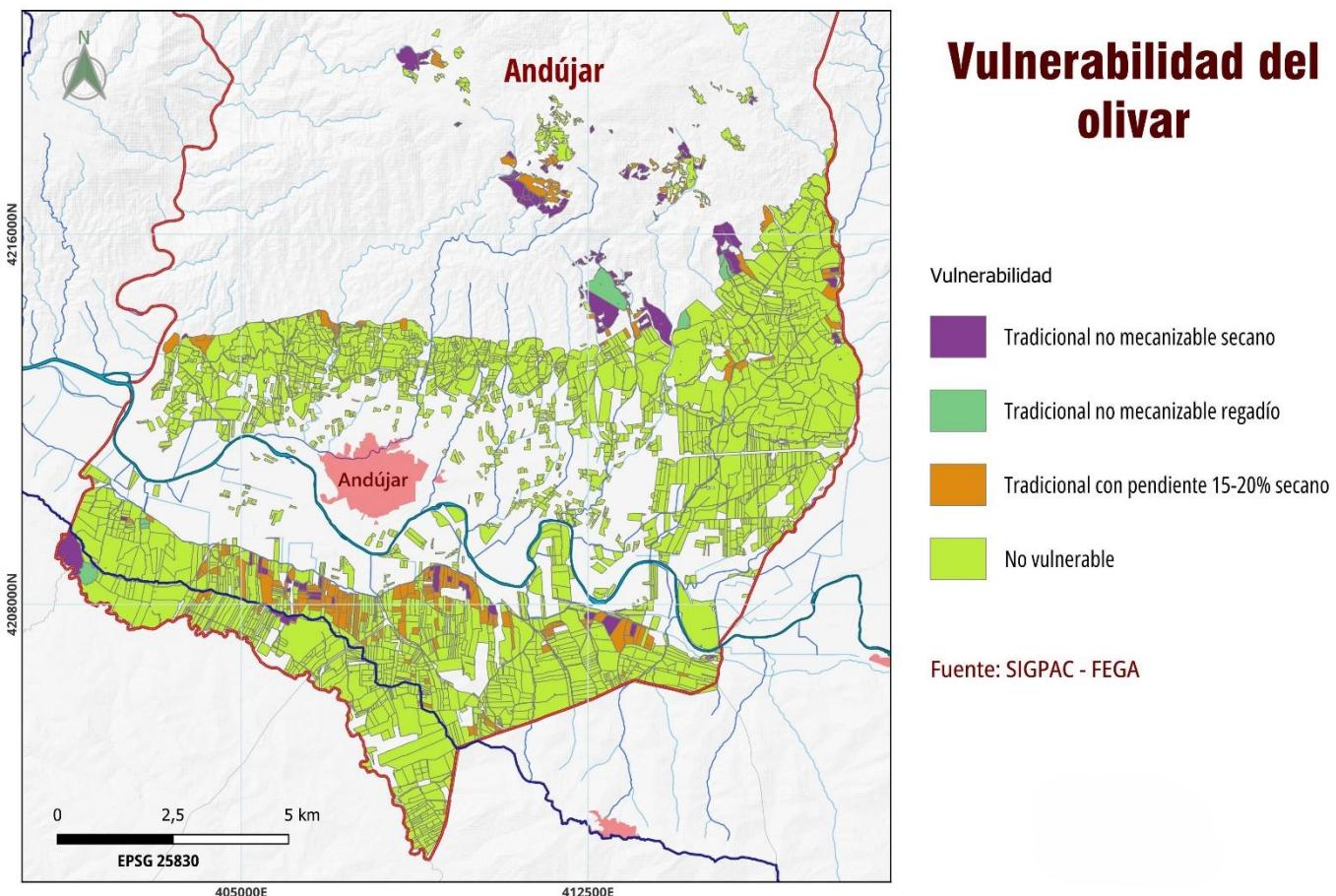
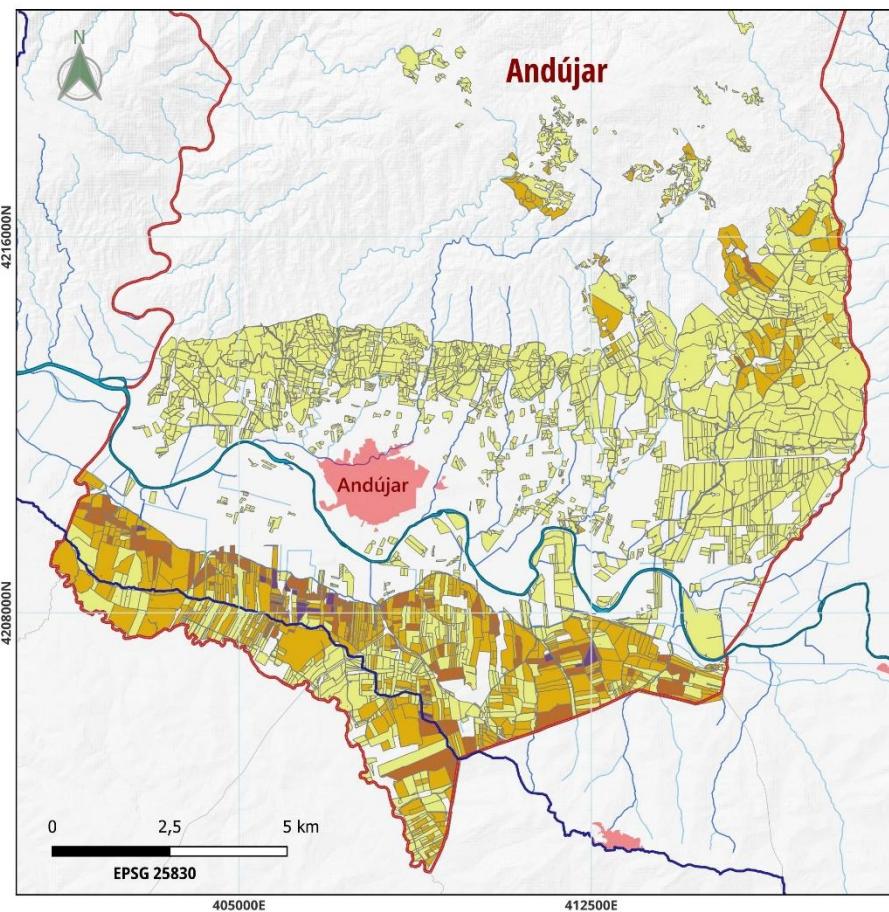


Figura 88
Erosión en el olivar del municipio de Andújar



Pérdida de suelo en el olivar (1992-2021)

Pérdida de suelo

- Menos de 12 t/ha·año
- 12 - 50 t/ha·año
- 50 - 100 t/ha·año
- Más de 50 t/ha·año

Fuente: SIGPAC - FEGA. REDIAM

3.4. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN

De acuerdo con las características fisiográficas del territorio y las dinámicas de ocupación del suelo y de utilización de los recursos, las propuestas de mitigación deben centrarse en la recuperación de la salud de los suelos agrícolas, con la inversión de las tendencias erosivas como primera urgencia; pero también en la adopción de medidas de prevención y adaptación que reduzcan el riesgo derivado de inundación en entornos urbanos. Como hemos podido apreciar en la cartografía presentada, la causa de la aceleración de los procesos erosivos tiene su origen en un manejo inadecuado de los suelos de olivar en pendiente, que es probablemente el rasgo que más fácilmente permite adentrarse en la descripción de un panorama que, visto de manera global, no es sino un reflejo de la insostenibilidad de estos cultivos, en un cuadro de realidades y opciones que se sintetiza en la tabla 8.

Tabla 8
Los cultivos olivareros y la sostenibilidad

Principales amenazas para la sostenibilidad	
Vulnerabilidad ante el cambio climático: incremento de temperaturas y mayor recurrencia e intensidad de sequías Aumento crítico de temperaturas durante la etapa reproductiva flor-fruto Superintensificación: elevado uso de agroquímicos y agua Eliminación de la cubierta vegetal mediante la aplicación de herbicidas y/o arado severo Expansión de plagas Homogeneización del paisaje Deterioro de la salud del suelo, con problemáticas agudas como la contaminación de metales pesados (concentraciones de cobre por encima del umbral >100mg/kg)	
Prácticas a incentivar	Beneficios ecológicos y socioeconómicos
Promover las plantaciones tradicionales de olivos añosos en baja densidad y secano	Incremento de la resiliencia al cambio climático y reducir la dependencia hídrica del cultivo
Mantenimiento de la vegetación espontánea del suelo	Incremento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos provistos por hormigas, arácnidos, murciélagos y pájaros, entre otros.
Aplicación de enmiendas orgánicas derivadas de la valorización de subproductos de la industria oleícola, como compost de alperujo, biochar procedente de pirólisis del orujo o digestato de las plantas de biometanización.	Incremento de la materia orgánica del suelo. Cierre del ciclo de nutrientes, especialmente en lo concerniente al nitrógeno y el potasio. Incremento y mejora de la actividad biológica y la biodiversidad del microbioma edáfico. Mejora de las propiedades físicas del suelo (estructura, porosidad, infiltración, etc.)
Incremento de la heterogeneidad paisajística y la conectividad con zonas no productivas.	Impacto socioeconómico positivo en las poblaciones locales
	Fomento de la biodiversidad, la retención del suelo, la infiltración de la precipitación, el incremento de materia orgánica y el secuestro de carbono
Promover la agricultura ecológica y la diversidad varietal	Incremento de la resiliencia a plagas y enfermedades emergentes
Promover labores del suelo de baja intensidad y espaciadas en el tiempo (laboreo de conservación)	Ayuda a recuperar la diversidad de plantas cultivables en declive y amenazadas
Promover la olivicultura tradicional como infraestructura verde y sistemas agrícolas de alto valor natural	Aumenta la rentabilidad de los agricultores y la demanda pública de productos respetuosos con el medio ambiente y prácticas sostenibles
Promover la certificación que diferencie los productos procedentes de sistemas sostenibles	La olivicultura mediterránea tradicional (plantaciones de tipo sabana o bosque) puede contribuir a conectar las zonas de montaña protegidas y las reservas de flora y fauna forestales

Realizar campañas para aumentar la conciencia de los consumidores	
Promover los valores patrimoniales de los olivos de mayor antigüedad y simbolismo místico y religioso	Mantener la biodiversidad relacional

Fuente: Martínez-Núñez, *et al.* (2024) y elaboración propia.

Si nos fijamos detenidamente en las prácticas a incentivar, podemos llegar a la conclusión de que casi todas ellas, con diferente grado de penetración y compromiso por parte de los agentes territoriales, están presentes ya en los discursos, las normas de comportamiento de los agricultores y las políticas públicas diseñadas en el contexto de la reciente reforma de la PAC. La profundización y generalización de las prácticas que mejores resultados permiten obtener en relación con la recuperación de la salud de los suelos es, por el momento, el reto que nos podemos fijar para que estos se obtengan con mayor éxito. Una adecuada combinación de investigación, estímulos económicos y programas formativos es, en nuestra opinión, la ecuación que puede acelerar el proceso.

3.4.1. Diseño preliminar de medidas estructurales y no estructurales

3.4.2. Priorización de acciones según criterios ambientales, técnicos y económicos

Los cauces fluviales se comportan de acuerdo a las características de las cuencas que drenan. La manera inmediata de reducir la inundación en los fondos de valle es la obra civil, pero esta tiene como contrapartida el mayor coste económico y concentra la intervención en los efectos de los procesos en marcha antes que en la corrección de las causas que los provocan. La manera más eficiente y estable de evitar la erosión es trabajar de acuerdo con la lógica de la naturaleza, eliminando las causas de su aceleración y restaurando las huellas de su irrupción. Se trata, por tanto, de aplicar lo que la Unión Europea denomina Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN). Las SBN, cuyo marco lógico de aplicación es la cuenca hidrológica, promocionan los procesos naturales o servicios ecosistémicos, generando sinergias entre los procesos de restauración o recuperación hidrológica y otros procesos tan fundamentales como la mitigación del cambio climático o la mejora de la biodiversidad. Por otra parte, las SBN han demostrado su eficacia a nivel económico, con una relación beneficio-coste favorable, así como social, puesto que generan empleo local (Bohórquez *et al.*, 2023; Keestra *et al.*, 2018)

A lo largo del informe hemos señalado la importancia que tiene la recuperación del bosque de galería para controlar la agradación de los cauces, pero, como decimos, el tratamiento del problema debe ser integral y, por tanto, abarcar a la totalidad de la cuenca receptora. Y, en ese sentido, hay que volver a insistir en la necesidad de mantener cubiertas vegetales en los suelos de olivar. Esta práctica supone la conservación de humedad en el suelo durante más tiempo, al mismo tiempo que se atempera y enriquece orgánicamente su capa más superficial. La presencia de vegetación tiene como efecto inmediato la interceptación del agua de lluvia, reduciendo su impacto y velocidad, facilitando su infiltración y obstaculizando la escorrentía. Todo ello debe tener un efecto en términos de aumento y estabilización de las cosechas (Romero *et al.*, 2024), lo que genera un beneficio privado. Pero al mismo tiempo, los suelos incrementan su condición de almacén de carbono, por lo que generan un bien público al reducir la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto mismo puede decirse si se reduce drásticamente o se elimina completamente la siega química. Y esta es la razón que ha llevado a estimular su empleo, ya sea con cubierta vegetal espontánea, cultivada, inerte (procedente de restos de poda y hojas, o incluso piedras) o una mezcla de estas opciones, por parte de los agricultores. En las dos campañas en las que se han podido acoger a los ecorregímenes la respuesta ha sido muy elevada. Para futuras versiones de la PAC esto debe ser un punto de partida para la reflexión y, en su caso, el reforzamiento de estas prácticas que vienen a ampliar los requisitos mínimos para acceder a las ayudas (ecocondicionalidad).



Más complicada es la intervención en cárcavas, pero también se han descrito diferentes soluciones basadas en la naturaleza para su corrección, como pueda ser la formación de albaradas y fajinas, la revegetación de su microcuenca de recepción o la introducción de elementos leñosos y piedras para disminuir los picos de caudal y reducir el arrastre de sedimentos. Además, están apareciendo soluciones técnicas y materiales que pueden contribuir, en combinación con soluciones naturales ligadas al manejo de cubiertas vegetales, a un control efectivo de la erosión laminar y la restauración de cárcavas. Este es el caso de mantas orgánicas de fibra de coco con mallas de propileno, al objeto de proteger al suelo del impacto de las gotas de lluvia y ralentizar la escorrentía inicial, biorrollos confeccionados también a partir de coco para que funcionen como diques permeables, gaviones flexibles con mallas de poliéster llenas de piedras y empalizadas (Sierra, González, Pozo et al., 2021).

Adicionalmente, la aplicación de restos compostados de la materia vegetal desechada en las almazaras, una vez extraído el aceite, se ha comprobado también como un remedio efectivo para mejorar el contenido orgánico de los suelos de olivar. En definitiva, la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN), incluyendo cubiertas vegetales, añadiendo restos de poda triturada y abonos procedentes del tratamiento de los residuos, a modo de enmienda, se traduce en mejores balances hídricos y de nutrientes, con un incremento considerable de carbono y nitrógeno respecto a los olivares manejados convencionalmente (Ruiz-Cátedra et al., 2025). Este tipo de prácticas, por tanto, se alinean perfectamente con los objetivos generales de la Unión Europea para la mejora de la salud del suelo, contribuyendo al logro de mantener la sostenibilidad ambiental de los olivares en el largo plazo. En todo caso, un seguimiento pormenorizado, pero al mismo tiempo simplificado, de los resultados en cada caso concreto permitiría ajustar mejor las ayudas y maximizar los objetivos perseguidos (Villanueva et al, 2024; Colombo et al., 2024). En un mismo orden de intenciones habría que situar al fomento de los métodos de producción integrada y ecológica, entendiendo que la primera, más generalizada en estos momentos, podría servir de antesala para los logros más ambiciosos que se pueden obtener con la segunda.

En el ámbito de los suelos artificializados también existe una amplia gama de prácticas que persiguen la implantación de sistemas de drenaje capaces de evitar los picos de concentración de las escorrentías que atraviesan los núcleos urbanos, planteando soluciones que incluyen la detención, ralentización, almacenamiento e infiltración (“cadena de gestión del agua”). En ese sentido, es de obligada consulta en la planificación de nuevos desarrollos urbanos o la remodelación de piezas consolidadas de la ciudad, la guía publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2019). Para el control en origen se recomiendan las cubiertas vegetales y los pavimentos permeables; mientras que para la ralentización y conducción del agua se tienen diferentes opciones de drenaje en calles, taludes y cunetas; en cuanto al almacenaje se cita aljibes, estanques, balsas, humedales o depósitos; finalmente, la infiltración se puede favorecer mediante un variado catálogo de posibilidades: alcorques, zanjas, pozos o parterres, entre ellos. Se trata, junto a las medidas anteriormente descritas para las zonas agrícolas, de ser más resilientes frente a la intensificación del ciclo hidrológico (agua por exceso y agua por defecto) asociado al cambio climático, de emplear a fondo las herramientas básicas (suelo, agua, vegetación) a escala territorial para hacer frente al panorama de desertificación en el que estamos instalados (Romero González, Camarasa Belmonte, 2025).

3.4.3. Identificación de experiencias y sinergias con proyectos en curso

Si la situación está cambiando es gracias, igualmente, al avance del conocimiento experimentado en los últimos años. En ese sentido, la realización de proyectos, especialmente los de alcance europeo, como los que ahora se van a comentar, está resultando determinante para facilitar la toma de decisiones, tanto en el ámbito político como a nivel de los agricultores, en última instancia responsables de implementar las innovaciones que se propugnan. De entre ellos, vamos a destacar alguno que nos parecen especialmente relevantes:

El consorcio *SUSTAINOLIVE*⁷, co-financiado en el programa *PRIMA*⁸, cuya finalidad es apoyar los sistemas agrarios y los recursos hídricos en la cuenca mediterránea, surge para hacer frente a la paradoja del reconocimiento de los beneficios saludables del consumo de aceite de oliva con el deterioro de los sistemas agrarios que lo producen. El reto que se marca es, en consecuencia, reconciliar prácticas que sean rentables y ambientalmente sostenibles. Para ello, ofrecen una serie de soluciones basadas en criterios agroecológicos que supongan un intercambio activo y efectivo de conocimiento entre los principales actores del sector, tales como los siguientes: manejo de cubiertas vegetales espontáneas o sembradas; integración de ganado en la gestión de las explotaciones oleícolas; incorporación al suelo de poda y residuos procedentes de la molturación de la aceituna; fertilización orgánica; introducción de elementos de diversificación del paisaje y uso sostenible del regadío. Este conjunto de temas y, muy especialmente, la gran colección de materiales para la divulgación de sus resultados, hacen de este proyecto una fuente imprescindible para acompañar la transición agroecológica en el olivar. En ese objetivo, por descontado, la recuperación de la salud del suelo juega un papel central. La reducción de las tasas de erosión se justifica, además, con estimaciones económicas de lo que supone, si no en producción de cosecha, sí en relación al incremento de las demandas de nutrientes y el coste que supondría reponer la pérdida de tierra. De acuerdo a los muestreos realizados durante el desarrollo del proyecto, en los olivares menos sostenibles se pueden cada año una media de 16,6 kg de nitrógeno orgánico por hectárea, “esto equivale a gastarse 40€ en 36 kg de urea cristalina y tirarlos por el desagüe”. Por su parte, “una tonelada de tierra para reponer las pérdidas de erosión está valorada en unos 55 €. Si un olivar pierde 12 toneladas por hectárea al año, el gasto de reponer el suelo perdido ascendería a 660 € anuales”. Finalmente, se apunta a la posible responsabilidad civil que se podría reclamar a los propietarios de fincas donde se originan escorrentías y deposiciones de sedimentos que afectan a infraestructuras públicas. Además de las posibilidades de enmienda del suelo a gran escala, a partir del compostaje del alpeorijo y el aporte de abonos orgánicos, el mantenimiento de cubiertas vegetales y la corrección o atenuación de cárcavas, se proponen también medidas correctoras como la implantación de vegetación de ribera en cursos de agua, la naturalización de espacios en fincas donde el cultivo no sea adecuado y la creación de nuevas lindes naturales entre fincas (Liétor Gallego, García Ruiz, 2022 y 2023).

*OLIVARES VIVOS*⁹, se enmarca en los proyectos LIFE¹⁰, un instrumento financiero alineado con objetivos climáticos y ambientales. Su labor ha consistido en poner en práctica medidas favorables para la recuperación de la biodiversidad. En ese sentido, la salud del suelo, si bien no es el objetivo prioritario, se convierte igualmente en elemento decisivo para conseguir el incremento de la fauna y la flora asociada a este agrosistema. Una vez certificada la recuperación, y se ha constatado la rapidez y eficacia con la que se puede conseguir cuando se siguen las acciones prescritas a quienes se adhieren, la finalidad es aumentar el valor del aceite producido mediante el empleo de una etiqueta que reconoce esos valores ambientales recuperados. Esta acción, es evidente, encaja con la filosofía del desarrollo rural, en tanto ofrece una materia prima ideal para ser comercializada por los propios productores, al objeto de acaparar así un mayor valor añadido.

*SOIL O-LIVE*¹¹, es un proyecto que, al igual que el anterior, también está en marcha en estos momentos. Financiado por el programa de investigación *Horizon Europe*¹², está evaluando el estado medioambiental de los suelos de olivar en las principales zonas productoras de Europa y Marruecos. El propósito es averiguar cómo afectan la contaminación y la degradación del suelo a los olivares, investigar la relación entre la salud del suelo y la calidad y seguridad del aceite de oliva, y aplicar enmiendas eficaces al suelo. En el terreno de la aplicación de los resultados de investigación obtenidos, trata de definir umbrales ecológicos para establecer

⁷ <https://sustainolive.eu/?lang=en>

⁸ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/prima_en

⁹ <https://www.olivaresvivos.com/>

¹⁰ https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en

¹¹ <https://soiolive.eu/>

¹² https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_en



Besando, abrazando el
Guadalquivir

la certificación de suelos sanos, otro elemento que puede resultar decisivo en los procesos de cualificación y diferenciación de los aceites de oliva.

En el contexto de la Misión Suelo de la Unión Europea¹³, a través de laboratorios vivos, en Andalucía está operando ya uno de ellos en el proyecto *LIVINGSOILL*¹⁴, que se extiende por cinco países y abarca diferentes cultivos leñosos (viñedo, olivar, castaño, avellano y manzano). Centrado exclusivamente en el olivar, el laboratorio andaluz pretende promover la salud del suelo mediante la reducción de la erosión, la mejora de su estructura, el descenso del impacto de un uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, y el incremento de la reserva hídrica y de la biodiversidad edáfica. El proyecto se fundamenta en la implicación conjunta de los agricultores, expertos en la materia, investigadores, asesores técnicos, gobiernos y comunidades locales. Se pretende, al fin, co-crear, co-implementar y co-testar soluciones innovadoras para conservar y restaurar la salud de los suelos y, para ello, se incluyen fincas demostrativas y sitios experimentales facilitadas por los asociados al proyecto.

BRACHYCOVER - “Quantifying the impact of Climate Change on the implementation and functionality of groundcovers in olive groves, rasgos funcionales¹⁵”, forma parte de los Proyectos Estratégicos Orientados a la Transición Ecológica y a la Transición Digital, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023. Su planteamiento general es que el mantenimiento de la cubierta vegetal es una práctica de manejo que ha demostrado ser eficiente para reducir la pérdida de suelo y nutrientes al mejorar la estructura del suelo y aumentar la infiltración. Sin embargo, existe una falta de conocimiento del impacto del cambio climático en la implementación y desempeño de las cubiertas vegetales en las tierras de cultivo; en definitiva, que aún no sabemos si el cambio climático puede limitar la eficacia de las cubiertas vegetales a medio plazo con fines de restauración, pues ninguna investigación anterior ha cuantificado el impacto del cambio climático en la implementación y las funciones de la cobertura vegetal para cualquier cultivo leñoso. Por consiguiente, se propone la realización de experimentos de campo, invernadero y cámaras de crecimiento controlado, junto con modelos agronómicos y de población de crecimiento ecológicos de última generación, para realizar la primera evaluación empírica del impacto combinado del aumento de la temperatura, el estrés hídrico y la elevación del CO₂ en la implantación y funcionalidad de cubiertas vegetales en olivares mediterráneos.

*ABSORCABOLIVO*¹⁶, es un Grupo Operativo formado por la Universidad de Jaén, el Grupo Consule, la Fundación El Común de Segura y la SCA Santa Teresa de Beas de Segura, que está desarrollando un método para facilitar la venta de créditos de carbono en olivares tradicionales, previa certificación de la cantidad de dióxido de carbono que el suelo de los olivares puede retirar de la atmósfera. El proyecto contempla la realización de buenas prácticas agronómicas alineadas con la carbonocultura. La propuesta también pretende demostrar que la monetización de los créditos agrícolas del olivar tradicional puede ser una herramienta eficaz contra la despoblación y el reto demográfico que afecta a amplias zonas rurales de Andalucía.

En el marco del Centro de Innovación Territorial de la Provincia de Jaén, cofinanciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Diputación Provincial de Jaén, que prevé un importante paquete de iniciativas para la dinamización de las zonas rurales, se está ultimando el PROYECTO COMPETIOLIVAR¹⁷. Se trata de una estrategia que pretende extender soluciones ya disponibles para la recuperación de la biodiversidad, el control de la erosión y la enmienda del suelo (generación de biochar y compost de alpeorubo) y técnicas dirigidas a mejorar la capacidad de infiltración del suelo (hidroinfiltradores). Se han previsto actividades de capacitación y sesiones demostrativas para que los agricultores puedan

¹³ <https://mission-soil-platform.ec.europa.eu/living-labs>

¹⁴ <https://livingsoill.eu/>

¹⁵ <https://investigacion.ujaen.es/proyectos/868658/detalle>

¹⁶ https://intellfoo.ujaen.es/?page_id=901

¹⁷ “Mejora de la competitividad y sostenibilidad ambiental del olivar tradicional de la comarca de Segura”. <https://cit.dipujaen.es/competiolivar/>



extender este conjunto de buenas prácticas relacionadas con la recuperación de la salud del suelo, utilizando la estructura cooperativa como palanca para su expansión por proximidad.



3.4.4. Desarrollo de medidas para la protección de cauces menores en zonas de cultivo intensivo de olivar

Como ya se han explicado en otro momento, nos limitamos ahora a presentar algunas ilustraciones relacionadas con los medios disponibles para atajar el problema de las cárcavas: mantas orgánicas, biorrollos y gaviones flexibles para la corrección de cárcavas.



Fuente: <https://www.controlerosion.es/productos-para-el-control-de-la-erosion-en-olivar>

3.4.5. Presentación de escenarios futuros basados en estas acciones

De acuerdo con el conocimiento consolidado, y en fase de transferencia generalizable por el territorio, como hemos visto en alguno de los proyectos que están en marcha en la actualidad, el efecto combinado de diferentes soluciones basada en la naturaleza, adaptadas a la casuística de la problemática de cada caso, es la manera de remediar la erosión que supera la capacidad de regeneración del suelo, que no solo se traduce en una pérdida de rentabilidad de las explotaciones, sino también en el aterramiento de embalses, el empeoramiento del desempeño hídrico y biológico de los agrosistemas y el riesgo de inundación o el deterioro de infraestructuras como carreteras y caminos rurales.

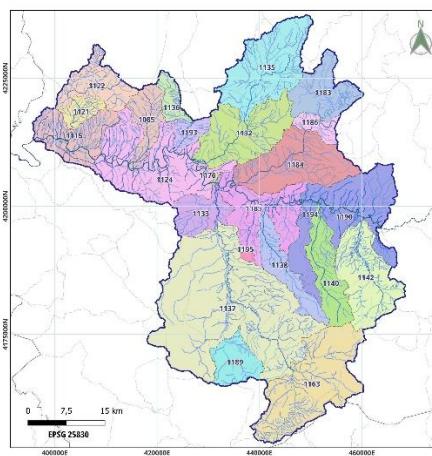
En la tabla 9 se presentan las subcuencas hidrográficas estudiadas según la intensidad y gravedad de la erosión. Esta información podría servir de guía para establecer prioridades de intervención en concienciación, formación y estímulo para la adopción de buenas prácticas de conservación de suelos. Aunque hemos puesto el acento en los suelos de olivar, también existen cuencas con una presencia de terrenos forestales donde sería interesante intervenir, sobre todo si han sido afectadas por incendios forestales. Para ello están disponibles diferentes técnicas de restauración hidrológico-forestal basadas en la naturaleza, combinadas, en los casos más agudos, con obra civil: albaradas, fajinas, muros de contención o aterrazamientos; y todo ello sin olvidar la repoblación forestal.

Tabla 9
Erosión potencial por subcuencas hidrográficas en cifras absolutas y porcentuales

ID	Área (ha)	Olivar (ha)	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	EP7	EP8	EP9	PAS	EP_10
1085	6.613,8	2.584,1	215,8	481,4	901,7	1.344,3	1.821,9	1.461,8	372,7	0,2	12,6	500.785,6	89,5
1115	11.272,9	3.195,0	803,3	834,4	1.322,5	1.026,7	2.032,8	2.990,2	1.589,1	180,4	485,5	988.721,7	85,5
1121	3.369,7	39,2	0,6	6,4	94,1	196,9	424,7	1.012,0	1.583,8	36,8	14,5	509.496,8	99,8
1122	9.518,7	3,4	72,5	74,1	436,9	1.098,1	1.986,2	2.986,3	2.766,1	26,1	60,8	1.199.681,2	98,5
1124	25.430,2	18.222,8	1.304,0	2.646,3	4.721,8	4.251,4	5.791,5	4.465,5	1.450,2	149,3	643,0	1.659.396,6	84,5
1132	16.967,0	10.863,3	163,2	1.223,5	4.852,1	4.204,4	3.201,5	1.359,5	411,7	45,5	1.504,1	778.540,0	91,8
1133	7.305,3	3.766,2	124,0	434,5	1.280,2	1.528,1	1.928,5	1.472,9	403,7	6,5	124,5	529.582,6	92,4
1135	19.890,4	10.016,1	188,1	1.352,5	4.418,9	4.411,5	4.710,8	3.207,7	935,6	12,0	635,3	1.274.970,7	92,3
1136	3.457,5	410,9	0,8	28,2	333,7	668,2	1.065,4	1.072,3	257,6	0,0	25,5	323.387,2	99,2
1137	59.935,7	33.460,5	197,0	906,9	4.059,7	6.638,6	10.197,9	12.789,5	22.313,4	23,6	2.793,1	7.473.229,0	98,2
1138	8.539,4	4.510,1	26,0	177,9	1.024,4	1.747,0	2.330,3	2.120,9	971,6	42,7	98,8	772.061,6	97,6
1140	10.348,9	5.379,1	28,4	107,3	526,7	1.141,1	2.491,3	3.092,0	2.892,7	18,3	51,1	1.282.076,6	98,7
1142	16.892,8	8.685,3	6,7	83,8	611,0	1.826,5	3.368,6	4.354,1	6.510,5	9,9	114,6	2.287.697,0	99,5
1163	26.252,1	9.846,1	7,9	27,6	300,9	931,6	3.125,9	7.184,7	14.394,1	7,2	252,3	4.231.390,5	99,9
1176	217,8	16,4	13,8	7,0	19,6	56,6	73,9	30,9	1,9	9,2	4,8	13.116,8	90,5
1183	10.584,5	5.016,6	170,2	725,6	2.080,7	2.062,6	2.275,9	1.795,5	1.149,1	15,7	299,1	789.458,8	91,5
1184	18.592,7	15.111,8	933,7	1.878,0	2.457,5	3.190,0	4.921,6	3.526,9	1.104,6	42,5	535,1	1.298.129,4	84,9
1185	15.022,4	11.671,2	617,5	1.960,3	3.164,7	3.305,2	3.287,8	1.976,7	494,3	73,1	142,7	837.527,0	82,8
1186	3.044,7	2.463,5	119,9	209,8	478,9	449,5	788,4	738,5	219,7	15,7	21,9	240.944,0	89,2
1189	7.173,0	1.094,1	0,9	3,6	31,0	169,4	483,0	1.142,9	5.329,4	3,1	6,0	1.280.453,7	99,9
1190	23.010,1	20.176,8	281,8	1.324,4	2.649,7	4.079,2	6.025,4	5.367,0	2.785,4	77,0	408,8	2.024.001,0	93,0
1193	3.291,9	1.706,4	37,5	79,3	626,1	869,6	1.009,9	477,8	70,9	0,0	119,8	205.834,1	96,5
1194	19,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	0,0	1,1	99,5
1195	441,7	153,6	1,3	13,2	117,4	164,3	97,7	36,9	10,9	0,0	0,0	23.358,6	96,7
Total	307.192,0	168.392,4	5.314,8	14.585,7	36.510,2	45.360,6	63.440,7	64.662,4	68.019,0	813,3	8.353,7	30.523.841,5	

ID	Área.	% Olivar	% EP1	% EP2	% EP3	% EP4	% EP5	% EP6	% EP7	% EP8	% EP9	PASME
1085	6.613,8	39,1	3,3	7,3	13,6	20,3	27,5	22,1	5,6	0,0	0,2	75,7
1115	11.272,9	28,3	7,1	7,4	11,7	9,1	18,0	26,5	14,1	1,6	4,3	87,7
1121	3.369,7	1,2	0,0	0,2	2,8	5,8	12,6	30,0	47,0	1,1	0,4	151,2
1122	9.518,7	0,0	0,8	0,8	4,6	11,5	20,9	31,4	29,1	0,3	0,6	126,0
1124	25.430,2	71,7	5,1	10,4	18,6	16,7	22,8	17,6	5,7	0,6	2,5	65,3
1132	16.967,0	64,0	1,0	7,2	28,6	24,8	18,9	8,0	2,4	0,3	8,9	45,9
1133	7.305,3	51,6	1,7	5,9	17,5	20,9	26,4	20,2	5,5	0,1	1,7	72,5
1135	19.890,4	50,4	0,9	6,8	22,2	22,2	23,7	16,1	4,7	0,1	3,2	64,1
1136	3.457,5	11,9	0,0	0,8	9,7	19,3	30,8	31,0	7,5	0,0	0,7	93,5
1137	59.935,7	55,8	0,3	1,5	6,8	11,1	17,0	21,3	37,2	0,0	4,7	124,7
1138	8.539,4	52,8	0,3	2,1	12,0	20,5	27,3	24,8	11,4	0,5	1,2	90,4
1140	10.348,9	52,0	0,3	1,0	5,1	11,0	24,1	29,9	28,0	0,2	0,5	123,9
1142	16.892,8	51,4	0,0	0,5	3,6	10,8	19,9	25,8	38,5	0,1	0,7	135,4
1163	26.252,1	37,5	0,0	0,1	1,1	3,5	11,9	27,4	54,8	0,0	1,0	161,2
1176	217,8	7,5	6,3	3,2	9,0	26,0	33,9	14,2	0,9	4,2	2,2	60,2
1183	10.584,5	47,4	1,6	6,9	19,7	19,5	21,5	17,0	10,9	0,1	2,8	74,6
1184	18.592,7	81,3	5,0	10,1	13,2	17,2	26,5	19,0	5,9	0,2	2,9	69,8
1185	15.022,4	77,7	4,1	13,0	21,1	22,0	21,9	13,2	3,3	0,5	1,0	55,8
1186	3.044,7	80,9	3,9	6,9	15,7	14,8	25,9	24,3	7,2	0,5	0,7	79,1
1189	7.173,0	15,3	0,0	0,0	0,4	2,4	6,7	15,9	74,3	0,0	0,1	178,5
1190	23.010,1	87,7	1,2	5,8	11,5	17,7	26,2	23,3	12,1	0,3	1,8	88,0
1193	3291,9	51,8	1,1	2,4	19,0	26,4	30,7	14,5	2,2	0,0	3,6	62,5
1194	19,0	0,0	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3	0,0	0,1
1195	441,7	34,8	0,3	3,0	26,6	37,2	22,1	8,4	2,5	0,0	0,0	52,9
Total	307.192,0	54,8	1,7	4,7	11,9	14,8	20,7	21,0	22,1	0,3	2,7	99,4

Claves de la tabla	
ID	Identificador de la cuenca
Área	Superficie de la cuenca en ha
Olivar	Superficie de olivar declarado en ha
EP1	Superficie con erosión potencial ≤ 5 t/ha·año
EP2	Superficie con erosión potencial > 5 y ≤ 10 t/ha·año
EP3	Superficie con erosión potencial > 10 y ≤ 25 t/ha·año
EP4	Superficie con erosión potencial > 25 y ≤ 50 t/ha·año
EP5	Superficie con erosión potencial > 50 y ≤ 100 t/ha·año
EP6	Superficie con erosión potencial > 100 y ≤ 200 t/ha·año
EP7	Superficie con erosión potencial > 200 t/ha·año
EP8	Láminas de agua superficiales y humedales
EP9	Superficies artificiales
PAS	Pérdida anual de suelo en t/año
EP10	Porcentaje de superficie con erosión menor o igual de 10 t/ha·año
PASM	Pérdida media anual de suelo en t/ha·año



Subcuenca hidrográfica

Fuente: C.H.G.

Fuente: Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-nacional-erosion-suelos/ines_caracteristicas_generales.html

3.5. INDICADORES Y EVALUACIÓN

3.5.1. Análisis de indicadores clave: producción ecológica, producción integrada

3.5.2. Evaluación del porcentaje de variación en la producción tradicional e intensiva

En la tabla 10 se presentan las cifras, distribuidas por subcuencas hidrográficas, que pueden servir para efectuar un seguimiento de la respuesta de los agricultores a los estímulos para la introducción de métodos compatibles con la conservación del suelo del olivar. Como hemos indicado anteriormente, la acogida a los eco-regímenes (especialmente el de agricultura de carbono, no tanto en el caso de la creación de espacios de biodiversidad) ha sido muy alta y, sobre esta base, cabe profundizar y generalizar los requerimientos establecidos para mantener cubiertas vegetales. En cuanto a las producciones no convencionales (integrada y ecológica), el margen de mejora es muy significativo, sobre todo en el segundo caso. Esto dicho, no cabe duda de que su avance obligará a superar importantes limitaciones actuales, como puedan ser el tamaño de la parcela, la formación de los responsables de la explotación, el alcance de las ayudas públicas o la difusión del conocimiento y la capacitación necesarias para transitar hasta esta forma de producción.

Tabla 10

Indicadores clave para el seguimiento de la mitigación de la erosión y la inundación asociadas a un manejo inadecuado de los suelos de olivar a partir de 2024 (superficies expresadas en hectáreas)

ID	Nombre de la cuenca	Superficie	Olivar	Eco-régimen	Producción Integrada	Olivar ecológico
1085	Arroyo Escobar	6.613,8	2.584,1	2.349,0	227,2	54,3
1115	Embalse de Marmolejo	11.272,9	3.195,0	2.818,0	176,0	49,5
1121	Río Jándula aguas abajo de la Loma de las Buenas Hierbas	3.369,7	39,2	39,0	8,3	25,8
1122	Río Jándula aguas abajo de la presa de Encinarejo hasta la Loma de las Buenas Hierbas	9.518,7	3,4	3,0	1,9	0,0
1124	Río Guadalquivir aguas abajo de la presa de Mengíbar hasta el embalse de Marmolejo	25.430,2	18.222,8	15.205,0	1.014,5	687,0
1132	Río Guadiel y afluentes aguas abajo del Arroyo de la Muela	16.967,0	10.863,3	9.978,0	1.957,8	578,3
1133	Río Guadalbullón desde las Infantas hasta el embalse de Mengíbar	7.305,3	3.766,2	3.031,0	381,7	178,9
1135	Río Guadiel y afluentes hasta el arroyo de la Muela	19.890,4	10.016,1	8.934,0	1.059,4	409,8
1136	Arroyo de la Fresneda	3.457,5	410,9	.411,0	224,6	44,5
1137	Río Guadalbullón hasta las Infantas	59.935,7	33.460,5	31.701,0	7.082,1	1.230,9
1138	Arroyo del Salado	8.539,4	4.510,1	4.297,0	570,3	106,8
1140	Río Torres	10.348,9	5.379,1	5.132,0	580,4	37,8
1142	Río Bedmar	16.892,8	8.685,3	8.431,0	3.221,9	48,3
1163	Río Cambil y Barranco del Toro	26.252,1	9.846,1	9.390,0	304,4	188,9
1176	Embalse de Mengíbar	217,8	16,4	10,0	0,0	0,0
1183	Ríos Guadalén y Guarizas aguas abajo de las presas de Guadalén y Fernandina	10.584,5	5.016,6	4.749,0	806,5	377,2
1184	Río Guadalimar desde el arroyo Fuente Álamo hasta al embalse de Mengíbar	18.592,7	15.111,8	13.684,0	4.394,8	211,8
1185	Río Guadalquivir desde Sotogordo hasta el embalse de Mengíbar	15.022,4	11.671,2	10.398,0	1.933,2	402,1
1186	Río Guadalimar desde la presa de Giribaile hasta el arroyo Fuente Álamo	3.044,7	2.463,5	2.158,0	797,5	19,0
1189	Río Quiebrajano	7.173,0	1.094,1	1.093,0	306,5	1.03,0

1190	Río Guadalquivir desde la presa de Pedro Marín hasta Sotogordo	23.010,1	20.176,8	19.697,0	8.295,0	250,0
1193	Río Rumblar aguas abajo de Zocueca	3.291,9	1.706,4	1.607,0	244,3	81,8
1194	Laguna Grande	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1195	Balsa del Cádimo	441,7	153,6	154,0	33,5	69,5
TOTAL		307.192,0	168.392,4	155.269,0,4	33.621,8	5.155,1

No podemos perder de vista que en estos momentos hay también en marcha un proceso de expansión de los olivares superintensivos. En las figuras 89 y 90 se presentan ejemplos de cambios en los usos de suelo agrario que han conducido finalmente a la introducción de este tipo de olivares. Hay que decir, en este sentido, que se trata de localizaciones que prefieren las zonas llanas, pues no en vano están pensadas para mecanizar por completo las labores, especialmente de la recogida con grandes maquinas cabalgantes. En ese sentido, más que un riesgo de incremento de la erosión, habría que evaluar sus efectos socioambientales en un sentido amplio.

Figura 89

Evolución desde olivar tradicional a cultivos anuales y, finalmente, a olivar superintensivo en Andújar

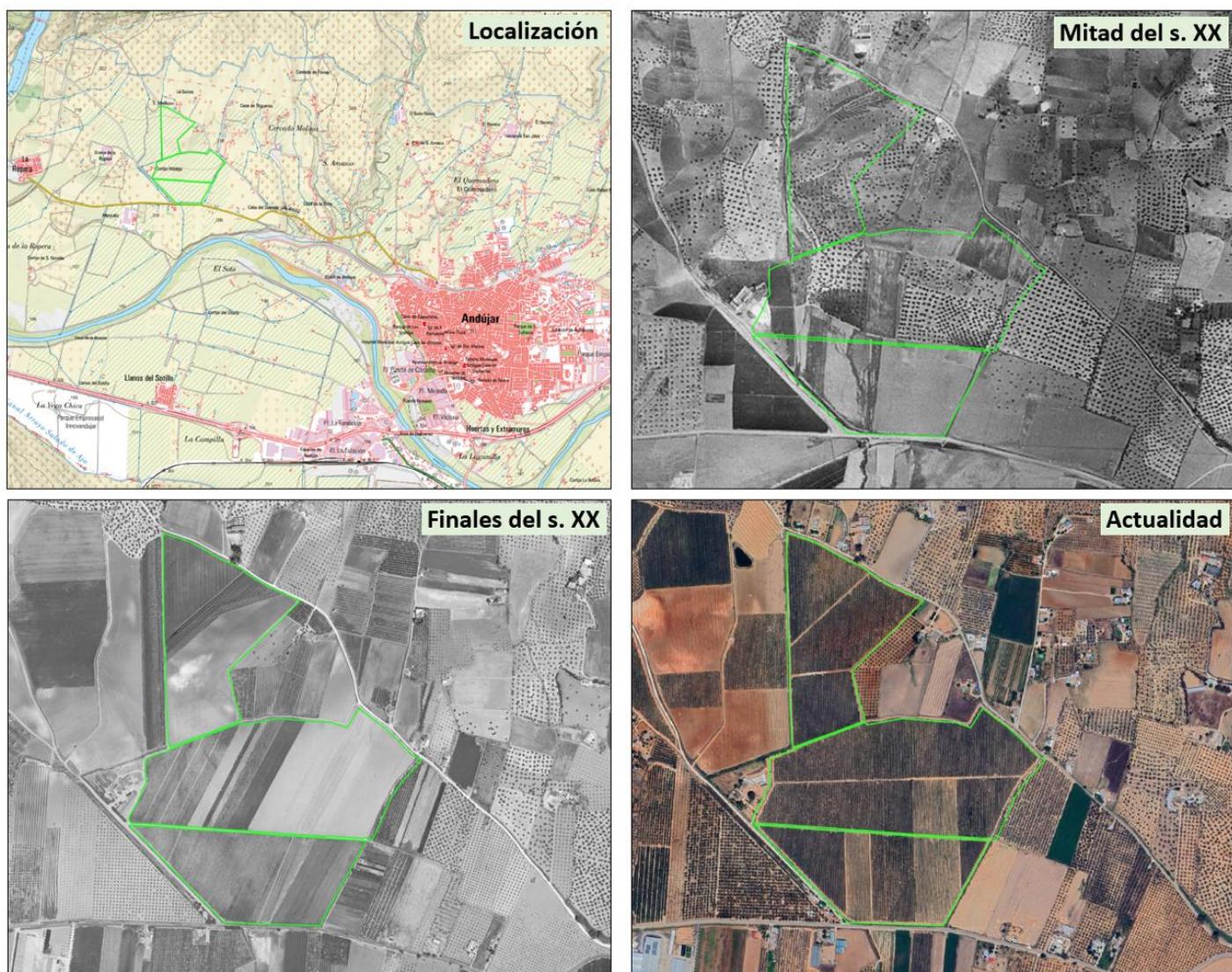
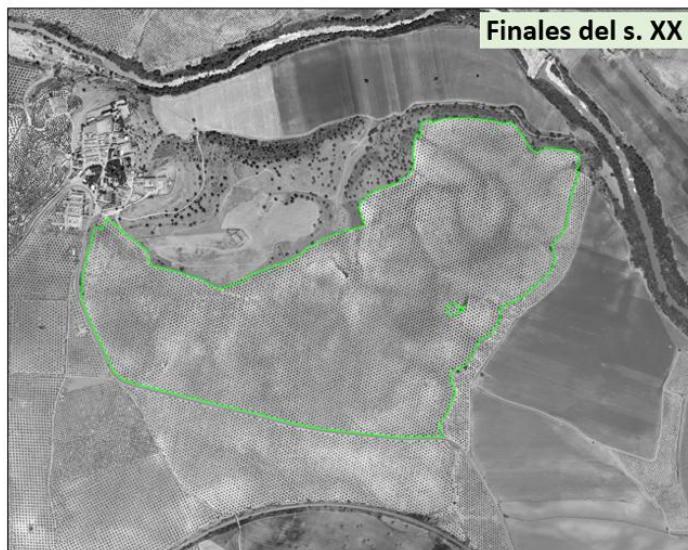
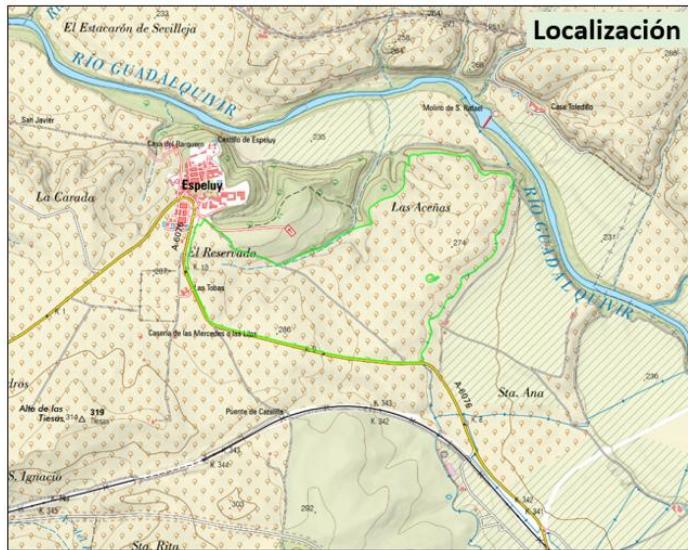


Figura 90

Evolución desde dehesa a olivar tradicional y después a olivar superintensivo en Espeluy



4. CONCLUSIONES

1. Este trabajo se enmarca en el proyecto Parque Fluvial Orgánico de Andújar, Río Guadalquivir: Besando, Abrazando el Guadalquivir. El propósito del presente estudio técnico es identificar, diagnosticar y proponer soluciones sostenibles para mitigar los impactos de la erosión en la Cuenca del Guadalquivir, más concretamente en la zona que hemos definido como área de incidencia de inundación fluvial en el entorno de la ciudad de Andújar, que comprende 24 subcuenca de esta demarcación fluvial y ocupan territorios de las tres grandes unidades fisiográficas presentes en la provincia de Jaén: Sierra Morena, campiñas y serranías subbéticas. El territorio seleccionado cubre 307.192,92 hectáreas y cuenta con una importante masa de olivar, un cultivo especialmente sensible para la correcta gestión de los suelos agrícolas, origen de la erosión y el riesgo de inundación presentes en la zona. El tramo del río Guadalquivir al que vierten los afluentes de estas subcuenca es el comprendido entre los embalses de Pedro Marín y Marmolejo. Hay que señalar que esta delimitación es coincidente con la realizada en estudios previos relativos a las inundaciones periódicas observadas en el municipio de Andújar (López-Gómez, Blas Moncalvillo, Cuéllar-Moro, 2023). En este trayecto el Guadalquivir salva un desnivel de 129 metros (320 msnm en el embalse de Pedro Marín y 191 msnm en el de Marmolejo) a lo largo de 119 km, que se desglosan en dos subtramos prácticamente idénticos en longitud tomando como referencia la presa de Mengíbar.

2. El análisis de la totalidad del territorio ha consistido en la presentación de datos cuantitativos y localización geográfica precisa de diferentes variables físicas, que han permitido una caracterización detallada de la geomorfología, la hidrografía, el clima, la edafología, los usos del suelo y los paisajes naturales. En un segundo momento se ha procedido a estimar las tasas de erosión, cuestión relacionada con la capacidad de uso de los suelos y su artificialización o destino a usos agrícolas. El balance general es que casi un 42% del territorio tiene una erosión media correspondiente al período 1992-2021 superior a 12 t/ha·año, un dato esclarecedor del alto riesgo de desertificación que afronta esta porción de la geografía jiennense. Esta cifra media, no obstante, esconde importantes desviaciones.

3. En diferentes estudios realizados por organismos públicos se llega a un diagnóstico similar, en gran medida derivada de la principal fuente que ofrece datos sobre esta cuestión, que es la Red de Información Ambiental de Andalucía. Este es el caso del trabajo ya mencionado de López-Gómez, Blas Moncalvillo, Cuéllar-Moro (2023), que calculan una tasa de erosión media del área estudiada de 48,76 t/ha·año. Por su parte, el Inventario Nacional de Suelos, en su actualización de 2022, incluye un número de intervalos a la hora de cuantificar la erosión laminar y, en ese sentido, destaca que más del 75% de la superficie tiene potencial erosivo superior a 5 t/ha·año, un dato muy importante al considerarse por diferentes autores que se trata del umbral a partir del cual la pérdida por erosión no puede ser compensada por la capacidad para generar suelo en las condiciones físicas y biológicas de estas zonas.

4. De acuerdo con la información suministrada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, más de diecisésis kilómetros de tramo fluvial en los términos de Marmolejo y Andújar tienen riesgo de inundación, en parte como consecuencia de la elevación del nivel del río por la acumulación de sedimentos propiciada por la presa de Marmolejo, pero también a consecuencia de localizaciones de infraestructura construida en lugares inadecuados.

5. A la hora de identificar las causas de las elevadas tasas de erosión potencial a las que antes nos hemos referido, el primer lugar lo ocupa la inadecuada gestión de suelos agrícolas plantados de cultivos leñosos. El olivar ocupa 168.392,38 hectáreas, esto es, casi el 55% de la superficie total del ámbito de estudio y, de largo, la ocupación agrícola más destacada en términos superficiales, socioeconómicos y medioambientales. De manera sintética, cabe destacar que en este caso también la erosión está muy por encima de las tasas de renovación natural del suelo. Esto es consecuencia, sobre todo, de la ocupación de suelos con una capacidad

de uso agrícola moderada o marginal. A la combinación de pendientes elevadas, litologías blandas y una elevada capacidad de erosión pluvial, se suma un manejo inadecuado de la vegetación espontánea y el propio suelo. Este último factor es, por tanto, la clave más importante para entender y, en su caso, remediar la situación actual, traducida en un incremento de la erosión laminar y en regueros tanto como por la aparición de cárcavas y barrancos activos. Diferentes estudios científicos y documentos oficiales han insistido en la gravedad del asunto. En cuanto a su origen, podemos encontrarlo en los estímulos productivistas impulsados por la Política Agrícola Común establecida hasta hace unos años, instrumento fundamental de conformación del monocultivo surgido. En ese sentido, los sistemas de no laboreo y siega química de la vegetación espontánea se generalizaron y llegaron a simbolizar la imagen de una explotación eficiente. El mantenimiento de suelos desnudos durante todo el año, sin embargo, no hizo sino desencadenar la problemática a la que nos estamos refiriendo.

6. Las versiones más recientes de la PAC y, en particular, las obligaciones introducidas para el cobro de las ayudas a la renta (ecocondicionalidad reforzada) y la introducción de eco-regímenes, que han sido muy bien acogidos por los agricultores, especialmente en el caso de mantenimiento de cubiertas vegetales, permite detectar la apertura de una fase mucho más responsable en la gestión de los recursos naturales. En nuestra opinión, el olivar se encuentra en un momento de transición hacia formas de producción que aborden los problemas de sostenibilidad ambiental, social y económica que padecen una parte importante de las explotaciones, sobre todo aquellas que hemos denominado vulnerables (en todos los casos con una pendiente superior al 15% en secano o al 20% independientemente del régimen de cultivo). Cuestiones como la obligación de elaborar informes de sostenibilidad, pero también de aprovechar oportunidades ligadas a la certificación de créditos de carbono o de naturaleza, de incrementar los métodos de producción integrada o ecológica, son opciones que pueden contribuir de manera decisiva a abordar con éxito esta situación de encrucijada.

7. Un tercer escalón del análisis ha sido explicitar los lugares de mayor riesgo de descarga desbordante de precipitaciones en el entorno de Andújar y las características de los olivares que se encuentran al norte y al sur del cauce principal en su término municipal. En ese sentido, el contacto del valle con las campiñas alomadas al sur del río serían lugares de intervención prioritaria, al ser muy numerosos los recintos de olivar con tasas de erosión por encima de 12 t/ha·año. Por su parte, cuatro tramos del río Guadalquivir en Andújar presentan condiciones para la acumulación de descargas de sedimentos por lluvias excepcionales, y en ellas debería priorizarse acciones de mitigación de las crecidas del río, en especial la recuperación del bosque de ribera: Huerta de los Santos, Molino de las Aceñas, Cortijo de La Rotura y un tramo amplio aguas abajo del Puente Romano.

8. En relación a las medidas de mitigación, la manera más eficiente de luchar contra la erosión es la profundización y generalización de diferentes Soluciones Basadas en la Naturaleza, como es el caso de la recuperación de los ecosistemas riparios y el manejo de cubiertas vegetales en el cultivo de leñosos. Es precisamente esa finalidad la que persigue el eco-régimen de agricultura de carbono al que antes nos hemos referido. Otras prácticas estimuladas por las políticas públicas son la promoción de prácticas ecológicas y la aplicación de enmiendas orgánicas a partir de compostaje de alpeorujo, biochar procedente de pirólisis de orujo o digestato procedente de plantas de biometanización. Además de estas labores para la recuperación de la salud del suelo, se dispone de un interesante repertorio de soluciones para atajar de manera efectiva el impacto de la erosión laminar, la formación de regueros y el avance de barrancos y cárcavas: mantas orgánicas, biorrollos, gaviones flexibles y empalizadas de materiales biodegradables. En los ámbitos urbanos y otros suelos artificiales y sellados (carreteras, cunetas, plantas solares, etc.), existe también una amplia gama de soluciones destinadas a reducir la velocidad y concentración de las precipitaciones, igualmente inspiradas en el funcionamiento de la naturaleza. Este es el caso también de los terrenos forestales más expuestos a la erosión, a partir de técnicas de restauración hidrológico-forestal basadas en la naturaleza, combinadas, en los



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

casos más agudos, con obra civil: albaradas, fajinas, muros de contención o aterrazamientos; y todo ello sin olvidar la repoblación forestal.

9. Un hecho decisivo para la transición hacia suelos saludables, con tasas de erosión sostenibles, es el significativo avance del conocimiento científico, su transferencia a la sociedad y la creación de espacios que permitan la innovación compartida entre científicos, responsables políticos, agricultores y otros actores territoriales. Proyectos como SUSTAINOLIVE, OLIVARES VIVOS, SOIL O-LIVE, ABSORBACOLIVO y COMPETIOLIVAR son ejemplos de que la recuperación de la salud del suelo se ha convertido en una prioridad y que es posible revertir las dinámicas y tendencias que hasta ahora han imperado.

10. En el medio plazo, los principales indicadores de resultados positivos son la generalización y, en su caso, la profundización de la aplicación de los eco-regímenes, así como la superficie dedicada a producción integrada y ecológica. Hay que señalar, no obstante, algunos cambios y tendencias en los usos del suelo que convendrá seguir atentamente: por un lado, la reducción de suelo agrícola para otros fines que implican el sellado del suelo; por otro, la reconversión de olivares tradicionales, e incluso intensivos, en superintensivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias-Navarro, C., Baritz, R. y Jones, A. (2024, eds.). *The state of soils in Europe. Fully evidenced, spatially organized assessment of the pressures driving soil degradation*. European Environmental Agency. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f96158b-901f-11ef-a130-01aa75ed71a1/language-en>

Bardaji Azcárate, I., Aguilera Fernández, E., Blanco Gutiérrez, I., et al. (2024). Sostenibilidad del sector agroalimentario español: la importancia de la medición. *Papeles de Economía Española*, 179, 56.74.

Bateman, I. J., Balmford, B. (2018). Public funding for public goods: a post-Brexit perspective on principles for agricultural policy. *Land Use Policy*, 79, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.022>

Birkeland, P.W. (1999). *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press. NY. 430 pp.

Bohórquez P., Aranda V., Calero J., García-García F., Ruiz-Ortiz P.A., Fernández T., Salazar C. (2014). Floods in the Guadalquivir River (Southern Spain). *Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, River Flow 2014*, pp. 1711 – 1719. https://www.researchgate.net/profile/Patricio-Bohórquez/publication/265379512_Floods_in_the_Guadalquivir_river_Southern_Spain/links/540af0460cf2df04e7492fa2/Floods-in-the-Guadalquivir-river-Southern-Spain.pdf

Bohórquez P., Pérez-Latorre F.J., González-Planet I.C., Jiménez-Melero R., Parra G. (2022). GPU simulation of flood and erosion risk mitigation strategies in olive-grove basins. *River Flow - Proceedings of the 11th Conference on Fluvial Hydraulics*, pp. 975 – 983. DOI: 10.1201/9781003323037-131

Bohórquez P., Perez-Latorre F.J., Jimenez-Melero R., Parra-Anguita G. (2022). A Computational Approach to Mitigate Floods and Soil Erosion in Olive Orchard Catchments Through Nature-Based Solutions. *Proceedings of the IAHR World Congress*, pp. 6591 – 6600. DOI: 10.3850/IAHR-39WC2521716X20221053

Bohórquez, P., Pérez-Latorre, F. J., González-Planet, I., Jiménez-Melero, R., & Parra, G. (2023). Nature-based solutions for flood mitigation and soil conservation in a steep-slope olive-orchard catchment (Arquillos, SE Spain). *Applied Sciences*, 13, 2882. <https://doi.org/10.3390/app13052882>

Calero, J., Sánchez-Gómez, M., Fernández, T., Tovar, J.; García-Ruiz, R. (2019). Panorama de la erosión del olivar de Jaén: procesos, metodologías y significación económica y ambiental.

<https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/240818-Panorama-erosion-olivar-Jaen-procesos-metodologias-significacion-economica-ambiental.html>

Calero, J., Fernández, T., Moya, F. (2024). Pedoclimatic and Landscape Conditions of the Spanish Olive Groves. In: Muñoz-Rojas, J., García-Ruiz, R. (eds) *The Olive Landscapes of the Mediterranean*. Landscape Series, vol 36. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57956-1_3

Chazarra Bernabé, A., Lorenzo Mariño, B., Romero Fresneda, R. & Moreno García, J. V. (2022). *Evolución de los climas de Köppen en España en el período 1951-2020*. Agencia Estatal de Meteorología. https://www.aemet.es/en/conocermos/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/NT_37_AEMET

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX (2015). *Modelación hidráulica de los ríos Guadalquivir y Jándula en el entorno urbano de Andújar (Jaén)*. Informe final.



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX (2021). *Estudio de la influencia de la presa de Marmolejo en la sedimentación del embalse y sobre la inundabilidad de Andújar*. Informe parcial.

Colombo, S., Castro-Rodríguez, J., Pérez-Pérez, D., Almagro, M. (2024). Analysis of the environmental and economic performance of common agricultural policy eco-schemes in soil organic carbon sequestration. *Ecological Economics*, 220, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108183>

Comisión Europea (2023). Las misiones de la UE, dos años después, evaluación de los avances y camino a seguir. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023DC0457>

Contreras, V., Otero, J. M. y González, R. (2017). *Guía para el ahorro económico en las explotaciones agrícolas mediante la adopción de buenas prácticas*. Granada. Diputación de Granada, Servicio de Medio Ambiente.

Contreras, V., Otero, J. M., González, R., Jiménez, C., Contreras, J. (2018). *Manual de buenas prácticas. Olivar sano y productivo. Suelo protegido, fertilización adecuada y control biológico de plagas*. Granada. Diputación de Granada, Servicio de Medio Ambiente.

Durán, V.H., Rodríguez, C.R., Arroyo, I., Martínez, A., Francia, J.R., Cárcel, B. (2009). Soil conservation measures in rainfed olive orchards in South-Eastern Spain: impacts of plant strips on soil water dynamics. *Pedosphere*, 19, 453-464.

Junta de Andalucía (1999). Clasificación del suelo de la provincia de Jaén desde el punto de vista agrario: clases agrológicas. Sevilla. Consejería de Agricultura y Pesca.

European Commission (2020). *Evaluation support study on the impact of the CAP on territorial development of rural areas: socioeconomic aspects. Final Report*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/08e60401-71a0-11eb-9ac9-01aa75ed71a1>

European Commission (2024). EU Missions Soils Deal for Europe. Social sciences, humanities and the arts in the EU Mission “A Soil Deal for Europe”. https://mission-soil-platform.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-01/2.%20Social%20sciences%2C%20humanities%2C%20and%20the%20arts%20in%20the%20EU%20Mission_0.pdf

Fendrich, A. N., Matthews, F., Van Eynde, E., Carozzi, M., Li, Z., d'Andrimont, R., Lugato, E., Martin, P., Ciais, P., Panagos, P. (2023). From regional to parcel scale: A high-resolution map of cover crops across Europe combining satellite data with statistical surveys. *Science of The Total Environment*, 873, 162300, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162300>.

Fernández, T., Pérez-García, J.L., Gómez-López, J.M., Cardenal, J., Calero, J., Sánchez-Gómez, M., Delgado, J., Tovar-Pescador, J., 2020. Multitemporal analysis of gully erosion in olive groves by means of digital elevation models obtained with aerial photogrammetric and LiDAR data. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9 (4): 260.

Gallego Barrera, A., García Ruiz, R., Henson, C., Mellado, E. (2021). *Manual de buenas prácticas en el olivar*. SUSTAINOLIVE (fundación PRIMA). Universidad de Jaén.

<https://inuouja.com/sostenibilidad/agroecologia-aplicada-al-olivar/>



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Garrido Almonacid, A., Sánchez Martínez, J. D., Parras Rosa, M. & Gómez Limón, J. A. (2024). La Política Agrícola Común (II): Ecorregímenes y ayuda asociada al olivar con dificultades productivas y alto valor medioambiental. En M. Parras Rosa (dir.): *Informe Anual de Coyuntura del Sector Oleícola 2024*. Jaén, Caja Rural de Jaén, pp. 169-196. <https://www.catedraaceitesdejaen.com/category/publicaciones-y-divulgacion/informes/>

Gómez, J. A. (2015). Procesos erosivos en el olivar en Andalucía a diferentes escalas: entendimiento, magnitud, implicaciones e intentos de control. <http://www.ingenieriadelaqua.com/2004/JIA/Jia2015/invitadas/invitada4.pdf>

Gómez, J. A., Battani, M., Renschler, C. S., Fereres, E. (2006). Evaluating the impact of soil loss in olive orchards. *Soil Use Management*, 19. 127-134. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2003.tb00292.x>

Gómez, J.A., Sobrinho, T.A., Giráldez, J.V. and Fereres, E. (2009). Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil & Tillage Research*, 102, 5–13.

Gómez D.L., Moncalvillo M.B., Sánchez Á.G. (2022). The Sedimentation In Marmolejo Reservoir. A Challenge For Sustainable Management. The Sedimentation In Marmolejo Reservoir. A Challenge For Sustainable Management. *Proceedings of the IAHR World Congress*, pp. 1213 - 1222, DOI: 10.3850/IAHR-39WC2521716X20221692

Gómez J.A., Infante-Amate J., de Molina M.G., Vanwalleghem T., Taguas E.V., Lorite I. (2014). Olive Cultivation, its Impact on Soil Erosion and its Progression into Yield Impacts in Southern Spain in the Past as a Key to a Future of Increasing Climate Uncertainty. *Agriculture*, 4 (2), pp. 170- 198, DOI: 10.3390/agriculture4020170.

Jiménez, M. N.; Castro-Rodríguez, J. & Navarro, F. B. (2023). The effects of farming system and soil management on floristic diversity in sloping olive groves. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 38, e15. doi:10.1017/S1742170523000091

Junta de Andalucía (s. f.). Capacidad de uso y erosión de los suelos en el valle central del río Guadalquivir. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/uso_suelo/352_381.pdf

Keestra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., Cerdá, A. (2018). The superior effect of nature-based solutions for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610, 997–1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>

Liétor Gallego, J. R., García Ruiz, R. (2022). *Recomendaciones para la transición ecológica del cultivo del olivar. Una guía sintetizada para olivicultores y políticos*. SUSTAINOLIVE (fundación PRIMA). Universidad de Jaén.

Liétor Gallego, J. R., García Ruiz, R. (2023). *Colección de fichas informativas. El olivar a conCIENCIA. Un repaso a los principales conceptos agroecológicos aplicados al olivar, con especial énfasis en los beneficios obtenidos de la aplicación de prácticas de manejo sostenible*. SUSTAINOLIVE (fundación PRIMA). Universidad de Jaén.

Lillemets, J., Fertő, I. y Viira, A-H. (2022). The socioeconomic impacts of the CAP: Systematic literature review. *Land Use Policy*, 114, 105968. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105968>

López Bermúdez, F. (2012). La erosión entre la naturaleza y el hombre. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6429092>



Besando, abrazando el
Guadalquivir

López-Cuervo, S. (1990). *La erosión de los suelos de Andalucía*. Congresos y Jornadas de Agricultura y Pesca. Sevilla.

López-Gómez, D., de Blas Moncalvillo, M., Cuéllar-Moro, V. (2024). Herramientas para la gestión sostenible de la sedimentación en el embalse de Marmolejo. *Ingeniería del Agua*, 28 (1). <https://doi.org/10.4995/ia.2024.20376>

Martínez-Núñez, C., Velado-Alonso, E., Avelino, J., Rey, P. J., ten Hoopen, G. M., Pe'er, G., Zou, Y., Liu, Y., Antwi-Agyei, P., Rusch, A., Staver, C., Priyadarshana, T. S., Sonwa, D. J., Buchori, D., Garibaldi, L. A., Concepción, E. D., Lewis, O. T., Perfecto, I., Bartomeus, I. (2025). Tailored policies for perennial woody crops are crucial to advance sustainable development. *Nature Sustainability* 8: 133-141. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01483-8>

Martínez-Valderrama, J. (2023). An Atlas of Desertification for Spain. *Agricultural & Rural Studies*, 1, 0012. <https://doi.org/10.59978/ar01020012>

Martínez-Valderrama, J., del Barrio, G., Sanjuán, M. E., Guirado E., Maestre, F. T. (2022). Desertification in Spain: a Sound Diagnosis without Solutions and New Scenarios. *Land*, 11 (2), 272. <https://doi.org/10.3390/land11020272>

Milazzo, F., Fernández, P., Peña, A., Vanwalleghem, T. (2022). The resilience of soil erosion rates under historical use changes in agroecosystems of Southern Spain. *Science of Total Environment*, 822, 153672. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153672>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-MAPA- (2022a). Real Decreto 1045/2022, de 27 de diciembre, sobre derechos de ayuda básica a la renta para la sostenibilidad de la Política Agrícola Común. *Boletín Oficial del Estado*, 312, 188338 a 188555.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-MAPA- (2022b). Real Decreto 1048/2022, de 27 de diciembre, sobre la aplicación, a partir de 2023, de las intervenciones en forma de pagos directos y el establecimiento de requisitos comunes en el marco del Plan Estratégico de la Política Agrícola Común, y la regulación de la solicitud única del sistema integrado de gestión y control. *Boletín Oficial del Estado*, 312, 188704 a 188836.

Ministerio de Medio Ambiente (2008). Inventario nacional erosión suelos 2002-201, Jaén. Dirección General de Biodiversidad. https://www.chsegura.es/export/sites/chs/.galleries/descargas_libros/0113.pdf

Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO (2022). *Estrategia nacional de lucha contra la desertificación*. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/lucha-contra-la-desertificacion/enld.html>

Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO (2019). *Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-503726.pdf

Muñoz-Rojas, J., García-Ruiz, R., Gallego, J.L. (2024). Olive Groves and Landscapes in the Mediterranean: Looking into the Future – Challenges, Opportunities, and Scenarios for More Sustainable Olive Landscapes Delivering Multiple Functions and Services. In: Muñoz-Rojas, J., García-Ruiz, R. (eds) *The Olive Landscapes of the Mediterranean*. Landscape Series, vol 36. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57956-1_60



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Nadal Romero, E., García-Ruiz, J. M. (2025). Market as a factor in soil erosion: the expansion of new and old crops into marginal Mediterranean lands. *Regional Environmental Change*, 25:16. <http://doi.org/10.1007/s10113-024-02355-9>

Ollero, H.S., van Staalanduin, M.A. (2012). Iberian Steppes. In: Werger, M., van Staalanduin, M. (eds) *Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World. Plant and Vegetation*, vol 6. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3886-7_9

Parras Rosa, M., Gutiérrez Salcedo, M., Colombo, S., Garrido Almonacid, A., Gómez-Limón, J. A., Ruz Carmona, A., Sánchez Martínez, J. D., Torres Ruiz, F. J. (2025). *Regulación de la oferta del mercado oleícola. Estudio de las variables de influencia para proponer una norma de comercialización con la finalidad de mejorar y estabilizar su funcionamiento, al amparo del Real Decreto 84/2021*. Jaén. Instituto de Estudios Giennenses.

Recanati F., Maughan C., Pedrotti M., Dembska K., Antonelli M. (2019). Assessing the role of CAP for more sustainable and healthier food systems in Europe: A literature review. *Science of The Total Environment*, 653, 908-919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.377>

Reyes Prósper, E. (1915). *Las estepas de España y su vegetación*. Madrid. Est. Tip. Sucesores de Rivadeneyra.

Ribas Palop, A., Saurí Pujol, D. (2022). Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategia en la gestión del riesgo de inundación. *Cuadernos de Geografía*, 108-109 (2), 819-832. <https://turia.uv.es/index.php/CGUV/issue/view/1613>

Rodríguez-Cohard, J.C., Sánchez-Martínez, J.D., Gallego-Simón, V.J., & Garrido-Almonacid, A. (2022). El avance de las plantaciones olivareras súper intensivas en el valle del Guadalquivir panorama y prospectiva. *Estudios de Economía Aplicada*, 40(2), 1-19. <https://doi.org/10.25115/eea.v40i2.7300>.

Rojano-Cruz, R., Martínez Moreno, F. J., Galindo-Zaldívar, J., et al., (2023). Efecto del dispositivo infiltrador en la humedad del suelo en olivares de regiones semiráridas mediterráneas. XXIX Congreso Nacional de Riegos, <https://ruja.ujaen.es/items/19db619a-9ab1-4b0b-874a-b75481b0c667>

Romero, F., Labouyrie, M., Orgiazzi, A. et al. (2024). Soil health is associated with higher primary productivity across Europe. *Nat Ecol Evol* 8, 1847–1855 <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02511-8>

Romero González, J., Camarasa Belmonte, A. M. (2025). Evidencias científicas sobre cambio climático y territorio en el Mediterráneo ibérico. Efectos, estrategias y políticas. Principales recomendaciones. Universitat de València. <https://roderic.uv.es/items/f51e77c6-8eec-43f4-bc9c-bd421b474ac4>

Ruiz-Cátedra, G., Calero, J., Domouso, P., García-Ruiz, R. (2025). Do management practices which enhance nature-based processes improve soil health in olive groves? *Geoderma*, 457, 117276. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117276>

Sánchez Martínez, F. J., Aparicio Marín, M. (2019). Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible. Ministerio para la Transición Ecológica. http://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-503726.pdf

Sánchez Martínez, J.D., Garrido-Almonacid, A. (2017). Productivism and Postproductivism in the Olive Groves of Southern Spain. *Quaestiones Geographicae*, 36 (2), 57-69. <https://doi.org/10.1515/quageo-2017-0015>



Besando, abrazando el
Guadalquivir

Sánchez-Martínez, J.D., Garrido-Almonacid, A. (2019). Olive cultivation in the era of globalization. *VNUHCM Journal of Social Sciences and Humanities*, 2(1), 60-71. <https://doi.org/10.32508/stdjssh.v2i1.478>

Sánchez Martínez, J. D., Garrido Almonacid, A., Gómez-Limón, J. A., Parras Rosa, M., Rodríguez Cohard, J. C. (2025). La Política Agrícola Común (III): más allá de la condicionalidad reforzada y los ecorregímenes. Situación actual y perspectivas de la olivicultura ecológica. En M. Parras Rosa (dir.): *Informe Anual de Coyuntura del Sector Oleícola 2025*. Jaén, Caja Rural de Jaén, pp. 169-196. <https://www.catedraaceitesdejaen.com/category/publicaciones-y-divulgacion/informes/>

Sanjuán, M.E., del Barrio, G., Ruiz, A., Rojo, L., Puigdefábregas, J., Martínez, A. (2014). Mapa de la condición de la tierra en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Scheidel, A., Krausmann, F. (2011). Diet, trade and land use: a socio-ecological analysis of the transformation of the olive oil system. *Land Use Policy*, 28, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.04.008>

Sierra, M., González, J., Pozo, C. et al., (2021). *Transferencia de un método para el control de la erosión del suelo en el olivar (TRAMCE)*. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias. <https://cubiwood.es/portfolio/transferencia-de-un-metodo-para-el-control-de-la-erosion-del-suelo-en-el-olivar-tramce>

UNCCD, United Nations Convention to Combat Desertification (2024). *The global threat of drying lands: Regional and global aridity trends and future projections*. <https://www.unccd.int/resources/reports/global-threat-drying-lands-regional-and-global-aridity-trends-and-future>

Villanueva, A. J., Granado-Díaz, R., Colombo, S. (2024). Comparing practice and results-based agri-environmental schemes controlled by remote sensing: an application to olive groves in Spain. *Journal of Agricultural Economics*, 75: 524-545. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12573>



*Besando, abrazando el
Guadalquivir*

EL PROYECTO PARQUE FLUVIAL ORGÁNICO DE ANDÚJAR: BESANDO, ABRAZANDO EL GUADALQUIVIR CUENTA CON EL APOYO DE LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO) EN EL PLAN DE RECUPERACIÓN TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA (PRTR), FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXTGENERATIONEU