IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA

BASES CIENTÍFICO - TÉCNICAS

Castilla-La Mancha

BASES CIENTÍFICO-TÉCNICAS

PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA

FEBRERO DE 2026

BASES CIENTÍFICO – TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA

METODOLOGÍAS DESARROLLADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN UNA INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL

Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad
Consejería de Desarrollo Sostenible
Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Tabla de contenidos

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ESQUEMA GENERAL DE TRABAJO 2

2.1. EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES TERRITORIALES 3
2.2. CATEGORÍAS DESCRIPTIVAS PARA CADA PARÁMETRO 3
2.3. CLASIFICACIÓN EN TIPOLOGÍAS DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA LA CONSERVACIÓN O PARA LA RESTAURACIÓN 4
2.4. ELEMENTOS TERRITORIALES QUE CONFORMAN UNA INFRAESTRUCTURA VERDE A ESCALA REGIONAL 5
I. Áreas núcleo 6
II. Corredores ecológicos 6
III. Otros elementos multifuncionales 6
IV. Áreas de amortiguación 6
V. Elementos urbanos 6

3. EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA 8

3.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA [ICB] 9
3.1.1. Selección de especies 10
3.1.2. Fuentes de información 11
3.1.2.1. Distribución de las especies en Castilla-La Mancha 11
3.1.2.2. Asignación de valores a las variables 11
3.1.3. Procesado de la información 11
3.2. RESULTADOS 12
3.2.1. Identificación de áreas clave e importantes para la conservación de la biodiversidad amenazada 12
3.2.2. Identificación de áreas de interés para la conservación y para la restauración 13
3.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL 14
3.3.1. Áreas de alto valor ecológico 14
3.3.2. Otros ecosistemas bien conservados y áreas de alto valor ecológico fuera de los espacios protegidos 15

4. EVALUACIÓN DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS 16

4.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS [ISE] 16
4.1.1. Servicios ecosistémicos evaluados 18
4.1.1.1. Regulación del clima [Código CICES 2.2.6.1] 19
4.1.1.2. Regulación de la calidad del aire [Código CICES 2.1.1.2] 19
4.1.1.3. Regulación hídrica [Código CICES 2.2.1.3] 20
4.1.1.4. Control de la erosión [Código CICES 2.2.1.1] 21
4.1.1.5. Polinización [Código CICES 2.2.2.1] 21
4.1.1.6. Provisión de alimentos 22
4.1.1.7. Recreo y ecoturismo [Código CICES 3.1.1.1] 22
4.1.1.8. Disfrute estético de los paisajes [Código CICES 3.1.2.4] 23
4.1.2. Fuentes de información 23
4.1.3. Procesado de la información 24
4.2. RESULTADOS 25
4.2.1. Áreas clave e importantes para la provisión de servicios ecosistémicos 25

4.2.1.1. Servicio de regulación del clima 25
4.2.1.2. Regulación de la calidad del aire 26
4.2.1.3. Control de la erosión 27
4.2.1.4. Regulación hídrica 27
4.2.1.5. Provisión de alimentos 28
4.2.1.6. Servicio de polinización 29
4.2.1.7. Servicio de disfrute del paisaje 29
4.2.1.8. Provisión de ocio y turismo en la naturaleza 30
4.2.2. Áreas de interés para la conservación y la restauración de la provisión de servicios ecosistémicos 32
4.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL 33
5. EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA 36
5.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PAR LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA [ICE] 37
5.1.1. Fuentes de información 39
5.1.1.1. Selección de ecoperfiles y capacidad de dispersión de las especies 39
5.1.1.2. Selección de áreas núcleo 39
5.1.1.3. Elaboración de modelos de idoneidad y resistencia 40
5.1.1.4. Identificación de rutas de menor coste y determinación de la resistencia acumulada del territorio a la dispersión 40
5.1.2. Procesado de la información 40
5.2. RESULTADOS 40
5.2.1. Identificación de áreas clave e importantes para la conectividad ecológica 41
5.2.2. identificación de áreas de interés para la conservación y para la restauración 42
5.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL 42
5.3.1. Elementos lineales 42
5.3.2. Elementos paisajísticos 42
5.3.2.1. Correspondencia entre los resultados del ICB y las categorías equivalentes para su integración con elementos de la red de Infraestructura Verde Regional 43
5.4. DESARROLLO DE LA RED DE CORREDORES ECOLÓGICOS DE CASTILLA-LA MANCHA A PARTIR DE LAS ZONAS IDENTIFICADAS PARA LA INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL 43
5.4.1. Equivalencia en la zonificación de corredores y elementos de la Infraestructura Verde regional 44
5.4.2. Elementos que integran la Red de Corredores Ecológicos de Castilla-La Mancha 45
6. OTROS ÍNDICES TERRITORIALES DE INTERÉS 47
6.1. ÍNDICES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES EN CASTILLA-LA MANCHA 47
6.1.1. Finalidad del proyecto y planteamiento metodológico 47
6.1.2. Resultados 48
6.1.3. Identificación de zonas para la restauración de la conectividad ecológica 50
6.1.3.1. Resultados de la evaluación y priorización de áreas para la desfragmentación 50
7. CAMBIO CLIMÁTICO 52
7.1. INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CASTILLA-LA MANCHA 52
7.2. TENDENCIAS OBSERVADAS 53
7.2.1. Temperatura 53
7.2.2. Precipitación 53
7.2.3. Eventos extremos 54
7.3. ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS 54
7.3.1. Temperatura máxima 55
7.3.2. Precipitación acumulada 55
7.3.3. Evapotranspiración y aridez 55
7.3.4. Síntesis de impactos esperados 55
7.4. IMPACTOS POR SECTORES O SISTEMAS 56

7.4.1. Recursos hídricos ... *56*
7.4.1.1. Recomendaciones para orientar las estrategias de adaptación ... 57
7.4.2. Agricultura y ganadería ... *57*
7.4.2.1. Agricultura: impactos diferenciados por cultivo y territorio ... 58
7.4.2.2. Ganadería extensiva: estrés térmico y presión sobre recursos ... 58
7.4.2.3. Recomendaciones para orientar las medidas de adaptación prioritarias para el sector agrario 59
7.4.3. Biodiversidad y ecosistemas ... *60*
7.4.3.1. Efectos observados y proyectados sobre los ecosistemas ... 61
7.4.3.2. Zonas y hábitats especialmente vulnerables ... 61
7.4.3.3. Especies en riesgo ... 63
7.4.3.4. Recomendaciones para orientar las medidas de adaptación de la biodiversidad al cambio climático 64
7.4.4. Salud pública ... *65*
7.4.4.1. Aumento de temperaturas y olas de calor ... 65
7.4.4.2. Efecto isla de calor urbana ... 66
7.4.4.3. Enfermedades transmitidas por vectores ... 66
7.4.4.4. Calidad del aire y salud respiratoria ... 66
7.4.4.5. Medidas de adaptación en salud pública ... 67
7.4.5. Bosques e incendios ... *67*
7.4.5.1. Plagas, enfermedades y procesos de decaimiento forestal ... 68
7.4.5.2. Estrategias de adaptación forestal ... 68
7.5. ZONAS ESPECIALMENTE VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO ... 69
7.5.1. Fundamento metodológico ... *70*
7.5.2. Criterios de identificación de la vulnerabilidad territorial ... *71*
7.5.3. Áreas naturales de alta vulnerabilidad ... *72*
7.5.4. Zonas rurales con baja capacidad adaptativa ... *75*
7.5.4.1. Fundamentos metodológicos del cálculo de territorios especialmente vulnerables ... 77
7.5.4.2. Asignación del nivel de vulnerabilidad ... 78
7.5.4.3. Territorios especialmente vulnerables identificados ... 79
7.5.4.4. Recomendaciones para mejorar la resiliencia rural ... 80
7.5.5. Áreas urbanas con riesgo climático creciente ... *80*
7.5.5.1. Riesgos climáticos en entornos urbanos ... 80
7.5.5.2. Recomendaciones para la adaptación urbana ... 82
7.5.6. Interfaz urbano-agraria-forestal: sistemas naturales y económicos críticos con riesgo acumulativo ... *82*
7.5.6.1. Metodología de obtención y cálculo de parámetros territoriales de riesgo acumulativo ... 83
7.5.6.2. Priorización de sistemas y territorios de riesgo ... 85
7.5.6.3. Descripción de los sistemas territoriales con riesgo acumulativo identificados ... 86
7.5.6.4. Recomendaciones operativas ... 87
7.6. SÍNTESIS TERRITORIAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS ... 87
7.6.1. Introducción: la necesidad de una síntesis territorial multirriesgo ... *87*
7.6.2. Identificación de zonas de confluencia de riesgos ... *88*
7.6.3. Ámbitos territoriales prioritarios por acumulación de impactos ... *89*
7.6.4. Consideraciones para la priorización territorial y planificación adaptativa ... *91*
7.6.5. Conclusiones y orientaciones operativas ... *92*
7.6.6. Anexo técnico. Metodología de obtención y cálculo de parámetros territoriales de riesgo acumulativo ... *93*
7.6.7. Tablas complementarias del anexo técnico ... *95*
7.6.8. Fuentes de información y referencias utilizadas ... *97*

8. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ... 98

8.1. EVALUACIÓN Y NECESIDADES DE RESTAURACIÓN POR TIPO DE SISTEMA NATURAL O ANTRÓPICO ... 99
8.1.1. Sistemas forestales y de montaña ... *99*
8.1.1.1. Diversidad y distribución de los hábitats ... 99
8.1.1.2. Principales factores de degradación ... 100
8.1.1.3. Necesidades prioritarias de restauración ... 100
8.1.1.4. Experiencias y referencias en la región ... 100

8.1.2. Sistemas fluviales y ribereños ... 101
8.1.2.1. Diversidad y distribución de los hábitats ... 101
8.1.2.2. Principales factores de degradación ... 102
8.1.2.3. Necesidades prioritarias de restauración ... 102
8.1.2.4. Experiencias y referencias en la región ... 103
8.1.3. Lagunas, humedales y zonas palustres ... 103
8.1.3.1. Diversidad y distribución de los hábitats ... 103
8.1.3.2. Principales factores de degradación ... 104
8.1.3.3. Necesidades prioritarias de restauración ... 104
8.1.3.4. Experiencias y referencias en la región ... 105
8.1.4. Sistemas esteparios y zonas áridas ... 105
8.1.4.1. Diversidad y distribución de los hábitats ... 105
8.1.4.2. Principales factores de degradación ... 105
8.1.4.3. Necesidades prioritarias de restauración ... 106
8.1.4.4. Experiencias y referencias en la región ... 106
8.1.5. Sistemas agroesteparios y agrarios ... 106
8.1.5.1. Diversidad y distribución de los hábitats ... 107
8.1.5.2. Principales factores de degradación ... 107
8.1.5.3. Necesidades prioritarias de restauración ... 107
8.1.5.4. Experiencias y referencias en la región ... 107
8.1.6. Espacios urbanos y periurbanos ... 108
8.1.6.1. Experiencias y referencias en la región ... 109
8.1.7. Espacios degradados: huecos mineros, vertederos y suelos alterados ... 109
8.2. PRIORIDADES TERRITORIALES Y FUNCIONALES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ... 110

9. CONFIGURACIÓN DE LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCUTRA VERDE DE CASTILLA-LA MANCHA ... 112

9.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO Y DESPLIEGUE ... 112
9.2. ELEMENTOS DE LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL: ESTRUCTURA JERÁRQUICA Y CATEGORÍAS ... 113
9.2.1. Áreas núcleo ... 113
9.2.2. Corredores ecológicos ... 114
9.2.3. Áreas de amortiguación ... 114
9.2.4. Áreas multifuncionales ... 115
9.2.5. Elementos urbanos ... 115
9.3. PROPUESTA DE COMPONENTES A INCLUIR EN LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE ... 116
9.3.1. Infraestructura verde a escala regional ... 116
9.3.2. Elementos para una infraestructura verde municipal y urbana ... 119

10.IMPLEMENTACIÓN OPERATIVA DE LA ESTRATEGIA ... 121

10.1. FASES Y MARCO TEMPORAL PARA EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA ... 121
10.2. DESARROLLO DE PLANES SECTORIALES DE IMPLEMENTACIÓN ... 121
10.3. PROGRAMAS DE TRABAJO PLURIANUALES Y CRONOGRAMA DE HITOS ESTRATÉGICOS ... 123
10.4. CONTENIDOS MÍNIMOS DEL PRIMER PROGRAMA DE TRABAJO ... 124

11.ORIENTACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN SUBREGIONAL Y LOCAL DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA ... 126

11.1. JUSTIFICACIÓN DEL ENFOQUE MULTIESCALAR ... 126
11.2. ESCALAS TERRITORIALES DE REFERENCIA ... 127
11.3. ORIENTACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN SUBREGIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE ... 128
11.3.1. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la biodiversidad ... 128
11.3.2. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la conectividad ecológica ... 129
11.3.3. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la provisión de servicios ecosistémicos ... 131

12.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....135

12.1. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA CONSULTADA.....135
12.2. DOCUMENTOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN TERRITORIAL.....136
12.2.1. Evaluación de la biodiversidad.....136
12.2.2. Evaluación de servicios ecosistémicos.....136
12.2.3. Evaluación de la conectividad ecológica.....137
12.2.4. Evaluación del Cambio Climático y estrategias de adaptación.....137
12.2.4.1. Impactos por sectores o sistemas: recursos hídricos.....137
12.2.4.2. Impactos por sectores o sistemas: agricultura y ganadería.....139
12.2.4.3. Impactos por sectores o sistemas: biodiversidad.....141
12.2.4.4. Impactos por sectores o sistemas: salud pública.....143
12.2.4.5. Impactos por sectores o sistemas: bosques e incendios forestales.....144

APÉNDICE CARTOGRÁFICO.....146

A. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA.....146
B. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....146
C. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA DE TERRITORIO PARA LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA.....147
D. CARTOGRAFÍA DE LOS ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN DEL TERRITORIO POR INFRAESTRUCTURAS LINEALES 148

BASES CIENTÍFICO – TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA

Procedimientos metodológicos desarrollados y resultados obtenidos para la identificación de elementos susceptibles de ser integrados en la red básica de Infraestructura Verde Regional

1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias Europea y Nacional de Infraestructura Verde fijan una serie de conceptos clave para su configuración e implementación, como la biodiversidad, cambio climático, conectividad, multifuncionalidad, soluciones basadas en la naturaleza, resiliencia, restauración ecológica y servicios ecosistémicos. Por su parte, estos se trasladan físicamente al medio que nos rodea a través de la identificación de los elementos que forman parte del territorio sobre los que se materializan los valores de estos conceptos, y que constituyen, en última instancia, los elementos que integran una infraestructura verde.

Todos estos conceptos se articulan por primera vez en una misma herramienta que transversaliza no solo unos conceptos, sino también la necesidad de sentar las bases de la gestión compartida y consecuente del territorio, acordando soluciones que garanticen que los cambios en los usos del suelo, y que afectan a la integridad de estos elementos de la infraestructura verde, se realizan de manera acorde a los beneficios socioeconómicos que obtenemos, pero también en cuanto a los recursos y valores (en muchas ocasiones intangibles) que perdemos.

Para esto, la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológica (en adelante Estrategia Nacional), establece tres pilares de conocimiento que deben desarrollarse de manera coordinada en el territorio nacional: **biodiversidad**, provisión de **servicios ecosistémicos** y **conectividad** ecológica.

Sobre este planteamiento, basado en estructuras que expresan estos valores, y que tradicionalmente no son considerados de manera conjunta en el territorio, es fundamental construir una base de conocimiento sólida, fundamentada en las mejores evidencias científicas disponibles, accesible para cualquier interesado, y capaz de integrar los cambios que se produzcan en el territorio de manera eficaz.

Con esta finalidad, la Línea de Actuación 0 de la Estrategia Nacional plantea la necesidad de establecer el punto de partida para la planificación estratégica en base a la descripción de la forma en la que el territorio destaca en su capacidad para albergar biodiversidad amenazada, en la provisión de servicios por parte de los ecosistemas, y en

su capacidad para facilitar la conectividad ecológica entre los núcleos de importancia para la biodiversidad.

La **Estrategia Regional de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológica de Castilla-La** (en adelante Estrategia Regional), aspira a ser un instrumento que, partiendo de las particularidades propias de la región castellanomanchega, contribuya a la consolidación de una Infraestructura Verde que sea plenamente integrable con la homóloga del resto del territorio nacional.

Para abordar la necesidad de normalización en los procesos de selección de los componentes de la Infraestructura Verde a distintas escalas geográficas y por distintas Administraciones Públicas, evitando incoherencias ambientales o espaciales, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico elaboró en 2021 la *Guía metodológica para la identificación de los elementos de Infraestructura Verde de España* (en adelante Guía metodológica), que ofrece metodologías prácticas y comunes para la identificación de elementos a incorporar en la red básica de Infraestructura Verde, poniéndola a disposición de las Administraciones y de la ciudadanía.

Esta guía fue concebida como un instrumento dinámico susceptible de ser actualizado periódicamente en función de los avances en el conocimiento y la progresiva mejora de la información disponible. Así, en 2024 se publicó una nueva edición con la revisión general de la Guía metodológica, actualizando su contenido y completando algunas partes que no pudieron abordarse en su primera edición.

Partiendo de las propuestas que forman parte de esa Guía, en este documento se recogen las adaptaciones metodológicas realizadas para la evaluación de los tres descriptores principales que deben regir la identificación de la red básica de Infraestructura Verde en Castilla-La Mancha.

2. ESQUEMA GENERAL DE TRABAJO

Con el fin de buscar soluciones a los problemas relacionados con la pérdida de biodiversidad y garantizar el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano, la Infraestructura Verde representa un modelo de planificación territorial ampliamente implementado a nivel internacional. A ésta se asocian numerosos beneficios medioambientales, económicos y sociales, abordando así los tres aspectos fundamentales del desarrollo sostenible. Al mantener ecosistemas sanos, reconectar zonas naturales fragmentadas y contribuir a la conservación y restauración de ecosistemas, la Infraestructura Verde ofrece una oportunidad socioeconómicamente viable y sostenible para proteger la biodiversidad y proporcionar múltiples servicios de los ecosistemas a las poblaciones humanas.

Un prerrequisito fundamental para definir la red básica de Infraestructura lo constituye la **evaluación y cartografiado de la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y la conectividad ecológica**. A partir de estas evaluaciones, el resultado permitirá disponer de una clasificación cualitativa del territorio para cada uno de ellos, y que se utilizará para **seleccionar y caracterizar elementos** que sean susceptibles de ser integrados,

según su funcionalidad y su estructura, como parte de la infraestructura verde regional. Así, la secuencia de trabajo que se ha desarrollado para cumplir con estos objetivos se resume en cinco etapas, que se detallan en epígrafes posteriores:

1. Evaluación de los diferentes parámetros propuestos para la descripción del territorio.
2. Clasificación de los valores obtenidos en categorías cualitativas en las que se presenta el descriptor evaluado: evaluación alta, media o baja.
3. Clasificación del territorio según su predisposición para la conservación o para la restauración.
4. Selección de elementos susceptibles de ser integrados en una infraestructura verde regional.
5. Evaluación y descripción de elementos a integrar en la red básica de infraestructura verde.

2.1. EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES TERRITORIALES

El procedimiento general de trabajo que se expone en la Guía metodológica de referencia establece metodologías para la integración de estos tres pilares fundamentales, con la finalidad de relacionar los servicios de los ecosistemas con los valores del territorio asociados a la función de biodiversidad y la conectividad ecológica.

Para esto, por un lado, se realiza una evaluación y cartografiado de los servicios que los ecosistemas proveen a la sociedad, mediante el cálculo de *indicadores que permitan su evaluación biofísica y su representación cartográficas*, con la finalidad de identificar **áreas con elevada capacidad para el suministro de múltiples servicios de los ecosistemas**.

En paralelo, se realiza una estimación del *índice de valoración integrada de la biodiversidad* en cada celda del territorio, centrado, en nuestro caso, en grupos funcionales de interés. Así, los ámbitos territoriales que presenten valores máximos para este indicador constituirán las **áreas clave para la conservación de la biodiversidad**.

Complementariamente, y a partir de las áreas clave de biodiversidad, se lleva a cabo un *análisis de conectividad ecológica y funcional del territorio*, tanto en ecosistemas terrestres como fluviales, definiendo un **índice de valoración integrada de conectividad**.

2.2. CATEGORÍAS DESCRIPTIVAS PARA CADA PARÁMETRO

Cada uno de estos índices representarán la forma en que se expresa en el territorio el parámetro que definen según tres categorías cualitativas:

- **Áreas clave**: Áreas que expresan los valores máximos de biodiversidad, provisión de servicios o conectividad ecológica.

- **Áreas importantes:** Áreas que presentan valores medios de los descriptores.
- **Resto del territorio**: Áreas que presentan valores bajos o nulos de biodiversidad, servicios o conectividad.

Finalmente, mediante la integración de los procesos anteriores, se consigue disponer de valores para el territorio que caracterizan su potencial para ofrecer diferentes servicios, así como su contribución e importancia relacionada con la conservación de la biodiversidad y la conectividad ecológica.

Como último paso, se establecen criterios para la normalización y categorización del territorio para la identificación de los elementos que integran la red de infraestructura verde. Así, cada celda del territorio que finalmente forme parte de la Infraestructura Verde llevará asociada la información correspondiente sobre los siguientes parámetros:

- Valor integrado de provisión de servicios de los ecosistemas.
- Valor ponderado de conservación de la biodiversidad amenazada.
- Valor integrado de la contribución a la conectividad ecológica y funcional.

2.3. CLASIFICACIÓN EN TIPOLOGÍAS DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA LA CONSERVACIÓN O PARA LA RESTAURACIÓN

A partir de estos tres índices, y de los valores expresados en estas tres categorías (áreas clave, importantes y resto del territorio), los diferentes elementos del territorio que sean integrados en la Infraestructura Verde serán clasificados en dos niveles:

> **Nivel 1: IV (C) para conservación.** Áreas que proporcionan varias funciones ecológicas clave, tanto para la biodiversidad amenazada como para el suministro de servicios de los ecosistemas esenciales para el bienestar humano, y en las que la conservación resulta la herramienta de gestión prioritaria.
>
> **Nivel 2: IV (R) para restauración.** Áreas que proporcionan bajos niveles de funciones ecológicas, pero su capacidad podría mejorarse con algún tipo de restauración.

El resto del territorio no integrado en los anteriores niveles no será susceptible de ser integrado en la red básica de Infraestructura Verde al no reunir las condiciones contempladas en su definición.

En la siguiente imagen, reproducida en la Guía metodológica (Ed.2), se recoge el esquema general de trabajo de la metodología expuesta.

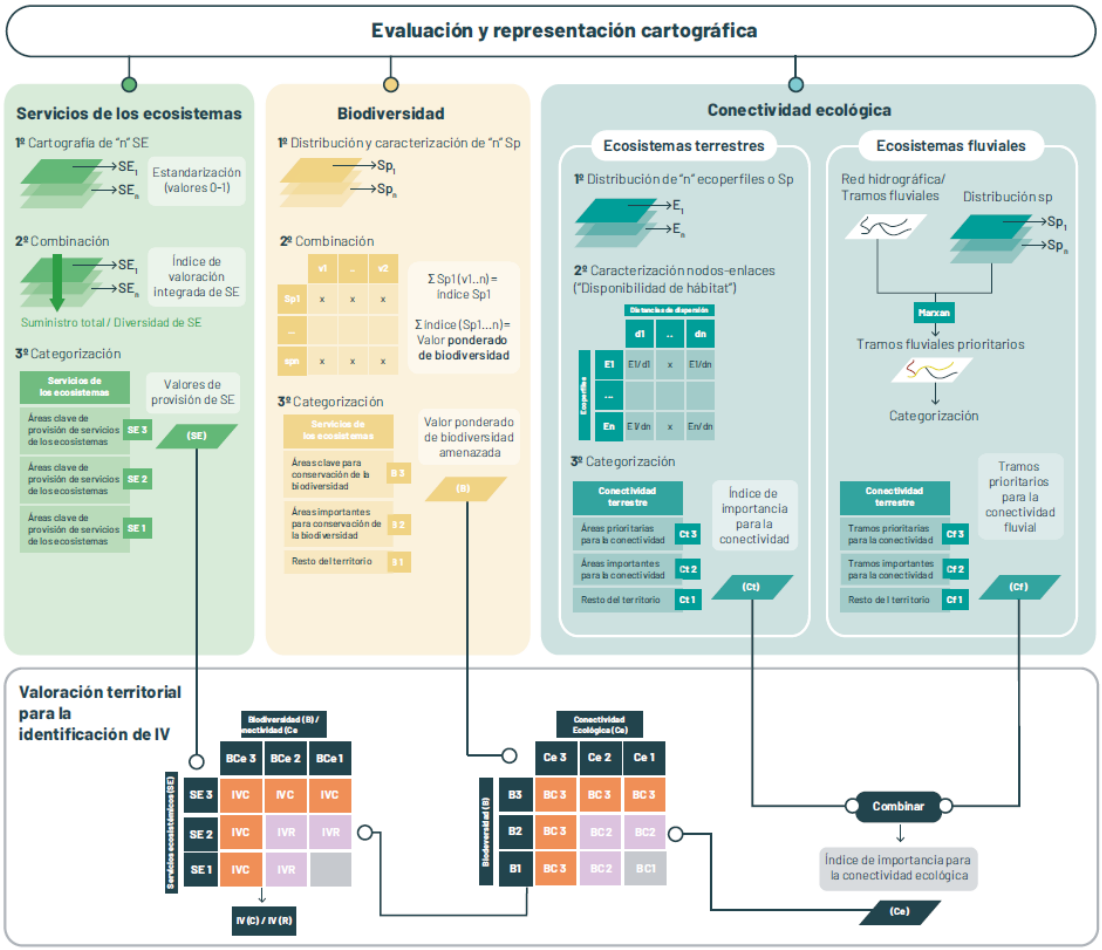


Imagen. *Esquema metodológico para la evaluación, cartografiado y valoración territorial que fundamentarán la identificación de la Infraestructura Verde Regional (imagen perteneciente al esquema metodológico reproducido en la Guía metodológica, 2ª edición. 2024. MITRED).*

2.4. ELEMENTOS TERRITORIALES QUE CONFORMAN UNA INFRAESTRUCTURA VERDE A ESCALA REGIONAL

A partir del resultado de estos análisis, y considerando las tipologías descriptivas de cada parámetro evaluado, deberán identificarse los elementos (o agrupaciones de elementos) que conformarán la red básica de infraestructura verde de la región. Para esto, se partirá de la definición para los tipos de elementos que pueden configurar estas infraestructuras desde el punto de vista funcional, para seleccionar, en una fase posterior, cuáles son las estructuras de la matriz territorial que podrían ajustarse a esta definición en cada caso.

De acuerdo con las "Bases científico-técnicas para Estrategia Estatal de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológica" (2017), según su funcionalidad, y siguiendo lo indicado por la Comisión Europea, los grandes elementos que conforman la Infraestructura Verde serán las áreas núcleo, los corredores ecológicos, las áreas de amortiguación, otros elementos multifuncionales y los elementos urbanos. Los componentes que integrarán cada uno de estos elementos, no obstante, variarán en

función de la escala de trabajo, descendiendo el nivel de detalle conforme aumenta la escala.

Se han definido tres escalas de trabajo, así como los componentes que integran los distintos elementos para cada una de ellas. No obstante, los mismos componentes pueden repetirse en las distintas escalas, si bien su consideración y análisis será distinto para cada una de ellas. A continuación, se relacionan y describen las categorías de elementos:

I. Áreas núcleo

La biodiversidad tiene importancia prioritaria, incluso aunque esa zona no se encuentre legalmente protegida. Estarían compuestas por:

a. Áreas de alto valor ecológico: funcionan como los núcleos de toda la Infraestructura Verde. Estas áreas se encuentran con frecuencia bajo algún régimen de protección, pero también otros espacios orientados a la conservación de la vida silvestre.

b. Otros ecosistemas bien conservados y áreas de alto valor ecológico fuera de los espacios protegidos: llanuras aluviales, humedales, bosques naturales y naturalizados, superficies ocupadas por Hábitats de Interés Comunitario, etc.

II. Corredores ecológicos

Los corredores ecológicos tienen por objeto mantener la conectividad ecológica y ambiental mediante nexos físicos entre las áreas núcleo. Se describen los tres tipos de corredores que suelen identificarse, y después, algunos elementos que cumplen también funciones conectoras dentro de la infraestructura verde:

a. Corredores lineales: largas franjas de vegetación tales como setos, franjas de bosque o la vegetación que crece en márgenes de ríos y arroyos.

b. Stepping stones: una serie de pequeñas teselas, no conectadas, que favorecen a la fauna y a la flora los desplazamientos de un lugar a otro.

c. Corredores paisajísticos: elementos del paisaje sin interrupciones.

III. Otros elementos multifuncionales

Elementos donde se lleva a cabo una explotación sostenible de los recursos naturales junto con un mantenimiento adecuado de buena parte de los servicios ecosistémicos.

IV. Áreas de amortiguación

Áreas que protegen la red ecológica de influencias dañinas externas. Se trata de áreas transicionales donde se fomenta una compatibilización de los usos.

V. Elementos urbanos

Representados por elementos con la mayor escala de detalle, vienen conformados por estructuras como parques, jardines, áreas recreativas y deportivas, canales, estanques,

techos, cubiertas y paredes verdes, y otras estructuras que se presentan claramente en ámbitos urbanos o municipales.

A partir de la definición de las funciones que caracterizan estas categorías de elementos, se deberán seleccionar elementos que forman parte de la matriz territorial a distintas escalas y que sean susceptibles de ser incorporadas a una infraestructura verde regional.

3. EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA

La biodiversidad sustenta la vida humana y, en consecuencia, nuestras sociedades. Sin embargo, todos los indicadores del estado de la naturaleza a escala mundial muestran un declive[1].

Así lo pone de manifiesto el informe del Fondo Mundial para la Naturaleza "Planeta Vivo" (2024), planteado en base al seguimiento, durante los últimos 50 años (1970-2020), de casi 35.000 tendencias poblacionales de 5.495 especies de anfibios, aves, peces, mamíferos y reptiles, y cuyas conclusiones establecen que el tamaño medio de las poblaciones de fauna silvestre analizadas se ha reducido en un 73 %. Con respecto al anterior informe, publicado en 2020, el dato de 2024 supone una disminución en cuatro puntos porcentuales.

Las poblaciones de especies de agua dulce son las que han sufrido el mayor declive, con una caída del 85 %, seguidas de las terrestres (69 %) y las marinas (56 %).

La disminución de las poblaciones de una determinada especie por debajo de un determinado nivel es posible que ocasione que esa especie no pueda desempeñar su función habitual dentro del ecosistema, ya sea la dispersión de semillas, la polinización, el pastoreo, el ciclo de nutrientes o los muchos otros procesos que mantienen los ecosistemas en funcionamiento. Las poblaciones estables a largo plazo proporcionan resistencia frente a perturbaciones como enfermedades y fenómenos meteorológicos extremos; un descenso de las poblaciones disminuye la resiliencia y amenaza el funcionamiento del ecosistema. Esto, a su vez, debilita los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas: desde alimentos, agua limpia y almacenamiento de carbono para un clima estable hasta las contribuciones más amplias que la naturaleza hace a nuestro bienestar cultural, social y espiritual.

Este y otros indicadores muestran que la naturaleza está desapareciendo a un ritmo alarmante. Aunque algunos cambios son pequeños y graduales, sus impactos acumulativos pueden desencadenar un cambio mayor y más rápido. Cuando estos impactos alcanzan un determinado umbral, el cambio se autoperpetúa, dando lugar a un cambio sustancial, a menudo abrupto e irreversible: se alcanza un punto de inflexión, y ya existen señales de alarma temprana que indican que nos encontramos cerca de varios puntos de inflexión globales.

No obstante, muchas poblaciones se han estabilizado o han aumentado gracias a los esfuerzos de conservación. Pero los éxitos aislados y la mera ralentización del declive de la naturaleza no bastan. Del mismo modo, los esfuerzos de conservación que no tienen

[1] Fondo Mundial para la Naturaleza (2024), Informe Planeta Vivo 2024: un sistema en peligro.

en cuenta los derechos, necesidades y valores de las personas no tienen probabilidades de éxito a largo plazo.

Las zonas protegidas han sido la piedra angular de los esfuerzos tradicionales de conservación, y actualmente cubren el 16 % de las tierras del planeta y el 8 % de sus océanos, aunque su distribución es desigual y muchas no se gestionan eficazmente. El objetivo 3 del Marco Global de Biodiversidad (GBF por sus siglas en inglés) de Kunming-Montreal insta a proteger el 30 % de las tierras, aguas y mares para 2030, mientras que el objetivo 2 pretende restaurar el 30 % de las zonas degradadas para 2030. Este objetivo ha sido trasladado a la Estrategia de Biodiversidad de la Unión Europea para 2030, lo que plantea a los estados miembro de la Unión la obligación de establecer medidas concretas para alcanzar estos objetivos.

En este sentido, en España ya se ha alcanzado este objetivo para el ámbito terrestre con cerca del 37 % de la superficie protegida, y se ha avanzado notablemente en 2023 en el ámbito marino, duplicando la superficie cubierta por los espacios marinos de la Red Natura 2000. Considerando la totalidad de las figuras de protección, España ha alcanzado la protección de casi el 21 % de las aguas bajo su jurisdicción.

En lo que respecta a la protección legal de las especies, se ha ampliado el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEA).

Por otra parte, con la creciente amenaza para la biodiversidad de las especies exóticas invasoras, en 2023 se amplió el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (CEEEI), con la inclusión de seis nuevas especies y de una familia.

3.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA [ICB]

Entre los objetivos para la Infraestructura Verde en Europa identificados por el grupo de trabajo de la Comisión para la redacción del documento “Infraestructura Verde: mejora del capital natural de Europa” (COM 2013 249 final) se destaca “*la mejora, conservación y restauración de la biodiversidad, incrementando la conectividad espacial y funcional entre las áreas naturales y seminaturales, mejorando la permeabilidad del paisaje y mitigando los efectos de la fragmentación de los tipos de hábitat*”. Desde esta perspectiva, si bien la Infraestructura Verde consiste en mucho más que en un instrumento para conservar la biodiversidad del territorio, ésta representa un elemento clave en el diseño y desarrollo de esta infraestructura eficaz y coherente en el cumplimiento de los objetivos para los que se diseña.

Para la integración de la biodiversidad en el contexto de la valoración del territorio para la identificación de la Infraestructura Verde, se ha adoptado el **índice de valor ponderado de la biodiversidad amenazada (en adelante ICB)**.

Este indicador, desarrollado metodológicamente en el trabajo publicado por Díaz et al. (2020), se relaciona con la presencia de especies amenazadas en un determinado ámbito espacial, permite establecer una aproximación a su valor para la conservación relacionado con tres aspectos fundamentales:

a. El grado de amenaza: entendiendo que la presencia de especies más amenazadas implica un mayor valor de conservación del territorio en las que están presentes.
b. La disponibilidad de información sobre la especie: el valor del indicador aumenta cuanto mayor es el conocimiento disponible sobre ella.
c. El papel funcional de cada especie: asociando un mayor valor de conservación a la presencia en el mismo de especies clave o ingenieras de ecosistemas.

En el caso de Castilla-La Mancha, la aproximación al cálculo de este indicador se ha llevado a cabo en base a la información proporcionada por dos de los tres indicadores propuestos en el trabajo de Díaz et al. (2020):

a. Su grado de amenaza.
b. la disponibilidad de información sobre la especie.

El parámetro que valora el papel funcional de cada especie ha sido excluido del procedimiento por no disponer de una metodología estandarizada que permita realizar una ponderación de las especies respecto de este elemento, posponiéndose su consideración para futuras versiones del modelo.

El valor del índice, calculado para cada especie, se obtiene como la suma de los valores de las anteriores tres variables. Junto con su representación cartográfica a partir del conocimiento del área de distribución de cada una de las especies, nos permite obtener el valor agregado que cada unidad del territorio presenta en función del número de especies distintas que concurren en una misma unidad. Finalmente, el rango numérico de valores obtenido se reclasifica para transformarlo en un indicador cualitativo del índice, según tres categorías de importancia: áreas clave, áreas importantes y resto del territorio.

A partir de esta representación, es posible establecer las áreas en las que el indicador presenta valores más elevados, pero a su vez, permite identificar aquellas de menor extensión, las más frágiles por su menor resiliencia, sensibilidad frente al efecto borde y capacidad de respuesta a perturbaciones, sobre las que priorizar los esfuerzos de conservación / restauración en el contexto de la infraestructura verde.

3.1.1. Selección de especies

Para el cálculo del indicador a nivel autonómico se han incluido las especies que se encuentran presentes en alguna de las siguientes referencias generales.

- Anexos II, IV y V de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Anexos de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas).

- Especies no incluidas en las referencias anteriores, pero que son endémicas y se encuentran catalogadas regionalmente en alguna de sus categorías.

3.1.2. Fuentes de información

Para una escala de trabajo de ámbito regional, el valor cuantitativo del índice se ha obtenido como el resultado de agregar el valor derivado de cada especie a cada unidad del territorio en la que se tiene constancia de su presencia. Para esto, se han utilizado los siguientes recursos cartográficos y fuentes de información:

3.1.2.1. Distribución de las especies en Castilla-La Mancha

La información sobre la distribución de las especies se obtuvo de la cartografía que forma parte del informe sobre los artículos 17 de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, y 12 de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres, reportados en 2019 para el periodo 2013-2018. Esta información se encuentra disponible en los repositorios oficiales y se representa sobre una malla de cuadrículas de 10 km x 10 km.

3.1.2.2. Asignación de valores a las variables

Para la determinación del grado de amenaza, se asignaron valores en función de su inclusión en alguno de los listados y catálogos referidos anteriormente.

Para la evaluación del estado de conservación, se aplicaron valores relativos en función de su inclusión en alguna de las categorías nacionales e internacionales de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Para la evaluación del grado de conocimiento de una especie se asignaron valores asociados al grupo taxonómico al que pertenece cada una.

3.1.3. Procesado de la información

La distribución de especies (inicialmente reportada sobre unidades territoriales de 10km x 10km) se redimensionó en base a la presencia de hábitat idóneo para las especies con el objetivo de obtener una representación de la distribución espacial sobre una malla de cuadrículas de 1 km de lado.

Para optimizar este proceso de redimensionado y facilitar el procesado posterior de la información, las especies objetivo se agruparon en perfiles ecológicos similares, de tal forma que fue para cada uno de estos perfiles ecológicos para los que se elaboró un modelo de idoneidad de hábitat basado en las características del territorio.

En base a este procedimiento se redefinió la distribución de las especies en una malla de 1km x 1km de lado.

La descripción detallada del procedimiento seguido se encuentra disponible para su consulta en los siguientes documentos metodológicos desarrollados para cada uno de los perfiles ecológicos:

Evaluación de la distribución de la biodiversidad amenazada en Castilla-La Mancha. Metodología para la obtención del Índice de interés para la Conservación de la Biodiversidad (ICB). Diciembre de 2023 [Ed. 2].

- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies acuáticas. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies esteparias. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies forestales. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies rupícolas. Diciembre de 2023 [Ed. 2].

3.2. RESULTADOS

3.2.1. Identificación de áreas clave e importantes para la conservación de la biodiversidad amenazada

Como primer resultado, para cada perfil ecológico se obtiene el valor ponderado que cada unidad del territorio presenta para la conservación de la biodiversidad amenazada. Este resultado se ha obtenido por agregación del valor de cada especie evaluada y presente en una misma unidad.

No obstante, la Estrategia Nacional prevé la clasificación de los descriptores evaluados en tres categorías según su importancia como **áreas clave**, **áreas importantes** y **resto del territorio.**

Para esto, a partir del rango de valores que cada agrupación de especies presenta como resultado, se procedió a su reclasificación utilizando el método de cuantiles. Este procedimiento se repitió, tanto para cada uno de los perfiles ecológicos de manera individual, como para todas las especies en conjunto independientemente de su asignación a un perfil ecológico concreto.

Como resultado, se ha obtenido la identificación sobre el territorio de las áreas clave, e importantes para la conservación de la biodiversidad amenazada de especies esteparias, acuáticas, forestales y rupícolas, así como el índice general para todas las especies presentes en la región.

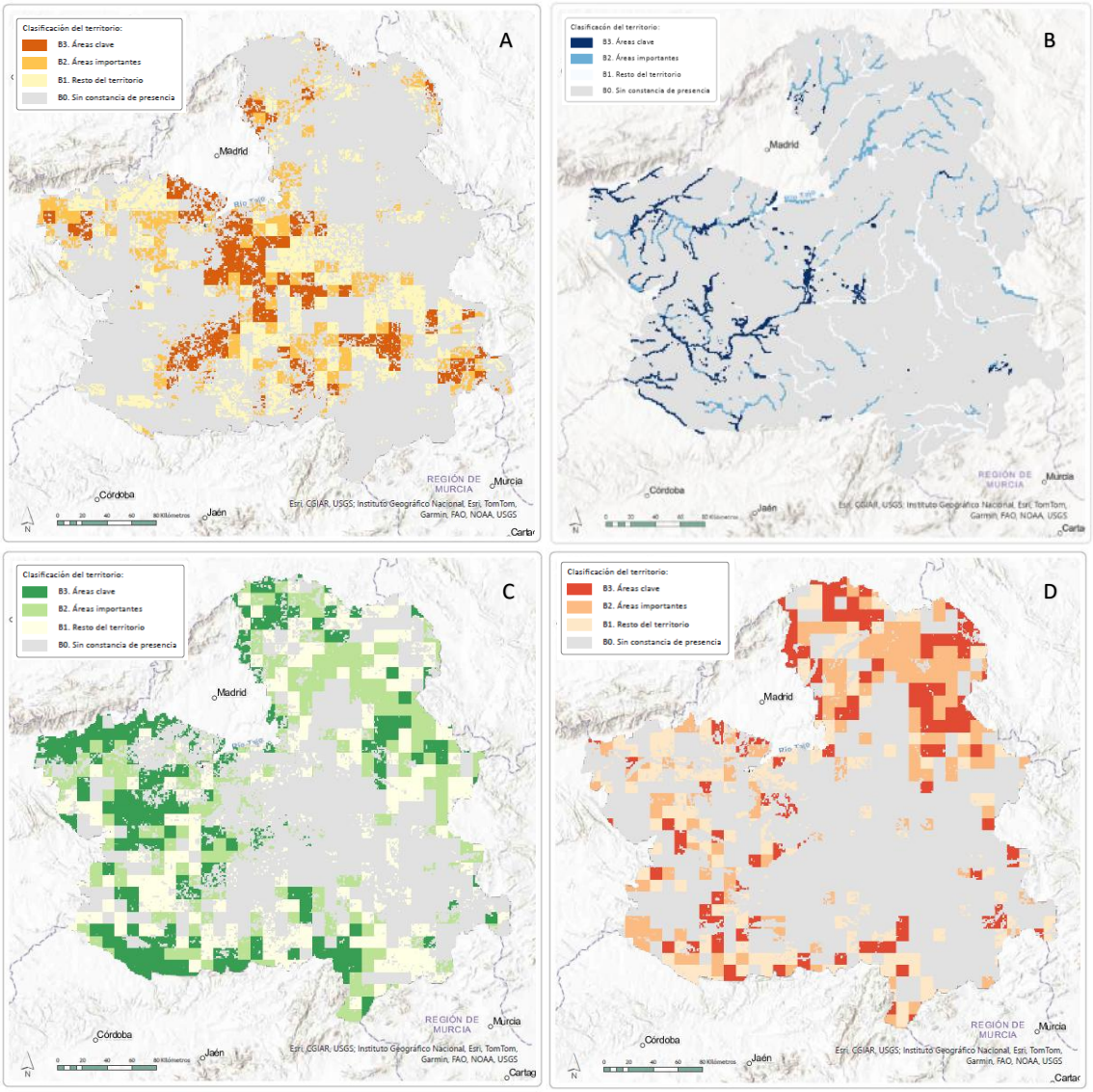


Imagen. *Resultados de la evaluación del Índice de importancia del territorio para la conservación de la biodiversidad amenazada [ICB] para especies esteparias (A), especies acuáticas (B), especies forestales (C) y especies rupícolas (D).*

3.2.2. Identificación de áreas de interés para la conservación y para la restauración

Además de identificar y clasificar las zonas del territorio según los resultados del índice, la Estrategia Nacional plantea la clasificación de los elementos susceptibles de ser integrados en la Infraestructura Verde como elementos **para la conservación** o **para la restauración**. Para determinar estas tipologías, se ha realizado una primera aproximación a esta clasificación utilizando como referencia las **áreas clave e importantes** obtenidas a partir del ICB.

Según esta asimilación, las áreas de mayor valor del ICB resultarían en las áreas en las que los valores de biodiversidad (y por tanto de hábitat adecuado para el desarrollo de sus ciclos vitales) son más destacables en la actualidad, por lo que serían susceptibles

de ser conservadas en su estado actual. Por su parte, las zonas que menor valor del índice expresan, pero resultan aún importantes por la biodiversidad que albergan, se han clasificado como zonas susceptibles de ser restauradas con el objetivo de que sus valores de ICB se incrementen hasta alcanzar los rangos considerados para ser incluidas en el grupo de áreas para la conservación.

Según este planteamiento, con carácter general se establece la siguiente correspondencia para la identificación de zonas para conservación o para restauración a partir de las categorías de ICB:

Clasificación ICB	Tipo de IV con la que se correspondería
Áreas clave	IV para la conservación
Áreas importantes	IV para la restauración (p1) (= prioritarias)
Áreas de interés bajo	IV para la restauración (p2) (= secundarias)
Resto del territorio	Excluido de la IV

Tabla. *Correspondencia entre la clasificación de zonas según el ICB, y las tipologías de Infraestructura Verde a identificar. Las clasificaciones en p1 y p2 para la Infraestructura Verde para la restauración hacen referencia a su priorización como elemento susceptible de ser restaurado (p1: prioridad alta; p2. Prioridad baja).*

3.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL

Los elementos territoriales que mejor representan las áreas clave e importantes para la conservación de la biodiversidad según este índice son los espacios incluidos en la red de áreas protegidas de la región. Estos espacios constituyen el principal activo de las áreas núcleo de la red básica de infraestructura verde regional, así como de las áreas clave de algunos corredores ecológicos. Además de estos espacios, se pueden identificar otras zonas del territorio que, no encontrándose actualmente formando parte de los espacios protegidos de la región, presentan ecosistemas bien conservados y también de alto valor ecológico.

En la delimitación de cada uno de los elementos que integran estas categorías, se podrán identificar áreas para la conservación (representadas por las áreas clave definidas por el ICB en cada caso), y áreas para la restauración, según la distribución de áreas importantes y áreas de interés bajo para el ICB.

3.3.1. Áreas de alto valor ecológico

Representadas por los elementos que forman parte de los siguientes grandes grupos de áreas de alto valor ecológico de la región, y que se detallan en la tabla siguiente:

- Espacios naturales protegidos.
- Zonas sensibles.
- Áreas protegidas por instrumentos internacionales.

ELEMENTOS TERRITORIALES	
Espacios naturales protegidos (excepto las zonas periféricas de protección)	Parques nacionales
	Parques naturales
	Monumentos naturales
	Reservas naturales
	Microrreservas
	Reservas fluviales
	Paisajes protegidos
Zonas sensibles de CLM	Áreas críticas de fauna
	Áreas críticas de flora
	Refugios de fauna
	Refugios de pesca
	Red Natura 2000
Áreas protegidas por instrumentos internacionales	Áreas núcleo de las Reservas de la Biosfera
	Humedales Ramsar

Las zonas periféricas de protección, cuando así vengan expresamente identificadas en las declaraciones formales de los espacios, serán susceptibles de ser incorporadas a la red básica de infraestructura verde como áreas de amortiguación.

3.3.2. Otros ecosistemas bien conservados y áreas de alto valor ecológico fuera de los espacios protegidos

Representadas por categorías de elementos que presentan un elevado interés para la conservación de la biodiversidad, y que en la actualidad pueden no encontrarse formalmente declarados como áreas protegidas. Algunas de estas categorías presentan elementos que forman parte de la propuesta de áreas de alto valor ecológico, por lo que se entiende la inclusión de zonas no consideradas ya en la anterior categoría.

- Rodales maduros.
- Rodales selectos.
- Fuentes semilleras.
- Humedales de Castilla-La Mancha.
- Reservas Naturales Fluviales.

4. EVALUACIÓN DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los ecosistemas proporcionan servicios esenciales que sostienen nuestra economía y el bienestar de nuestra sociedad, y que resultan del propio funcionamiento del ecosistema, por lo que invertir en el mantenimiento y restauración de estos servicios representa una prioridad en las políticas europeas para la conservación de la naturaleza.

Cuando se habla de servicios ecosistémicos se hace referencia a todos aquellos beneficios que se obtienen de la naturaleza como consecuencia del funcionamiento saludable de los ecosistemas. Se hace referencia, por ejemplo, al servicio de purificación del aire que realiza la vegetación al fijar determinados elementos contaminantes presentes en la atmósfera, al servicio de polinización que ejercen un buen número de insectos garantizando las cosechas que nos proporcionan alimentos, a la fijación del CO_2 de la atmósfera que contribuye de manera determinante a limitar los efectos de este gas en el calentamiento global del planeta, o al servicio de retención y conservación de la estructura del suelo que ejerce la vegetación, previniendo los efectos devastadores de las riadas y asegurando que este mantenga su estructura y composición. Además, todos estos servicios que se dan por sentados, y que aparentemente se prestan de forma gratuita, se producen en virtud de los procesos y funciones que se dan entre los activos naturales que conforman los ecosistemas, por lo que a mayor biodiversidad mayor diversidad de servicios ecosistémicos, y mayor estabilidad del propio ecosistema.

La preocupación por el desacople entre la provisión de servicios ecosistémicos y el uso que se hace de ellos ha llevado a las instituciones europeas a dar la voz de alarma e incorporar en su planificación estratégica para la biodiversidad hasta 2030 la identificación, descripción y puesta en valor estos servicios. La idea que subyace en esta propuesta es la de escalar la perspectiva sectorial en vigor en cuanto a la conservación de la naturaleza (vinculada únicamente a determinados ámbitos de la gestión) hacia los distintos sectores que, en la práctica, tienen capacidad de transformar el territorio y los usos que hacemos de este. En el ámbito europeo, la Comisión Europea ha hecho suya la propuesta lanzada por Naciones Unidas y ha comenzado a elaborar las herramientas y procedimientos para la puesta en valor de los servicios ecosistémicos, otorgándoles respaldo jurídico a través de su incorporación a los objetivos de la Estrategia Europea de la Biodiversidad para 2020 y 2030.

4.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS [ISE]

La planificación de la Infraestructura Verde de un determinado territorio precisa del análisis espacial de su capacidad de provisión de los distintos servicios de los ecosistemas para los que existe una demanda. Esta información espacial se basa en la combinación de diferentes indicadores generados para cada servicio y utilizando diferentes metodologías existentes para su representación espacial. Dicha evaluación permite establecer múltiples relaciones entre los servicios de los ecosistemas (compromisos y sinergias) siendo todas ellas singularmente útiles para la priorización el ámbito de la ordenación del territorio.

La evaluación de los servicios de los ecosistemas requiere la consideración de múltiples dimensiones: biofísica, socio-cultural y económica.

La evaluación biofísica aborda el análisis de la capacidad de los ecosistemas para ofrecer servicios a la sociedad, siendo uno de los métodos más empleados la representación espacial de indicadores a partir del uso de *proxies*, entendidos estos como medidas indirectas que representan un fenómeno, en ausencia de una medida directa.

La selección de metodologías e indicadores para la evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha se ha realizado igualmente a partir de las propuestas recogidas en la Guía Metodológica (Ed.1).

Estas metodologías se caracterizan por ser replicables, tener en cuenta la disponibilidad de información para su cálculo y la posibilidad de utilización de *proxies*. En la segunda edición de la Guía, publicada en 2024, se llevó a cabo una redefinición de los servicios de los ecosistemas con respecto a la 1ª edición, siguiendo la Clasificación Común Internacional de Servicios de los Ecosistemas (CICES v5.1) e identificando los servicios que formarán parte de la Regulación Europea sobre cuentas de los Ecosistemas (ENV/EA-MESA/WG/2023/18).

También se ofrece una clasificación en tres niveles de las metodologías disponibles, según su complejidad y requerimientos de información:

Nivel 1. Las metodologías no requieren un conocimiento profundo y análisis de los procesos socioeconómicos o biogeofísicos que se necesitan para su aplicación. El objetivo de este tipo de metodologías es tener una visión general de los servicios de los ecosistemas y su representación en el espacio.

Nivel 2. Estas metodologías tampoco requieren un conocimiento o análisis de los procesos, pero a diferencia del Nivel 1, desarrollan una aproximación que requiere mayor nivel de detalle de los mismos.

Nivel 3. Metodologías que requieren un conocimiento profundo y análisis de los procesos socioeconómicos o biogeofísicos precisos para su aplicación.

A nivel regional, la elección de la metodología ha dependido fundamentalmente de la calidad de la información disponible para abordar las distintas opciones, por lo que, dependiendo del servicio, el nivel al que se ha podido desarrollar la metodología ha sido distinto.

Los niveles 2 y 3 se encuentran sujetos a la disponibilidad de información, tanto en calidad, cantidad, escala y resolución necesarias, como de los recursos técnicos, financieros y humanos que se dispongan. En caso de no encontrarse accesibles, se deberá optar por aplicar una metodología de Nivel 1.

En la siguiente tabla se relaciona la denominación de los servicios recogida en las ediciones 1ª y 2ª de la *Guía metodológica*, indicando también el proxy utilizado y el nivel de evaluación que se ha podido alcanzar con la información disponible para ello.

Servicio evaluado (Ed.1)	Servicio evaluado (Ed.2)	Proxy	Nivel
Regulación climática	Regulación de la composición química de la atmósfera	Contenido de carbono total	2/3
Regulación de la calidad del aire	Filtración, retención, almacenamiento de contaminantes	Biomasa foliar	1/1
Regulación hídrica	Ciclo hidrológico y regulación del flujo de contaminantes	Índice de Retención Hídrica (WRI)	2/3
Control de la erosión	Control de las tasas de erosión	Índice de Control de la Erosión del Suelo	2/2
Polinización	Polinización	Índice de abundancia probable de polinizadores anidando	1/3
Provisión de alimentos	Plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales (Alimentos)	InVEST (*Crop production*)	2/2
Actividades recreativas y ecoturismo	Características naturales y abióticas de la naturaleza que permiten interacciones físicas y experiencias activas y pasivas	Índice de recreación	1/3
Disfrute estético del paisaje	Características de los sistemas vivos que permiten experiencias estéticas	Índice de estética del paisaje	1/1

Tabla 1: relación de servicios evaluados en Castilla-La Mancha, correspondencia con la denominación del servicio en las ediciones 1 y 2 de la *Guía metodológica para la identificación de la Infraestructura Verde en España*, y nivel metodológico desarrollado (expresando el nivel desarrollado con relación a los niveles disponibles en las metodologías valoradas).

4.1.1. Servicios ecosistémicos evaluados

Los servicios evaluados a nivel regional, acorde a la propuesta realizada en la primera edición de la Guía metodológica, contemplan tanto servicios clasificados de regulación como culturales.

Los **servicios de regulación** son aquellos que ayudan a reducir ciertos impactos locales y globales, como, por ejemplo, la regulación del clima y del ciclo del agua, el control de la erosión del suelo, la polinización, etc. Los servicios de esta categoría evaluados en la región han sido:

- Regulación del clima.
- Regulación de la calidad del aire.
- Regulación hídrica.
- Control de la erosión.

- Polinización.

Los **servicios de provisión** constituyen los beneficios materiales que las personas obtienen directamente de los ecosistemas. Incluyen la producción de alimentos, agua dulce, madera, fibras, energía biológica y recursos genéticos, entre otros. Representan la base biológica de la economía y del bienestar humano, al proveer recursos esenciales para la vida. Su mantenimiento depende del buen estado ecológico y funcional de los sistemas naturales y gestionados. En esta categoría se ha cartografiado un servicio:

- Provisión de alimentos.

Los **servicios culturales** son aquellos relacionados con el tiempo libre, el ocio o aspectos más generales de la cultura. Servicios de culturales evaluados han sido:

- Disfrute estético de los paisajes.
- Ocio y ecoturismo.

4.1.1.1. Regulación del clima [Código CICES 2.2.6.1]

El CO_2 es uno de los principales gases de efecto invernadero cuya acumulación en la atmósfera incide en el cambio climático. Por este motivo, la capacidad de los ecosistemas para acumular esta molécula es uno de los indicadores más utilizados en la valoración de este servicio a distintas escalas. La vegetación y el suelo retienen grandes cantidades de CO2 de la atmósfera. De este modo adoptan un papel importante en la mitigación del cambio climático, por lo que la cantidad de carbono almacenada en los distintos ecosistemas permite valorar cuáles de estos contribuyen de forma más significativa al secuestro de carbono.

Para la evaluación del servicio se ha utilizado como proxy la capacidad de almacenamiento de carbono de la vegetación y del suelo, evaluándose el contenido de carbono total presente en de Castilla-La Mancha (biomasa viva, biomasa muerta y materia orgánica del suelo).

El cálculo se ha realizado según la siguiente fórmula propuesta en la metodología de referencia:

$$CT = CBv + CBm + COS$$

Donde:

CT = Contenido de carbono total (t C/ha)

CBv = Contenido de carbono en la biomasa viva (t C/ha)

CBm = Contenido de carbono en la biomasa muerta (t C/ha)

COS = Contenido de carbono orgánico en el suelo (t C/ha)

4.1.1.2. Regulación de la calidad del aire [Código CICES 2.1.1.2]

El servicio de regulación de la calidad del aire hace referencia al papel que realiza la vegetación en la captación de determinadas partículas de la atmósfera que pueden ser nocivas para la salud humana. Este servicio depende, entre otros factores, de la captura y absorción de parte de la vegetación de partículas en suspensión, compuestos químicos

y gases presentes en la atmósfera que son nocivos para la salud humana. Se trata de un servicio que puede ser muy relevante en zonas urbanas o metropolitanas.

Para su valoración se ha utilizado la cantidad de biomasa foliar de formaciones arboladas como proxy de la capacidad de retención de contaminantes, y en concreto, la cantidad de biomasa de la hojas y ramas finas (con un diámetro inferior a 2 cm) por unidad de superficie (t/ha).

4.1.1.3. Regulación hídrica [Código CICES 2.2.1.3]

Entendemos por regulación hídrica el conjunto de procesos de los ecosistemas que abarcan la interceptación del agua por la vegetación (o recepción por las masas de agua superficiales), así como su retención e infiltración por el suelo y los acuíferos. El servicio presenta una estrecha relación con la capacidad de amortiguación de los ecosistemas ante los efectos negativos de eventos hídricos extremos como riadas, avenidas o inundaciones entre otros.

Para su identificación se ha utilizado como proxy el índice de retención de agua (*Water Retention Index*, *WRI*). Se trata de un indicador compuesto desarrollado para evaluar la capacidad del paisaje para regular y retener el agua que lo atraviesa, que identifica aquellas áreas del territorio donde podría existir un déficit en la capacidad de retención de agua por parte del paisaje.

Este índice representa el almacenamiento y capacidad de regulación potencial de agua por el terreno y la cubierta vegetal. Para su cálculo se considera tanto la intercepción de agua por la vegetación como el almacenamiento en las masas de agua, la infiltración y la retención por las diferentes capas de suelo, la percolación hacia las masas de agua subterráneas, la pendiente del terreno y la impermeabilidad del suelo (Burkhard et al., 2017; Vandescasteele et al., 2018).

Además, se trata de un indicador adimensional que revela aquellas zonas que presentan déficit en la capacidad del paisaje para retener agua que, en combinación con lluvias extremas, podría conducir a un mayor riesgo de inundaciones o escasez de agua (Maes, 2010).

Siguiendo la metodología de referencia basada en los trabajos previos de Burkhard et al. (2017) y Vandescasteele et al. (2018), se ha aplicado la siguiente fórmula:

$WRI = (WR_v\ R_v + WR_s\ R_s + W_{Rgw\ Rgw} + W_{slope\ Slope} + W_{wb}\ R_{wb}) * (R_{ss})$

Donde:

WRI = Índice de retención de agua

R_v = Retención de agua por la vegetación

R_s = Retención de agua en el suelo

R_{gw} = Retención de agua en las aguas subterráneas

Slope = Pendiente

R_{wb} = Retención de agua en los sistemas acuáticos

R_{ss} = Retención de agua en el suelo artificial

WR_v, WR_s, WR_{gw}, W_{slope}, W_{wb}: Pesos asignados a cada parámetro

4.1.1.4. Control de la erosión [Código CICES 2.2.1.1]

El control de la erosión está considerado como uno de los grandes retos para la gestión sostenible de los suelos. De hecho, supone una grave amenaza para la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas y la productividad de los suelos. Su papel también es muy relevante en la regulación de las reservas de agua.

Para la valoración del servicio se ha utilizado como proxy el índice de control de la erosión, que representa la capacidad de los ecosistemas (principalmente de la vegetación) para retener el suelo y prevenir su erosión gradual o súbita.

Al tratarse de parámetros ya desarrollados y cartografiados previamente por el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES), se ha procedido a realizar las adaptaciones necesarias para trasladar la información al contexto de trabajo regional. La fórmula general aplicada para su cálculo ha sido la siguiente:

Fórmula general de aplicación:

$$\mathrm{CE} = \mathrm{EP} - \mathrm{EL}$$

Donde:

CE = Control de la Erosión

EP = Erosión Potencial, expresada en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$

EL = Erosión Laminar, expresada en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$

4.1.1.5. Polinización [Código CICES 2.2.2.1]

Los insectos polinizadores son clave para la conservación de la biodiversidad. Las especies de plantas con flores silvestres dependen, al menos parcialmente, de la transferencia de polen por animales. La Evaluación IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas) destacó la importancia de la zoopolinización como servicio ecosistémico regulador de la naturaleza del que dependen el rendimiento o la calidad de gran parte de los cultivos, y que es fuente de múltiples beneficios para las personas.

El proxy utilizado para su evaluación ha sido el Índice de abundancia probable de polinizadores anidando en una zona, indicador que depende tanto de la disponibilidad de tipos de hábitat como de recursos florales para los insectos. Suele considerase asociado exclusivamente a cultivos agrícolas, atendiendo a su elevado valor económico y relación directa con la productividad. La fórmula general de aplicación ha sido:

$$\mathrm{IAPP} = \mathrm{HA} * (\mathrm{RF} * \mathrm{D})$$

Donde:

IAPP = Índice de abundancia probable de polinizadores anidando.

HA = disponibilidad de hábitat para anidar que tengan los insectos polinizadores.

RF = disponibilidad de recursos florales (flores portadoras de néctar) para su alimentación.

D = radio de desplazamiento.

4.1.1.6. Provisión de alimentos

El servicio ecosistémico de provisión de alimentos constituye uno de los pilares fundamentales de la relación entre los ecosistemas y el bienestar humano, especialmente en regiones como Castilla-La Mancha, donde una parte significativa del territorio está dedicada a usos agrarios y ganaderos. Este servicio representa la capacidad de los sistemas naturales y seminaturales para generar biomasa comestible, tanto de origen vegetal como animal, y desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria, la economía rural, la multifuncionalidad del paisaje y el mantenimiento de prácticas agroecológicas sostenibles. Su identificación y evaluación espacial permiten reconocer territorios con alto valor productivo, establecer prioridades de conservación y compatibilizar la producción de alimentos con otros objetivos ambientales y funcionales de la Infraestructura Verde.

Para su cuantificación espacial, se ha utilizado el modelo Crop Production del conjunto de herramientas InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs), desarrollado por el Natural Capital Project. Este modelo permite estimar la producción media de cultivos a escala territorial, combinando datos de uso del suelo, coeficientes de rendimiento y series estadísticas de producción agrícola. El modelo trabaja con una lógica biofísica simplificada y espacialmente explícita, ofreciendo resultados en términos de toneladas por hectárea para cada cultivo modelado, así como mapas integrados de producción total y diferenciada. Su uso se ha adaptado al contexto regional, utilizando fuentes oficiales y criterios metodológicos compatibles con la Guía Nacional de Infraestructura Verde del MITECO.

4.1.1.7. Recreo y ecoturismo [Código CICES 3.1.1.1]

Las actividades recreativas incluyen las interacciones físicas e intelectuales con los ecosistemas y los paisajes terrestres y marinos. El servicio ecosistémico de actividades de recreación ofrece oportunidades para el entretenimiento, el descanso y la satisfacción personal. Este servicio busca promover el bienestar físico, mental y emocional de los individuos, fomentando la conexión con el entorno y la comunidad. Es por ello por lo que la prestación de este servicio se encuentra estrechamente vinculada al potencial para el recreo (definido en base a las características intrínsecas de los ecosistemas), y de la capacidad para el recreo (disponibilidad de infraestructuras y servicios que posibiliten su acceso).

Para su evaluación se ha utilizado como proxy el índice de recreo, que considera la posibilidad de realizar actividades recreativas y de ocio al aire libre que ofrecen los distintos ecosistemas, y que depende tanto de su potencial como de su capacidad para el uso recreativo.

El índice de recreo (R) se ha calculado según la siguiente fórmula:

$$R = PR + CR$$

Donde:

R = Índice de recreo

PR = Potencial para el recreo

CR = Capacidad para el recreo

4.1.1.8. Disfrute estético de los paisajes [Código CICES 3.1.2.4]

A lo largo de la historia este servicio no solo ha aportado a la sociedad momentos de disfrute y placer, sino que ha sido un generador de pensamiento, un generador artístico y cultural y un dinamizador de la organización territorial, además del valor socioeconómico cada vez más demandado de este.

Como indicador se ha utilizado el índice de estética del paisaje, cuya metodología de obtención se basa en la utilización de características intrínsecas del paisaje o de sus elementos. La fórmula de partida utilizada ha sido:

$$\mathrm{IEP} = \mathrm{N} + \mathrm{T} + \mathrm{D} + \mathrm{IA} + \mathrm{PR} - \mathrm{EN}$$

Donde:

IEP = Índice estética del paisaje

N = Índice de naturalidad

T = Topografía

D = Diversidad de ecosistemas

IA = Influencia de masas de agua superficiales y costeras

PR = Presencia de paisajes relevantes

EN = Influencia de elementos negativos

4.1.2. Fuentes de información

La descripción detallada de los recursos cartográficos generales y temáticos utilizados en cada caso, así como el desarrollo metodológico del procedimiento para para cada uno de los servicios, se describe en los siguientes documentos de la serie “Evaluación de los servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha”:

- Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación del clima. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación de la calidad del aire. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación hídrica. Diciembre de 2023 [Ed. 2].

- Documento metodológico para la identificación del servicio de control de la erosión. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Documento metodológico para la identificación del servicio de polinización. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Documento metodológico para la identificación del servicio de provisión de ocio y ecoturismo. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Documento metodológico para la identificación del servicio de disfrute estético de los paisajes. Diciembre de 2023 [Ed. 2].

4.1.3. Procesado de la información

El objetivo del procesado de la información consiste en obtener un modelo cartográfico del territorio regional en el que, para cada unidad de este, se disponga de la información sobre las características de la provisión de un servicio concreto según la siguiente clasificación:

- Áreas clave: áreas de provisión alta del servicio.
- Áreas de provisión limitada: áreas de provisión moderada.
- Resto del territorio: áreas de provisión muy baja o nula.

Para esto, el rango de valores que el territorio expresa para cada servicio se reclasifica en estas tres categorías utilizando como método estadístico de reclasificación el de *rupturas naturales* de los intervalos.

Adicionalmente, la metodología de referencia (AEMA, 2014) contempla entre sus recomendaciones para la determinación de la Infraestructura Verde, el análisis espacial de los tres grupos de servicios de los ecosistemas: regulación, abastecimiento y culturales. Así, con el fin de garantizar el papel multifuncional de los territorios que se seleccionen para su integración final en la Infraestructura Verde, se requiere el análisis de posibles compromisos y sinergias entre los diferentes servicios proporcionados por los mismos, con el fin de asegurar los beneficios ecológicos, económicos y sociales esperados.

La metodología aplicada para este análisis básico de sinergias y compromisos se ha fundamentado en la propuesta recogida en la segunda edición de la *Guía metodológica*, y consiste en una comparación estadística de los valores obtenidos durante la identificación de los servicios ecosistémicos de Castilla-La Mancha, en el que se analiza la correlación existente entre los valores de los diversos indicadores de servicios de los ecosistemas.

Como resultado a resaltar, se destaca que todos los servicios ecosistémicos analizados muestran relaciones directas (algunas de ellas muy bajas), salvo el servicio de regulación hídrica respecto al de control de la erosión, que muestra un resultado de correlación negativo, aunque muy próximo a 0.

4.2. RESULTADOS

Para cada uno de los servicios, se obtiene la clasificación del territorio regional en las categorías cualitativas previstas según el epígrafe anterior. Adicionalmente, la Estrategia nacional y la *Guía metodológica* de referencia (Ed.2) establecen la necesidad de agregar la información de cada servicio prestado por unidad de territorio en un único modelo regional con el objetivo de obtener el índice general de provisión de servicios ecosistémicos.

Para esto, una vez reclasificados todos los modelos de provisión de servicios en las tres categorías establecidas, se agregan en un único modelo los resultados obtenidos para los servicios de regulación y para los culturales, expresándose el resultado en las mismas tres categorías cualitativas indicadas.

4.2.1. Áreas clave e importantes para la provisión de servicios ecosistémicos

4.2.1.1. Servicio de regulación del clima

Los resultados cartográficos muestran una notable heterogeneidad en la distribución del servicio en el territorio regional. Las mayores capacidades de regulación climática —identificadas como áreas clave o B3— se concentran principalmente en las grandes unidades montañosas y forestales de la región. Destacan la Serranía de Cuenca y el Alto Tajo, donde extensas masas de pinares de pino albar (Pinus sylvestris) y salgareño (Pinus nigra) acumulan importantes reservas de carbono tanto en su biomasa como en los suelos calcáreos profundos que los sustentan. Los Montes de Toledo, especialmente en sus sectores occidentales, presentan también elevadas capacidades asociadas a encinares y alcornocales maduros, así como a formaciones mixtas que combinan elementos forestales y matorrales de alta cobertura. En el sur de la región, las sierras de Alcaraz y Segura, con sus quejigares, pinares de montaña y mosaicos de pastos montanos, se configuran como otro importante núcleo de regulación climática. Finalmente, la Sierra Morena Oriental, y en particular la comarca de Alcudia-Sierra Madrona, aparece también como un área destacada, combinando melojares, rebollares y dehesas de alto valor estructural.

Las áreas con valores medios o limitados del servicio (categoría B2) se distribuyen principalmente en entornos agroforestales, como el Campo de Montiel, la Campiña del Guadiela o las cuencas altas del Záncara y el Cabriel. En estas zonas, el servicio se mantiene gracias a la existencia de usos del suelo mixtos —dehesas, cultivos leñosos en secano, mosaicos con matorral o arbolado disperso— que combinan una cierta productividad con funciones ecológicas relevantes. En cambio, las zonas con menor provisión del servicio (categoría B1) se localizan principalmente en las grandes llanuras agrícolas del centro y sureste regional, donde los cultivos herbáceos intensivos y el laboreo convencional han reducido notablemente la capacidad de almacenamiento de carbono, tanto en la vegetación como en el suelo. Asimismo, las áreas urbanas y las infraestructuras viarias y energéticas aparecen como espacios sin capacidad significativa de provisión climática (categoría B0).

Desde el punto de vista de los usos del suelo, el patrón territorial observado pone de relieve la estrecha relación entre la estructura de la vegetación y la capacidad de regulación climática. Las formaciones forestales maduras (encinares, pinares, sabinares y bosques mixtos), así como los suelos forestales y los sistemas con cobertura continua de matorral, concentran los mayores niveles de servicio. Por el contrario, los terrenos agrícolas sin elementos naturales asociados, las zonas de cultivo intensivo sin cobertura permanente y los suelos degradados presentan los niveles más bajos. De este modo, el tipo y la intensidad del uso del suelo son determinantes en la provisión de este servicio.

4.2.1.2. Regulación de la calidad del aire

A partir de los resultados cartográficos obtenidos se observa una distribución territorial claramente asociada a la presencia de masas forestales y sistemas naturales bien conservados. Las zonas clasificadas como áreas clave de provisión del servicio (B3) se concentran especialmente en las sierras septentrionales de Guadalajara (Sistema Central), la Serranía de Cuenca, el Alto Tajo, los Montes de Toledo, las sierras de Alcaraz y Segura, y algunas zonas del Campo de Montiel y el extremo occidental del Campo de Calatrava. En estas regiones, la densidad de vegetación y la continuidad de los sistemas naturales favorecen una alta capacidad de retención de partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), así como la absorción de contaminantes gaseosos como NOx, O_3 y SO_2, contribuyendo de forma significativa a la mejora de la calidad del aire a escala regional.

También alcanzan valores elevados (categoría B2) zonas de transición entre los sistemas naturales y el entorno agrícola, como los valles del Tajo y el Guadiana, la campiña del Henares o algunos enclaves de la Alcarria y La Manchuela, donde la presencia de vegetación riparia, dehesas, cultivos leñosos y mosaicos agrosilvopastorales permiten una prestación intermedia del servicio. Aunque su capacidad de absorción es menor que en los grandes sistemas forestales, estas áreas actúan como corredores ecológicos que atenúan la dispersión de contaminantes, especialmente en contextos rurales y periurbanos.

En cambio, las áreas con menor capacidad de provisión del servicio (categorías B1 y B0) coinciden con las grandes zonas de agricultura intensiva y cultivos herbáceos de secano y regadío, como la Llanura Manchega, las vegas del Tajo, Guadiana y Júcar, y los entornos urbanos e industriales de Toledo, Albacete, Ciudad Real y Puertollano. En estos espacios, el déficit de cobertura vegetal y la elevada presión antrópica se traducen en una escasa o nula funcionalidad ecosistémica en términos de regulación atmosférica. La pérdida de vegetación estructural, junto con la fragmentación del paisaje y la escasa integración de elementos verdes, limita la capacidad de estos territorios para cumplir una función depuradora del aire.

Desde el punto de vista de los usos del suelo, los mayores beneficios en términos de regulación de la calidad del aire están asociados a bosques caducifolios y mixtos, pinares con estratos arbustivos, matorrales densos y vegetación riparia continua. También resultan funcionales, aunque con menor eficacia, los cultivos leñosos extensivos (como olivar y almendro) cuando mantienen estructuras de setos, cubiertas vegetales o elementos lineales naturales asociados. Por el contrario, los monocultivos intensivos, el

suelo urbano artificializado y las infraestructuras sin integración paisajística contribuyen a agravar los procesos de contaminación al eliminar la capacidad de filtrado vegetal.

4.2.1.3. Control de la erosión

Los resultados muestran una distribución del servicio con fuerte dependencia del relieve, la cubierta vegetal y la intensidad de los usos antrópicos. Las áreas con mayor capacidad de control de la erosión (categoría B3) se concentran en las zonas montañosas y forestales del norte y oeste de la región, como los Montes de Toledo, la Sierra de San Vicente, la Serranía de Cuenca, el Alto Tajo y las sierras de Alcaraz y Segura. Estas áreas presentan elevadas diferencias entre la erosión potencial y la real, lo que indica una eficaz protección del suelo gracias a la continuidad, densidad y diversidad estructural de la vegetación, especialmente bosques de frondosas, pinares, sabinares, matorrales densos y pastizales naturales sobre suelos bien estructurados.

En el rango intermedio (categoría B2), destacan zonas como el Campo de Montiel, la Campiña del Guadiana o la cuenca alta del Júcar, donde se mantiene cierta funcionalidad del servicio gracias a mosaicos agroforestales, dehesas, cultivos leñosos y vegetación espontánea en linderos y vaguadas. En estas áreas, aunque la presión sobre el suelo es moderada, la cobertura vegetal aún actúa como freno eficaz frente a la erosión.

Por el contrario, las áreas con baja o nula capacidad de prestación del servicio (categorías B1 y B0) coinciden con los entornos de agricultura intensiva de secano y regadío en el centro y sureste de la región —como la Mancha Alta, el corredor del Tajo o el entorno de La Sagra—, donde la simplificación del paisaje, el laboreo convencional y la falta de cobertura vegetal durante buena parte del año hacen que la erosión potencial y la real sean muy similares, lo que refleja una pérdida sustancial de funcionalidad ecosistémica.

Desde el punto de vista de los usos del suelo, el servicio se asocia principalmente a bosques densos, matorrales con buen desarrollo estructural, pastos naturales y sistemas agroforestales extensivos. Las prácticas agrarias de bajo impacto, como la ganadería extensiva sobre pastos permanentes, también contribuyen positivamente a este servicio. En cambio, las roturaciones intensivas, el abandono de prácticas tradicionales de manejo del agua y la pérdida de estructuras del paisaje agrario (bancales, setos, cubiertas vegetales) generan escenarios de alta erosión y baja capacidad de regulación.

4.2.1.4. Regulación hídrica

A partir del análisis territorial basado en el índice WRI y su representación cartográfica en Castilla-La Mancha, se identifican claramente las áreas con mayor capacidad de regulación hídrica. Destacan, como áreas clave (B3), las zonas de media y alta montaña, particularmente en la Serranía de Cuenca, los Montes de Toledo, y las sierras de Alcaraz y Segura, así como los complejos lagunares del Campo de Montiel y las zonas húmedas de la Mancha Húmeda. Estos espacios presentan una elevada capacidad de interceptación, infiltración y almacenamiento hídrico, gracias a la combinación de suelos permeables, densa cubierta vegetal y presencia de masas de agua superficiales y subterráneas. En estas regiones, el uso del suelo predominante corresponde a masas

forestales naturales o seminaturales, pastizales extensivos y humedales, todos ellos compatibles con una función ecológica de retención y regulación hídrica eficiente.

Por el contrario, los sectores más deprimidos del territorio, como grandes zonas de la Mancha oriental y central, la Alcarria baja o algunas campiñas del valle del Guadiana, muestran valores medios o bajos (B2 y B1), relacionados con suelos menos permeables, pérdida de cubierta vegetal o elevada transformación agraria. En estas zonas dominan los cultivos herbáceos intensivos, el viñedo en vaso o espaldera, y superficies artificiales crecientes, lo que compromete la capacidad del paisaje para frenar la escorrentía o almacenar agua en el perfil edáfico. Estas áreas, por tanto, representan enclaves prioritarios para la restauración hidrológico-ambiental.

4.2.1.5. Provisión de alimentos

El análisis territorial del servicio, sintetizado a través de los tres mapas de referencia, revela patrones espaciales claramente diferenciados. La provisión total de alimentos presenta sus máximos valores en las campiñas cerealistas del este de Albacete, el sur de Cuenca y amplias zonas de Ciudad Real, donde la combinación de suelos fértiles, superficie de cultivo extensa y prácticas agrícolas mecanizadas favorecen una alta productividad. Estas áreas alcanzan las categorías más elevadas de prestación del servicio, consideradas áreas clave (B3), y constituyen ejes fundamentales de la provisión ecosistémica agroalimentaria de la región.

En cuanto a la provisión de alimentos destinados al consumo humano, el mapa muestra una fuerte especialización territorial, con concentración de los valores más elevados en aquellas comarcas con predominio de cultivos leñosos permanentes, frutales y hortalizas. Sobresalen, por su aportación a este servicio, las vegas del Tajo Medio (especialmente en torno a Talavera y la comarca de Torrijos), el valle del Guadiana (regadíos de Ciudad Real y entorno de Daimiel), y buena parte de La Manchuela (en las provincias de Cuenca y Albacete), donde el viñedo en espaldera y los olivares de alta densidad alcanzan altos rendimientos por hectárea. También destacan zonas de La Sagra y La Mancha Alta, donde se ha intensificado en las últimas décadas la horticultura bajo riego o en cultivos protegidos. Estas áreas combinan un uso eficiente del suelo con una orientación clara hacia la producción directa para consumo humano, tanto en mercados locales como para exportación. La estructura de la parcela, el acceso a recursos hídricos y la tecnificación del cultivo son factores clave que explican la elevada prestación del servicio en estas zonas.

Por otro lado, la provisión de alimentos destinados al consumo animal se concentra en zonas de secano mixto, especialmente en la Submeseta sur de Toledo, La Mancha occidental y las parameras alcarreñas. Estas áreas se caracterizan por el predominio de cultivos forrajeros (veza, alfalfa, avena) y pastizales con aprovechamiento ganadero extensivo, lo que las convierte en territorios funcionalmente vinculados al equilibrio entre productividad agrícola y conservación de los sistemas esteparios y adehesados.

El reconocimiento del servicio de provisión de alimentos como elemento estructurante de la infraestructura verde requiere considerar no solo los valores de productividad

bruta, sino también su articulación con otros servicios clave como la polinización, la regulación hídrica o el control de la erosión. Las zonas de mayor provisión alimentaria presentan a menudo elevados niveles de presión antrópica y transformación del paisaje, por lo que su integración en una red ecológica funcional exige estrategias específicas de gestión agroecológica, diversificación de cultivos y fomento de prácticas sostenibles.

4.2.1.6. Servicio de polinización

El análisis cartográfico de la provisión del servicio, basado en el mapa temático resultante, revela una distribución muy dependiente del grado de heterogeneidad del paisaje y de la coexistencia entre hábitats naturales y usos agrarios. Las áreas clave para la polinización (categoría B3) se localizan preferentemente en comarcas donde se mantiene una alta densidad de vegetación natural o seminatural en mosaico con cultivos de media o alta dependencia entomófila. Destacan, por su funcionalidad ecológica, los entornos del Alto Tajo y la Serranía de Cuenca, con abundantes praderas, matorrales y bosques abiertos; los valles fluviales de la cuenca alta del Guadiana, con corredores ribereños vegetados; el piedemonte de Sierra Morena y el Campo de Montiel, donde los cultivos leñosos tradicionales conviven con pastizales y setos naturales; y amplias zonas del sureste de Albacete, en el entorno de las Sierras de Alcaraz y Segura, con una fuerte componente de montaña y mosaico agroforestal.

Las zonas con provisión intermedia (categoría B2) abarcan territorios donde existen aún elementos seminaturales que permiten cierta continuidad funcional, aunque fragmentada, como ocurre en la Alcarria, la Campiña del Guadiela, o sectores del valle medio del Tajo. En estas zonas, aunque la estructura del paisaje se ha simplificado, persisten hábitats lineales, manchas de matorral y parches forestales que permiten el tránsito y alimentación de los polinizadores.

En cambio, las áreas de baja o nula provisión del servicio (categorías B1 y B0) se concentran en entornos de agricultura extensiva intensificada, en especial en la Llanura Manchega, La Sagra y las vegas de regadío. La homogeneización del paisaje, la escasa cobertura vegetal espontánea, la pérdida de linderos naturales y el uso de agroquímicos han reducido drásticamente la capacidad del territorio para sostener poblaciones viables de polinizadores. Este patrón coincide con zonas donde, paradójicamente, también existen cultivos dependientes de polinización (almendro, melón, frutales), lo que genera una disfunción entre oferta ecológica y demanda agraria del servicio.

En términos de usos del suelo, el servicio de polinización se asocia fuertemente a mosaicos agrícolas tradicionales con vegetación seminatural asociada, praderas de montaña, dehesas, márgenes de cultivos leñosos y vegetación riparia. Los bosques abiertos y los matorrales florísticos de alta diversidad también desempeñan un papel clave. Frente a ello, los monocultivos intensivos sin elementos naturales, las infraestructuras y el suelo urbano representan zonas de baja o nula funcionalidad para este servicio.

4.2.1.7. Servicio de disfrute del paisaje

La interpretación del mapa temático de provisión del servicio revela una clara correlación entre la diversidad geomorfológica, el grado de naturalidad y la expresividad visual del territorio. Las unidades paisajísticas con mayor nivel de provisión del servicio (categoría B3) corresponden a los grandes sistemas montañosos y valles escarpados, donde el relieve, la vegetación y el agua se combinan para generar composiciones paisajísticas de alto valor estético. Destacan en primer lugar los Paisajes de la Serranía de Cuenca y el Alto Tajo, definidos por cañones fluviales, parameras calizas, pinares de montaña y formaciones kársticas de notable interés visual. También sobresalen los Paisajes de la Sierra de Alcaraz y Segura, donde la alternancia de picos, valles húmedos, bosques de umbría y pastizales de altura crea una elevada riqueza escénica. Los Montes de Toledo, con su morfología ondulada, sus extensos encinares y sus cortados graníticos, constituyen otra unidad paisajística con alta prestación del servicio, especialmente en su sector occidental.

Otras unidades relevantes, aunque con valores más localizados, son los Paisajes de Sierra Morena oriental, el Campo de Montiel escarpado, y determinadas zonas de la Alcarria conquense y alcarreña, donde las plataformas estructurales, los cortados del Guadiela y el Tajo, y los mosaicos agrarios tradicionales se combinan con un patrimonio rural de fuerte carácter. En estos casos, el servicio se potencia por la baja densidad de infraestructuras, la continuidad de las cubiertas vegetales y la presencia de elementos geológicos o hidrográficos que rompen la monotonía del horizonte.

En la categoría intermedia (B2) se encuentran paisajes de campiña con cierto grado de estructura y diversidad, como los entornos del valle medio del Guadiana, la cuenca del Júcar, o los paisajes de piedemonte de La Mancha, donde la alternancia entre cultivos, arbolado disperso, cañadas, setos o masas de ribera genera una percepción visualmente rica, aunque de menor intensidad escénica. Estos paisajes actúan como zonas de amortiguación visual entre los núcleos de alta naturalidad y las zonas de mayor transformación.

Por el contrario, los paisajes con baja provisión del servicio (categorías B1 y B0) se concentran en las grandes llanuras agrícolas de La Mancha oriental, La Sagra y el entorno de las principales ciudades. En estas unidades paisajísticas domina la horizontalidad del terreno, la homogeneidad cromática y la simplificación estructural, con escasa presencia de elementos que aporten variación visual o interés escénico. La pérdida de vegetación natural, la concentración parcelaria, la intensificación agraria y la fragmentación por infraestructuras viarias o energéticas refuerzan esta tendencia.

En cuanto a los usos del suelo, las coberturas que mejor favorecen la provisión del servicio son los bosques naturales y mixtos, los matorrales estructurados, los humedales, los ríos encajados con vegetación riparia, y los sistemas agrarios tradicionales con mosaico, relieve y patrimonio edificado en equilibrio. Por el contrario, los monocultivos intensivos, los suelos desnudos o las zonas industriales reducen significativamente la calidad paisajística percibida, tanto por su homogeneidad como por su impacto visual.

4.2.1.8. Provisión de ocio y turismo en la naturaleza

El mapa territorial del servicio muestra una marcada concentración de áreas clave (categoría B3) en las zonas montañosas y espacios naturales protegidos de la región. Destacan como núcleos principales de alta prestación del servicio los entornos del Parque Natural del Alto Tajo, la Serranía de Cuenca, los Montes de Toledo (especialmente Cabañeros), las sierras de Alcaraz y Segura, así como las lagunas de Ruidera y varios humedales de La Mancha Húmeda (Tablas de Daimiel, Alcázar de San Juan). Estas zonas no sólo presentan elevados valores ecológicos y escénicos, sino que cuentan con una consolidada infraestructura de uso público, que incluye centros de visitantes, áreas recreativas, senderos señalizados, observatorios de fauna, miradores panorámicos, zonas de baño autorizadas y red de alojamientos rurales vinculados a actividades de naturaleza.

También aparecen con valores destacados (categoría B2) los entornos de media montaña y paisajes de campiña con tradición agroturística o cultural, como el valle del Guadiana oriental, el Campo de Montiel, o zonas del piedemonte de Sierra Morena, donde existen rutas ecoturísticas activas (como la Ruta del Quijote o el Camino Natural del Guadiana), casas rurales y actividades organizadas de observación de aves, rutas ecuestres, cicloturismo o interpretación del paisaje. La accesibilidad viaria y la proximidad a núcleos urbanos intermedios refuerzan su potencial como destinos de turismo sostenible de fin de semana o excursión corta.

En cambio, las áreas con baja o nula provisión del servicio (categorías B1 y B0) se localizan en buena parte del centro y este agrícola de la región, en especial en zonas de agricultura intensiva, entornos urbanos periféricos o llanuras sin cualificación turística. En estos territorios, la falta de valores naturales destacados, la escasez de infraestructuras de acogida y la débil presencia de actividades turísticas organizadas limitan su capacidad para generar experiencias recreativas significativas. Incluso en paisajes visualmente abiertos o accesibles, la ausencia de una oferta estructurada o de puntos de interés concretos debilita el desarrollo del servicio.

La distribución territorial del servicio muestra una clara asociación entre los valores ecológicos y paisajísticos del territorio y la implantación de estructuras y recursos de uso público vinculados al ecoturismo y el ocio activo. Entre los elementos más recurrentes en las zonas de alta provisión destacan:

- Red de equipamientos de los espacios naturales protegidos: centros de interpretación, rutas temáticas, observatorios, señalética.
- Infraestructura verde recreativa: senderos homologados (GR, PR), vías verdes, caminos naturales, miradores y áreas de descanso.
- Oferta de turismo rural estructurada: alojamientos integrados en la Red de Hospederías, casas rurales con certificación ecológica o rutas gastronómicas asociadas a productos locales.
- Actividades organizadas de naturaleza: *birdwatching*, itinerarios botánicos, georrutas, fotografía de fauna o educación ambiental.

- Eventos de dinamización rural: ferias del ecoturismo, jornadas micológicas, encuentros de naturaleza y deporte.

4.2.2. Áreas de interés para la conservación y la restauración de la provisión de servicios ecosistémicos

La identificación de áreas prioritarias para la conservación y la restauración de la provisión de servicios ecosistémicos constituye un paso esencial para orientar la planificación ecológica territorial en Castilla-La Mancha. Dado que estos servicios representan funciones naturales que benefician directamente al ser humano —como la regulación climática, la provisión de alimentos o la retención hídrica— su mantenimiento y mejora requiere no solo un conocimiento técnico de su distribución espacial, sino también una interpretación estratégica de su funcionalidad territorial.

Al igual que en los análisis realizados para los descriptores de biodiversidad y conectividad ecológica, se ha adoptado una clasificación ordinal del valor de provisión de cada servicio mediante cinco clases equivalentes (de menor a mayor aportación relativa), calculadas a partir del método de cuantiles. Esta clasificación permite delimitar con carácter preliminar las áreas donde el servicio evaluado presenta un mayor rendimiento ecosistémico o una mayor expresión territorial.

A partir de este marco de análisis, y siguiendo el criterio aplicado a otros indicadores, se propone la siguiente asimilación funcional de clases para orientar la intervención:

Las zonas clasificadas en la categoría B3 (20% superior de valor relativo) son consideradas como áreas de interés prioritario para la conservación del servicio ecosistémico correspondiente. Estas áreas concentran los valores más altos de provisión y deben ser preservadas frente a procesos de degradación, intensificación, fragmentación o cambio de uso que comprometan su funcionalidad ecológica.

Las zonas clasificadas como B2 (cuartil inmediatamente inferior al B3) se identifican como áreas con alto potencial para la restauración o mejora del servicio ecosistémico, bien por su posición intermedia entre funcionalidad y degradación, bien por su proximidad a zonas B3, su conectividad funcional o su localización en áreas estratégicas para la cohesión territorial.

Esta clasificación permite establecer un marco espacial básico para orientar acciones diferenciales de conservación y restauración, tanto en el diseño de corredores funcionales como en la priorización de intervenciones a escala subregional o local. No obstante, en el caso de los servicios ecosistémicos, esta propuesta presenta una singularidad importante frente a otros descriptores utilizados en la identificación de la Infraestructura Verde: aún no se ha completado la identificación, sobre el terreno y a escala detallada, de las estructuras ecológicas, biofísicas o antrópicas responsables de generar y sostener dichos servicios.

Por tanto, la presente delimitación ha de interpretarse como una referencia técnica preliminar, válida para análisis regionales y orientaciones estratégicas, pero que requerirá de un proceso de validación y afinamiento progresivo, a medida que se

desarrollen metodologías específicas para la identificación multiescalar de estructuras proveedoras. Este proceso podrá apoyarse en la integración de capas de uso del suelo, modelización ecológica, estudios agronómicos, datos de campo, cartografía de elementos del paisaje y herramientas participativas a escala municipal.

En consecuencia, las zonas B3 y B2 definidas para cada servicio ecosistémico deben ser consideradas como áreas de referencia para la acción diferenciada, y su consolidación como parte de la Infraestructura Verde dependerá del grado de certeza en la identificación de las estructuras proveedoras, su continuidad ecológica, su multifuncionalidad y su contribución al bienestar socioecológico del territorio.

4.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL

La identificación de los elementos territoriales que pueden conformar la Red Integrada de Infraestructura Verde Regional debe partir de los resultados obtenidos en la evaluación espacial de los distintos descriptores ecológicos considerados en el marco metodológico. En el caso de los servicios ecosistémicos, estos elementos corresponden a aquellas unidades del territorio cuya funcionalidad ecológica ha quedado evidenciada por su elevada capacidad de provisión, regulación o soporte de bienes y beneficios esenciales para la sociedad.

Como se ha descrito en apartados anteriores, la cartografía generada para cada servicio ecosistémico evaluado (regulación del clima, control de la erosión, retención de agua, calidad del aire, provisión de alimentos, polinización y servicios culturales) ha sido clasificada en cinco niveles ordinales de provisión. A partir de esta base analítica, se proponen como elementos prioritarios para su integración en la Infraestructura Verde aquellos que cumplen con alguno de los siguientes criterios:

- **Ámbitos territoriales clasificados como B3** (cuantil superior) para uno o varios servicios, con especial atención a las áreas que presentan multifuncionalidad ecosistémica, es decir, aquellas que coinciden con valores elevados en varios servicios simultáneamente.
- **Zonas clasificadas como B2**, cuando estén asociadas a procesos ecológicos clave, se encuentren en posición estratégica para garantizar la conectividad funcional de los servicios o dispongan de potencial claro de mejora mediante restauración.
- **Estructuras territoriales reconocibles en el paisaje** que actúan como soporte directo de la provisión de servicios, tales como humedales, bosques de ribera, sotos y vegas, dehesas, mosaicos agrarios tradicionales, pastizales de montaña, cañadas y vías pecuarias, complejos lagunares, campos agrícolas extensivos, áreas periurbanas multifuncionales o espacios naturales protegidos con funciones ecosistémicas activas.
- **Elementos lineales o nodales del paisaje** que, además de contribuir a la conectividad ecológica, cumplen funciones ecosistémicas concretas (por

ejemplo, corredores fluviales que regulan el clima y aportan servicios culturales; setos agrarios que contribuyen a la biodiversidad funcional y la polinización).

Cabe señalar que, a diferencia de otros descriptores como la biodiversidad o la conectividad ecológica, los servicios ecosistémicos presentan una mayor dependencia de factores biofísicos, socioeconómicos y de manejo humano, lo que implica que su delimitación no puede basarse exclusivamente en estructuras naturales. Por ello, la inclusión de elementos territoriales en la Infraestructura Verde deberá considerar no solo la capacidad biológica inherente del territorio, sino también su contexto de gestión, su evolución previsible y su contribución neta al bienestar ecosocial regional.

Asimismo, en los casos en los que aún no ha sido posible identificar con precisión, a escala detallada, las estructuras concretas proveedoras del servicio, se considerará como elemento territorial susceptible de integración aquel ámbito clasificado como B3 o B2 en el análisis regional, a la espera de su validación subregional o local a través de procesos técnicos participativos, cartografías más precisas o datos de campo.

En definitiva, la integración en la Infraestructura Verde Regional de los elementos asociados a la provisión de servicios ecosistémicos deberá atender a un enfoque multicriterio, territorialmente adaptado y dinámico, que combine los resultados del análisis espacial regional con el conocimiento contextual, la multifuncionalidad de los sistemas y las potencialidades de conservación y restauración de cada unidad territorial.

A continuación, se muestra una tabla técnica con los elementos territoriales asociados a cada servicio ecosistémico evaluado y su prioridad propuesta para la integración en la Infraestructura Verde Regional, siguiendo el enfoque B3/B2:

Servicio ecosistémico	Elementos territoriales vinculados	Prioridad para integración en la Red Básica
Regulación del clima	Bosques maduros, zonas húmedas, vegetación natural densa, pastizales permanentes	Alta (B3) / Media (B2)
Control de la erosión	Laderas forestadas, cubiertas vegetales en cultivos leñosos, terrazas tradicionales, setos y ribazos	Alta (B3) / Media (B2)
Retención de agua	Zonas húmedas, vegas fluviales, humedales temporales, áreas con suelos de alta capacidad de infiltración	Alta (B3) / Media (B2)
Calidad del aire	Áreas periurbanas arboladas, cinturones verdes, masas forestales cercanas a núcleos urbanos	Alta (B3) / Media (B2)
Provisión de alimentos	Agrosistemas extensivos de secano, olivares y viñedos	Alta (B3) / Media (B2)

Servicio ecosistémico	Elementos territoriales vinculados	Prioridad para integración en la Red Básica
	tradicionales, dehesas, huertas y vegas agrícolas	
Servicios culturales	Espacios naturales con valor paisajístico, lugares de uso recreativo, entornos patrimoniales rurales, caminos históricos, espacios con alta calidad del cielo.	Alta (B3) / Media (B2)

5. EVALUACIÓN DE LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA

La conectividad ecológica, entendida como el grado en que el territorio facilita el movimiento de las especies (individuos y genes) entre teselas de tipos de hábitat (Taylor et al., 1993), está ampliamente reconocida como un elemento crucial para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas. Esto es así en cuanto que la destrucción y fragmentación de los tipos de hábitat pueden favorecer el aislamiento de especies de fauna y flora, perjudicando e incluso llegando a impedir el intercambio genético entre diferentes núcleos poblacionales o el acceso a ciertos recursos. Por otra parte, constituye un elemento clave para minimizar los efectos del cambio climático o posibles cambios del paisaje, al permitir a las especies modificar su distribución espacial adaptándose a un ambiente cambiante.

El 19 de diciembre de 2022, las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas adoptaron oficialmente el Marco Mundial de Biodiversidad Kunming-Montreal como parte de un paquete de decisiones acordadas en la COP15, la cumbre de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre biodiversidad celebrada en Montreal, Canadá. La importancia de conservar la conectividad ecológica ha sido ampliamente reconocida como un elemento clave de este nuevo marco, incluyendo el Objetivo A, que busca garantizar la integridad, la conectividad y la resiliencia de los ecosistemas naturales; la Meta 2, donde la restauración mejorará la conectividad; la Meta 3, que busca asegurar la buena conexión entre los sistemas de áreas protegidas y conservadas; y la Meta 12, que busca aumentar la conectividad de los espacios verdes y azules en las zonas urbanas.

Estos objetivos y metas han sido trasladados a la Estrategia Europea para la Biodiversidad en 2030, materializándose a través de la necesidad de configurar una Infraestructura Verde Europea en la que uno de los objetivos consiste en garantizar la conectividad de las poblaciones de fauna y flora para contribuir a su conservación a largo plazo. Por tanto, en la planificación de la Infraestructura Verde Regional se deberá cuantificar el grado de conectividad.

Conectividad ecológica y fragmentación de hábitats

En el mantenimiento de la conectividad, desempeñan un papel relevante las administraciones y sectores con incidencia en la planificación territorial, y, sobre todo, en los cambios de uso del suelo. De hecho, uno de los factores que mayor incidencia tiene en la pérdida de conectividad ecológica del mosaico territorial es la **fragmentación de hábitats**, causada principalmente por la construcción de grandes infraestructuras y cambios de usos del suelo. Estos factores suponen una alteración o disrupción del patrón paisajístico que condiciona la continuidad ecológica necesaria para facilitar el tránsito de los distintos grupos de especies.

El objetivo básico de la Estrategia regional, en consonancia con la nacional, es conservar la biodiversidad. Para lograrlo, no sólo deben delimitarse y protegerse aquellos espacios que albergan mayor biodiversidad, además, han de llevarse a cabo actuaciones de conservación que consideren el conjunto del territorio como un sistema donde se

incluya la gestión de la trama territorial y el conjunto de actividades de las poblaciones humanas locales, es decir, la gestión de los procesos ecológicos, tanto naturales como culturales (Pineda et al., 2010).

Evaluación de la fragmentación del territorio en Europa

Grandes partes de Europa se han visto fragmentadas debido a la expansión de la infraestructura urbana y de transporte. El *proyecto Landscape Fragmentation in europe* (AEMA, 2011), centrado en la determinación cuantitativa del grado de la fragmentación del paisaje en 28 países europeos a tres niveles diferentes refleja que, a pesar del concepto de planificación basado en preservar grandes áreas no fragmentadas, la fragmentación ha continuado aumentando durante los últimos 20 años.

Las conclusiones de este informe ponen de manifiesto que casi el 30% del territorio de la Unión Europea presenta un grado de fragmentación entre moderado y alto según la Estrategia de la Unión Europea sobre Biodiversidad para 2020, y en su actualización mediante la Estrategia de biodiversidad a 2030 reitera que para tener una red de espacios naturales verdaderamente coherente y resiliente, será importante establecer **corredores ecológicos** para prevenir el aislamiento genético, permitir la migración de las especies y mantener y mejorar los ecosistemas sanos.

5.1. ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA [ICE]

El objetivo principal ha sido abordar la carencia de información existente en cuanto a la identificación de las zonas del territorio regional compatibles con la definición de corredor ecológico.

El proyecto se ha abordado desde una perspectiva del paisaje, es decir, evaluando las características de los usos del suelo que se presentan en función de su idoneidad como hábitat para las especies objetivo, y pretenden ser el punto de partida para describir el estado de la cuestión a escala regional para, en fases posteriores, trasladar estos resultados a los distintos niveles que se prevén en el diseño de las infraestructuras verdes.

En concreto, el objetivo ha sido evaluar la conectividad del territorio con la finalidad de identificar áreas prioritarias y de interés para la conectividad ecológica de la región, en base al **Índice de Conectividad Ecológica de la región (ICe)**.

Las metodologías desarrolladas para estos trabajos se han basado en las propuestas recogidas en la primera edición de la *Guía metodológica*.

Esta metodología propone el cálculo de un índice que estima la importancia para la conectividad ecológica de cada porción del territorio estudiado. Este índice se ha determinado para grupos taxonómicos que comparte afinidades ecológicas. Para esto, se procedió a identificar la red de corredores entre las áreas de distribución de las diferentes especies de interés seleccionadas, estableciendo un valor que representa la intensidad de flujo o probabilidad de paso de las diferentes especies en cada punto del área de estudio. La superposición de dichos valores para los grupos de especies

estudiadas proporciona un valor aproximado de la importancia de cada área del territorio para el mantenimiento de la conectividad ecológica global.

Esta metodología tiene en cuenta (a través de la definición de superficies de resistencia) la diferente percepción por parte de cada especie de la heterogeneidad del paisaje, permitiendo un estudio funcional de la conectividad. Este análisis se basa en el enfoque ampliamente aceptado y utilizado de caminos de mínimo coste (Adriaensen et al., 2003; Cushman et al., 2009).

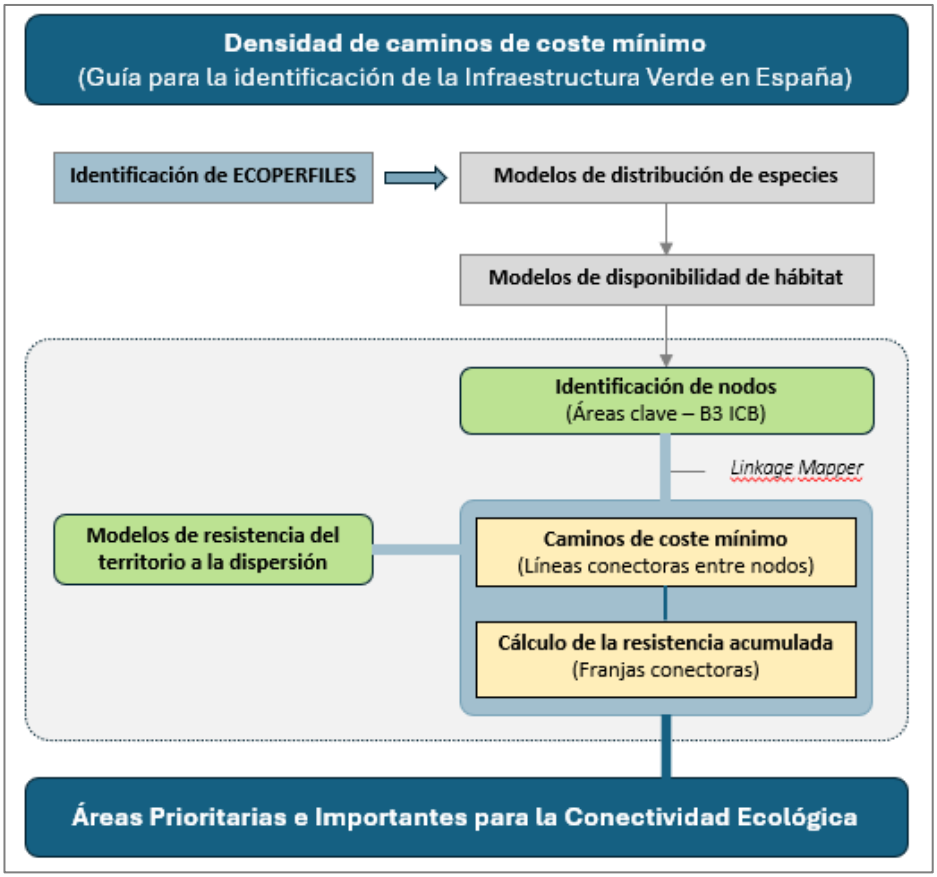


Figura 1. Esquema metodológico seguido para la identificación de las áreas de importancia para la conectividad ecológica en Castilla-La Mancha. A partir de los resultados de este esquema de trabajo, se identifican, por un lado, los corredores ecológicos para la región, y por otro, las zonas de amortiguación en torno a estos corredores susceptibles de ser integrados en la Infraestructura Verde Regional.

La opción metodológica elegida basa la evaluación de la conectividad en la disponibilidad de hábitat para las especies. Esta metodología analiza el paisaje como un grafo, identificando áreas importantes para las especies y estudiando las conexiones entre las mismas. Las áreas son los nodos del grafo que pueden estar conectadas a través de enlaces.

Los pasos seguidos han sido los siguientes:

1. Definir ecoperfiles y capacidad de dispersión de las especies,
2. Identificar y caracterizar los nodos,

3. Identificar y caracterizar los enlaces,
4. Combinación de los resultados para cada ecoperfil en un único modelo que describe el índice general de conectividad ecológica.

El detalle de los desarrollos metodológicos para cada ecoperfil se describe en los siguientes documentos disponibles a consulta:

- Documento metodológico para el análisis de la conectividad ecológica para especies esteparias. Diciembre de 2023, [Ed.2].
- Documento metodológico para el análisis de la conectividad ecológica para especies acuáticas. Diciembre de 2023, [Ed.2].
- Estudio para la identificación de redes de conectividad entre espacios forestales de la Red Natura 2000 en España. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. 2016. María Cruz Mateo Sánchez, Begoña de la Fuente Martín, Aitor Gastón González y Santiago Saura Martínez de Toda. Publicado en febrero de 2018 por WWF/Adena (Madrid, España).

5.1.1. Fuentes de información

5.1.1.1. Selección de ecoperfiles y capacidad de dispersión de las especies

Los ecoperfiles representan grupos de especies que comparte requerimientos ecológicos, y cuya definición ha tenido en cuenta la disponibilidad de información sobre sus usos ecológicos y la viabilidad de su cartografiado. Atendiendo a esto, se han definido tres perfiles ecológicos en torno a los cuales se han desarrollado los modelados de usos del territorio:

- Especies forestales.
- Especies esteparias.
- Especies acuáticas.

La capacidad de dispersión se ha definido como un valor medio atendiendo a las especies objetivo.

5.1.1.2. Selección de áreas núcleo

Las zonas núcleo, o nodos de conexión, representan, para cada perfil ecológico evaluado, las áreas del territorio a partir de las cuales se analiza la aptitud del mosaico territorial para facilitar la movilidad de especies entre ellas. Estas zonas definen, por tanto, las áreas actuales de presencia de estas especies.

Para la definición de nodos o áreas núcleo se ha tenido en cuenta, en primer lugar, la agrupación de especies en ecoperfiles. A partir de aquí, se han contrastado los resultados obtenidos de la metodología aplicada para la obtención del índice de interés para la conservación de la biodiversidad, con la delimitación de los espacios protegidos de la región que representan estos perfiles ecológicos (cuya vocación es la conservación de las especies vinculadas a estos perfiles).

Así, se han obtenido una serie de áreas núcleo que, en gran medida, coinciden con la delimitación de estas áreas protegidas, pero también ha sido necesario por otro lado identificar otras áreas de interés que actualmente no forman parte de estas. Así ha sido, por ejemplo, el caso de las especies esteparias.

5.1.1.3. Elaboración de modelos de idoneidad y resistencia

Los modelos de idoneidad de hábitat permiten apoyar la identificación de nodos y caracterizar su calidad en función de este atributo. En el desarrollo de los modelos para Castilla-La Mancha se han utilizado para identificar áreas potenciales y núcleos de interés para estos grupos de especies, más allá de los espacios que conforman la Red de Áreas Protegidas de la región.

Los modelos de resistencia se derivan de los de idoneidad de hábitat, pero considerando el factor de la oposición al desplazamiento de las especies en función de la percepción que tienen del mosaico de usos del suelo actual.

5.1.1.4. Identificación de rutas de menor coste y determinación de la resistencia acumulada del territorio a la dispersión

Para estas tareas se ha utilizado el software "*Linkage mapper*". La finalidad ha sido establecer las rutas de menor coste para el desplazamiento de las especies estudiadas, y, en un paso posterior, analizar la densidad de rutas de menor coste que transitan entre los nodos para obtener un modelo de franjas conectoras que, en última instancia, permiten identificar y caracterizar los corredores ecológicos de la región.

5.1.2. Procesado de la información

La evaluación de la capacidad conectora del territorio se expresa en los modelos desarrollados por medio del valor de resistencia acumulada. De esta forma, cada unidad del territorio evaluada presenta un valor en este sentido, de tal forma que cuanto menor sea este valor, mayor facilidad ofrece a las especies objetivo para transitar por él.

El rango de valores que conforman cada uno de los modelos ha sido reclasificado por el método de rupturas naturales en las tres categorías previstas en la guía metodológica, para determinar:

- Áreas clave.
- Áreas importantes.
- Áreas de interés bajo.

Por último, el valor del índice que se ha obtenido en cada modelo para cada unidad del territorio se agrega en un único modelo de ámbito regional en el que se expresa la importancia de cada una de estas unidades para la conectividad general (valor conjunto para los tres perfiles ecológicos evaluados), obteniéndose el valor del índice general en las mismas tres categorías indicadas.

5.2. RESULTADOS

5.2.1. Identificación de áreas clave e importantes para la conectividad ecológica

Para cada uno de los perfiles ecológicos, se obtiene la clasificación del territorio regional en áreas clave, áreas importantes y áreas de interés bajo. Adicionalmente, la Estrategia Nacional y la segunda edición de la Guía metodológica establecen la conveniencia de agregar la información de los perfiles ecológicos evaluados por unidad de territorio en un único modelo regional con el objetivo de obtener el **índice general de conectividad ecológica** regional.

Para esto, una vez reclasificados los valores de los modelos desarrollados en las tres categorías establecidas, se agregan en un único modelo, expresándose el resultado en las mismas tres categorías cualitativas. Los resultados, tanto por perfiles ecológicos como general, se muestran en las siguientes imágenes.

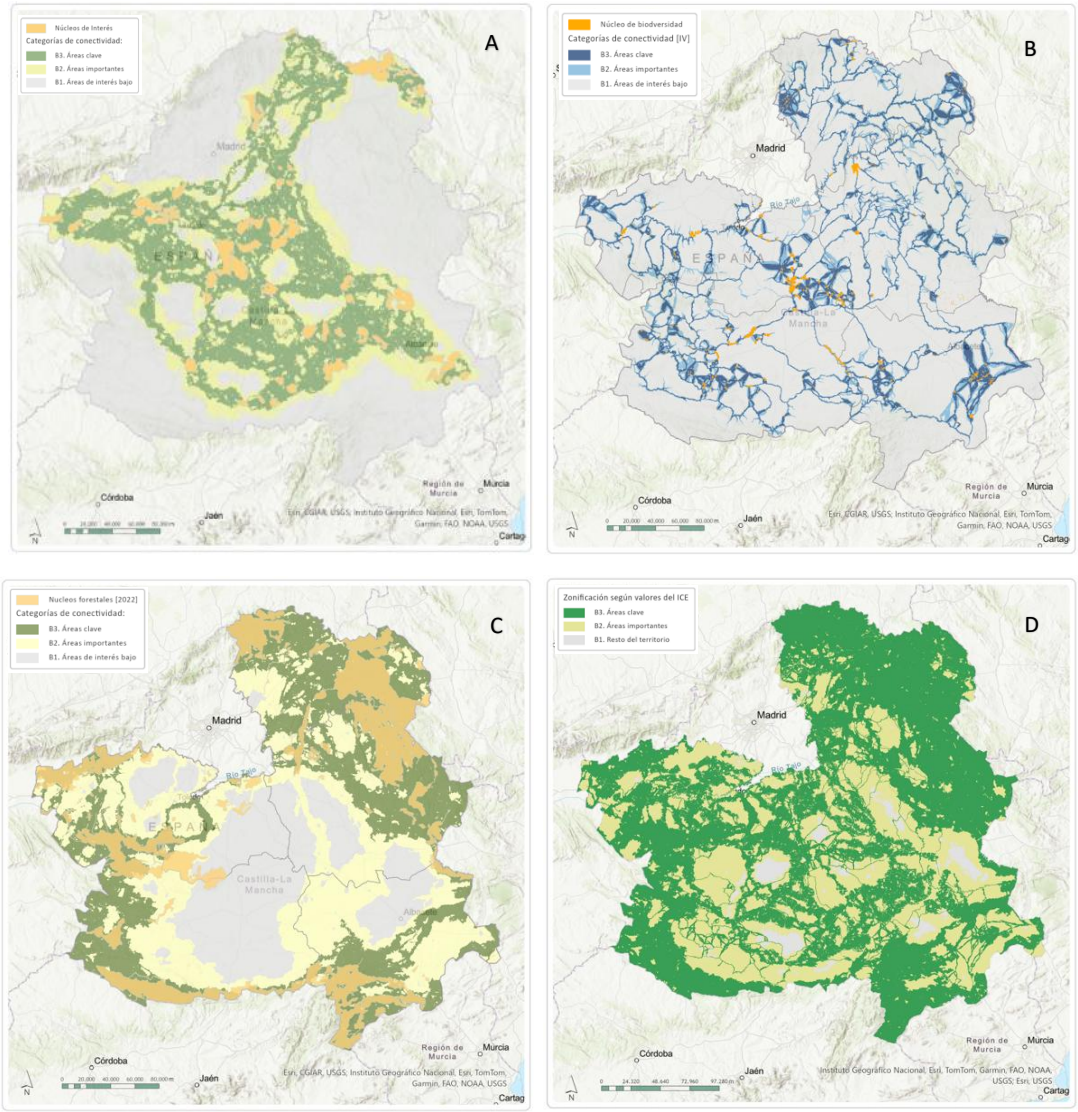


Imagen 2. *Resultados de la evaluación del Índice de importancia del territorio para la conectividad ecológica [ICE] para especies esteparias (A), especies acuáticas (B), especies forestales (C) e índice general (D).*

5.2.2. identificación de áreas de interés para la conservación y para la restauración

De acuerdo con los criterios utilizados para realizar la clasificación de áreas clave e importantes en cada caso, se propone la equivalencia entre estas zonas y las tipologías contempladas en la Estrategia Nacional de la siguiente manera:

Clasificación ICE	Tipo de IV
B3. Áreas clave	IV para la conservación
B2. Áreas importantes	IV para la restauración
B1. Áreas de interés bajo	-----

5.3. ELEMENTOS TERRITORIALES SUSCEPTIBLES DE SER INTEGRADOS EN LA RED DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL

Partiendo de la relación de elementos territoriales susceptibles de ser integrados en una Infraestructura Verde a escala regional propuestos en las "Bases científico técnicas para la identificación de la Infraestructura Verde en España", y considerando los resultados obtenidos en los análisis de conectividad en la región, se relacionan a continuación los componentes lineales y paisajísticos que cumplen con los requisitos tanto estructurales como funcionales para desempeñar esta función en una red básica de Infraestructura Verde regional.

5.3.1. Elementos lineales

a. Red de Vías Pecuarias de Castilla-La Mancha.

b. Estructuras lineales conformadas por la asociación de los siguientes componentes:

- Red hidrográfica superficial con caudal de agua permanente (hasta nivel 3)
- Zonas riparias actuales y potenciales delimitadas según cartografía del proyecto europeo Copernicus.
- Formaciones vegetales de ribera asociadas a los cauces permanentes descritos en el proyecto de cartografiado de hábitats azonales de Castilla-La Mancha.

5.3.2. Elementos paisajísticos

Los elementos lineales anteriores representan elementos de conectividad que cubren solo parcialmente las necesidades de algunos de los grupos de especies presentes en la región. Para solventar esta cuestión, y como complemento a estos elementos lineales, se considera conveniente incorporar a la red básica de Infraestructura Verde Regional aquellas zonas de mayor relevancia para la conectividad ecológica según los análisis de conectividad efectuados para cada perfil ecológico, que abordan la cuestión desde un punto de vista de análisis del paisaje.

En este sentido, se podrán considerar bajo la categoría de corredores paisajísticos las **áreas clave** identificadas para la conectividad ecológica según estos trabajos, y que desde el punto de vista funcional vienen definidas por las franjas de menor resistencia a la dispersión de las especies y que mayor número de líneas de menor coste acumulan para las especies esteparias, forestales y acuáticas.

Estos corredores paisajísticos, junto con los lineales, representan la mínima superficie para garantizar la movilidad de las especies entre sus principales núcleos de presencia en la región, por lo que, para complementar estas estructuras básicas, y garantizar el soporte estructural y funcional de estas estructuras básicas, se tendrán en cuenta las áreas clasificadas como "**importantes**" para la conectividad, que podrían ser consideradas en la categoría de **"áreas de amortiguación"** dentro de la clasificación de componentes de la Infraestructura Verde Regional.

5.3.2.1. Correspondencia entre los resultados del ICB y las categorías equivalentes para su integración con elementos de la red de Infraestructura Verde Regional

La relación entre las zonas identificadas y su clasificación, tanto como categoría de Infraestructura Verde como de tipología (vocación para la conservación o la restauración) se resumen en la siguiente tabla:

Clasificación ICE	Categoría equivalente de IV	Tipo de IV
B3. Áreas clave	Corredores paisajísticos	IV para la conservación
B2. Áreas importantes	Áreas de amortiguación	IV para la restauración
B1. Áreas de interés bajo	-----	-----

5.4. DESARROLLO DE LA RED DE CORREDORES ECOLÓGICOS DE CASTILLA-LA MANCHA A PARTIR DE LAS ZONAS IDENTIFICADAS PARA LA INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL

Los trabajos descriptivos desarrollados para la evaluación de la conectividad ecológica en los términos previstos para la identificación de los elementos de una Infraestructura Verde permiten definir una red de corredores ecológicos que refuercen los recursos descriptivos del medio. Esta red contribuye a mejorar el conocimiento y el estado de conservación de las especies amenazadas presentes en Castilla-La Mancha, y que representen el elemento formal para su integración como parte de la Infraestructura Verde Regional.

Para esto, resulta necesario establecer una clasificación de los resultados de los análisis de conectividad más ajustada a las necesidades de otros contextos y escalas de trabajo territorial. Esto es así, teniendo en cuenta que la clasificación del ámbito regional en áreas clave e importantes para la conectividad ecológica, puede no resultar del todo útil

al expresarse en unos términos que simplifican demasiado la realidad que se presenta sobre el terreno.

Una primera aproximación a la mejora de la precisión de la información que estos análisis arrojan consiste en identificar dentro de las áreas clave (como zonas de menor resistencia acumulada a la dispersión de las especies objetivo), aquellas franjas de conectividad que expresan los menores valores de resistencia acumulada, utilizando para esto las herramientas de clasificación estadística de los datos brutos obtenidos que los sistemas de información geográfica ofrecen.

Como resultado, se han definido, dentro de estas áreas clave para la Infraestructura Verde, los elementos internos que representan el soporte estructural del corredor **(franjas estructurales o prioritarias para la conservación de la integridad del corredor)**, y las zonas adyacentes a estas franjas estructurales, que actúan como **áreas de refuerzo de la franja estructural**, también importantes para la conservación de la integridad del corredor, pero con un papel más definido por contexto del momento en el que se realiza el análisis como "de soporte" de esta estructura fundamental que representan las franjas o zonas estructurales definidas previamente.

5.4.1. Equivalencia en la zonificación de corredores y elementos de la Infraestructura Verde regional

Por tanto, la red de corredores ecológicos de Castilla-La Mancha se integra en la red básica de infraestructura, a partir de la equivalencia entre zonas según se explica y se muestra a continuación.

Existe una equivalencia entre las zonas descritas para la identificación de elementos de la Infraestructura Verde y el desarrollo de la red de corredores ecológicos para Castilla-La Mancha que permite adaptar las necesidades de gestión de estas zonas del territorio a diferentes contexto de trabajo:

a. **En el marco de los trabajos desarrollados para la identificación de la Infraestructura Verde**, las áreas clave para la conectividad conformarán los denominados "corredores paisajísticos" de la Infraestructura Verde Regional, mientras que las áreas importantes formarán parte de la red básica de Infraestructura Verde en la categoría de "áreas de amortiguación".

b. **En el contexto de la red de corredores ecológicos de la región**, se identifican las siguientes zonas:

   - Áreas estructurales**,** o áreas prioritarias para la conservación del corredor ecológico: constituyen las estructuras básicas que mantienen la integridad física y funcional de las franjas de conectividad. Representan las áreas que menor resistencia cumulada presentan y donde confluyen un mayor número de rutas de menor coste entre núcleos de interés considerados.

   - Áreas de refuerzo: dan coherencia a las estructuras básicas identificadas como zonas prioritarias del corredor. Representan áreas que sustentan las funciones de las áreas consideradas como estructurales, cuya existencia es

importante para preservar las funciones de las zonas estructurales, y cuya restauración permitiría mejorar tanto la estructura como la funcionalidad de la franja conectora de la que forma parte junto con las zonas estructurales del corredor. En estas áreas se priorizarán las intervenciones de restauración que contribuyan a mejorar la disponibilidad de hábitat y demás condiciones que favorezcan a las especies objetivo en cada caso.

- Áreas de amortiguación: constituyen zonas que quedan en los márgenes de las áreas estructurales y de refuerzo de las franjas conectoras, y que, por un lado, pueden facilitar la transición hacia otras áreas que ya no constituyen hábitat preferente para el grupo de especies objetivo, o bien, permiten poner en contacto otras franjas conectoras que discurren de forma paralela por la matriz territorial.

Las equivalencias descritas se resumen en la siguiente tabla:

Clasificación ICE	Tipo de IV con la que se correspondería	Equivalencia Red de Corredores CLM
B3. Áreas clave	IV para la conservación (Prioritaria)	**Zonas estructurales o prioritarias para la conservación del corredor ecológico**: son las estructuras básicas que mantienen la integridad física y funcional de las franjas que actúan como corredores. Representan las áreas que menor resistencia cumulada presentan y donde confluyen un mayor número de rutas de menor coste entre núcleos de interés.
	IV para la conservación (Necesaria) IV para la restauración (p1) (= prioritarias)	**Zonas de refuerzo del corredor ecológico**: dan coherencia a las estructuras básicas identificadas como zonas prioritarias del corredor.
B2. Áreas importantes	IV para la restauración (p2) (= subsidiarias)	**Zona de amortiguación:** constituyen las áreas que quedan en los márgenes de las áreas estructurales y de refuerzo de las franjas de conectividad, y pueden transitar hacia otras áreas que ya no constituyen hábitat preferente para el grupo de especies objetivo, o que contactan lateralmente otras franjas conectoras.
B1. Áreas de interés bajo		

5.4.2. Elementos que integran la Red de Corredores Ecológicos de Castilla-La Mancha

La red de corredores ecológicos de Castilla-La Mancha se constituye a partir de los elementos que se relacionan a continuación, y que con carácter común a los distintos perfiles ecológicos que abarcan vienen representados por las **áreas o núcleos de interés**

para la conservación de las especies objetivo, los **corredores ecológicos** en sentido estricto, y que a su vez vienen conformados por las áreas estructurales y de refuerzo de los corredores identificados, y por último, una **zonas de amortiguación** cuya función principal es atenuar los posibles impactos que puedan producirse en las zonas identificadas como corredores ecológicos.

1. Corredores esteparios
    a. Núcleos de interés para la conservación de las especies esteparias.
    b. Corredores ecológicos:
        - Áreas estructurales de los corredores.
        - Áreas de refuerzo.
    c. Zonas de amortiguación.
2. Corredores acuáticos
    a. Núcleos de interés para la conservación de las especies acuáticas de anfibios y reptiles.
    b. Corredores ecológicos:
        - Tramos fluviales de especial interés conector (ríos y afluentes principales permanentes, ríos menores y arroyos permanentes).
        - Áreas estructurales y de refuerzo para anfibios y reptiles acuáticos.
    c. Zonas de amortiguación:
        - Áreas de amortiguación para anfibios y reptiles acuáticos.
        - Zonas riparias potenciales de los principales ríos de la región.
3. Corredores forestales
    a. Núcleos de interés para la conservación de la biodiversidad forestal.
    b. Corredores ecológicos:
        - Áreas estructurales de los corredores.
        - Áreas de refuerzo.
    c. Zonas de amortiguación.

6. OTROS ÍNDICES TERRITORIALES DE INTERÉS

6.1. ÍNDICES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A DESFRAGMENTAR EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES EN CASTILLA-LA MANCHA

6.1.1. Finalidad del proyecto y planteamiento metodológico

La finalidad del proyecto es la Identificación de áreas prioritarias que requieren intervenciones de desfragmentación por parte de diversos actores involucrados en su gestión.

En cuanto al planteamiento metodológico, dicho proyecto ofrece herramientas para evaluar la fragmentación generada por vías de transporte e identificar las zonas que requieren intervenciones de desfragmentación.

Este proceso se desarrolla contemplando dos escenarios alternativos en los que interesa actuar:

- **Áreas de patrimonio natural muy fragmentado:** se corresponden con áreas muy fragmentadas que mantienen zonas **con elevada vulnerabilidad biológica**, donde la **actuación es crucial para mitigar, en lo posible, su degradación**.
- **Áreas de patrimonio natural poco fragmentado:** referente a zonas que sufren poca fragmentación, presentan **altos valores de vulnerabilidad biológica**, y donde la densidad de vías de transporte es relativamente elevada.

Mediante la integración de tres índices base:

a. Índice de vulnerabilidad biológica,
b. Tamaño efectivo de malla (indicador del grado de fragmentación del territorio)
c. Densidad de infraestructuras de transporte,

se calculan dos nuevos índices que permiten medir la relevancia de cada km2 del territorio para la aplicación de acciones de desfragmentación, en cada uno de los escenarios planteados:

- Índice de importancia para **mitigación** en áreas de **patrimonio natural muy fragmentado**.
- Índice de importancia para **mitigación** en áreas de **patrimonio natural poco fragmentado**.

Una vez calculados los índices de importancia para mitigación en ambos escenarios, para la totalidad de cuadrículas del territorio, se selecciona para cada Comunidad Autónoma el 1% de las cuadrículas con mayor valor en cada uno de dichos índices y se establecen los conjuntos de **cuadrículas importantes a desfragmentar en ámbito autonómico.**

En esta fase del procedimiento se logra focalizar la atención en puntos cruciales para acciones de desfragmentación, sin embargo, el volumen de cuadrículas identificadas es significativamente alto lo que dificulta su gestión debido a la substancial necesidad de recursos. Por lo tanto, y a fines prácticos, es necesario limitar este conjunto de

cuadrículas importantes a aquellas que poseen mayor prioridad para la implementación de acciones de desfragmentación.

Con este fin, se incrementan los niveles de exigencia en los análisis incorporando tres variables complementarias:

- Intersecciones entre corredores ecológicos y la red viaria.
- Densidad de accidentes con fauna silvestre.
- Intersecciones entre la Red Nacional de Vías Pecuarias y la red viaria.

Mediante un análisis de coincidencias, se identifican como cuadrículas prioritarias a desfragmentar, en ámbito autonómico aquellas **cuadrículas importantes** en las que coinciden, accidentes con fauna silvestre, o bien, intersecciones entre corredores ecológicos y la red viaria. Una vez identificadas, se reclasifican dichas cuadrículas (en base a la suma de los valores de las variables que coinciden en cada cuadrícula) en tres niveles de prioridad: Alta, Media y Baja.

Finalmente, se ajusta al alza, el grado de prioridad de aquellas cuadrículas en las que ocurren intersecciones entre la Red Nacional de Vías Pecuarias y la red viaria.

En base a las cuadrículas identificadas en la etapa anterior y a las tres variables complementarias, se realizan análisis de coincidencias aún más restrictivos para identificar las cuadrículas de máxima prioridad a desfragmentar en ámbito autonómico.

En este caso, para ser de **máxima prioridad**, una cuadrícula debe tener categoría de prioridad media o alta y en ella deben coincidir tanto accidentes con fauna silvestre como intersecciones entre corredores ecológicos y la red viaria. De forma similar a la etapa anterior, se incrementa el valor de la cuadrícula en función de la presencia de intersecciones entre la Red Nacional de Vías Pecuarias y la red viaria. Esta última etapa del procedimiento permite identificar para cada una de las Comunidades Autónomas (CC.AA.) un número manejable de cuadrículas de máxima relevancia para actuaciones de desfragmentación.

Siguiendo la lógica de aumento del nivel de exigencia de los análisis, las **“cuadrículas de máxima prioridad a desfragmentar a nivel estatal”** se obtienen mediante un análisis de coincidencias que identifican, dentro del conjunto de cuadrículas clasificadas como de alta prioridad en ámbito autonómico, aquellas en las que coinciden: a) accidentes con fauna silvestre, b) intersecciones entre corredores ecológicos y la red viaria y, c) intersecciones entre la Red Nacional de Vías Pecuarias y la red viaria.

6.1.2. Resultados

Los análisis se realizaron sobre la totalidad del territorio español peninsular, islas Baleares y Canarias, con una resolución espacial de 1 km^2.

Los procedimientos se han llevado a cabo en cinco etapas según se describe a continuación:

1. **Obtención y redimensionado de índices y subíndices de base:**

a. Índice de vulnerabilidad biológica.
    i. *Índice de áreas agrarias de alto valor natural.*
    ii. *Índice de biodiversidad.*
    iii. *Índice de riqueza de especies objetivo.*
    iv. *Índice de abundancia de ríos y humedales.*
    v. *Índice de presencia de áreas naturales protegidas.*
    vi. *Índice de importancia para la conectividad ecológica.*
b. Tamaño efectivo de malla.
c. Índice de densidad de infraestructura de transporte.

2. Obtención y redimensionado de índices de importancia para la mitigación de los efectos de las infraestructuras lineales de transporte

a. En áreas de patrimonio natural poco fragmentado.
b. En áreas de patrimonio natural muy fragmentado.

3. Identificación y clasificación de cuadrículas importantes a desfragmentar

a. Cuadrículas importantes a desfragmentar a nivel estatal en áreas de patrimonio natural poco fragmentado (CI-PNPF).
b. Cuadrículas importantes a desfragmentar a nivel estatal en áreas de patrimonio natural muy fragmentado (CI-PNMF).
c. Cuadrículas importantes a desfragmentar en el ámbito de las C.AA. en áreas de patrimonio natural poco fragmentado ($CI\text{-}PNPF_{CC.\ AA.}$).
d. Cuadrículas importantes a desfragmentar en el ámbito de las CC.AA. en áreas de patrimonio natural muy fragmentado (CI-PNMFCC. AA.).

4. Obtención y clasificación de variables complementarias

a. Intersecciones entre la red viaria y corredores ecológicos.
b. Densidad de accidentes con fauna silvestre.
c. Intersecciones entre la red viaria y vías pecuarias.

5. Análisis de coincidencias e identificación de cuadrículas prioritarias y de máxima prioridad a desfragmentar

a. Cuadrículas *prioritarias* a desfragmentar en el ámbito de las CC.AA. en área de patrimonio natural poco fragmentado ($CP\text{-}PNPF_{CC.\ AA.}$).
b. Cuadrículas *prioritarias* a desfragmentar en el ámbito de las CC.AA. en área de patrimonio natural muy fragmentado ($CP\text{-}PNMF_{CC.\ AA.}$).
c. Cuadrículas de *máxima prioridad* a desfragmentar en el ámbito de las CC.AA. en área de patrimonio natural poco fragmentado ($CP_{Max}PNPF_{CC.AA.}$).

d. Cuadrículas de *máxima prioridad* a desfragmentar en el ámbito de las CC.AA. en área de patrimonio natural muy fragmentado ($CP_{Max}PNMF_{CC.AA.}$).

e. Cuadrículas de máxima prioridad a desfragmentar en el ámbito de las CCAA en áreas de patrimonio natural muy y poco fragmentado $CP_{Max}PNMF$ y $PNPF_{CC.AA.}$).

f. Cuadrículas de máxima prioridad a desfragmentar a nivel estatal en área de patrimonio natural poco fragmentado (CP*Max*PNPF).

g. Cuadrículas de máxima prioridad a desfragmentar a nivel estatal en área de patrimonio natural muy fragmentado (CP*Max*PNMF).

6.1.3. Identificación de zonas para la restauración de la conectividad ecológica

6.1.3.1. Resultados de la evaluación y priorización de áreas para la desfragmentación

A partir de la **evaluación** de los índices de importancia para la mitigación de los efectos de las vías de transporte en la fragmentación de hábitat (tanto en patrimonio natural fragmentado como poco fragmentado), se seleccionan las cuadrículas que se sitúan entre el 1% con mayor valor para estos índices.

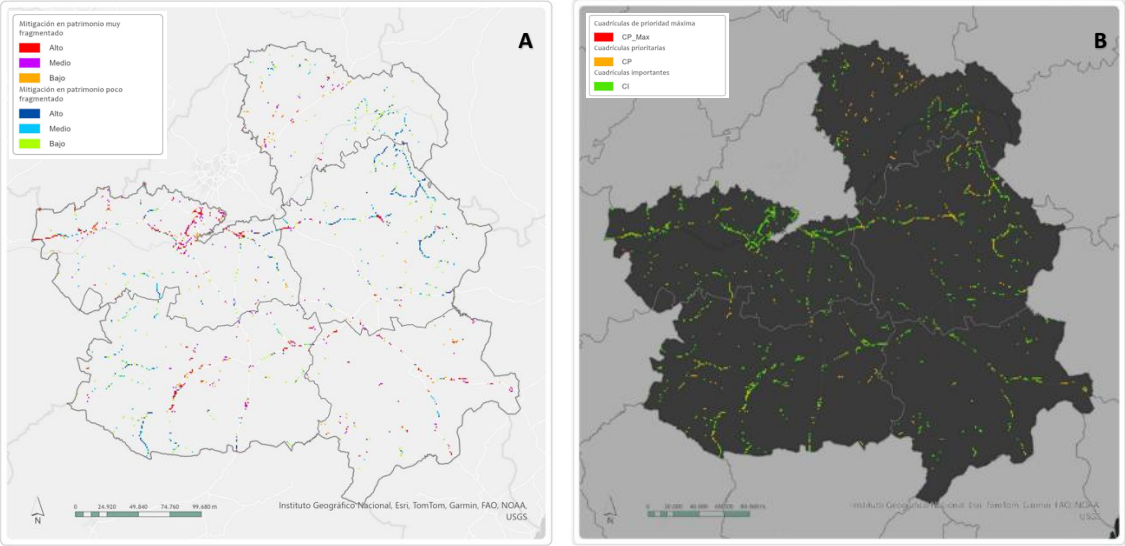
La **priorización** para la desfragmentación se realiza a partir del análisis de coincidencias de estas cuadrículas con la información correspondiente a los cruces de vías de comunicación con la red de vías pecuarias, corredores ecológicos forestales y reportes de accidentes de fauna salvaje en vías de comunicación.

Para Castilla-La Mancha, el resultado de estos análisis se resumen en los siguientes mapas temáticos que deberán apoyar las soluciones que se propongan para la intervención sobre el territorio en cuanto a la mejora de la conectividad ecológica.

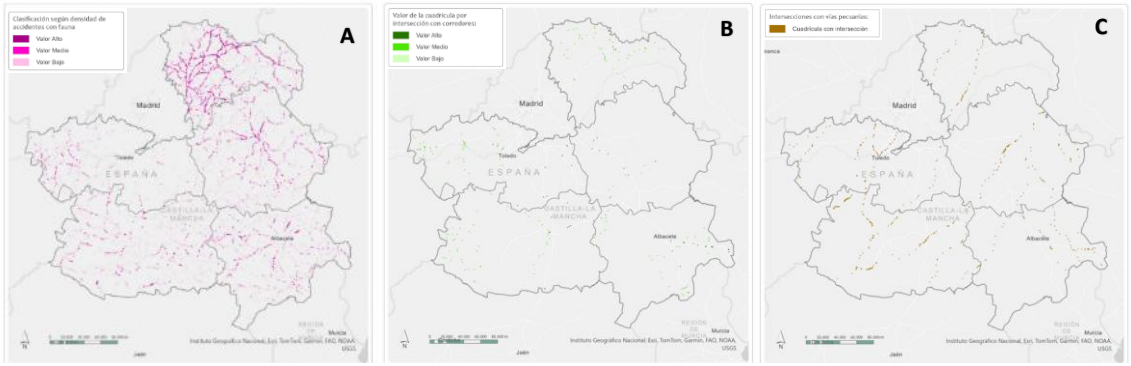
a. Evaluación del índice de relevancia para mitigación en áreas de patrimonio natural poco y muy fragmentado, clasificado en valores altos, medios y bajos.
b. Priorización para mitigación de las cuadrículas anteriores, clasificándolas a su vez como importantes, prioritarias y de máxima prioridad.

Como recursos adicionales, se muestran los resultados de los análisis realizados en cuanto a:

a. Intersecciones entre corredores ecológicos y la red viaria.
b. Densidad de accidentes con fauna silvestre.
c. Intersecciones entre la Red Nacional de Vías Pecuarias (RNVP) y la red viaria.



A. Evaluación de los índices de importancia para la mitigación de los efectos de las vías de transporte en la fragmentación del hábitat (tanto en patrimonio natural fragmentado como poco fragmentado), y clasificación de las cuadrículas que se sitúan entre el 1% con mayor valor para estos índices para valores altos, medios y bajos en cada caso. **B**. **Priorización** de las cuadrículas seleccionadas como importantes, prioritarias y máxima prioridad independientemente del grado de fragmentación del patrimonio natural.



Representación del valor de las cuadrículas analizadas según: **A.** Densidad de accidentes con fauna silvestre. **B.** Intersección de las infraestructuras de transporte con corredores ecológicos. **C.** Intersección de las infraestructuras de transporte con la red nacional de vías pecuarias.

7. CAMBIO CLIMÁTICO

7.1. INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CASTILLA-LA MANCHA

El cambio climático constituye una de las principales amenazas globales del siglo XXI, tanto por sus efectos directos sobre los sistemas naturales y humanos como por su capacidad para amplificar desigualdades territoriales, vulnerabilidades sociales y presiones ecológicas preexistentes. Se trata de un fenómeno complejo, derivado de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera como consecuencia de la actividad humana, que se suma a la variabilidad climática natural y provoca alteraciones significativas en la temperatura, el régimen de precipitaciones, la frecuencia de fenómenos extremos y la distribución de especies y ecosistemas (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

En este contexto, la región mediterránea —y en particular la Península Ibérica— ha sido identificada como una de las zonas más sensibles y vulnerables de Europa frente al cambio climático (IPCC, 2022). Castilla-La Mancha, situada en el centro de esta región biogeográfica, se enfrenta a múltiples desafíos derivados de este fenómeno global: incremento sostenido de la temperatura media anual, reducción progresiva de las precipitaciones, mayor irregularidad interanual, aumento de la frecuencia e intensidad de olas de calor, sequías más severas y prolongadas, y eventos torrenciales cada vez más intensos y concentrados en el tiempo.

Esta realidad climática afecta de manera directa a sectores estratégicos para el desarrollo regional, como la agricultura, la ganadería, los recursos hídricos, la conservación de la biodiversidad, la salud pública o la gestión de riesgos naturales, como los incendios forestales. El carácter estructural y transversal de estos impactos ha llevado a la comunidad autónoma a desarrollar una respuesta política y técnica basada en la planificación integrada, la adaptación territorial y la descarbonización progresiva del modelo de desarrollo regional.

En este sentido, Castilla-La Mancha cuenta desde 2019 con una Estrategia de Cambio Climático (Horizontes 2020 y 2030), que articula medidas de mitigación y adaptación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la resiliencia del territorio y promover una transición ecológica justa y coherente con los compromisos nacionales e internacionales. Esta Estrategia se encuentra en proceso de reforzamiento mediante la elaboración de una futura Ley de Cambio Climático autonómica, actualmente en fase de anteproyecto, que aspira a consolidar un marco jurídico robusto, estable y transversal para enfrentar los riesgos climáticos presentes y futuros.

En paralelo, Castilla-La Mancha participa activamente en la implementación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, incorporando los objetivos de la Agenda 2030, la Estrategia Europea de Adaptación y el Pacto Verde Europeo, en coherencia con el principio de acción climática integrada en todas las políticas públicas.

Desde una perspectiva territorial, el desarrollo de la Infraestructura Verde Regional, en cuya estrategia se enmarca este diagnóstico, representa una herramienta esencial para incrementar la resiliencia ecológica y social del territorio. A través de soluciones basadas en la naturaleza, la conectividad ecológica, la restauración de hábitats y la conservación de corredores funcionales, la Infraestructura Verde permite reducir los riesgos derivados del cambio climático, mejorar la adaptación de los ecosistemas y fortalecer su capacidad de respuesta ante perturbaciones climáticas.

La combinación de políticas de mitigación, adaptación y restauración ecológica constituye así un enfoque integral para hacer frente a los impactos del cambio climático en Castilla-La Mancha. El presente diagnóstico territorial profundiza en este enfoque mediante el análisis de las tendencias observadas, los escenarios futuros proyectados y los impactos sectoriales identificados, estableciendo la base técnica necesaria para orientar la toma de decisiones y las prioridades de acción regional.

7.2. TENDENCIAS OBSERVADAS

El análisis de las tendencias climáticas observadas en Castilla-La Mancha durante las últimas décadas muestra una evolución inequívoca hacia un clima más cálido, irregular y extremo, en línea con los patrones regionales identificados por el IPCC para la cuenca mediterránea (IPCC, 2021; IPCC, 2023). Los estudios regionales y los datos proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Universidad de Castilla-La Mancha permiten establecer una base empírica sólida para caracterizar esta evolución, clave para fundamentar las políticas de adaptación territorial.

7.2.1. Temperatura

La temperatura media anual en Castilla-La Mancha ha experimentado un incremento sostenido durante las últimas décadas. Según los datos disponibles para el período 1981–2016, la región ha registrado un aumento de hasta 1,4 °C, con un ascenso progresivo en cada intervalo decenal (Gómez et al., 2018). Este calentamiento se manifiesta con especial intensidad en los meses estivales, especialmente junio, julio y agosto, aunque se extiende al resto del año, afectando tanto a las temperaturas medias como a los valores extremos.

Las provincias más afectadas por esta tendencia térmica son Cuenca (hasta +1,89 °C), seguida por Guadalajara, Toledo y Ciudad Real, todas con incrementos superiores a 1,25 °C. Este fenómeno se refleja también en el incremento del número de días con temperaturas superiores a 30 °C y en la extensión del período cálido hacia la primavera y el otoño. Paralelamente, se observa una reducción significativa del número de días con heladas, indicando una menor frecuencia de temperaturas mínimas extremas en invierno (JCCM, 2025).

7.2.2. Precipitación

En cuanto a la precipitación, Castilla-La Mancha presenta un régimen altamente variable e irregular, con una elevada variabilidad interanual que dificulta la identificación de

tendencias lineales sostenidas. No obstante, diversos análisis apuntan a un ligero descenso de las precipitaciones totales, especialmente concentrado en los meses de verano, con una media de reducción estimada de 0,3 mm/año entre 2010 y 2016 (Gómez et al., 2018).

En términos estacionales, se constata una mayor frecuencia de veranos secos y cálidos, con episodios de lluvias intensas concentradas en pocos días, en línea con el patrón de "sequías largas e interrupciones por tormentas torrenciales". En invierno, el comportamiento es más errático, alternando años muy secos con episodios húmedos breves, lo que genera una tendencia general a la mayor irregularidad pluviométrica sin que ello implique una disminución homogénea en toda la región.

7.2.3. Eventos extremos

La región ha experimentado un aumento notable en la frecuencia, intensidad y duración de eventos climáticos extremos. Las olas de calor son más intensas, más largas y se inician antes en la temporada estival. Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), los veranos actuales son más largos y extremos que en décadas pasadas, y el número de episodios de calor extremo ha aumentado significativamente desde el año 2000.

Al mismo tiempo, se ha registrado un aumento en la frecuencia de precipitaciones torrenciales, especialmente en forma de episodios de lluvia intensa en pocos días, lo que incrementa el riesgo de inundaciones locales, especialmente en zonas urbanas mal adaptadas y en áreas con fuerte pendiente. Este patrón está vinculado a la mayor concentración energética de las tormentas y a un ciclo hidrológico más acelerado e irregular (IPCC, 2021; MITERD-AEMET, 2022).

También se ha observado una prolongación de las sequías, tanto meteorológicas como agrícolas, con efectos severos en cultivos de secano, pastos, embalses y acuíferos. Este fenómeno, además, tiende a hacerse más severo en combinación con olas de calor y baja humedad del suelo, configurando una tipología de riesgo compuesta que agrava los efectos sobre el territorio y los ecosistemas.

7.3. ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS

El análisis de escenarios climáticos futuros constituye una herramienta esencial para anticipar los posibles impactos del cambio climático sobre los sistemas naturales, productivos y sociales de Castilla-La Mancha. La proyección de variables climáticas como la temperatura, la precipitación o la evapotranspiración permite identificar patrones de riesgo y planificar respuestas adaptativas eficaces, especialmente en territorios tan sensibles como el contexto mediterráneo del sur de Europa.

En el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021-2030), Castilla-La Mancha cuenta con un conjunto de modelos climáticos regionalizados desarrollados por AEMET y accesibles a través de la plataforma AdapteCCa, basados en la iniciativa europea EURO-CORDEX. Estos modelos ofrecen proyecciones a escala de 10 km, utilizando los escenarios de concentración representativa RCP 4.5 (intermedio) y

RCP 8.5 (de altas emisiones), y permiten evaluar las tendencias hasta finales de siglo en tres horizontes temporales: 2011–2040 (cercano), 2041–2070 (medio) y 2071–2100 (lejano).

7.3.1. Temperatura máxima

En todos los escenarios considerados, la temperatura máxima muestra una tendencia inequívoca al alza. Las proyecciones indican un incremento de entre **+1,1 °C y +2,9 °C** en el escenario RCP 4.5, y de entre **+1,2 °C y +5,3 °C** en el escenario RCP 8.5, dependiendo del horizonte temporal. El calentamiento se intensifica conforme avanza el siglo, especialmente en el escenario de altas emisiones, donde podría alcanzarse un aumento superior a **+5 °C** en la temperatura máxima media respecto al periodo de referencia 1971–2000.

Estas proyecciones auguran veranos mucho más calurosos, más largos y con mayor frecuencia de temperaturas extremas. El número de días por encima de 40 °C podría aumentar hasta en 10 días adicionales al año en el sur de la región, con implicaciones directas sobre la salud pública, la agricultura, la energía y la disponibilidad hídrica.

7.3.2. Precipitación acumulada

Las proyecciones de precipitación son más inciertas, debido a la alta variabilidad interanual del régimen pluviométrico regional. Sin embargo, los modelos apuntan a una **tendencia general al descenso de las precipitaciones medias anuales**, especialmente durante los meses de verano y en el horizonte lejano bajo el escenario RCP 8.5.

En términos de precipitación acumulada en eventos extremos (5 días consecutivos), los escenarios proyectan un **aumento de la intensidad de los episodios torrenciales**, especialmente en primavera y otoño, aunque con diferencias significativas entre zonas. Algunas áreas como la Serranía de Cuenca o la Sierra de Alcaraz podrían registrar reducciones locales en la precipitación acumulada. En el peor de los escenarios, se anticipa una disminución relevante de los episodios de lluvia intensa en el oeste y suroeste de la región.

7.3.3. Evapotranspiración y aridez

Una de las variables más preocupantes es la **evapotranspiración potencial**, que muestra una tendencia generalizada al alza en todos los escenarios. Los modelos apuntan a un incremento de entre **+3,9 mm/mes y +24 mm/mes** en función del escenario y el horizonte temporal. Esta intensificación del estrés hídrico, junto con la reducción de la precipitación y el aumento térmico, configura un escenario de **mayor aridez regional**, especialmente crítico en las zonas agrícolas de secano y en ecosistemas forestales sensibles a la disponibilidad hídrica.

7.3.4. Síntesis de impactos esperados

Las proyecciones climáticas permiten anticipar un escenario futuro caracterizado por:

- Un **clima significativamente más cálido**, con extremos térmicos más frecuentes e intensos.
- Una posible **reducción de la precipitación anual**, con aumento de las lluvias torrenciales concentradas.
- Un **desequilibrio hídrico creciente**, con mayor evapotranspiración y menor capacidad de recarga.
- Una **intensificación de los riesgos climáticos**: sequías, incendios forestales, estrés térmico y fenómenos meteorológicos severos.

Estos cambios obligan a replantear los modelos de gestión territorial, la planificación hídrica, la ordenación del suelo y la conservación ecológica. La incorporación de estas proyecciones en la Estrategia de Infraestructura Verde resulta clave para el diseño de soluciones basadas en la naturaleza que mejoren la capacidad de adaptación del territorio y refuercen la resiliencia de sus ecosistemas.

7.4. IMPACTOS POR SECTORES O SISTEMAS

7.4.1. Recursos hídricos

El sistema hidrológico de Castilla-La Mancha presenta una elevada vulnerabilidad frente al cambio climático, tanto por su localización en la subregión ibérica semiárida como por su dependencia estructural de las aguas subterráneas. Según datos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y del Júcar, más del 60 % del agua utilizada en la región proviene de acuíferos, y cerca del 75 % de los usos están destinados al regadío (CHG, 2023; CHJ, 2022).

Las proyecciones climáticas bajo el escenario RCP 8.5 para el horizonte 2070–2100 anticipan una reducción media de la precipitación anual de entre el 10 % y el 15 % en el conjunto de la región, con un descenso más acusado en las provincias de Albacete y Ciudad Real, especialmente en las comarcas del Campo de Montiel, La Mancha oriental y el Campo de Calatrava. A esto se suma un incremento proyectado de la evapotranspiración potencial de hasta +24 mm/mes en verano, lo que agrava el balance hídrico negativo y acelera la aridificación territorial (CEDEX/AEMET, 2017; AdaptCCa/MITECO, 2018).

En términos de caudales fluviales, se estima una disminución media anual del 10 % al 30 % en los aportes naturales del Alto Guadiana y el Júcar superior en escenarios de altas emisiones, debido a la menor escorrentía superficial, el menor caudal base asociado a la recarga y la mayor frecuencia de sequías prolongadas. (CHG, 2022; CHJ / UPV, 2023). En zonas como el acuífero 23 (Mancha occidental), las simulaciones muestran un riesgo de descenso de nivel piezométrico de hasta 5 metros en horizontes de 30 años si no se modifican los patrones actuales de extracción y consumo (IGME, 1979; IGME/CHG, 2023).

Estas condiciones hidrológicas tienen impactos directos sobre:

- El mantenimiento de caudales ecológicos mínimos, afectando a tramos de los ríos Záncara, Cigüela, Córcoles o Jabalón, que ya presentan tramos con secado estacional o intermitente.
- La capacidad de almacenamiento de embalses, con reducciones estimadas del 15 % en la media anual útil embalsada para el sistema Alto Guadiana, con años hidrológicos que no alcanzan el 50 % de su capacidad de regulación.
- La calidad del agua, con incremento de la concentración de nutrientes, sales y contaminantes por menor dilución y temperaturas más elevadas, especialmente en pequeñas masas de agua con escasa renovación.

7.4.1.1. Recomendaciones para orientar las estrategias de adaptación

Las estrategias de adaptación al cambio climático en el ámbito hídrico deben priorizar un conjunto de actuaciones integradas que respondan tanto a la escasez estructural de recursos como a la intensificación de eventos extremos (sequías prolongadas e inundaciones súbitas). En este contexto, se consideran prioritarias medidas como la modernización de los sistemas de regadío, con tecnologías de alta eficiencia y control en tiempo real; la recarga artificial de acuíferos estratégicos mediante técnicas de infiltración controlada o uso de excedentes estacionales; y la restauración ecológica de zonas húmedas funcionales, claves para la regulación del ciclo hidrológico y la conservación de la biodiversidad asociada (Castilla-La Mancha, 2024; MITECO, 2021).

A escala de paisaje, la gestión integrada de cuencas hidrográficas debe incorporar criterios de conectividad ecológica y resiliencia climática, promoviendo una gobernanza compartida entre administraciones, comunidades de usuarios y agentes del territorio. Asimismo, es imprescindible avanzar en políticas activas de ahorro y reutilización de aguas en entornos urbanos e industriales, así como en las zonas agroindustriales con mayor demanda, priorizando soluciones circulares y descentralizadas.

En este esquema, la Infraestructura Verde Regional puede y debe desempeñar un papel estratégico como amortiguador hidrológico natural, al facilitar la laminación de avenidas, la infiltración de agua en el subsuelo y la recarga de acuíferos mediante la restauración de riberas, llanuras de inundación, humedales estacionales y corredores fluviales funcionales. Estas soluciones basadas en la naturaleza no solo aportan beneficios hidrológicos, sino que también mejoran la conectividad ecológica, la calidad del agua y la provisión de servicios ecosistémicos clave (Magdaleno et al., 2018; MITECO, 2021).

7.4.2. Agricultura y ganadería

Los efectos del cambio climático sobre la agricultura de Castilla-La Mancha presentan una notable variabilidad territorial y sectorial, con impactos diferenciados según el tipo de cultivo y las condiciones agroclimáticas locales. Según el diagnóstico incluido en el Capítulo 5 de la Estrategia de Cambio Climático Regional (JCCM, 2018), los principales cultivos de secano y leñosos ya muestran señales claras de vulnerabilidad climática, que se acentuarán en las próximas décadas según los escenarios RCP 4.5 y 8.5.

7.4.2.1. Agricultura: impactos diferenciados por cultivo y territorio

En el caso del cereal de secano, como el trigo y la cebada, se prevé una disminución de los rendimientos comprendida entre el 15 % y el 25 % para el horizonte 2070–2100, especialmente en comarcas como La Alcarria, Campos de Hellín o Campo de Calatrava. Las causas principales son la reducción de precipitaciones en primavera y el adelanto fenológico, que acortan el ciclo vegetativo y provocan pérdidas significativas de peso en grano (OFCC/MITECO, 2020; Banco de España, 2025).

En el viñedo, denominaciones de origen como La Mancha, Valdepeñas o Almansa podrían sufrir mermas de rendimiento del 10 % al 20 %, junto con una alteración del perfil aromático y del grado alcohólico del vino, consecuencia directa de procesos de sobremaduración más tempranos. El número de días con temperaturas superiores a 35 °C durante la fase de envero ha aumentado en más del 30 % desde los años noventa (AdapteCCa, 2016; Vinetur/Efeverde, 2025).

En el olivar tradicional, particularmente en cotas medias del Campo de Montiel y La Mancha occidental, la combinación de déficit hídrico y altas temperaturas durante el cuajado y maduración del fruto puede reducir la producción hasta en un 18 % en campañas climáticamente adversas. A ello se suma el incremento en la incidencia de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) como consecuencia de inviernos más suaves, lo que compromete también la calidad del aceite (FAO, 2021; MAPA, 2024).

Por último, los frutales de hueso y el almendro se verán afectados por la reducción del número de horas-frío por debajo de 7,2 °C, una tendencia ya observable en comarcas de menor altitud como la Manchuela o la Sierra del Segura. Esta alteración térmica limita la floración uniforme y reduce el éxito del amarre de fruto, con efectos directos sobre la productividad (JCCM, 2018; Wikipedia, 2025).

7.4.2.2. Ganadería extensiva: estrés térmico y presión sobre recursos

La ganadería extensiva, especialmente en sus modalidades ovina y caprina, constituye una actividad clave para la economía agraria y la conservación de los sistemas agroecosistémicos tradicionales de Castilla-La Mancha. Sin embargo, se encuentra entre los sectores más vulnerables al cambio climático, al combinar una fuerte dependencia de los recursos naturales con una elevada exposición directa a las condiciones ambientales. La amenaza se manifiesta en tres planos principales: reducción de la disponibilidad de pastos naturales, incremento del estrés térmico sobre el ganado y mayor incidencia de enfermedades vectoriales y parasitarias.

En términos climáticos, las comarcas con mayor implantación de ganadería extensiva, como el Campo de Montiel, la Sierra de Alcaraz o los Montes de Toledo, han experimentado un incremento de más de 20 días adicionales por año con temperaturas superiores a 30 °C durante el periodo estival en las últimas décadas (Herrera, 2020). Estas condiciones afectan negativamente a la fisiología de los animales, reduciendo la ingesta, la tasa de fertilidad y la ganancia de peso, con impactos directos sobre la productividad y la rentabilidad de las explotaciones.

Por otro lado, la disminución de la pluviometría estacional y el aumento de la evaporación superficial han provocado una reducción de la disponibilidad de agua en abrevaderos naturales, lo que limita la autonomía del ganado en régimen extensivo. Esta situación obliga a implementar medidas extraordinarias de aporte hídrico, incrementando los costes operativos de manejo, especialmente en campañas prolongadas de sequía.

En el plano sanitario, se prevé un incremento en la frecuencia e intensidad de enfermedades vectoriales como la lengua azul (*Bluetongue virus*) o la theiliosis bovina, asociadas a la expansión altitudinal y latitudinal de vectores como *Culicoides* spp. y *Hyalomma* spp. (WOAH, 2024; Sanderson et al., 2018). Estas enfermedades, junto con un aumento de los niveles de parasitismo interno y externo, encuentran condiciones más favorables en inviernos cada vez más suaves, lo que eleva la presión sanitaria sobre el ganado y exige nuevas estrategias de vigilancia epidemiológica y adaptación del calendario sanitario (Herrera, 2020).

La combinación de estos factores no solo compromete la sostenibilidad productiva de la ganadería extensiva, sino también su función territorial en el mantenimiento del paisaje, el control de la vegetación natural y la prevención de incendios. Por ello, resulta prioritario incorporar medidas de adaptación específicas para este subsector, que incluyan la mejora de infraestructuras de manejo, la gestión hídrica adaptativa, el refuerzo de la sanidad animal preventiva y el apoyo a sistemas pastorales resilientes.

7.4.2.3. Recomendaciones para orientar las medidas de adaptación prioritarias para el sector agrario

La adaptación al cambio climático en la agricultura y ganadería de Castilla-La Mancha requiere una estrategia integrada, territorialmente contextualizada y basada en una combinación de soluciones tecnológicas, ecológicas y socioeconómicas. Esta adaptación no puede abordarse de forma fragmentaria, sino que debe implicar una transformación progresiva de los sistemas productivos hacia modelos más resilientes, sostenibles y eficientes en el uso de los recursos. Entre las medidas prioritarias, destacan las siguientes líneas de actuación:

1. Reajuste del calendario agronómico y selección varietal adaptativa.

La modificación del calendario de siembra, floración y cosecha es una medida clave frente al adelantamiento fenológico y la mayor variabilidad climática intraestacional. Se promueve la adopción de **variedades genéticamente mejoradas** y de **material vegetal autóctono** con mayor tolerancia al estrés hídrico y térmico, especialmente en cultivos de secano como los cereales, el viñedo, el olivar o el almendro. El ajuste temporal permite optimizar el uso del agua edáfica disponible y evitar las fases más sensibles del cultivo durante los picos de calor o sequía (MAPA, 2023; AdapteCCa, 2016).

2. Impulso a los sistemas agroforestales y silvopastorales.

Los sistemas integrados de cultivos, árboles y ganadería —como los **sistemas de dehesa, olivar con pastoreo o viñedo con cubiertas vegetales permanentes**— representan una solución efectiva para aumentar la **resiliencia ecosistémica**. Estos modelos permiten

mejorar la **retención de humedad en el suelo**, reducir la erosión, aumentar la fertilidad orgánica y proporcionar sombra y abrigo al ganado frente a olas de calor. Además, actúan como **sumideros de carbono** y refugios de biodiversidad funcional, especialmente relevante en zonas semiáridas (FAO, 2021; IPCC, 2022).

3. Eficiencia en el uso del agua y modernización del regadío.

Ante la creciente escasez hídrica y la presión sobre acuíferos y masas de agua superficiales, es esencial avanzar hacia un **uso más eficiente del recurso hídrico**. Se promueve la adopción de sistemas de **riego deficitario controlado**, el uso de **sensores de humedad del suelo**, el **riego localizado** (goteo subterráneo o superficial) y la programación ajustada a las fases fenológicas más críticas. Estas prácticas permiten mantener niveles adecuados de producción con menor volumen de agua, contribuyendo a la sostenibilidad del regadío regional (JCCM, 2019; OFCC/MITECO, 2020).

4. Revalorización del conocimiento local y prácticas agrarias tradicionales.

Las prácticas agrarias tradicionales, fruto del conocimiento acumulado por generaciones de agricultores y ganaderos en condiciones climáticas adversas, ofrecen soluciones de alta eficacia adaptativa. La **rotación de cultivos**, el **pastoreo estacional dirigido**, el **manejo racional del barbecho**, la **agricultura de conservación** (incluye prácticas como la mínima labranza, el uso de cubiertas vegetales y la incorporación de materia orgánica) y el uso de **bancales o terrazas en zonas de pendiente** son ejemplos de técnicas que mejoran la capacidad de los suelos para retener agua y nutrientes, y amortiguan los efectos de eventos extremos como sequías o lluvias torrenciales (Estrategia CLM, 2020).

5. Gobernanza territorial y apoyo institucional a la transición agroecológica.

La adaptación no puede recaer exclusivamente en el productor. Se requiere una **gobernanza participativa** que integre a las administraciones públicas, organizaciones profesionales agrarias, centros de investigación y redes de conocimiento agrario. Las políticas públicas deben garantizar el **acceso a financiación climática**, seguros agrarios adaptados al nuevo contexto de riesgo, formación continua y asesoramiento técnico especializado. Los **Planes de Desarrollo Rural**, los fondos del **NextGeneration EU** y la nueva **Política Agraria Común (PAC 2023–2027)** ofrecen marcos y herramientas para facilitar esta transición (MAPA, 2023; Comisión Europea, 2021).

7.4.3. Biodiversidad y ecosistemas

La biodiversidad y los ecosistemas de Castilla-La Mancha se encuentran sometidos a una creciente presión ambiental como consecuencia del cambio climático, que opera como un factor de estrés ecológico adicional y multiplicador de otros impactos preexistentes, como la fragmentación del hábitat, la pérdida de usos agroganaderos tradicionales, la contaminación difusa o la sobreexplotación de los recursos hídricos, tanto subterráneos como superficiales. Este escenario de impacto acumulativo está alterando la estructura, la funcionalidad y la resiliencia de numerosos sistemas ecológicos.

La región alberga una destacada representación de hábitats naturales y seminaturales, muchos de ellos incluidos en la Red Natura 2000, que sustentan poblaciones de especies endémicas, amenazadas o con requerimientos ecológicos muy específicos. Sin embargo, una parte significativa de estos hábitats y especies se encuentra ya en situaciones de vulnerabilidad climática moderada o alta, debido a su localización en entornos semiáridos, su sensibilidad a las alteraciones del régimen hídrico, o su escasa capacidad de dispersión ante cambios en las condiciones ambientales (AdapteCCa/UCLM, 2025; OECC, 2015).

7.4.3.1. Efectos observados y proyectados sobre los ecosistemas

El cambio climático está provocando transformaciones significativas en los ecosistemas naturales de Castilla-La Mancha, tanto en su estructura como en su funcionamiento. Entre los efectos ya observados y los proyectados para las próximas décadas, destacan alteraciones en los ritmos fenológicos, la reducción de la disponibilidad hídrica estacional y la pérdida progresiva de conectividad funcional entre hábitats.

Uno de los indicadores más tempranos de respuesta ecológica al cambio climático es la **alteración fenológica de especies vegetales**. En zonas como los Montes de Toledo y la Sierra de Alcaraz, se ha documentado un adelanto medio de entre 7 y 10 días en la floración de especies características del matorral mediterráneo, como *Cistus ladanifer* o *Rosmarinus officinalis*, en comparación con registros históricos (Menzel et al., 2006; Gómez et al., 2018). Estos desajustes pueden afectar a la sincronización ecológica con polinizadores y otras especies interdependientes.

Otro impacto relevante es la **disminución de la disponibilidad hídrica estacional**, que afecta de manera crítica a hábitats sensibles como las lagunas temporales, los humedales esteparios o los bosques de ribera. En el Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan y en las Lagunas de Ruidera, por ejemplo, se ha registrado ya una reducción del periodo de inundación de entre 2 y 4 semanas respecto al periodo de referencia 1980–2000, lo que compromete los ciclos vitales de numerosas especies acuáticas y anfibias (JCCM, 2018; Wikipedia, 2025).

Asimismo, se observa una **pérdida de conectividad funcional entre fragmentos de hábitat**, causada por la disociación temporal entre eventos biológicos clave (como la **dispersión, la alimentación o la reproducción) y la contracción de áreas de distribución** óptimas. Este fenómeno afecta especialmente a especies con escasa capacidad de desplazamiento o con requerimientos ecológicos muy específicos, como el alzacola rojizo (*Erythropygia galactotes*), el tritón ibérico (*Lissotriton boscai*) o el lirón careto (*Eliomys quercinus*), cuya viabilidad a medio plazo se ve comprometida en zonas de transición forestal con alta presión climática (Wheatley, 2018; CMS, 2023).

7.4.3.2. Zonas y hábitats especialmente vulnerables

Castilla-La Mancha alberga una notable diversidad de hábitats naturales, resultado de su amplia extensión territorial, su compleja geología y la existencia de gradientes altitudinales y climáticos que recorren la región de norte a sur, desde los sistemas montañosos del Alto Tajo y la Serranía de Cuenca hasta las llanuras semiáridas de La

Mancha y los valles fluviales del Guadiana y el Júcar. Esta heterogeneidad ecológica, si bien aporta una gran riqueza biológica, también genera una exposición desigual a los efectos del cambio climático, con impactos más severos en ciertos ecosistemas y territorios vulnerables (Estrategia CLM, 2020; AdapteCCa/UCLM, 2025).

Para evaluar esta exposición diferencial, se ha llevado a cabo un análisis regional de vulnerabilidad ecológica al cambio climático, en el marco de los trabajos promovidos por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC, 2015) y el MITERD (2021), así como en la revisión técnica de la Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha (Estrategia CLM, 2020). Estos análisis se basan en la combinación de tres factores clave: exposición climática proyectada, sensibilidad ecológica de los hábitats y especies, y capacidad adaptativa de los sistemas naturales, generando así un índice compuesto de vulnerabilidad ecológica (MITERD, 2021; AdapteCCa/UCLM, 2025).

Los modelos aplicados incorporan variables como la variación térmica estacional, la reducción de la disponibilidad hídrica, el ascenso altitudinal de especies, el grado de aislamiento ecológico y la presencia de amenazas antrópicas. Además, se han utilizado datos procedentes de la cartografía de hábitats de la Red Natura 2000, los inventarios de biodiversidad regional, la distribución espacial de especies sensibles y las proyecciones de escenarios climáticos RCP para horizontes 2050 y 2100 (OECC, 2015; MITERD, 2021).

Gracias a esta aproximación integrada, ha sido posible identificar zonas críticas de alta vulnerabilidad ecológica, en las que coinciden condiciones climáticas extremas, hábitats sensibles y una limitada resiliencia funcional. Estas zonas requieren medidas prioritarias de conservación, restauración ecológica y gestión adaptativa para asegurar su viabilidad a medio y largo plazo (Estrategia CLM, 2020; AdapteCCa/UCLM, 2025).

- **La Mancha Húmeda (provincias de Cuenca, Ciudad Real y Toledo):** alberga más de 30 lagunas y humedales endorreicos incluidos en la Red Natura 2000, como la Laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo), la Laguna de Tirez (Villacañas) o la Laguna de Alcahozo (Pedro Muñoz). Estos ecosistemas, muy sensibles a las oscilaciones del nivel freático y a la concentración de sales, ya muestran reducciones del periodo de inundación superiores al 25 % en los últimos 30 años. El progresivo descenso piezométrico asociado a las menores recargas y a la sobreexplotación del Acuífero 23 agrava su degradación ecológica. (Castilla-La Mancha, 2001; IGME/CHG, 2007; Fundación Botín, 2013).
- **Complejo lagunar del Campo de Montiel (Lagunas de Ruidera):** este sistema cárstico entre Albacete y Ciudad Real sufre una reducción de los caudales aportados desde el Alto Guadiana y un acortamiento del tiempo medio de permanencia de agua en lagunas como San Pedro, Redondilla o Lengua. (IGME/CHG, 2007).
- **Zonas esteparias cerealistas (La Mancha oriental, Campo de Calatrava, Comarca de Albacete):** hábitats pseudoesteparios ocupados por cultivos de secano y barbechos albergan algunas de las poblaciones más importantes de aves esteparias ibéricas. Las proyecciones indican un descenso del 30–50 % de cobertura herbácea nativa y

un aumento de la aridez edáfica, comprometiendo la nidificación de especies como el sisón (*Tetrax tetrax*), la ganga ibérica (*Pterocles alchata*) y la ortega (*P. orientalis*). (MITECO, 2005; Mougeot et al., 2024).

- **Ecosistemas de alta montaña en la Serranía de Cuenca y el Alto Tajo (Guadalajara):** especies forestales euro-siberianas y relictas como *Taxus baccata*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* o *Sorbus aucuparia* están viendo reducida su área óptima de distribución. Se prevé un ascenso de la cota óptima de crecimiento de hasta 150 metros para 2100, lo que podría reducir significativamente la extensión de bosques subhúmedos de umbría. (Sanz et al., 2011; Bugmann, 2001).
- **Sotos y bosques de ribera del Tajo, Júcar y Guadiana:** la menor recurrencia de caudales de avenida limita los procesos naturales de rejuvenecimiento de especies como *Populus nigra*, *Salix alba* y *Fraxinus angustifolia*. En tramos como el río Júcar a su paso por Alcalá del Júcar o el río Tajo en Aranjuez, se constata una pérdida de complejidad estructural y de extensión lateral de estos hábitats. (Confederación Hidrográfica del Tajo, 2023; Wikipedia, 2025).
- **Sabinares oromediterráneos y pinares de montaña:** comunidades como el sabinar de Valdemeca (Cuenca) o los pinares de *Pinus nigra* del Parque Natural del Alto Tajo enfrentan procesos de decaimiento por estrés hídrico, con elevada vulnerabilidad ante incendios y plagas forestales. (AdapteCCa/MITECO, 2015; Congreso Forestal Español, 2023).

7.4.3.3. Especies en riesgo

El cambio climático está ejerciendo una presión creciente sobre la fauna y la flora de Castilla-La Mancha, afectando de manera diferencial a las especies en función de su ecología, distribución y capacidad adaptativa. Las alteraciones en los patrones climáticos —como el ascenso térmico, la modificación de los regímenes hídricos y la mayor frecuencia de eventos extremos— están provocando cambios significativos en la fenología, el comportamiento, la distribución geográfica y el éxito reproductivo de numerosas especies. Este impacto es especialmente crítico en aquellos taxones con rangos ecológicos estrechos, escasa movilidad, alta especialización de hábitat o dependencia de microclimas específicos.

A partir de los análisis de vulnerabilidad ecológica desarrollados para la región junto con la revisión de literatura científica y técnica especializada, se han identificado diversos grupos faunísticos y florísticos cuya persistencia se encuentra comprometida en escenarios de cambio climático. A continuación, se detallan algunas de las especies y comunidades con mayor nivel de exposición y menor capacidad de resiliencia, consideradas prioritarias para el seguimiento y la acción adaptativa.

- **Aves esteparias** como la avutarda (*Otis tarda*), el sisón (*Tetrax tetrax*) y la ortega (*Pterocles orientalis*), están sufriendo reducciones en sus áreas de cría debido a la pérdida de barbechos y pastizales, agravada por el adelanto de la floración y la mayor aridez del suelo. Las proyecciones climáticas indican que el calentamiento previsto reducirá la disponibilidad de alimento y aumentará el fracaso reproductivo

en años secos consecutivos. (MITECO, 2005; Fundación Globalnature, 2022; Mougeot et al., 2024).

- **Aves rupícolas**, como el águila perdicera (*Aquila fasciata*) o el búho real (*Bubo bubo*), enfrentan un mayor estrés térmico durante el periodo reproductivo y alteraciones en la abundancia de presas, como el conejo o las palomas silvestres, especialmente en entornos áridos del sureste regional. (Carr et al., 2008; Wikipedia, 2025).
- **Anfibios y reptiles** como el sapillo moteado ibérico (*Pelodytes ibericus*) y el tritón pigmeo (*Triturus pygmaeus*), son especialmente sensibles a los cambios en el régimen hídrico y a la duración de las charcas temporales. La desaparición anticipada de estos cuerpos de agua puede interrumpir ciclos larvarios completos (Segura et al., 2023; Muñoz et al., 2016).
- **Insectos polinizadores y mariposas de montaña**, como *Parnassius apollo* o *Erebia meolans*, están desplazando sus áreas de distribución hacia cotas más elevadas, con pérdida de hábitats de transición subalpina en la Serranía de Cuenca. Se ha documentado un ascenso altitudinal de hasta 200 metros para algunas especies en las dos últimas décadas. (Wilson et al., 2007; Parmesan & Yohe, 2003).
- **Flora relicta y forestal**, con especial mención a *Taxus baccata*, *Sorbus aria*, *Quercus pyrenaica* y *Pinus sylvestris*, cuyos límites altitudinales y climáticos están siendo superados por el incremento térmico y el déficit hídrico estival. Los procesos de decaimiento forestal, la reducción de fructificación y la menor capacidad de regeneración natural ya están documentados en rodales del Alto Tajo y la Serranía de Cuenca (AdapteCCa/MITECO, 2015; Plan Alto Tajo, 2016).
- **Especies acuáticas endémicas**, como el fartet (Aphanius iberus) y el cangrejo de río autóctono (Austropotamobius pallipes), sufren por la combinación de altas temperaturas, disminución de caudales y proliferación de especies exóticas invasoras favorecidas por condiciones climáticas más cálidas. (Segura et al., 2023).

7.4.3.4. Recomendaciones para orientar las medidas de adaptación de la biodiversidad al cambio climático

La adaptación de los ecosistemas naturales al cambio climático en Castilla-La Mancha requiere una planificación ecológica avanzada, centrada en reforzar la resiliencia funcional del territorio y mitigar los impactos sobre los hábitats más vulnerables. Esta adaptación debe combinar acciones de conservación preventiva, restauración activa y conectividad estructural, integradas en una visión territorial coordinada. **Entre las medidas prioritarias destacan las siguientes:**

- **Identificación, conservación y restauración de refugios climáticos y microhábitats resilientes**, como umbrías forestales, cañones fluviales, manantiales temporales o enclaves de alta humedad edáfica, que ofrecen condiciones microclimáticas estables frente a los extremos térmicos y pueden actuar como núcleos de persistencia para especies sensibles. La caracterización y cartografía de estos enclaves debe incorporarse a la planificación ambiental como prioridad de conservación (Suggitt et al., 2018; AdapteCCa/UCLM, 2025).

- **Priorización de intervenciones de restauración ecológica activa** en hábitats especialmente vulnerables al cambio climático, como humedales interiores, complejos lagunares, saladares y corredores hídricos discontinuos. Estas actuaciones deben orientarse a la recuperación de funciones ecosistémicas clave —almacenamiento hídrico, regulación térmica, reproducción de especies acuáticas o filtración de nutrientes— mediante técnicas adaptadas a las condiciones locales y a escenarios de disponibilidad hídrica cambiante (Magdaleno et al., 2018; MITECO, 2021).
- **Revisión y actualización de los planes de gestión de espacios protegidos y de la Red Natura 2000**, incorporando de forma explícita criterios de vulnerabilidad climática, resiliencia ecológica y funcionalidad adaptativa. Esto implica redefinir objetivos de conservación dinámicos, promover actuaciones de manejo ecológico adaptativo y establecer protocolos de seguimiento específicos frente a indicadores sensibles al clima (Estrategia CLM, 2020; European Environment Agency, 2019).
- **Desarrollo de una red regional de conectividad ecológica basada en la Infraestructura Verde**, planificada estratégicamente para facilitar los desplazamientos altitudinales y latitudinales de especies, mejorar la dispersión genética y aumentar la permeabilidad climática del territorio. Esta red debe estar diseñada conforme a principios de resiliencia biogeográfica, priorizando los corredores que conectan enclaves climáticamente contrastados, zonas refugio y gradientes ecológicos clave (Opdam & Wascher, 2004; Estrategia CLM, 2020).
- **Integración de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en la planificación territorial**, fomentando la multifuncionalidad de los sistemas naturales y su capacidad para aportar servicios ecosistémicos bajo escenarios climáticos inciertos. Estas soluciones incluyen el uso de bosques de ribera como amortiguadores térmicos, humedales como reguladores hidrológicos, y mosaicos agroforestales como elementos de transición adaptativa en la matriz territorial (IUCN, 2021; MITECO, 2022).

7.4.4. Salud pública

El cambio climático constituye una amenaza creciente para la salud pública en Castilla-La Mancha, en un contexto territorial especialmente sensible debido al envejecimiento poblacional, la elevada dispersión demográfica en zonas rurales y la concentración de colectivos vulnerables en entornos urbanos con deficiente infraestructura verde. Los principales riesgos sanitarios se manifiestan a través del aumento de enfermedades relacionadas con el calor, la expansión de vectores patógenos, el deterioro de la calidad del aire y del agua, así como el agravamiento de desigualdades sociales asociadas a la vulnerabilidad climática (MITERD, 2021a; Estrategia CLM, 2020).

7.4.4.1. Aumento de temperaturas y olas de calor

Desde 1971, las temperaturas máximas estivales han experimentado un aumento medio de +1,6 °C en Castilla-La Mancha, según datos de la Agencia Estatal de Meteorología

(AEMET, 2022). Este incremento se ha traducido en una intensificación del número de noches tropicales (>20 °C) y de días extremadamente cálidos (>35 °C) en ciudades como Toledo, Albacete o Ciudad Real (Estrategia CLM, 2020). Estas condiciones elevan significativamente el riesgo de golpes de calor, deshidratación y agravamiento de patologías cardiovasculares y respiratorias, especialmente entre personas mayores, pacientes crónicos y trabajadores expuestos al sol.

Durante la ola de calor de julio de 2022, Castilla-La Mancha registró un exceso de mortalidad atribuible al calor superior al 20 % respecto a la media de la última década (ISCIII, 2023). Este patrón tenderá a intensificarse: los escenarios climáticos proyectados bajo RCP 8.5 estiman entre 30 y 50 días adicionales anuales con riesgo térmico elevado para el año 2100 (AEMET & OECC, 2020).

7.4.4.2. Efecto isla de calor urbana

Las ciudades medias y pequeñas de la región —como Talavera de la Reina, Puertollano, Guadalajara o Cuenca— presentan un efecto isla térmica cada vez más acusado, propiciado por la falta de vegetación urbana, la escasa permeabilidad del suelo y la urbanización extensiva. Estudios del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD, 2021b) han documentado diferencias térmicas de hasta 4–5 °C entre zonas urbanas densas y espacios periurbanos durante episodios de calor extremo.

Esta situación agrava el riesgo en barrios con menor renta o alta proporción de población envejecida, donde la baja cobertura vegetal y la ausencia de refugios climáticos públicos aumentan la exposición. Muchas viviendas, además, carecen de sistemas pasivos de refrigeración lo que incrementa la vulnerabilidad frente a olas de calor (Estrategia CLM, 2020).

7.4.4.3. Enfermedades transmitidas por vectores

El cambio climático está favoreciendo la expansión geográfica y temporal de vectores patógenos de importancia sanitaria. Se ha confirmado la presencia estable del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) en Toledo y Albacete desde 2015, lo que incrementa el riesgo de transmisión del virus del Nilo Occidental y otros arbovirus emergentes (ISCIII, 2023). Asimismo, se ha constatado la presencia de garrapatas del género *Hyalomma*, vectores del virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo, en zonas rurales del sureste regional (MITERD, 2021a).

El alargamiento del periodo estival y la reducción de la mortalidad invernal de estos vectores elevan la probabilidad de brotes en áreas rurales y periurbanas, donde los recursos para vigilancia epidemiológica son más limitados.

7.4.4.4. Calidad del aire y salud respiratoria

Las condiciones de calor extremo y baja humedad atmosférica favorecen la formación de ozono troposférico (O_3), con especial incidencia en el sur y este regional. **La Red de Calidad del Aire de Castilla-La Mancha** ha documentado superaciones frecuentes de los valores legales de exposición en estaciones como Hellín, Alcázar de San Juan o Talavera de la Reina (JCCM, 2023).

La presencia de ozono, combinada con partículas finas, empeora los síntomas de enfermedades respiratorias crónicas como el asma o la EPOC, afectando de forma desproporcionada a personas mayores, niños y colectivos con patologías previas (MITERD, 2021b).

7.4.4.5. Medidas de adaptación en salud pública

Frente a este escenario, es necesario adoptar medidas de adaptación en el ámbito sanitario que integren enfoques territoriales, sociales y climáticos. **Las principales líneas de acción propuestas incluyen:**

- **Elaboración de planes locales de adaptación sanitaria**, con mapas de riesgo térmico y de población vulnerable.
- **Implantación de refugios climáticos urbanos accesibles**, dotados de vegetación, sombra, fuentes y mobiliario adaptado.
- **Refuerzo de los sistemas de alerta temprana y de vigilancia epidemiológica**, con especial atención a enfermedades transmitidas por vectores.
- **Expansión de infraestructura verde urbana** para atenuar el efecto isla de calor y mejorar la calidad del aire.
- **Integración de la salud climática en políticas públicas de vivienda**, planificación urbana, servicios sociales y emergencias (Estrategia CLM, 2020; MITERD, 2021b).

7.4.5. Bosques e incendios

Los ecosistemas forestales de Castilla-La Mancha se enfrentan a un escenario de vulnerabilidad creciente frente al cambio climático. Este riesgo se deriva de la confluencia de múltiples factores, entre los que destacan el aumento de las temperaturas medias y extremas, la reducción de la precipitación anual, el alargamiento de los periodos de sequía, el incremento del estrés hídrico, la mayor frecuencia e intensidad de los incendios forestales y la proliferación de plagas y enfermedades.

Esta dinámica de degradación compromete no solo la estructura y composición de las masas forestales, sino también los servicios ecosistémicos esenciales que proporcionan, como la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono y la conservación de la biodiversidad (Estrategia CLM, 2020).

Impactos del cambio climático sobre los sistemas forestales

Las proyecciones para el siglo XXI —especialmente bajo el escenario RCP 8.5— apuntan a una reducción de entre un 15 % y un 25 % en la disponibilidad hídrica para los ecosistemas forestales de la región, acompañada de un aumento significativo de la evapotranspiración potencial, sobre todo en primavera y verano. Estas condiciones comprometen especialmente a especies como *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus nigra* o *Juniperus thurifera*, especialmente en sus límites ecológicos de distribución (AEMET & OECC, 2020).

Los datos del cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4) reflejan ya síntomas de esta tendencia: disminución de la cobertura foliar, incremento de la mortalidad asociada al decaimiento fisiológico y retroceso en los procesos de regeneración natural, con especial incidencia en el noreste de Guadalajara, la Sierra de Alcaraz y el Alto Tajo (MAPA, 2021).

Cambios en el régimen de incendios forestales

El cambio climático está modificando de forma profunda el régimen de incendios forestales en Castilla-La Mancha. Entre 2010 y 2022 se han contabilizado más de 6.000 siniestros forestales en la región, con una media anual superior a las 7.500 hectáreas quemadas y una tendencia creciente en cuanto a la extensión y severidad de los grandes incendios (MITECO, 2023). El periodo de riesgo se ha ampliado, comenzando en mayo y extendiéndose en ocasiones hasta bien entrado octubre.

La acumulación de biomasa no gestionada, combinada con el aumento del estrés térmico y la falta de tratamientos silvícolas preventivos, genera condiciones propicias para incendios de alta intensidad. Zonas como el Alto Guadiana, la Sierra de San Vicente o el Valle de Alcudia han sido escenario en la última década de grandes incendios que han provocado importantes pérdidas ecológicas, sociales y económicas.

En este contexto, el Plan INFOCAM ha debido adaptar sus dispositivos operativos a una mayor simultaneidad de incendios, mayores dificultades de predicción de eventos extremos y una necesidad creciente de establecer prioridades de actuación en zonas estratégicas.

7.4.5.1. Plagas, enfermedades y procesos de decaimiento forestal

El debilitamiento fisiológico de los montes incrementa la incidencia de plagas, enfermedades y procesos de decaimiento que, a su vez, reducen la capacidad de resiliencia de los ecosistemas forestales. Entre las plagas más relevantes se encuentran:

- La procesionaria del pino (*Thaumetopea pityocampa*), cuya expansión altitudinal ha alcanzado los 400 metros en la última década.
- Diversas especies de escolítidos, que afectan particularmente a pinares homogéneos en primaveras cálidas y otoños suaves.
- Hongos patógenos del suelo como *Armillaria mellea* o *Phytophthora cinnamomi*, con incidencia creciente en encinares, alcornocales marginales y pinares degradados de *Pinus nigra* en la Serranía de Cuenca.

Estos factores contribuyen a una pérdida progresiva de la diversidad estructural y funcional de los bosques, favoreciendo la sustitución por formaciones de matorral pirófitas, más inflamables y menos estables ecológicamente (Estrategia CLM, 2020).

7.4.5.2. Estrategias de adaptación forestal

Castilla-La Mancha está incorporando progresivamente criterios de adaptación al cambio climático en sus políticas forestales. Entre las principales estrategias destacan:

- La silvicultura adaptativa, mediante el uso de especies autóctonas más tolerantes a la sequía (como *Quercus faginea* o *Pistacia terebinthus*), la diversificación estructural de las masas forestales y la reducción de la densidad arbórea para aliviar la competencia hídrica.
- La restauración ecológica post-incendio en zonas degradadas, como en Hellín (2012) o Uña-Poyatos (2009), mediante técnicas de estabilización de suelos, reintroducción de especies resilientes y control de la erosión.
- La implantación de tratamientos selvícolas preventivos, como fajas auxiliares, desbroces selectivos o áreas de baja combustibilidad, especialmente en entornos de interfaz urbano-forestal o cerca de infraestructuras críticas.
- El desarrollo de sistemas de monitoreo climático forestal mediante indicadores específicos, redes de alerta temprana y seguimiento de sequías, plagas e incendios.
- La incorporación de planes de gestión climáticamente inteligentes en montes públicos, con zonificación de vulnerabilidades, simulación de escenarios y establecimiento de prioridades de intervención.

7.5. ZONAS ESPECIALMENTE VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO

La identificación de zonas especialmente vulnerables al cambio climático constituye un componente clave de los análisis territoriales aplicados a la adaptación, ya que permite priorizar la acción política, la planificación ambiental y la inversión pública en aquellos espacios que concentran simultáneamente una elevada exposición a impactos climáticos, una alta sensibilidad ecológica o socioeconómica, y una capacidad adaptativa limitada (IPCC, 2022; MITECO, 2021).

Estas zonas no solo se definen por la intensidad o recurrencia de fenómenos climáticos extremos —como olas de calor, sequías prolongadas o lluvias torrenciales—, sino también por factores estructurales que amplifican sus efectos: la degradación ambiental previa, la concentración de usos del suelo vulnerables, la fragmentación ecológica, la escasez de recursos hídricos o la presencia de población socialmente expuesta. Así, la vulnerabilidad no es un atributo fijo del territorio, sino el resultado dinámico de la interacción entre procesos climáticos, ecológicos y humanos (AdapteCCa/UCLM, 2025).

En Castilla-La Mancha, la Estrategia Regional de Cambio Climático ha promovido un enfoque integrado para el análisis espacial de la vulnerabilidad, utilizando criterios multicapa basados en información climática proyectada, distribución de hábitats sensibles, indicadores de riesgo ecológico y mapas de exposición sectorial. Este enfoque permite identificar aquellas unidades territoriales que requieren medidas preferentes de adaptación, restauración ecológica o planificación resiliente.

El presente capítulo se estructura en una serie de subepígrafes que describen, de forma sistemática, los principales ámbitos territoriales con mayor grado de vulnerabilidad climática en la región, diferenciando entre sistemas ecológicos, usos del suelo y

concentración de población sensible. A cada zona se le asocia un diagnóstico resumido de riesgos, presiones acumuladas y necesidades específicas de adaptación.

7.5.1. Fundamento metodológico

La identificación de zonas especialmente vulnerables al cambio climático en Castilla-La Mancha se ha llevado a cabo mediante una evaluación técnico-descriptiva basada en fuentes oficiales y científicas ya existentes. Dado que la región no dispone aún de un índice integrado y cartografiado de vulnerabilidad climática con resolución municipal o comarcal, validado por la administración autonómica o estatal, el presente trabajo adopta una aproximación metodológica cualitativa conforme a los principios definidos por el IPCC (2022) y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MITECO, 2021).

Este enfoque parte de la formulación clásica de la vulnerabilidad como función de tres componentes clave: **exposición** al cambio climático, **sensibilidad** ecológica o funcional, y **capacidad adaptativa** del sistema analizado. A partir de esta base conceptual, se ha aplicado un procedimiento estructurado de análisis territorial siguiendo las etapas que se describen a continuación:

1. **Revisión documental** de los principales estudios y estrategias en materia de cambio climático y vulnerabilidad ecológica, con especial atención a:
    - La *Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha. Horizontes 2020 y 2030* (JCCM, 2020), que identifica sectores y sistemas territoriales prioritarios para la adaptación.
    - El *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNACC)* (MITECO, 2021), que establece criterios para la evaluación y priorización territorial.
    - El informe del *IPCC AR6 – WGII* sobre impactos y adaptación (IPCC, 2022), que define metodologías para la evaluación de riesgos complejos y vulnerabilidad diferencial.
    - El informe técnico del MITECO *Análisis de la vulnerabilidad territorial al cambio climático en España* (MITECO, 2018), con mapas de referencia a escala provincial y por tipología de territorio.
2. **Consulta e interpretación de visores públicos** disponibles en plataformas del MITECO y del portal AdapteCCa (MITECO, 2023), incorporando capas temáticas sobre temperatura, sequía, riesgo de incendio forestal, variabilidad climática, y cambios proyectados en variables clave (precipitación, evapotranspiración, olas de calor).
3. **Integración de información ecológica y territorial** a partir de bases de datos y cartografía oficial: Red Natura 2000, Inventario del Patrimonio Natural, IFN (Inventario Forestal Nacional), SIOSE, CORINE Land Cover, distribución de LIC y ZEPA, y cartografía de hábitats y usos del suelo en Castilla-La Mancha.

4. **Análisis técnico cualitativo** mediante superposición y correlación de variables territoriales clave (clima, biodiversidad, usos del suelo, presión antrópica, aislamiento ecológico, densidad poblacional, etc.) con el objetivo de delimitar unidades territoriales que presentan una combinación significativa de factores de riesgo climático y baja resiliencia funcional.
5. **Síntesis de zonas críticas** a partir de la coincidencia espacial de factores de exposición (proyecciones climáticas adversas), sensibilidad ecológica (hábitats frágiles o especies amenazadas), y escasa capacidad de respuesta (limitaciones en recursos hídricos, aislamiento ecológico, despoblación o presión de usos).

Este procedimiento permite ofrecer una caracterización fundamentada de zonas especialmente vulnerables, basada en un análisis técnico riguroso, aun cuando no se disponga de una cartografía regional propia generada *ex novo* para esta Estrategia. En futuras actualizaciones, la creación de un índice integrado de vulnerabilidad regional con soporte SIG podría permitir una validación espacial más precisa de estos resultados y reforzar la planificación adaptativa regional.

7.5.2. Criterios de identificación de la vulnerabilidad territorial

La identificación de zonas especialmente vulnerables al cambio climático en Castilla-La Mancha se basa en un enfoque integrado de evaluación territorial que combina la **exposición** a amenazas climáticas, la **sensibilidad** intrínseca de los sistemas afectados y la **capacidad adaptativa** del medio natural y social. Esta perspectiva es coherente con las directrices metodológicas del *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021–2030)* y los marcos internacionales propuestos por el *IPCC (AR6, WGII)* y la *Agencia Europea de Medio Ambiente* (EEA, 2020) (MITECO, 2021; IPCC, 2022; EEA, 2020).

En términos generales, se entiende la **vulnerabilidad territorial** como la probabilidad de sufrir daños relevantes por impactos climáticos, determinada por la interacción de tres componentes clave:

- **Exposición**: intensidad y frecuencia de fenómenos climáticos adversos (olas de calor, sequías, inundaciones, incendios forestales, etc.) en un lugar determinado.
- **Sensibilidad**: grado en que un sistema ecológico, agrario, urbano o social resulta afectado por dichos impactos en función de sus características estructurales.
- **Capacidad adaptativa**: recursos, conocimiento, gobernanza, infraestructuras y resiliencia institucional que permiten responder y recuperarse de los impactos.

En el contexto de Castilla-La Mancha, la aplicación de esta metodología se ha adaptado a través de:

- La superposición geoespacial de **indicadores climáticos regionalizados** (temperatura máxima, días secos consecutivos, noches tropicales, etc.).

- La identificación de **factores de sensibilidad ecológica**: rareza de hábitats, aislamiento de poblaciones, distribución de especies vulnerables, capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.
- La evaluación de **factores socioeconómicos y demográficos**: densidad de población, envejecimiento, dependencia del sector primario, nivel de renta, grado de cobertura de servicios básicos.
- La integración de datos del **Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE)**, el **Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad**, y los **estudios previos de vulnerabilidad** elaborados por el *MITECO* y la *Oficina Española de Cambio Climático* para la región (Gobierno de España, 2022).

Esta metodología permite delimitar **áreas críticas** donde confluyen condiciones climáticas adversas con debilidades estructurales ecológicas y sociales, lo que justifica su **priorización en las estrategias de adaptación** y en la planificación territorial. A partir de estos criterios, se abordará en los siguientes apartados la descripción de las principales zonas vulnerables regionales en términos naturales, rurales, urbanos e interfaciales.

En la siguiente tabla se relacionan y describen los Indicadores utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad territorial al cambio climático en Castilla-La Mancha.

Componente de vulnerabilidad	Indicadores utilizados	Fuente de datos
Exposición	Temperatura máxima, días secos consecutivos, noches tropicales, olas de calor, sequías, inundaciones, incendios forestales	AEMET; PNACC 2021–2030; IPCC AR6; EEA 2020
Sensibilidad ecológica	Rareza de hábitats, aislamiento de poblaciones, presencia de especies vulnerables, capacidad de regeneración natural	Inventario Español de Patrimonio Natural y Biodiversidad; SIOSE; Estudios MITECO-CC CLM
Sensibilidad socioeconómica	Densidad de población, envejecimiento, dependencia del sector primario, nivel de renta, acceso a servicios básicos	INE; Atlas Socioeconómico de Castilla-La Mancha; Estudios MITECO-CC CLM
Capacidad adaptativa	Recursos institucionales, infraestructura verde existente, gobernanza, programas de resiliencia, acceso a información	Estrategia CC CLM; Oficina Española de Cambio Climático; Evaluaciones de adaptación del PNACC

7.5.3. Áreas naturales de alta vulnerabilidad

Los sistemas naturales de Castilla-La Mancha presentan grados diversos de exposición y sensibilidad frente al cambio climático, en función de sus características biofísicas,

altitudinales, edáficas y de dependencia hídrica. La evaluación territorial integrada permite identificar un conjunto de áreas naturales que concentran condiciones de **alta vulnerabilidad ecológica**, derivadas de su baja capacidad de adaptación estructural y su exposición creciente a los efectos climáticos proyectados, especialmente en los escenarios de emisiones elevadas (RCP 8.5) (MITECO, 2023; IPCC, 2022).

La identificación de estas áreas se ha basado en la superposición de factores ecológicos (endemismo, estacionalidad, aislamiento, especialización), junto con datos climáticos (temperatura, precipitación, evapotranspiración), y presiones antrópicas agravantes (uso intensivo del suelo, sobreexplotación hídrica, urbanización). A continuación, se describen los cinco grandes sistemas naturales considerados especialmente vulnerables:

Humedales endorreicos de La Mancha Húmeda y Campo de Calatrava

Este conjunto de humedales continentales se extiende por las provincias de Cuenca, Toledo y Ciudad Real, agrupando más de 30 lagunas y cubetas salinas incluidas en **la Red Natura 2000**, con protección adicional mediante **El Convenio Ramsar** y diversas figuras autonómicas (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2020). Se trata de sistemas con una hidrología fuertemente ligada al nivel freático del Acuífero 23, que muestran una creciente inestabilidad hidrológica debido a:

- El incremento de la evapotranspiración potencial (+10 % estimado entre 1980–2020) (AEMET, 2022; López-Iglesias et al., 2019).
- La disminución de la recarga por reducción de precipitaciones efectivas (PNACC, 2021–2030).
- La sobreexplotación continuada del acuífero por el regadío intensivo (CHG, 2021).

En consecuencia, lagunas como Manjavacas (Mota del Cuervo), Tirez (Villacañas) o Alcahozo (Pedro Muñoz) han reducido su periodo de inundación entre 20 y 30 días respecto a la media climática 1980–2000 (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2020). Este fenómeno altera los ciclos fenológicos de especies vegetales halófilas, compromete la reproducción de aves acuáticas y reduce el refugio estival de fauna migradora (MITECO, 2018).

Complejo lagunar del Campo de Montiel (Lagunas de Ruidera)

Sistema hidrogeológico de tipo kárstico, constituido por 15 cuerpos lagunares encadenados a lo largo del Alto Guadiana, entre las provincias de Albacete y Ciudad Real. Se caracteriza por su dependencia de aportes subterráneos y surgencias, y por una dinámica frágil de entrada y salida de agua. En los últimos 25 años se ha constatado:

- Un descenso sostenido de los niveles piezométricos (CHG, 2021).
- Una reducción del tiempo medio de permanencia del agua en lagunas como San Pedro, Lengua y Redondilla (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2020).

- Un aumento de la temperatura media superficial del agua (+1,2 °C desde 2000), con reducción de oxígeno disuelto y mayor estrés para ictiofauna autóctona (LIFE-SEGURA-RIVERLINK, 2021).

Su vulnerabilidad se ve agravada por la presión turística estival, la urbanización difusa y el uso recreativo intensivo, lo que pone en riesgo su funcionalidad ecológica y su valor como corredor biogeográfico húmedo (MITECO, 2020).

Sistemas forestales relictos de altitud en la Serranía de Cuenca y el Alto Tajo

Estos sistemas, localizados en altitudes superiores a los 1.200 m, albergan comunidades forestales euro-siberianas relictas (e.g., *Taxus baccata*, *Sorbus aucuparia*, *Betula pendula*) que se encuentran en el límite sur de su área de distribución natural en la península ibérica (Linares et al., 2011; Montes et al., 2020). **Los principales factores de vulnerabilidad son:**

- **Aumento de la temperatura media anual**, que ya supera los 11 °C en cotas medias (AEMET, 2022).
- **Disminución de la humedad edáfica y reducción de nieblas orográficas** (IPCC, 2022; PNACC, 2021).
- **Ascenso proyectado de la cota óptima de crecimiento** en al menos 100–150 metros hasta 2100 (escenario RCP 8.5) (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2020).
- **Aislamiento topográfico** que impide el desplazamiento latitudinal de estas especies (Montes et al., 2020).

Estos procesos ya han desencadenado fenómenos de decaimiento forestal, reducción de fructificación y fallos de regeneración natural en rodales húmedos de umbría (Linares et al., 2011).

Zonas pseudoesteparias de La Mancha oriental, Campo de Calatrava y Campo de Montiel

Este amplio dominio agrario acoge mosaicos de cultivos de secano, pastizales y barbechos, que actúan como soporte ecológico para aves esteparias altamente especializadas (sisón, ortega, ganga ibérica, avutarda). Según los modelos climáticos regionalizados:

- Se espera un descenso del 30–50 % de la cobertura de herbáceas silvestres (PNACC, 2021; SEO/BirdLife, 2018).
- Aumento del número de días secos consecutivos en primavera-verano (MITECO, 2023).
- Disminución de la productividad primaria neta en los sistemas agroesteparios (López-Iglesias et al., 2019).

La simplificación estructural del paisaje, el abandono de prácticas ganaderas extensivas y la pérdida de barbechos rotacionales incrementan la vulnerabilidad, afectando la

fenología reproductiva de las especies y su viabilidad demográfica a medio plazo (Traba et al., 2012).

Sotos y bosques de ribera del Tajo, Júcar y Guadiana

Los ecosistemas riparios de los grandes ríos regionales están viéndose profundamente alterados por la menor recurrencia de caudales de avenida y por la modificación del régimen hídrico natural. Esto impacta directamente en los procesos de regeneración natural de *Populus nigra*, *Salix alba*, *Tamarix gallica* y *Fraxinus angustifolia* (MITECO, 2020; LIFE ALBUFERA, 2021). Se identifican:

- Pérdidas de extensión lateral y pérdida de estratificación estructural (Gobierno de Castilla-La Mancha, 2020).
- Incremento de especies oportunistas y menor diversidad florística (Martínez-Fernández et al., 2019).

7.5.4. Zonas rurales con baja capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa describe el conjunto de recursos y mecanismos disponibles para anticipar, responder y recuperarse frente a los impactos del cambio climático. En territorios rurales como Castilla-La Mancha, esta capacidad se ve comprometida por factores estructurales como el aislamiento, la fragilidad socioeconómica y la degradación funcional del medio. Identificar estas debilidades territoriales es crucial para establecer medidas de adaptación específicas y equitativas.

a. Envejecimiento demográfico y despoblación estructural.

Buena parte del medio rural castellanomanchego sufre un acusado proceso de **regresión demográfica estructural**, con tasas de envejecimiento superiores al 30 % y densidades de población inferiores a los 10 habitantes/km² en comarcas como el Señorío de Molina (Guadalajara), la Serranía Alta de Cuenca, la Sierra de Alcaraz (Albacete) o los valles de Alcudia y Montoro (Ciudad Real) (INE, 2023; JCCM, 2022).

Esta realidad limita:

- La **resiliencia institucional** ante episodios extremos (olas de calor, temporales, incendios).
- La capacidad de respuesta comunitaria y la existencia de **redes vecinales operativas**.
- La disponibilidad de personal técnico, sanitario o de protección civil en el territorio.

El envejecimiento poblacional también **incrementa la vulnerabilidad fisiológica** frente al calor extremo y a la inseguridad alimentaria asociada a desabastecimiento estacional, especialmente en núcleos sin comercios permanentes ni transporte público frecuente.

b. Alta dependencia del sector agrario y escasa diversificación económica.

En muchas comarcas agrarias como la Mancha Alta conquense, el Campo de Montiel, la Sierra de San Vicente (Toledo) o el Campo de Calatrava, más del 25–30 % de la población activa trabaja en el sector primario (MAPA, 2021). Esta dependencia se ve agravada por:

- Una creciente **inestabilidad meteorológica** (sequías, olas de calor, granizadas).
- La pérdida de rentabilidad de los cultivos tradicionales de secano (olivar, viñedo, cereal) ante el aumento del estrés hídrico y térmico.
- La baja implementación de **cultivos adaptados al cambio climático** o de prácticas de agricultura regenerativa.

Además, las pequeñas explotaciones familiares carecen en muchos casos de **capital financiero y acceso a seguros climáticos**, lo que dificulta la amortiguación de daños ante eventos extremos. La concentración del riesgo económico en un único sector productivo refuerza la vulnerabilidad funcional de estos territorios.

c. Déficit de infraestructuras públicas y planificación adaptativa local.

Numerosos municipios rurales, especialmente los de menor tamaño (<1.000 habitantes), carecen de los instrumentos básicos para planificar su adaptación. Según la Red Española de Ciudades por el Clima (2022), menos del 15 % de los municipios castellanomanchegos con menos de 5.000 habitantes han desarrollado un **Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible (PACES)**.

Las consecuencias son múltiples:

- Falta de identificación de **zonas de riesgo urbano-climático** (islas de calor, puntos de inundación, cortes de acceso).
- Carencia de **infraestructura verde urbana** que permita amortiguar eventos extremos.
- Desconocimiento de medidas preventivas y de respuesta ante olas de calor, incendios o sequías prolongadas.

Asimismo, muchos pueblos no cuentan con **centros de salud operativos, personal de emergencias permanente o viviendas adaptadas** al incremento térmico, lo que incrementa los riesgos para las personas mayores o dependientes.

d. Degradación del paisaje agrario tradicional y pérdida de servicios ecosistémicos rurales.

El cambio climático se superpone a una transformación profunda del paisaje agrario tradicional, donde la mecanización, el abandono de usos ganaderos extensivos y la expansión de monocultivos han provocado:

- La desaparición de **elementos funcionales** como setos, lindes, caminos arbolados, fuentes o prados húmedos.
- La fragmentación ecológica de la matriz agraria y la pérdida de conectividad natural.

- La reducción de servicios ecosistémicos claves como **la polinización, la regulación térmica, la infiltración del agua o el control biológico de plagas** (González-García et al., 2021).

Estas transformaciones dificultan la adaptación de cultivos, especies y comunidades humanas, especialmente en entornos semiáridos donde cada elemento funcional del paisaje cumple un papel amortiguador.

7.5.4.1. Fundamentos metodológicos del cálculo de territorios especialmente vulnerables

La evaluación se ha basado en una combinación de indicadores agrupados en tres grandes dimensiones:

- La vulnerabilidad demográfica y social.
- La vulnerabilidad económica y productiva.
- La vulnerabilidad ecológica y territorial.

En las siguientes tablas se muestra el resumen de los indicadores, las referencias bibliográficas y los umbrales considerados para cada uno de ellos.

a. Vulnerabilidad demográfica y social

Indicador	Fuente	Umbral de alta vulnerabilidad
Tasa de envejecimiento (>65 años / total)	INE (2023)	>30 %
Densidad de población	INE (2023)	<10 hab./km²
Tasa de despoblamiento último decenio	Atlas Socioeconómico JCCM (2022)	<–10 % crecimiento poblacional 2011–2021
Acceso a servicios básicos (salud, educación, comercio)	SIG rural / Atlas JCCM	A más de 15 km del recurso más próximo

b. Vulnerabilidad económica y productiva

Indicador	Fuente	Umbral de alta vulnerabilidad
% empleo en sector primario	MAPA (2021)	>25 %
Diversificación económica (medida como % resto sectores)	INE / Padrón	<50 %
Renta media disponible	INE (2021)	<70 % de la media regional

c. Vulnerabilidad ecológica y territorial

Indicador	Fuente	Umbral de alta vulnerabilidad
Porcentaje de cobertura vegetal de regulación térmica (bosque, matorral, pastizal natural)	MFE50 / SIOSE (última versión)	<25 % de la superficie municipal
Índice de funcionalidad agroecológica (conectividad de elementos agrarios)	Elaboración propia a partir de SIOSE + ortofotos	Escala 0–1; <0,4 indica pérdida de funcionalidad
Presencia de elementos de infraestructura verde (ríos, setos, dehesas, etc.)	Catálogo Infraestructura Verde + SIGPAC	<20 % del área útil

7.5.4.2. Asignación del nivel de vulnerabilidad

Cada territorio se considera de baja capacidad adaptativa estructural si cumple al menos cuatro indicadores críticos entre las tres categorías, y especialmente si presenta simultaneidad en variables demográficas, económicas y ecológicas.

La selección final incluye aquellas zonas que presentan simultáneamente al menos cuatro indicadores críticos entre las tres dimensiones consideradas, conforme a los umbrales establecidos por el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021–2030) y adaptados mediante información territorial regional (INE, SIOSE, SIGPAC, Atlas Socioeconómico JCCM).

En la siguiente tabla se explica el significado de los códigos que hacen referencia a cada indicador, el parámetro que mide, el rango de valores que puede adquirir, el valor que adquiere en cada zona identificada y la fuente o referencia que justifica el valor que adopta.

Código	Indicador	Dimensión	Rango de valores	Valor en zonas identificadas	Fuente / referencia
1.1	Densidad de población inferior a 8 hab/km²	Vulnerabilidad demográfica	>50 (muy alta), 20–50 (media), <8 (crítica)	Serranía de Cuenca: 6, Señorío de Molina: 5, Montes de Toledo Occ.: 7	INE (2023). Cifras oficiales de población y cartografía continua. https://www.ine.es
1.2	Índice de envejecimiento > 200%	Vulnerabilidad demográfica	<100 (bajo), 100–200 (medio), >200 (alto)	Todas las zonas superan 220	INE (2023). Indicadores demográficos básicos.
1.3	Tasa de pérdida de explotaciones agrarias (>20% década)	Vulnerabilidad socioeconómica	<10% (leve), 10–20% (moderado), >20% (grave)	Serranía de Cuenca: –24%, Campo de Montiel: –29%	MAPA (2023). Censo Agrario y Encuestas de Explotaciones. https://www.mapa.gob.es

Código	Indicador	Dimensión	Rango de valores	Valor en zonas identificadas	Fuente / referencia
1.4	Acceso limitado a servicios básicos	Vulnerabilidad demográfica	Distancia >15 km a centros de salud, educación, comercio	Señorío de Molina, Alcarria Alta	Atlas de Servicios Básicos (JCCM, 2022); Red 4.0 MITECO
2.1	Peso del sector primario > 20% PIB local	Vulnerabilidad económica	<10% (bajo), 10–20% (medio), >20% (alto)	Campo de Montiel: 28%, Sierra de Alcaraz: 24%	INE (2022), Contabilidad Regional; Atlas Socioeconómico de Castilla-La Mancha (JCCM, 2023)
2.3	Renta bruta media per cápita < 12.000 €	Vulnerabilidad económica	>18.000 € (alta), 15–18.000 € (media), <12.000 € (crítica)	Sierra de Alcaraz: 11.400 €, Campo de Montiel: 10.900 €	AEAT (2022). Estadística de IRPF por municipios. https://www.agenciatributaria.es
3.1	Riesgo climático elevado (≥2 factores climáticos críticos)	Vulnerabilidad ecológica	0–1 (bajo), 2–3 (elevado), >3 (muy alto)	Señorío de Molina (ola de calor, sequía), Sierra de San Vicente (sequía, incendios)	PNACC (2021–2030); Guía metodológica MITECO (2023)
3.2	Baja conectividad ecológica (<0,30 índice de conectividad)	Vulnerabilidad ecológica	0,7–1 (alta), 0,4–0,7 (media), <0,3 (baja)	Serranía de Cuenca: 0,29; Campo de Montiel: 0,25	MITECO (2022). Geoportal de Infraestructura Verde. https://geoportal-infraestructura-verde-miteco.hub.arcgis.com
3.3	Ausencia de instrumentos de adaptación local (PACES, etc.)	Vulnerabilidad institucional	0 (presente), 1 (ausente)	Montes de Toledo Occ., Sierra de Alcaraz	MITECO (2023). Registro de Estrategias y Planes de Adaptación Local.

Este sistema codificado permite sintetizar y clasificar el nivel de vulnerabilidad según criterios técnicos explícitos, basados en umbrales documentados y valores territorializados.

7.5.4.3. Territorios especialmente vulnerables identificados

La aplicación de un marco metodológico multicriterio ha permitido identificar una serie de áreas rurales con especial fragilidad adaptativa frente al cambio climático. Esta evaluación combina indicadores cuantitativos de tres dimensiones clave: vulnerabilidad demográfica y social, vulnerabilidad económica-productiva, y vulnerabilidad ecológica-territorial. Los criterios y umbrales empleados en esta clasificación se resumen en la siguiente tabla:

Zona	Criterios de vulnerabilidad detectados	Indicadores superados
Serranía de Cuenca / Alcarria Alta	Muy baja densidad, envejecimiento, pérdida agraria, aislamiento	1.1, 1.2, 1.3, 3.1, 3.2

Zona	Criterios de vulnerabilidad detectados	Indicadores superados
Señorío de Molina / Aragoncillo	Despoblación crítica, acceso limitado a servicios, exposición climática	1.1, 1.2, 1.4, 3.1
Sierra de Alcaraz – Campo de Montiel	Dependencia del primario, baja renta, baja funcionalidad ecológica	2.1, 2.3, 3.2, 3.3
Sierra de San Vicente / Montes de Toledo Occ.	Riesgo de incendios, presión sobre uso del suelo, falta de PACES	1.1, 3.1, 3.3

7.5.4.4. Recomendaciones para mejorar la resiliencia rural

- **Desarrollo de planes locales de adaptación (PACES rurales)** con financiación autonómica y asistencia técnica especializada.
- **Fomento de la bioeconomía rural** y de modelos agrarios multifuncionales resilientes al clima.
- **Recuperación de infraestructura ecológica agraria**: setos, acequias, dehesas, fuentes y cañadas.
- **Implantación de redes de refugios climáticos rurales** (espacios frescos accesibles, sistemas de alerta temprana, infraestructuras comunitarias resilientes).
- **Promoción de acuerdos de custodia del territorio y de servicios ecosistémicos** como fuente de renta para el mantenimiento del paisaje funcional.

7.5.5. Áreas urbanas con riesgo climático creciente

Aunque Castilla-La Mancha es una comunidad eminentemente rural, su sistema urbano –formado por ciudades medias y núcleos intermedios– presenta una **vulnerabilidad creciente frente a los efectos del cambio climático**, en particular en lo relativo a los riesgos derivados del aumento de las temperaturas extremas, la intensidad de los episodios de precipitación, y las limitaciones de la infraestructura verde y de gestión del agua.

El modelo de desarrollo urbano adoptado en muchas de estas ciudades –con fuerte dispersión, escasa vegetación, consumo de suelo desmesurado y zonas industriales sin integración ambiental– ha limitado su resiliencia ante un entorno climático en transformación.

7.5.5.1. Riesgos climáticos en entornos urbanos

Efecto isla de calor y exposición térmica urbana

Las ciudades medias de Castilla-La Mancha (Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Talavera de la Reina y Toledo) presentan un efecto isla de calor urbano (ICU) con diferencias térmicas de hasta 3–5 °C entre el centro urbano y el entorno periurbano durante episodios de ola de calor (AEMET, 2023; Red Española de Ciudades por el Clima, 2022). Este fenómeno se ve potenciado por:

- La escasa cobertura vegetal urbana (<15 % en muchas ciudades según el SIOSE).
- El predominio de pavimentos oscuros y materiales de alta conductividad térmica.
- La falta de sistemas de ventilación natural y corredores ecológicos urbanos.

Este efecto aumenta la morbimortalidad asociada a las olas de calor, especialmente en población vulnerable como mayores de 65 años, personas con enfermedades crónicas y barrios con bajo índice de renta (MITECO, 2022).

Déficit de infraestructura verde y espacios de refugio climático

La mayoría de las ciudades regionales carecen de una red suficiente de zonas verdes interconectadas que actúen como mitigadores climáticos. Según los estándares recogidos en la **Estrategia Nacional de Infraestructura Verde** (MITECO, 2021) y adaptaciones locales (CENEAM, 2021), ciudades como Albacete, Guadalajara o Ciudad Real tienen un índice de superficie verde por habitante inferior a 10 m², por debajo de las recomendaciones de la OMS.

Además, muchas zonas verdes existentes presentan:

- Bajo grado de biodiversidad vegetal.
- Carencia de conectividad ecológica y funcionalidad climática.
- Infraestructuras obsoletas sin adaptación al uso climático estacional.

La falta de planificación en este ámbito compromete la creación de **espacios de refugio climático**, esenciales para la adaptación a las olas de calor, especialmente en entornos educativos, sanitarios y residenciales de atención a mayores.

Riesgos derivados del agua: escorrentía, infraestructuras y abastecimiento

El sistema urbano regional presenta también una alta **vulnerabilidad hídrica**, tanto por riesgo de escorrentías urbanas ante lluvias intensas como por la presión creciente sobre los recursos de abastecimiento. Algunos factores críticos identificados son:

- Falta de integración del drenaje urbano sostenible (SUDS) en los desarrollos recientes.
- Deterioro o saturación de redes de saneamiento en barrios periféricos.
- Riesgo de abastecimiento en sistemas como Picadas-Almoguera, La Cabezuela o Alcolea del Pinar, especialmente en periodos de sequía prolongada (CHT, 2022).

Estas condiciones aumentan la frecuencia de inundaciones locales y de interrupciones en el suministro, afectando en especial a los distritos con menor capacidad adaptativa (edificios sin aislamiento, falta de arbolado, menor resiliencia socioeconómica).

Barrios vulnerables: exposición social y habitacional

Existen barrios específicos dentro de las ciudades que concentran simultáneamente condiciones de alta exposición climática, baja calidad constructiva y vulnerabilidad socioeconómica. Estos barrios suelen:

- Carecer de arbolado urbano en calles y plazas.
- Estar compuestos por edificaciones sin aislamiento térmico.
- Alojar a población envejecida o con bajos ingresos y menor acceso a climatización.

Ejemplos documentados incluyen:

- Barrios periféricos de Talavera y Toledo con edificación en bloque sin envolvente.
- Polígonos residenciales de expansión de los años 60–80 en Albacete y Ciudad Real.
- Áreas de expansión industrial sin regulación verde funcional.

En estos entornos se concentra buena parte del riesgo sanitario y funcional ante eventos extremos.

7.5.5.2. Recomendaciones para la adaptación urbana

Para aumentar la resiliencia climática del sistema urbano regional, se proponen las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- Elaboración de planes de adaptación climática urbana a escala de barrio.
- Incremento de la infraestructura verde urbana con criterios de conectividad, sombra y diversidad.
- Programas de rehabilitación energética priorizando barrios vulnerables.
- Integración de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) en parques, calles y solares degradados.
- Mejoras en la eficiencia y resiliencia de los sistemas de abastecimiento y drenaje.

7.5.6. Interfaz urbano-agraria-forestal: sistemas naturales y económicos críticos con riesgo acumulativo

En Castilla-La Mancha, los efectos del cambio climático no se distribuyen de forma homogénea en el territorio. Existen determinados sistemas naturales y territoriales donde la combinación de factores climáticos adversos, presiones socioeconómicas sectoriales y debilidades estructurales genera una acumulación de riesgos de carácter sinérgico. Este fenómeno de riesgo acumulativo tiene implicaciones directas sobre la

sostenibilidad ecológica, la funcionalidad territorial y la viabilidad económica de amplias zonas de la región.

7.5.6.1. Metodología de obtención y cálculo de parámetros territoriales de riesgo acumulativo

A continuación, se describe el procedimiento seguido para cuantificar los indicadores empleados en la evaluación del riesgo acumulativo de cambio climático en cinco sistemas territoriales clave de Castilla-La Mancha. Esta metodología ha permitido integrar múltiples indicadores de información para caracterizar los territorios donde coinciden de forma crítica riesgos climáticos, ecológicos y socioeconómicos.

a) Precipitación media anual (mm)

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), climatología 1991–2020.

Detalle metodológico:

A partir de datos oficiales de precipitación media anual registrados en estaciones meteorológicas de AEMET ubicadas en las principales cabeceras comarcales de cada sistema territorial. Para representar de forma fiel la realidad hidroclimática de cada territorio, se ponderaron los valores en función de la altitud y la distribución espacial, utilizando interpolación espacial en GIS cuando fue necesario. Este indicador es clave para identificar zonas con déficit estructural de recursos hídricos, como el sureste de Albacete o la Mancha oriental.

b) Días con temperatura máxima superior a 35 °C

Fuente: AEMET, base de datos diaria (2010–2022).

Detalle metodológico:

Este parámetro se calculó a partir del número medio anual de días en los que se alcanzan o superan los 35 °C de temperatura máxima, un umbral fisiológico crítico tanto para cultivos como para salud humana. Se extrajeron los datos de las estaciones meteorológicas más representativas para cada comarca, corrigiendo los valores por altitud mediante coeficientes térmicos estándar. Esta variable es esencial para analizar la exposición térmica, especialmente en zonas de cultivo intensivo o urbanización densa.

c) Porcentaje del PIB agrícola sobre el total económico

Fuente: INE – Contabilidad Regional de España; Atlas Socioeconómico de CLM (JCCM).

Detalle metodológico:

Se estimó la contribución del sector agrario al PIB comarcal como indicador de dependencia económica sectorial. Para ello se integraron los datos del INE, los registros de empleo agrario afiliado a la Seguridad Social y las cifras de la renta agraria comarcal del Ministerio de Agricultura. Este indicador revela vulnerabilidad estructural en zonas donde no existe diversificación económica y donde el clima condiciona directamente la actividad productiva, como Campo de Montiel o Hellín.

d) Fragmentación ecológica (índice 0–1)

Fuente: MITECO – Infraestructura Verde Nacional; SIOSE 2021; Red Natura 2000.

Detalle metodológico:

Se utilizó un análisis espacial mediante SIG para calcular el grado de fragmentación ecológica, aplicando modelos de conectividad estructural (distancia entre parches naturales) y funcional (conectividad de corredores). Se emplearon índices estandarizados como el Effective Mesh Size (meff) y conectividad lineal ponderada. El resultado se normalizó en un índice entre 0 (alta conectividad) y 1 (alta fragmentación). Este parámetro es crítico en áreas como la Sierra de Alcaraz o los Montes de Toledo, donde la expansión de usos intensivos compromete la continuidad del mosaico natural.

e) Presión hídrica (déficit de recarga de acuíferos)

Fuente: Planes Hidrológicos de Demarcación 2022–2027 (CHS, CHJ, CHT).

Detalle metodológico:

A partir de los balances hidrológicos oficiales, se estimó la diferencia porcentual entre la recarga natural media de los acuíferos y la demanda autorizada para usos agrícola, urbano e industrial. Este déficit expresa la presión antrópica sobre las reservas subterráneas, especialmente acusada en los sistemas hidrogeológicos del Acuífero 23 y del Alto Guadiana. Se consideraron también los datos de descenso piezométrico cuando estuvieron disponibles.

f) Índice de dependencia sectorial (Herfindahl-Hirschman)

Fuente: INE – DIRCE (Directorio Central de Empresas); Censos Económicos.

Detalle metodológico:

Se aplicó el índice de Herfindahl-Hirschman a la distribución de empresas por sector de actividad en cada comarca. Este índice mide el grado de concentración de la estructura productiva: valores cercanos a 1 indican mono-dependencia; valores bajos, diversificación. Se consideraron tanto empresas como personas autónomas del sector primario, secundario y terciario. En zonas como Hellín o Campo de Montiel, se detectan valores por encima de 0,40, reflejo de economías poco resilientes.

g) Cálculo del índice de riesgo acumulativo

Procedimiento:

Cada uno de los parámetros fue transformado a una escala normalizada de 0 a 1. Se aplicó una función de suma ponderada con los siguientes pesos:

- Riesgos climáticos: 30 %
- Riesgos ecológicos: 35 %
- Riesgos socioeconómicos: 35 %

El resultado fue un índice continuo de riesgo acumulado entre 0 (mínimo) y 1 (máximo). Se consideraron prioritarios aquellos territorios con valores superiores a 0,75, correspondientes al cuarto cuartil de la distribución regional.

7.5.6.2. Priorización de sistemas y territorios de riesgo

A partir del cruce de la información (climática, ecológica, económica y social), se han identificado varias zonas con un perfil claro de riesgo acumulativo. Entre ellas destacan el Campo de Montiel y el Alto Guadiana, por la confluencia entre sobreexplotación hídrica, pérdida funcional de humedales y presión agraria; la Sierra de Alcaraz y el entorno de Ruidera, por la combinación de riesgo hídrico, presión turística estacional y pérdida de conectividad ecológica; la Mancha oriental entre Hellín y Almansa, por su creciente aridez y presión agraria intensiva; el Alto Tajo, donde la exposición climática se suma al aislamiento ecológico y a la presión turística; y los Montes de Toledo y Sierra Madrona, donde el riesgo de incendios, la presión cinegética y la fragmentación ecológica generan una dinámica de vulnerabilidad estructural que compromete el equilibrio a medio plazo.

Sistema territorial	Riesgos acumulados
Campo de Montiel – Alto Guadiana	Sobreexplotación hídrica, pérdida funcional de humedales, presión agraria
Sierra de Alcaraz – Ruidera	Riesgo hídrico, presión turística, fragmentación
La Mancha Oriental (Hellín – Almansa)	Cultivo intensivo, aridez creciente, acuíferos sobreexplotados
Entorno del Alto Tajo	Estrés climático sobre ecosistemas relictos, aislamiento, turismo
Montes de Toledo y Sierra Madrona	Riesgo de incendios, presión cinegética, fragmentación ecológica

Criterio de priorización: superposición de al menos dos factores críticos entre estrés climático, dependencia económica sectorial y presión ecológica.

En la siguiente tabla se relacionan los valores obtenidos del índice de riesgo acumulativo y de los parámetros que lo componen para los territorios seleccionados.

Sistema territorial	Prec (mm)	Días >35 °C	PIB agríc (%)	Fragm (0–1)	Déficit hídrico (%)	Depend	Índice acum	Factores acumulados de riesgo
Campo de Montiel – Alto Guadiana	320	48	27	0.68	22	0.42	0.81	Sobreexplotación hídrica, pérdida funcional de humedales, presión agraria
Sierra de Alcaraz – Ruidera	450	38	21	0.64	19	0.47	0.78	Riesgo hídrico, presión turística, fragmentación ecológica
La Mancha Oriental (Hellín – Almansa)	310	52	29	0.71	25	0.44	0.84	Cultivo intensivo, aridez creciente,

Sistema territorial	Prec (mm)	Días >35 °C	PIB agríc (%)	Fragm (0–1)	Déficit hídrico (%)	Depend	Índice acum	Factores acumulados de riesgo
								acuíferos sobreexplotados
Entorno del Alto Tajo	720	24	12	0.53	13	0.39	0.69	Estrés climático sobre ecosistemas relictos, aislamiento ecológico, turismo estacional
Montes de Toledo y Sierra Madrona	560	45	25	0.69	21	0.43	0.79	Riesgo de incendios, presión cinegética, fragmentación ecológica

7.5.6.3. Descripción de los sistemas territoriales con riesgo acumulativo identificados

a. Regadíos intensivos en el sureste y Mancha toledana

Uno de los ejemplos más evidentes lo encontramos en las áreas de regadío intensivo del sureste de Albacete —La Manchuela, Hellín, Almansa— así como en el Campo de Montiel y parte de La Mancha toledana. En estos espacios, la dependencia estructural del agua para usos agrarios coincide con una notable reducción de la recarga de acuíferos, estimada en torno al 25 % en las últimas dos décadas (Confederación Hidrográfica del Segura, 2022). Esta situación se agrava por el incremento de temperaturas durante el periodo vegetativo, con más de 40 días al año por encima de los 35 °C (AEMET, 2023), y por una elevada dependencia del viñedo, el almendro y los hortícolas, sin alternativas económicas consolidadas (MAPA, 2021). La confluencia de estos factores genera un punto crítico donde la sostenibilidad productiva entra en conflicto directo con los límites ecológicos del medio.

b. Sistemas frágiles en alta montaña y lagunas endorreicas

Una dinámica similar se observa en los ecosistemas de montaña, en particular en la Serranía de Cuenca, el Alto Tajo y la Sierra de Alcaraz. En estas zonas, la vulnerabilidad natural se expresa a través del aislamiento y regresión de formaciones relictas de alto valor biogeográfico, como abedulares, tejedas y pinares oromediterráneos, cuya viabilidad se ve comprometida por la falta de continuidad altitudinal y la imposibilidad de recolonización (Montes et al., 2020). La exposición prolongada a periodos de sequía, el incremento del estrés térmico y la pérdida de conectividad con otros refugios climáticos agravan esta regresión. A ello se suma la presión antrópica derivada del turismo estacional y el desarrollo urbanístico disperso, especialmente visible en entornos como las Lagunas de Ruidera, donde el ciclo hidrológico natural está siendo alterado de forma irreversible.

c. Dependencia económica mono-sectorial

Desde el punto de vista socioeconómico, también se identifican zonas donde la estructura productiva local depende de sectores especialmente sensibles al clima. Es el caso de los Montes de Toledo, donde la caza intensiva y el turismo cinegético representan una fuente de ingresos clave, pero altamente estacional y vulnerable. Lo mismo ocurre en áreas vitivinícolas tradicionales como Hellín o Almansa, donde el estrés hídrico está reduciendo la calidad y el rendimiento de las cosechas, mientras que, en territorios como el Alto Tajo o Talavera de la Reina, la apicultura y el turismo rural estival dependen de condiciones climáticas estables y predecibles que ya no se cumplen. En estos espacios, los impactos acumulados sobre los recursos naturales generan efectos en cascada sobre la estructura social y económica del territorio, con una creciente pérdida de rentabilidad, empleabilidad y cohesión territorial.

d. Zonas de interfaz con presión antrópica acumulada

Especial atención merecen también las zonas de interfaz entre usos urbanos, industriales o agrarios intensivos y espacios naturales protegidos o de alto valor ecológico. En estos bordes funcionales —como los que rodean la Serranía de Cuenca, los Montes de Toledo o la Sierra Madrona— la presión del desarrollo humano fragmenta hábitats, introduce especies exóticas, eleva el riesgo de incendios forestales y compromete el ciclo natural de los ecosistemas. La urbanización dispersa, los monocultivos sin barreras ecológicas y la falta de planificación del uso del suelo actúan como elementos desestabilizadores de territorios que deberían funcionar como amortiguadores climáticos y corredores ecológicos de primer orden.

7.5.6.4. Recomendaciones operativas

Estos territorios requieren medidas urgentes de adaptación basadas en un enfoque territorial integrado. Entre ellas destacan: la implantación de sistemas de observación y alerta temprana, la reforma de los instrumentos de ordenación territorial y ambiental, la creación de figuras de planificación adaptativa en sistemas multifuncionales, la asignación prioritaria de fondos europeos (FEADER, LIFE, Fondo de Adaptación), y la articulación de programas intersectoriales que vinculen biodiversidad, agua, agricultura y cohesión territorial.

7.6. SÍNTESIS TERRITORIAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS

7.6.1. Introducción: la necesidad de una síntesis territorial multirriesgo

La creciente complejidad de los efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha exige un abordaje integrado y multiescalar que supere el análisis sectorial o temático aislado. A lo largo de los apartados anteriores se ha evidenciado cómo los impactos climáticos se manifiestan en una amplia diversidad de formas —desde la intensificación de fenómenos extremos (olas de calor, sequías prolongadas, incendios forestales) hasta la afectación estructural de sistemas naturales, rurales, urbanos y socioeconómicos— generando un mosaico de vulnerabilidades superpuestas en el territorio regional.

En este contexto, resulta imprescindible elaborar una síntesis territorial que permita identificar con precisión aquellas áreas donde se concentran múltiples factores de riesgo

climático, ecológico y social. Esta perspectiva no solo facilita una mejor comprensión de la exposición diferencial de los distintos sistemas territoriales, sino que proporciona una base objetiva para priorizar medidas de adaptación, asignación de recursos y planificación territorial resiliente, conforme a los principios establecidos por el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021–2030) y la Estrategia Europea de Adaptación (COM/2021/82 final).

La metodología adoptada en este epígrafe se sustenta en los marcos conceptuales propuestos por el IPCC (AR6, WGII), así como en la Guía para la evaluación de riesgos asociados al cambio climático publicada por el MITECO (2023), y se nutre del análisis desarrollado en los apartados dedicados a la caracterización general de la vulnerabilidad territorial, a los riesgos climáticos específicos en sistemas rurales, a los efectos sobre áreas urbanas, a la capacidad adaptativa institucional, y a los factores acumulativos de riesgo. El enfoque aquí desarrollado permite visibilizar espacialmente la confluencia de impactos y debilidades estructurales en ámbitos rurales con despoblación, zonas agrarias dependientes de acuíferos sobreexplotados, ecosistemas de montaña con elevada sensibilidad ecológica o núcleos urbanos sometidos a estrés térmico y vulnerabilidad social.

Esta síntesis multirriesgo no pretende sustituir los análisis específicos previos, sino integrarlos de forma funcional para identificar ámbitos territoriales estratégicos de actuación, entendidos como unidades espaciales prioritarias para la planificación adaptativa y la Infraestructura Verde de Castilla-La Mancha. A partir de esta base, los siguientes apartados describen con mayor detalle los territorios en los que confluyen varios factores críticos, permitiendo una lectura espacial clara de los retos climáticos regionales.

7.6.2. Identificación de zonas de confluencia de riesgos

La superposición de factores de vulnerabilidad ecológica, climática y socioeconómica en Castilla-La Mancha permite delimitar un conjunto de ámbitos territoriales donde los riesgos derivados del cambio climático convergen de manera particularmente intensa. Esta identificación se ha realizado integrando la evaluación cuantitativa de los apartados dedicados a la caracterización general de la vulnerabilidad territorial, a los riesgos climáticos específicos en sistemas rurales, a los efectos sobre áreas urbanas, a la capacidad adaptativa institucional, y a los factores acumulativos de riesgo, los valores territoriales de parámetros críticos (temperatura, aridez, incendios, presión hídrica, envejecimiento, renta, pérdida agraria, etc.), así como los resultados del anexo técnico de riesgo acumulativo.

Los territorios identificados se distribuyen por toda la región, respondiendo a diferentes perfiles de riesgo según la naturaleza de los impactos y la sensibilidad del medio afectado. De forma general, pueden diferenciarse cinco grandes **tipologías territoriales de confluencia de riesgos**:

- **Zonas de interior árido con degradación funcional múltiple**, como el Campo de Montiel, el sureste de Albacete y la Sierra de Alcaraz, donde confluyen estrés hídrico, baja capacidad adaptativa y pérdida acelerada de actividad agraria tradicional.
- **Entornos de montaña media y alta con sensibilidad ecológica extrema**, como la Serranía de Cuenca, el Alto Tajo y los Montes de Toledo orientales, donde se combinan la presencia de especies relictas, aumento del riesgo de incendios y limitación de la conectividad ecológica.
- **Llanuras cerealistas en transición climática**, como las zonas esteparias de la Mancha oriental y Campo de Calatrava, altamente expuestas a sequías y con fuerte vulnerabilidad de sus especies agroesteparias, así como un retroceso de su funcionalidad ecológica.
- **Ámbitos intermedios con debilidad demográfica y dependencia sectorial**, como la Alcarria Baja o la Campiña de Guadalajara, donde la exposición climática moderada se ve amplificada por factores estructurales como el envejecimiento, la desconexión funcional y la pérdida de servicios.
- **Zonas de interfase rural-urbana con riesgo compuesto**, especialmente en el entorno periurbano de Toledo, Guadalajara o Talavera de la Reina, donde coinciden el efecto isla de calor, presión urbanística, pérdida de cobertura vegetal y mayor frecuencia de olas de calor.

Estas tipologías reflejan patrones territoriales emergentes que deben ser interpretados no como unidades administrativas, sino como **sistemas territoriales funcionales**, definidos por la combinación de procesos ecológicos, climáticos y socioeconómicos.

A continuación, se analizarán en detalle los principales ámbitos territoriales prioritarios por acumulación de impactos, incorporando datos derivados de los mapas de riesgo climático, indicadores de vulnerabilidad acumulada y análisis funcional del paisaje. Este enfoque permitirá avanzar hacia una cartografía operativa para la adaptación territorial y la planificación ecológica regional.

7.6.3. Ámbitos territoriales prioritarios por acumulación de impactos

El análisis integrado de los distintos componentes de la vulnerabilidad territorial permite identificar una serie de unidades espaciales donde confluyen de manera reiterada múltiples factores de riesgo climático, ecológico y socioeconómico. Estas zonas presentan, en términos relativos, una mayor exposición a fenómenos extremos, una mayor sensibilidad estructural de sus sistemas y una capacidad adaptativa limitada, lo que justifica su consideración como ámbitos prioritarios de intervención.

A continuación, se describen los principales territorios críticos detectados, organizados en función de su perfil funcional predominante:

a) Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz (Albacete y Ciudad Real)

Esta extensa área del sur de Castilla-La Mancha combina condiciones de aridez creciente, reducción de la recarga del Alto Guadiana, pérdida acelerada de actividad

agroganadera tradicional y envejecimiento poblacional severo. Se identifican niveles altos de estrés hídrico estacional, un retroceso de la cobertura vegetal natural y una conectividad ecológica media-baja, especialmente en los corredores transversales. Las tasas de pérdida de explotaciones agrarias superan el 25 % en la última década, y los indicadores de renta y servicios básicos reflejan una vulnerabilidad socioeconómica estructural.

b) Serranía de Cuenca y Alto Tajo (Cuenca y Guadalajara)

Esta unidad de montaña media-alta presenta una alta sensibilidad ecológica asociada a la presencia de hábitats relictos y especies euro-siberianas en regresión (*Taxus baccata*, *Betula pendula*). Se observan procesos de decaimiento forestal ligados al aumento térmico, mayor recurrencia de incendios y reducción de la humedad edáfica. Su baja densidad de población y la desconexión funcional respecto a centros de servicios agravan la exposición estructural del sistema, pese a su valor ecológico estratégico.

c) Llanura cerealista de la Mancha oriental (Albacete y Cuenca)

Caracterizada por una fuerte dependencia del secano cerealista y la elevada presencia de especies esteparias en retroceso (sisón, ganga, ortega), esta unidad afronta una intensificación de eventos de sequía y una creciente presión térmica. El retroceso del barbecho y la rotación de cultivos, unido a la expansión de regadíos no sostenibles, compromete tanto la funcionalidad agroecológica como la sostenibilidad del mosaico agrícola.

d) Alcarria Baja y Campiña de Guadalajara (Guadalajara)

Zonas intermedias con declive poblacional, envejecimiento marcado y pérdida progresiva de suelo agrario. El efecto de isla térmica urbana incipiente en pequeños núcleos, la reducción del matorral mediterráneo por sobreexplotación o abandono, y la escasa presencia de instrumentos de planificación adaptativa elevan su fragilidad territorial. La falta de una red estructurada de infraestructura verde limita además su capacidad de absorción climática.

e) Entornos periurbanos de Toledo, Guadalajara y Talavera de la Reina

Ámbitos de rápida transformación urbana y expansión desordenada, con creciente impermeabilización del suelo, pérdida de vegetación autóctona y aumento de la exposición a olas de calor. La presión demográfica, junto con una planificación adaptativa incipiente, conforma un perfil de riesgo compuesto especialmente relevante en el contexto de cambio climático. Se detectan también interferencias en corredores ecológicos clave por fragmentación territorial.

Estas unidades territoriales prioritarias han sido delimitadas a partir del cruce interpretativo de la información ya analizada en los epígrafes anteriores, y constituyen la base operativa para las futuras estrategias de adaptación territorial y restauración ecológica en Castilla-La Mancha.

Ámbito territorial	Factores principales de riesgo	Perfil funcional
Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz	Estrés hídrico, pérdida agroganadera, envejecimiento poblacional	Interior árido y agrario en declive
Serranía de Cuenca y Alto Tajo	Decaimiento forestal, incendios, aislamiento ecológico	Montaña media-alta ecológicamente sensible
Llanura cerealista de la Mancha oriental	Sequías, presión térmica, regresión agroecológica	Llano cerealista con presión climática
Alcarria Baja y Campiña de Guadalajara	Despoblamiento, envejecimiento, baja cobertura adaptativa	Zona intermedia con fragilidad socioeconómica
Entornos periurbanos de Toledo, Guadalajara y Talavera	Isla de calor, urbanización desordenada, pérdida vegetal	Área periurbana con riesgo compuesto

Tabla. Ámbitos territoriales prioritarios por acumulación de impactos

7.6.4. Consideraciones para la priorización territorial y planificación adaptativa

La identificación de zonas de riesgo climático acumulado en Castilla-La Mancha no solo debe considerarse un ejercicio de diagnóstico territorial, sino una herramienta clave para orientar la priorización de políticas públicas y actuaciones adaptativas. La diversidad de contextos —rurales, naturales, periurbanos y de montaña— requiere enfoques diferenciados que integren tanto la singularidad ecológica como la complejidad social y funcional de cada ámbito.

Desde una perspectiva operativa, los resultados obtenidos permiten establecer una jerarquización territorial basada en tres principios fundamentales:

- **Acumulación de impactos climáticos**: aquellas zonas donde confluyen múltiples amenazas (sequías, olas de calor, incendios, descenso hídrico) deben ser consideradas prioritarias por la probabilidad elevada de disrupción ecológica y socioeconómica.
- **Baja resiliencia estructural**: áreas con escasa capacidad adaptativa, ya sea por motivos ecológicos (hábitats frágiles, baja conectividad), sociales (envejecimiento, aislamiento), o institucionales (débil planificación), requieren medidas específicas de refuerzo.
- **Valor estratégico para la Infraestructura Verde regional**: territorios con función de conectividad ecológica, soporte de servicios ecosistémicos o provisión de biodiversidad deben preservarse y restaurarse como elementos nodales del sistema adaptativo. En este sentido, la información integrada en las bases científico-técnicas para la Infraestructura Verde permite delimitar:
    - Áreas críticas de conectividad funcional, como los corredores forestales entre el Alto Tajo o las zonas de enlace estepario entre Campo de Montiel, La Mancha oriental y el Campo de Calatrava.

- Núcleos de provisión de servicios ecosistémicos estratégicos, con valores máximos en regulación climática (Montes de Toledo, Sierra de Alcaraz), calidad del aire (entornos forestales del Alto Tajo) y regulación hídrica (zonas húmedas de La Mancha).
- Ambientes de elevada singularidad biológica, como las estepas cerealistas del sureste albaceteño, los sabinares oromediterráneos de la Serranía de Cuenca o los sistemas lagunares endorreicos, claves para la conservación de especies vulnerables y la resiliencia territorial.

Este marco debe traducirse en herramientas concretas: integración en los planes territoriales y urbanísticos, inclusión en las prioridades del Plan Regional de Adaptación al Cambio Climático, programación de restauraciones ecológicas y diseño de corredores resilientes. Asimismo, se recomienda desarrollar sistemas de seguimiento dinámicos que permitan actualizar periódicamente esta síntesis de riesgos mediante indicadores normalizados y herramientas SIG avanzadas, integrando fuentes como el Visor de Riesgo Climático del MITECO, el Inventario del Patrimonio Natural, el SIOSE o los registros regionales de impactos.

Finalmente, esta priorización territorial debe ser coherente con los principios de equidad territorial y justicia climática, garantizando que los municipios más vulnerables —y con menor capacidad técnica o financiera— reciban el apoyo necesario para implementar medidas de adaptación efectivas y sostenibles.

7.6.5. Conclusiones y orientaciones operativas

La síntesis territorial de riesgos climáticos elaborada para Castilla-La Mancha pone de manifiesto la necesidad de articular respuestas adaptativas de base territorial, integrando tanto las evidencias climáticas como los condicionantes ecológicos y sociales que configuran la vulnerabilidad regional. Este enfoque permite avanzar hacia un modelo de planificación adaptativa que supere las respuestas fragmentadas y que promueva soluciones sistémicas alineadas con la Infraestructura Verde y los principios de justicia climática.

Entre las principales conclusiones destacan:

- La existencia de unidades territoriales donde confluyen múltiples factores de riesgo —climáticos, ecológicos y socioeconómicos— justifica su priorización en las políticas de adaptación regional.
- Los sistemas ecológicos más frágiles (esteparios, alta montaña, humedales endorreicos) y las áreas rurales en declive demográfico y funcional constituyen espacios especialmente vulnerables donde deben concentrarse las actuaciones más urgentes.
- La Infraestructura Verde Regional emerge como el soporte territorial de las estrategias de adaptación, al proporcionar conectividad ecológica, funcionalidad ecosistémica y resiliencia territorial frente a los impactos del cambio climático.

A partir de este diagnóstico, se proponen las siguientes orientaciones operativas:

1. **Delimitación formal de áreas prioritarias multirriesgo**, integrando las unidades descritas en este documento como referencia para la planificación territorial y ambiental.
2. **Refuerzo de la base técnica de datos y seguimiento**, con el desarrollo de indicadores de riesgo climático territorial, actualizables y georreferenciados, que permitan el monitoreo dinámico de la vulnerabilidad regional.
3. **Articulación normativa y estratégica**, incorporando los resultados de esta síntesis en la Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático, en los planes sectoriales de Infraestructura Verde, y en la programación de inversiones en restauración ecológica, transición energética y desarrollo rural.
4. **Coordinación interadministrativa y participación social**, favoreciendo la cooperación entre administraciones locales, regionales y nacionales, así como el protagonismo de los actores locales en la definición de soluciones adaptativas.
5. **Evaluación continua y adaptación flexible**, garantizando que las medidas implementadas sean revisadas periódicamente en función de los nuevos escenarios climáticos, los datos de impactos observados y la evolución territorial de las condiciones de riesgo.

Este enfoque integrador y territorialmente sensible representa una oportunidad estratégica para hacer frente a los efectos del cambio climático en Castilla-La Mancha desde una lógica de anticipación, cohesión territorial y sostenibilidad a largo plazo.

7.6.6. Anexo técnico. Metodología de obtención y cálculo de parámetros territoriales de riesgo acumulativo

La elaboración de la síntesis territorial de riesgos climáticos se ha basado en una metodología estructurada en tres fases principales: recopilación de datos, procesamiento y cálculo de parámetros territoriales, e integración de resultados. El objetivo de este procedimiento ha sido identificar unidades territoriales funcionales con riesgo climático acumulado, considerando de forma integrada variables climáticas, ecológicas y sociales.

1. Recopilación y selección de datos

Se emplearon fuentes oficiales y bases de datos de libre acceso. Entre ellas destacan:

- Visor de Riesgo Climático del MITECO (2023).
- Datos climáticos de AEMET (media 1981–2010 y proyecciones 2040–2070).
- Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (MITERD).
- SIOSE 2021 (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España).
- INE (Indicadores demográficos y renta municipal).

- Estudio de conectividad ecológica regional (documento base de Infraestructura Verde).

2. Parámetros considerados y criterios de cálculo

Los indicadores se agruparon en tres categorías, con rangos normalizados (0–3) para facilitar su integración:

- **Exposición climática:** intensidad de amenazas como sequía, olas de calor, incendios o descenso hídrico estival.
    - Días con Tmax > 35 °C (media anual).
    - Nº de noches tropicales (> 20 °C).
    - Descenso proyectado de caudales (según MITECO, 2021).
    - Índice de aridez estival (P/T).
- **Sensibilidad ecológica:** características del sistema natural que aumentan su vulnerabilidad ante impactos.
    - Porcentaje de hábitats de interés comunitario.
    - Grado de aislamiento ecológico.
    - Presencia de especies vulnerables o relictas.
    - Fragmentación del paisaje (índice de conectividad efectiva).
- **Vulnerabilidad social:** factores estructurales que limitan la capacidad de respuesta territorial.
    - Tasa de envejecimiento (> 65 años).
    - Pérdida de explotaciones agrarias (última década).
    - Nivel medio de renta por habitante.
    - Accesibilidad a servicios básicos (índice compuesto).

3. Integración de resultados

Cada unidad territorial funcional fue evaluada mediante un sistema de puntuación acumulativa. La suma de los indicadores normalizados por categoría permitió calcular un **índice de riesgo territorial compuesto**, que se clasificó como:

- Bajo (0–4)
- Medio (5–6)
- Alto (7–8)
- Muy alto (9–12)

Esta clasificación ha sido representada en las tablas A y B, y sirve de base para la priorización territorial adoptada en el epígrafe 5.6.

4. Limitaciones y perspectivas de mejora

El presente análisis constituye una aproximación basada en la mejor información disponible. Se prevé su perfeccionamiento a través de:

- Acceso a datos de mayor resolución temporal y espacial.
- Inclusión de escenarios climáticos regionalizados de última generación (CMIP6).
- Validación participativa con agentes locales.
- Incorporación de nuevas capas SIG de servicios ecosistémicos.
- Esta metodología proporciona una herramienta reproducible y escalable para la identificación operativa de territorios en riesgo climático acumulado, sirviendo como soporte técnico para la planificación adaptativa en Castilla-La Mancha.

7.6.7. Tablas complementarias del anexo técnico

Tabla A. Matriz de riesgo acumulado por unidad territorial funcional

Unidad territorial funcional	Exposición climática	Sensibilidad ecológica	Vulnerabilidad social	Riesgo acumulado
Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz	Alta	Alta	Alta	Muy alto
Serranía de Cuenca y Alto Tajo	Alta	Muy alta	Media	Muy alto
Llanura cerealista de la Mancha oriental	Alta	Alta	Media	Alto
Alcarria Baja y Campiña de Guadalajara	Media	Media	Alta	Alto
Entornos periurbanos de Toledo, Guadalajara y Talavera	Alta	Media	Alta	Muy alto

Tabla B. Funcionalidad ecológica de territorios prioritarios

Unidad territorial funcional	Conectividad ecológica	Biodiversidad destacada	Servicios ecosistémicos clave
Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz	Media (corredores fragmentados este-oeste)	Aves esteparias, endemismos fluviales	Regulación hídrica, resiliencia agrícola
Serranía de Cuenca y Alto Tajo	Alta (núcleo forestal interconectado)	Especies relictas euro-siberianas	Captura de carbono, regulación térmica

Unidad territorial funcional	Conectividad ecológica	Biodiversidad destacada	Servicios ecosistémicos clave
Llanura cerealista de la Mancha oriental	Media-baja (aislamiento agrícola)	Aves agroesteparias, insectos polinizadores	Hábitat para aves, mantenimiento de suelo
Alcarria Baja y Campiña de Guadalajara	Baja (interrupción de corredores secundarios)	Fauna mediterránea generalista	Amortiguación térmica, uso recreativo
Entornos periurbanos de Toledo, Guadalajara y Talavera	Muy baja (altamente fragmentada)	Núcleos relictos de vegetación natural	Regulación microclimática, conexión social

Tabla C. Indicadores utilizados en la evaluación multirriesgo

Indicador	Dimensión evaluada	Fuente principal	Escala territorial	Rango de valores (normalizado)
Días con Tmax > 35 °C	Exposición climática	AEMET	Comarcal	0–3
Noches tropicales (> 20 °C)	Exposición climática	AEMET	Comarcal	0–3
Descenso proyectado de caudales	Exposición climática	MITECO (2023)	Cuenca hidrográfica / comarca	0–3
Índice de aridez estival (P/T)	Exposición climática	AEMET	Comarcal	0–3
Porcentaje de hábitats de interés comunitario	Sensibilidad ecológica	MITERD	Comarcal / Red Natura	0–3
Grado de aislamiento ecológico	Sensibilidad ecológica	Documento base IV	Corredores ecológicos	0–3
Presencia de especies vulnerables o relictas	Sensibilidad ecológica	MITERD	Red Natura	0–3
Fragmentación del paisaje	Sensibilidad ecológica	Documento base IV	Comarcal	0–3
Tasa de envejecimiento	Vulnerabilidad social	INE	Municipal / comarcal	0–3
Pérdida de explotaciones agrarias	Vulnerabilidad social	MAPA / INE	Comarcal	0–3
Nivel medio de renta	Vulnerabilidad social	INE	Municipal	0–3

Indicador	Dimensión evaluada	Fuente principal	Escala territorial	Rango de valores (normalizado)
Accesibilidad a servicios básicos	Vulnerabilidad social	INE / SIGTE	Municipal	0–3

7.6.8. Fuentes de información y referencias utilizadas

AEMET. (2021). *Resumen climático anual*. Agencia Estatal de Meteorología.

https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos

Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). (2020). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2020: Indicator-based report*.

https://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2020

Gobierno de España. (2022). *Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-espanol-patrimonio-natural-biodiversidad/

INE. (2023). *Indicadores urbanos y demográficos municipales*. Instituto Nacional de Estadística. https://www.ine.es

IPCC. (2022). *Sixth Assessment Report (AR6), Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

MITECO. (2021). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021–2030*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030/

MITECO. (2023). *Visor de Riesgo Climático*. Oficina Española de Cambio Climático. https://www.adaptecca.es/visor-de-riesgos-climaticos

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2022). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE)*. https://www.mapa.gob.es

SIOSE. (2021). *Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España*. Centro Nacional de Información Geográfica. https://www.siose.es

SIGTE – Universitat de Girona. (2022). *Índice de accesibilidad territorial a servicios básicos (proyecto AccesCat)*. https://www.sigte.udg.edu

8. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica constituye uno de los pilares estratégicos fundamentales para detener y revertir la degradación de los ecosistemas, restaurar su funcionalidad y asegurar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano. Reconocida por organismos internacionales como la ONU, la Unión Europea y la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER), esta disciplina adopta un enfoque integrador que combina ciencia, planificación territorial y gobernanza participativa con el objetivo de recuperar la integridad ecológica de sistemas alterados, dañados o destruidos (SER, 2019).

En el contexto europeo**, la restauración de la naturaleza** se ha situado en el centro del **Pacto Verde Europeo**, que establece como uno de sus compromisos clave la restauración de al menos el 20 % de los ecosistemas terrestres y marinos de la UE de aquí a 2030. Este objetivo se concreta en el **Reglamento Europeo de Restauración de la Naturaleza**, aprobado en 2024, que impone obligaciones vinculantes a los Estados miembros para la restauración activa de hábitats y especies de interés comunitario, la mejora de los ecosistemas agrícolas y forestales, la recuperación de ríos libres y funcionales, y la mitigación de la fragmentación ecológica (Comisión Europea, 2024).

España, en consonancia con estos compromisos, ha reforzado su marco estratégico mediante el Plan Estratégico Estatal de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2030 (MITERD, 2022), la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas (MITERD, 2021), y la reciente Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2030. Estos instrumentos promueven una visión territorial integrada, que prioriza la recuperación de la funcionalidad ecológica en áreas clave para la biodiversidad, la conectividad y la resiliencia climática. La guía metodológica de proyectos de restauración fluvial (MITERD, 2022) y la guía práctica de restauración ecológica (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023) establecen, además, procedimientos normalizados para la formulación, ejecución y evaluación de proyectos con base científica.

En Castilla-La Mancha, la restauración ecológica adquiere una relevancia singular debido a la elevada proporción de hábitats naturales y seminaturales que han sufrido transformaciones profundas en las últimas décadas, ya sea por procesos de abandono, intensificación, artificialización o fragmentación territorial. A esta situación se suma la creciente presión derivada del cambio climático, que incide negativamente sobre la estructura y resiliencia de los sistemas ecológicos regionales, especialmente en entornos acuáticos, forestales y agroesteparios (JCCM, 2023).

Este epígrafe evalúa la situación de partida en materia de restauración ecológica en Castilla-La Mancha, identificando los principales sistemas ecológicos afectados, las tipologías de degradación más frecuentes, las necesidades específicas por tipo de hábitat y ecosistema, y las oportunidades de intervención en el marco de la futura planificación regional. El enfoque adoptado se alinea con las directrices internacionales de la SER (2019), las prioridades marcadas por la Estrategia Europea de Biodiversidad

2030, y los criterios técnicos del reglamento europeo y la planificación estratégica nacional.

8.1. EVALUACIÓN Y NECESIDADES DE RESTAURACIÓN POR TIPO DE SISTEMA NATURAL O ANTRÓPICO

8.1.1. Sistemas forestales y de montaña

Los sistemas forestales y de montaña de Castilla-La Mancha conforman un mosaico ecológico de gran riqueza y diversidad, que se extiende por buena parte del territorio regional y constituye una pieza clave de la infraestructura verde autonómica como núcleos de biodiversidad y corredores ecológicos. Estos sistemas engloban tanto formaciones boscosas maduras como ecosistemas de alta montaña situados por encima del límite natural del arbolado, todos ellos fuertemente condicionados por la altitud, el sustrato geológico y la orientación biogeográfica. Su distribución y configuración actual es el resultado de complejas interacciones entre factores naturales y procesos históricos de ocupación y aprovechamiento del territorio.

La región alberga **17 tipos de hábitats forestales** y **8 tipos de hábitats alpinos o supraforestales de interés comunitario** (MITERD, 2023). Juntos, representan una superficie extensa, aunque muy desigual en su grado de conservación, con importantes retos derivados de la fragmentación territorial, la regresión estructural, los incendios forestales y, de forma creciente, el impacto del cambio climático (JCCM, 2023; SER, 2019).

8.1.1.1. Diversidad y distribución de los hábitats

Los hábitats forestales se encuentran repartidos por todas las provincias de Castilla-La Mancha, con una notable concentración en las principales unidades montañosas. En las sierras del oeste —como los Montes de Toledo y Sierra Morena oriental— dominan los encinares y alcornocales (hábitats 9330, 9340, 9240), acompañados en algunos casos por sabinares termófilos (9560) o pinares de repoblación en regresión ecológica. En el noreste, las Parameras de Molina y la Serranía de Cuenca albergan importantes extensiones de pinares oromediterráneos (9530, 9540) y quejigares de ladera (9180), sabinares relictos, con presencia significativa de especies propias del piso montano. La Sierra de Alcaraz y el entorno del río Mundo, en Albacete, concentran algunas de las masas forestales mejor conservadas de la región, con presencia de pinares naturales, melojares y bosques húmedos de umbría (MITERD, 2023; JCCM, 2023).

En altitudes superiores, los **hábitats alpinos y supraforestales** se desarrollan en enclaves concretos como el Alto Tajo, los páramos de Orea y Checa o los altos cordales de la Sierra de Alcaraz. Estos hábitats, aunque menos extensos, destacan por su elevada especialización ecológica, albergando comunidades vegetales únicas adaptadas a condiciones extremas: prados húmedos de montaña (6510), matorrales oromediterráneos (4090), brezales de alta altitud (4060), pastizales de *Festuca* y *Genista* (6160, 6170), y comunidades rupícolas calcícolas o silicícolas (5120, 5130) (MITERD, 2023; Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

8.1.1.2. Principales factores de degradación

Estos hábitats se encuentran sometidos a una combinación de presiones históricas y actuales que afectan de forma desigual a su estructura, composición y funcionalidad. Entre las más significativas cabe destacar el **abandono de la gestión forestal tradicional**, que ha conducido a la homogeneización de la estructura vertical, el envejecimiento simultáneo de las masas y la pérdida de funcionalidad ecológica (MITERD, 2023). La expansión de repoblaciones monoespecíficas con especies alóctonas —especialmente en pinares—, los incendios forestales recurrentes y la expansión de infraestructuras lineales han agravado la fragmentación del territorio y la desconexión funcional entre rodales naturales (JCCM, 2023).

En los sistemas de alta montaña, las presiones se manifiestan con diferente intensidad. La **aridificación progresiva del clima** está provocando la pérdida de humedad edáfica en praderas y turberas, lo que repercute negativamente en especies vegetales especializadas. El **uso ganadero estacional** genera compactación y erosión, mientras que la **desaparición de prácticas agropecuarias tradicionales** ha propiciado procesos de matorralización y pérdida de mosaico paisajístico. En paralelo, la intensificación del turismo de naturaleza y las actividades recreativas no reguladas ejercen una presión creciente sobre espacios de elevada sensibilidad (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023; SEO/BirdLife, 2023).

8.1.1.3. Necesidades prioritarias de restauración

La restauración ecológica de los sistemas forestales y de montaña de Castilla-La Mancha debe abordar una doble dimensión: por un lado, la **recuperación estructural y funcional de formaciones boscosas degradadas**, y por otro, la **restauración de hábitats oromediterráneos y subalpinos** sometidos a procesos de regresión o colapso funcional (SER, 2019; Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

En el caso de los hábitats forestales, se considera prioritario actuar sobre masas empobrecidas mediante la **diversificación estructural**, la introducción de especies acompañantes nativas y el diseño de **mosaicos forestales resilientes**. Las repoblaciones de baja calidad ecológica requieren intervenciones de clarificación progresiva y **enriquecimiento florístico**, con vistas a facilitar su evolución hacia estructuras más naturalizadas. La restauración post-incendio debe incorporar enfoques preventivos y adaptativos, incluyendo manejo de combustibles, recuperación de suelos y fomento de la regeneración natural (JCCM, 2023).

En los hábitats alpinos y supraforestales, la intervención ha de orientarse hacia la **restauración de procesos ecológicos clave**, como la retención hídrica, la conservación de microhábitats edáficos y la protección frente a erosión y sobreuso. Ello puede implicar actuaciones de revegetación localizada, restauración de prados y turberas, control de acceso y ganadería regulada, así como la delimitación de enclaves de especial valor florístico (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

8.1.1.4. Experiencias y referencias en la región

Castilla-La Mancha cuenta con diversas experiencias aplicadas que pueden servir como referentes para la planificación futura. Entre ellas se encuentran los proyectos de **restauración post-incendio** en la Sierra de San Vicente y los Montes de Toledo, centrados en la recuperación de encinares y pinares naturales mediante selvicultura ecológica. En el ámbito montano, destacan las actuaciones de **restauración estructural en sabinares y melojares del Alto Tajo**, promovidas por entidades de custodia del territorio y centros de investigación forestal. En áreas de alta montaña, se han desarrollado iniciativas de **rehabilitación de prados húmedos y turberas en dolinas del Alto Tajo**, así como experiencias de gestión ganadera adaptativa en parameras supraforestales, con resultados positivos sobre la biodiversidad vegetal y la conservación de suelos (SEO/BirdLife, 2023; JCCM, 2023).

Estas experiencias, si bien aún limitadas en su alcance territorial, demuestran la viabilidad técnica y la relevancia ecológica de acometer programas integrados de restauración forestal y de montaña, especialmente si se articulan con otros instrumentos de planificación regional como la estrategia de cambio climático, los planes de gestión de la Red Natura 2000 o la planificación hidrológica (JCCM, 2023).

8.1.2. Sistemas fluviales y ribereños

Los sistemas fluviales y ribereños constituyen uno de los componentes ecológicos más estratégicos del paisaje natural de Castilla-La Mancha. Aunque su superficie ocupa una fracción limitada del territorio regional, su funcionalidad supera con creces esta dimensión: actúan como corredores ecológicos esenciales, soportan procesos clave en la regulación hidrológica y climática, y albergan una biodiversidad extraordinariamente rica y especializada. Su papel vertebrador es particularmente relevante en una región caracterizada por una fuerte continentalidad climática, la irregularidad de los recursos hídricos y la fragmentación del medio natural (MITERD, 2023; JCCM, 2023).

8.1.2.1. Diversidad y distribución de los hábitats

En el ámbito de la restauración ecológica, los ecosistemas fluviales y ribereños merecen una atención prioritaria, tanto por el grado de alteración que presentan como por su elevada capacidad de respuesta a intervenciones planificadas. Entre los hábitats asociados a estos entornos se encuentran, por un lado, los **bosques de ribera**, que comprenden formaciones leñosas vinculadas a cursos de agua más o menos permanentes; y por otro, la **vegetación acuática**, integrada por comunidades sumergidas, flotantes y anfibias que colonizan medios lóticos con variada dinámica hidráulica (MITERD, 2023).

Los **bosques de ribera** mejor representados en la región son los bosques galería de *Populus alba*, *Salix alba*, *Fraxinus angustifolia* y otras especies propias de riberas mediterráneas (hábitats 91E0, 92A0, 92B0). Estos hábitats se desarrollan con mayor continuidad en los tramos medios de ríos como el Tajo, el Júcar y el Guadiana, así como en algunos afluentes de régimen más estable, donde persiste un mínimo de conectividad hidrológica entre el cauce y la llanura de inundación. El hábitat 3250, característico de riberas con vegetación esclerófila como oleandros, adelfas y tamarices,

aparece en sectores de régimen torrencial o estacional, como las ramblas del Guadiana alto o del Campo de Montiel. Más restringido resulta el hábitat 92D0, vinculado a fresnedas y alisedas relictas en entornos húmedos bien conservados del Alto Tajo, donde las condiciones climáticas y edáficas permiten su persistencia (MITERD, 2023).

Por su parte, los hábitats de **vegetación acuática** se distribuyen de manera discontinua a lo largo de los sistemas fluviales, dependiendo de factores como la mineralización del agua, la profundidad, el caudal, la pendiente o la carga de nutrientes. En tramos con buena calidad de agua y circulación permanente se detectan comunidades sumergidas dominadas por géneros como *Potamogeton*, *Myriophyllum* o *Callitriche* (hábitats 3150, 3260, 3270, 3290), que constituyen indicadores de buen estado ecológico. En cambio, en cursos lentos o eutrofizados aparecen con mayor frecuencia comunidades oportunistas o disturbio-dependientes (hábitats 3130, 3140, 3190), que revelan alteraciones significativas en la estructura y funcionalidad del ecosistema (MITERD, 2023).

8.1.2.2. Principales factores de degradación

A pesar de su importancia ecológica, la mayoría de estos hábitats presentan hoy un estado de conservación desfavorable, en muchos casos con tendencias regresivas claras. La principal causa de esta situación reside en la alteración profunda del régimen hidrológico, provocada por la sobreexplotación de acuíferos, las derivaciones de caudal, la regulación por embalses o la desnaturalización de los cauces mediante azudes y encauzamientos (MITERD, 2023). Estas modificaciones interrumpen los procesos de inundación natural, reducen la conectividad entre el río y su ribera, e impiden la dinámica morfológica que permite la regeneración de los hábitats riparios.

Además, la pérdida de calidad del agua, debida a la contaminación de origen agrícola, ganadero y urbano, afecta gravemente a las comunidades acuáticas más sensibles, desplazadas por especies oportunistas o invasoras. En muchos tramos fluviales de la región, la proliferación de especies exóticas como *Arundo donax* o *Ludwigia peploides* supone una amenaza directa para la vegetación nativa, dificultando los procesos naturales de regeneración y empobreciendo el conjunto del ecosistema ribereño (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023; JCCM, 2023). A ello se suma el abandono de prácticas tradicionales como el mantenimiento de acequias, la limpieza selectiva de canales o el uso extensivo de las vegas, lo que ha contribuido a un empobrecimiento estructural y funcional progresivo.

8.1.2.3. Necesidades prioritarias de restauración

La restauración de estos sistemas requiere, por tanto, un enfoque integral, que combine intervenciones físicas, ecológicas y sociales. La recuperación del espacio fluvial y la mejora de la conectividad lateral entre el cauce y la llanura de inundación son elementos clave para restablecer la dinámica natural de los ríos. Estas medidas pueden incluir la eliminación de barreras transversales obsoletas, la reactivación de meandros abandonados, la restauración de cauces secundarios o la ampliación de zonas de expansión natural de caudales (MITERD, 2022). En paralelo, resulta necesario controlar

la proliferación de especies invasoras y llevar a cabo procesos activos de revegetación con especies autóctonas propias del hábitat objetivo, favoreciendo al mismo tiempo la reaparición de comunidades acuáticas sensibles mediante la mejora de la calidad del agua y la reducción de nutrientes (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023; SER, 2019).

8.1.2.4. Experiencias y referencias en la región

En este sentido, las experiencias desarrolladas en Castilla-La Mancha en las últimas décadas ofrecen valiosos aprendizajes. Destacan los proyectos de restauración hidromorfológica impulsados por las confederaciones hidrográficas del Tajo y del Guadiana, con intervenciones en ríos como el Algodor, el Henares o el Záncara. También deben mencionarse las actuaciones de recuperación de galería vegetal y restauración de meandros en el Cabriel y el Guadiana medio, así como las iniciativas locales en tramos urbanos y periurbanos de Cuenca, Albacete y Talavera, donde se han combinado mejoras ecológicas con programas de educación ambiental y participación ciudadana (JCCM, 2023). Estas actuaciones, aunque aún fragmentarias, demuestran que la restauración de ríos y riberas no solo es técnica y ecológicamente viable, sino también socialmente deseable y económicamente rentable cuando se integra en marcos de planificación amplios y con visión territorial.

8.1.3. Lagunas, humedales y zonas palustres

Castilla-La Mancha alberga una de las mayores concentraciones de humedales continentales de la península ibérica, con una notable diversidad de tipos ecológicos que incluye lagunas salinas, humedales temporales, turberas, prados encharcadizos, saladares, almarjales y zonas palustres ligadas a bordes de ríos o arroyos efímeros. A pesar de su dispersión y de las condiciones climáticas marcadamente mediterráneas, estos sistemas mantienen un alto grado de singularidad florística y faunística, albergando especies y comunidades endémicas, relictas o en el límite de su área de distribución (MITERD, 2023). Su valor estratégico como reservorios de biodiversidad, amortiguadores climáticos, reguladores hídricos y elementos de identidad territorial los convierte en una prioridad para la restauración ecológica regional.

8.1.3.1. Diversidad y distribución de los hábitats

En la región se presentan **13 tipos de hábitats de interés comunitario** vinculados a estos medios, distribuidos en tres grandes categorías funcionales: los **humedales de origen freático o pluvial**, como turberas, lagunas endorreicas y zonas de encharcamiento estacional (hábitats 7110, 7140, 7150, 7230); los **ecosistemas halófilos e higrófilos de carácter temporal**, como saladares y pastizales salinos mediterráneos (hábitats 1410, 1420, 1430, 1510); y los **prados húmedos y formaciones palustres**, que incluyen vegetación higrófila, juncales y comunidades de borde lagunar (hábitats 6410, 7210, 7220). A ello se suma una amplia gama de **comunidades acuáticas sumergidas y flotantes** (hábitats 3130 a 3290), que aparecen como componentes clave en lagunas y cuerpos de agua con régimen variable.

Los enclaves más representativos se localizan en las **lagunas salinas de La Mancha Húmeda**, las **turberas relictas del Alto Tajo y el Campo de Montiel**, los **complejos**

lagunares de la cuenca del Guadiana (Ruidera, Villafranca, Pedro Muñoz, Alcázar de San Juan), los **humedales asociados a los arroyos del Záncara y el Córcoles**, o las **zonas de recarga de acuíferos carbonatados en Ossa de Montiel, Lagunas de El Tobar y la Sierra de Cuenca** (JCCM, 2023). Muchas de estas áreas están integradas en la Red Natura 2000 y otras figuras de protección, aunque su estado de conservación es muy desigual.

8.1.3.2. Principales factores de degradación

Entre los principales factores de degradación destacan la **alteración del régimen hídrico natural**, causada por la sobreexplotación de acuíferos, la canalización de escorrentías o la derivación de caudales superficiales. En algunos casos, la desecación de lagunas temporales ha sido casi completa, como ocurrió durante las últimas sequías en las lagunas de Alcázar, Manjavacas o Pedro Muñoz. A esta problemática se suma la **contaminación difusa de origen agrícola**, especialmente por nitratos y plaguicidas, que afecta directamente a las comunidades acuáticas sensibles (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023). En lagunas someras y zonas endorreicas, la acumulación de nutrientes ha favorecido fenómenos de eutrofización, desaparición de macrófitos, disminución del oxígeno disuelto y pérdida del hábitat funcional.

Otros impactos significativos incluyen la **modificación de la estructura vegetal por el abandono de prácticas ganaderas extensivas**, que ha conllevado la expansión de matorrales halófilos o nitrófilos en detrimento de los pastos salinos de valor ecológico (hábitats 1410, 1430, 1510); la **proliferación de especies exóticas invasoras**, como *Azolla filiculoides*, *Gambusia holbrooki*, *Carassius auratus* o *Egeria densa*; y el **uso recreativo no regulado** en zonas de baño, pesca o deporte náutico, que incrementa la presión sobre bordes lagunares y vegetación emergente.

8.1.3.3. Necesidades prioritarias de restauración

La restauración ecológica de estos sistemas exige medidas integradas que combinen **recuperación hidrológica, revegetación con especies nativas, gestión de usos y restauración pasiva** allí donde la resiliencia natural lo permita. En primer lugar, resulta imprescindible **garantizar el aporte hídrico mínimo para los ciclos ecológicos estacionales**, lo que requiere revisar las asignaciones de agua, establecer perímetros de protección de recarga y promover la desconexión de drenajes artificiales. En paralelo, la eliminación de infraestructuras que fragmentan cuencas endorreicas o interrumpen la conectividad entre lagunas y cauces temporales puede facilitar la recolonización espontánea de especies vegetales y el restablecimiento de gradientes ecológicos (SER, 2019; MITERD, 2023).

Las acciones sobre la vegetación deben partir de un conocimiento preciso de las comunidades objetivo, favoreciendo la **restauración de juncales, carrizales, praderas de *Limonium*, salicorniales y macrófitos sumergidos**, en función del hábitat de referencia. Ello implica controlar especies invasoras mediante técnicas selectivas y promover la recuperación de condiciones físico-químicas del agua adecuadas para cada tipología. En ambientes turbosos o con vegetación relicta, se han mostrado eficaces las intervenciones basadas en la mejora del microrelieve, la retención hídrica superficial y

la protección frente al pisoteo, tanto ganadero como recreativo (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

8.1.3.4. Experiencias y referencias en la región

A escala regional, existen ejemplos de restauración lagunar, como las actuaciones llevadas a cabo en el marco del proyecto LIFE La Mancha (2012–2017), que permitieron la recuperación hidrológica y vegetal de varios complejos salinos del Campo de Calatrava y La Mancha occidental, incluyendo las lagunas de Villafranca, El Longar, Salicor y La Inesperada. También destacan las experiencias piloto de restauración funcional en la laguna de El Hito (Cuenca), orientadas a compatibilizar la conservación de aves esteparias y acuáticas, y las iniciativas desarrolladas en el entorno de las Lagunas de Ruidera, donde se ha actuado sobre presiones recreativas y calidad del agua en sectores especialmente vulnerables.

Pese a los avances, la restauración de estos sistemas requiere aún una planificación más ambiciosa y coordinada. El establecimiento de objetivos ecológicos específicos por tipo de hábitat, el diseño de indicadores de éxito y el seguimiento a largo plazo serán esenciales para garantizar la sostenibilidad de las actuaciones. La integración de estas acciones en los planes de cuenca, los esquemas de ordenación del territorio y la estrategia climática regional debe consolidarse como una prioridad transversal de la Infraestructura Verde de Castilla-La Mancha.

8.1.4. Sistemas esteparios y zonas áridas

Los sistemas esteparios de altitud media y elevada, conocidos como "estepas altas" o "parameras", constituyen una de las unidades ecológicas más singulares de Castilla-La Mancha. Se localizan preferentemente en sectores del noreste regional, con una presencia destacada en las parameras de Molina de Aragón, el Alto Tajo, la Alcarria Alta y Baja y los altiplanos intermedios de Cuenca y Guadalajara. Estas formaciones se asientan sobre sustratos calizos, yesíferos o margosos, y presentan una vegetación rala, dominada por pastizales abiertos, tomillares, espartales y comunidades de gramíneas adaptadas a la continentalidad climática, los suelos pobres y la exposición.

8.1.4.1. Diversidad y distribución de los hábitats

Se trata de sistemas de baja productividad primaria pero alto valor ecológico, por albergar especies estrictamente adaptadas a ambientes extremos, escasamente arbolados y de gran amplitud altitudinal. Entre ellas destacan endemismos vegetales ligados a microtopografías calizas y yesosas, y especies faunísticas de alta especialización, como la alondra ricotí (*Chersophilus duponti*), catalogada como en peligro de extinción (SEO/BirdLife, 2020), o reptiles termoconformistas como el eslizón tridáctilo (*Chalcides striatus*). En zonas de mayor extensión sin discontinuidades estructurales intensas, estas comunidades forman verdaderos mosaicos funcionales esteparios, sostenidos históricamente por el uso extensivo del territorio (ganadería, aprovechamientos de bajo impacto, manejo de leñas y pastos).

8.1.4.2. Principales factores de degradación

El estado de conservación de estos sistemas es desigual. Las parameras del Alto Tajo y la Sierra de Caldereros presentan todavía bloques funcionales continuos, con escaso grado de artificialización. Sin embargo, otros enclaves muestran signos de deterioro progresivo. Entre las amenazas principales destacan la instalación de repoblaciones forestales sin criterios ecológicos, la proliferación de infraestructuras lineales (carreteras, líneas eléctricas), el abandono de la actividad ganadera extensiva y la parcelación especulativa para usos recreativos. Estas presiones inducen una fragmentación funcional creciente, especialmente preocupante para especies de baja capacidad dispersiva y requerimientos territoriales amplios (Fernández-Galiano et al., 2017).

8.1.4.3. Necesidades prioritarias de restauración

La restauración ecológica en estos entornos exige un enfoque diferenciado, alejado de modelos forestales o agrarios. Las actuaciones prioritarias deben orientarse a:

- Recuperar y mantener el carácter abierto del paisaje mediante manejo adaptativo del pastoreo.
- Controlar la proliferación de especies nitrófilas e invasoras.
- Restaurar la conectividad funcional entre manchas de vegetación esteparia mediante revegetación de zonas intermedias, adecuación de límites y creación de corredores.
- Revertir repoblaciones forestales inadecuadas en enclaves de alto valor estepario.
- Aplicar técnicas de restauración pasiva o de mínima intervención, especialmente en suelos yesosos o pedregosos frágiles.

8.1.4.4. Experiencias y referencias en la región

Existen antecedentes valiosos en este sentido, como las actuaciones llevadas a cabo en la ZEPA "Parameras de Maranchón y Hoz de Mesa", donde se han recuperado pastos naturales y mejorado la conectividad mediante convenios de custodia del territorio. También destacan experiencias piloto en el entorno de Sigüenza y Atienza, centradas en la compatibilización del uso ganadero tradicional con la conservación de especies sensibles.

A la luz del escenario actual y de las amenazas identificadas su recuperación no sólo es esencial para mantener la biodiversidad asociada, sino también para sostener procesos ecológicos críticos en zonas áridas, como la regulación del microclima, la prevención de la desertificación o la conservación del suelo.

8.1.5. Sistemas agroesteparios y agrarios

Los sistemas agroesteparios y los paisajes agrarios tradicionales de secano en Castilla-La Mancha representan un ámbito de gran importancia para la restauración ecológica, tanto por su extensión como por su capacidad para albergar biodiversidad de alto valor en un contexto antrópico. Se trata de espacios modelados durante siglos por usos

agroganaderos extensivos, en los que los cultivos herbáceos de secano, los barbechos, los linderos, los pastos y los elementos naturales residuales configuran un mosaico funcional de elevada importancia para numerosas especies faunísticas, en especial aves esteparias amenazadas (JCCM, 2023).

8.1.5.1. Diversidad y distribución de los hábitats

Estos sistemas se extienden principalmente por las campiñas y parameras bajas de las provincias de Toledo, Albacete, Ciudad Real, el oeste de Cuenca y el sureste de Guadalajara. En ellos se ha desarrollado un modelo de paisaje en el que el mosaico agroecológico resultante mantenía procesos de fertilidad natural del suelo, ciclos hídricos locales y hábitats en transición que permiten la coexistencia de usos agrarios y biodiversidad. Este equilibrio, sin embargo, se ha visto alterado por una creciente intensificación agraria desde la segunda mitad del siglo XX, que ha transformado profundamente su funcionalidad ecológica (Traba & Morales, 2019).

8.1.5.2. Principales factores de degradación

En estos entornos sobreviven especies de elevado interés de conservación, como el sisón común (*Tetrax tetrax*), la ganga ortega (*Pterocles orientalis*), el cernícalo primilla (*Falco naumanni*) y otras aves ligadas a campos abiertos con cobertura herbácea dispersa. La progresiva desaparición de barbechos, la eliminación de límites y linderos, el uso masivo de fitosanitarios y la simplificación de la estructura paisajística han reducido drásticamente la disponibilidad de hábitat para estas especies (SEO/BirdLife, 2023).

8.1.5.3. Necesidades prioritarias de restauración

La restauración ecológica en el medio agrario debe orientarse a recuperar y mantener la funcionalidad del mosaico agroestepario, garantizando una matriz paisajística que combine cultivos con elementos seminaturales y áreas refugio. Entre las medidas prioritarias destacan:

- Fomentar sistemas de cultivo extensivo diversificado, con rotaciones amplias y presencia estable de barbechos.
- Restablecer límites, lindes, islas de vegetación natural y bandas de no cultivo.
- Reducir o eliminar el uso de pesticidas y herbicidas, apostando por el manejo ecológico integrado.
- Incentivar la siega tardía y el mantenimiento de parcelas no labradas durante el ciclo reproductor de las aves.
- Restaurar elementos estructurales del paisaje como majanos, abrevaderos, corrales y vegetación de borde.

8.1.5.4. Experiencias y referencias en la región

En Castilla-La Mancha existen iniciativas relevantes en esta línea, como los acuerdos de custodia agraria en la ZEPA El Bonillo o en el Campo de Calatrava, que han demostrado la eficacia de modelos mixtos de conservación y producción agraria sostenible.

Asimismo, los programas agroambientales vinculados a la Red Natura 2000 han permitido conservar poblaciones significativas de aves esteparias mediante medidas compensatorias por buenas prácticas de manejo. Estas experiencias confirman que la restauración ecológica del medio agrario es no solo viable, sino fundamental para mantener la funcionalidad territorial y la coherencia ecológica de amplias zonas de la región (JCCM, 2023).

8.1.6. Espacios urbanos y periurbanos

En el contexto de la restauración ecológica, los espacios urbanos y periurbanos de Castilla-La Mancha constituyen una oportunidad muy relevante para la regeneración ambiental, la mejora del bienestar humano y la reconexión entre la población y los sistemas naturales. Aunque tradicionalmente excluidos de las estrategias de conservación, estos entornos han cobrado creciente protagonismo en el marco de la Infraestructura Verde gracias a su potencial para restaurar funciones ecológicas, mitigar los efectos del cambio climático y fortalecer la conectividad funcional en paisajes fragmentados (JCCM, 2023).

Los municipios de la región presentan una alta diversidad de situaciones urbanas y periurbanas, desde grandes conurbaciones como Albacete o Talavera hasta pequeños núcleos rurales rodeados de matrices agrarias. En todos los casos, existen espacios susceptibles de intervención ecológica: riberas urbanas degradadas, solares en desuso, antiguos vertederos, tramas viarias obsoletas, parques urbanos con escasa funcionalidad ecológica, y periferias industriales abandonadas. Estos espacios pueden recuperar su valor ambiental mediante actuaciones adaptadas, basadas en principios de restauración pasiva, bioingeniería, naturalización y participación ciudadana (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

Los beneficios de este tipo de restauración son múltiples. A nivel ecológico, permiten crear refugios para la biodiversidad, restaurar funciones ecosistémicas básicas (filtración de contaminantes, regulación térmica, infiltración de agua, captura de carbono) y reconectar fragmentos de vegetación natural dispersa. Desde el punto de vista social, generan espacios de encuentro, promueven la salud física y mental, y refuerzan el sentido de pertenencia territorial (EEA, 2020; SER, 2019).

Entre las líneas de restauración prioritarias destacan:

- La naturalización de tramos urbanos de ríos y arroyos, mediante retirada de encauzamientos artificiales y restauración de vegetación de ribera.
- La regeneración de solares y espacios degradados con especies autóctonas y diseño ecológico.
- La creación de bosques urbanos, microhumedales, jardines de lluvia y tejados verdes.
- La conectividad ecológica entre parques, riberas, zonas agrarias y espacios naturales cercanos.

- La incorporación de criterios de restauración en el urbanismo, la obra civil y la planificación municipal.

8.1.6.1. Experiencias y referencias en la región

Algunos municipios de Castilla-La Mancha han comenzado a implementar este tipo de actuaciones. Destacan las experiencias en Toledo (restauración del entorno fluvial del Tajo), Albacete (proyectos de infraestructura verde urbana) o Guadalajara (naturalización de parques y cauces menores), que muestran el potencial de estos modelos para mejorar simultáneamente la calidad ambiental y la habitabilidad urbana (JCCM, 2023).

Integrar de forma efectiva la restauración ecológica en la escala urbana y periurbana requiere fomentar marcos de gobernanza multinivel, instrumentos de financiación adaptados y programas de educación ambiental vinculados al espacio público. Asimismo, es fundamental alinear estas acciones con la planificación regional y los objetivos de conectividad ecológica, para garantizar su coherencia funcional y territorial.

8.1.7. Espacios degradados: huecos mineros, vertederos y suelos alterados

Los espacios degradados, como huecos mineros abandonados, vertederos clausurados, canteras, escombreras, taludes artificiales y suelos contaminados, representan uno de los mayores retos para la restauración ecológica. Aunque se trata de superficies relativamente localizadas, su impacto ecológico y paisajístico es elevado, y su restauración ofrece una oportunidad única para revertir procesos de deterioro ambiental, mejorar la conectividad ecológica y recuperar servicios ecosistémicos en territorios altamente transformados (JCCM, 2023).

Estos enclaves se distribuyen por toda la región, con especial concentración en antiguos distritos mineros de Puertollano, Hellín o Hiendelaencina, zonas de extracción de arcillas y yesos del Campo de Calatrava, la Sagra y la Mancha toledana, y puntos de vertido incontrolado o infraestructuras obsoletas en entornos periurbanos e industriales. En todos los casos, se trata de suelos profundamente alterados física, química y biológicamente, que requieren intervenciones adaptadas a su grado de alteración, contaminación y vocación de uso futuro (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

Desde una perspectiva ecológica, estos espacios carecen en general de funcionalidad biológica, presentan alta vulnerabilidad a la erosión y contribuyen a la fragmentación del paisaje. Sin embargo, también presentan ventajas relativas para la restauración, como la baja presión antrópica, la posibilidad de planificar a medio y largo plazo sin conflictos de uso, y su potencial como enclaves de experimentación para soluciones basadas en la naturaleza (SER, 2019).

Las estrategias de restauración en estos entornos deben basarse en un diagnóstico previo riguroso del estado del suelo, la presencia de contaminantes, la hidrogeología local y los usos circundantes. En función de estos elementos, se pueden aplicar diferentes líneas de actuación:

- Relleno y reprofilado de taludes con geometrías estables y drenaje controlado.

- Incorporación de suelos tecnológicos o enmiendas orgánicas para favorecer la regeneración edáfica.
- Revegetación con especies autóctonas tolerantes a condiciones extremas o pobres en nutrientes.
- Generación de hábitats pioneros o de sustitución para fauna especialista.
- Acondicionamiento de estos espacios como nodos ecológicos o zonas-tamiz entre matrices urbanas, industriales y naturales.

Existen experiencias destacadas de restauración en este sentido en el entorno del complejo minero de Puertollano, donde se han consolidado procesos de revegetación y adecuación paisajística tras la clausura industrial. Asimismo, en antiguos vertederos de municipios como Tarancón, Azuqueca o Daimiel se han aplicado soluciones integradas de regeneración ecológica y naturalización urbana. Estas iniciativas confirman que, incluso en contextos altamente degradados, la restauración ecológica puede recuperar funciones esenciales del territorio y contribuir a una transición hacia modelos de economía circular y resiliencia territorial (JCCM, 2023).

8.2. PRIORIDADES TERRITORIALES Y FUNCIONALES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

El análisis territorial realizado en los apartados anteriores permite identificar un conjunto coherente de prioridades para la restauración ecológica en Castilla-La Mancha, alineadas tanto con los objetivos de la Estrategia Europea de Biodiversidad 2030 como con el nuevo Reglamento Europeo de Restauración de la Naturaleza (UE, 2024). Estas prioridades deben entenderse como ejes operativos de intervención a medio y largo plazo, que articulen los esfuerzos de restauración en torno a criterios de funcionalidad territorial, urgencia ecológica y viabilidad técnica (JCCM, 2023).

Desde un punto de vista territorial, las áreas que concentran mayor necesidad de restauración son:

- Los sistemas fluviales degradados, con prioridad en tramos medios y bajos de las cuencas del Guadiana, Júcar y Tajo.
- Los complejos lagunares y humedales continentales con alteración hidrológica o presión agrícola e industrial.
- Las estepas naturales y agroesteparias con valores singulares de biodiversidad en regresión (El Bonillo, Campo de Calatrava, parameras de Molina, ZEPA El Hito).
- Los espacios forestales fragmentados, especialmente en zonas de transición entre sistemas silíceos y calizos.
- Los entornos periurbanos con potencial de restauración verde y reconexión social con la naturaleza.

- Los espacios severamente degradados con posibilidad de reintegración funcional (canteras, escombreras, suelos contaminados).

A nivel funcional, se priorizarán aquellas actuaciones que contribuyan de forma significativa a:

- Restaurar la conectividad ecológica de la Infraestructura Verde Regional.
- Incrementar la resiliencia frente al cambio climático.
- Revertir el declive de hábitats y especies prioritarias a escala europea y regional.
- Restaurar servicios ecosistémicos básicos (agua, suelo, carbono, polinización).
- Integrar la restauración como herramienta de desarrollo rural, inclusión social y sostenibilidad territorial.

El despliegue efectivo de estas prioridades requiere una adecuada articulación con los instrumentos de planificación vigentes (planes hidrológicos, forestales, agrarios y urbanos), así como con los nuevos planes sectoriales derivados de la Estrategia Regional de Infraestructura Verde. Asimismo, es clave acompañar las acciones de restauración con esquemas de financiación estables (fondos europeos LIFE, FEADER, FEDER), mecanismos de compensación e incentivos a propietarios, y una evaluación continuada de resultados basada en indicadores ecológicos, funcionales y socioeconómicos (Fundación Biodiversidad & UPM, 2023).

El impulso a la restauración ecológica en Castilla-La Mancha no sólo responde a una obligación normativa europea, sino que constituye una estrategia de adaptación territorial ante los desafíos actuales de crisis climática, pérdida de biodiversidad, despoblación rural y fragmentación del paisaje. Integrar estos objetivos en una visión territorial compartida y operativa será fundamental para garantizar la sostenibilidad ecológica y social de la región en las próximas décadas.

9. CONFIGURACIÓN DE LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCUTRA VERDE DE CASTILLA-LA MANCHA

9.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO Y DESPLIEGUE

El diseño y despliegue de una infraestructura verde a escala regional requiere del desarrollo de una estrategia de implementación progresiva que garantice:

- El cumplimiento de los compromisos derivados de la Estrategia Nacional (según la cual las estrategias regionales deberán estar aprobadas en un plazo de tres años a partir de la aprobación de la Nacional).
- El desarrollo posterior, y de forma coherente, de los planes de infraestructura verde a escala subregional (supramunicipal / municipal / urbana).
- Superar las lagunas de conocimiento en relación a los parámetros que fundamentan los objetivos de la infraestructura verde.
- La transversalización de la Infraestructura Verde como herramienta para la gestión del territorio en las políticas sectoriales.

Se trata por tanto de un proyecto a largo plazo que necesita ser desarrollado en etapas sucesivas que permitan abordar las diferentes escalas de trabajo de forma progresiva, adaptando la definición de sus elementos a las mejores evidencias técnicas y científicas disponibles en cada momento. Para esto, la Estrategia Regional de Infraestructura Verde definirá en primera instancia la **Red Básica de Infraestructura Verde Regional**, que establecerá una primera estructura general a partir de la cual, con el desarrollo subsiguiente de los *planes de Infraestructura Verde subregionales* que se definan, y los *planes de mejora del conocimiento* que se deriven de las necesidades identificadas en la propia Estrategia Regional, se concretarán en la definición y despliegue de una **Red Integrada de Infraestructura Verde para Castilla-La Mancha**.

Acorde con este planteamiento, en cuanto a la selección y caracterización de elementos a integrar en una Infraestructura Verde Regional, en Castilla-La Mancha se plantea su desarrollo en, al menos, tres fases sucesivas que permitan, en primera instancia, garantizar unos requisitos mínimos de contenido en una primera propuesta de identificación, caracterización e integración de elementos en una Red Básica de Infraestructura Verde, y fases posteriores completar esta primera propuesta con aquellos elementos candidatos para los que en este momento no se dispone de información suficiente como para justificar su integración.

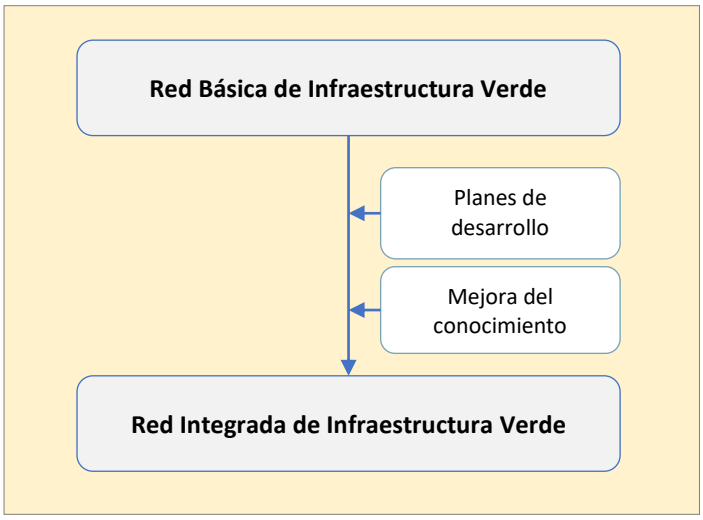


Figura 1. Esquema general de desarrollo de la Infraestructura Verde Regional a partir de la identificación de la Red Básica de Infraestructura Verde definida en la Estrategia regional.

9.2. ELEMENTOS DE LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE REGIONAL: ESTRUCTURA JERÁRQUICA Y CATEGORÍAS

Para facilitar su integración, la estructura de la red se organizará a partir de la siguiente estructura jerárquica, constituida por **categorías**, **componentes**, **subcomponentes** y **elementos** de la Infraestructura Verde Regional.

En consonancia con la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde, se propone el reconocimiento de **4 categorías de elementos** de la Infraestructura Verde Regional: **áreas núcleo**, **corredores ecológicos**, **áreas de amortiguación** y **áreas multifuncionales**.

La clasificación jerárquica de los elementos que integran la Infraestructura Verde se desarrolla, a su vez, en categorías de rango inferior a partir de las categorías de rango superior referidas anteriormente, y reconocidas como componentes y elementos.

A continuación, se definen las distintas categorías de elementos a integrar en la Infraestructura Verde según las bases científico-técnicas de referencia (Ed.2), y se relacionan las propuestas de grupos de elementos (componentes) realizadas hasta la fecha para su consideración.

9.2.1. Áreas núcleo

En estas zonas, la biodiversidad tiene importancia prioritaria, incluso aunque esa zona no se encuentre legalmente protegida. Estarían compuestas por:

- Áreas de alto valor ecológico: que funcionan como los núcleos de toda la Infraestructura Verde. Estas áreas se encuentran con frecuencia bajo algún régimen de protección, como la Red Natura 2000, pero también otros espacios

orientados a la conservación de la vida silvestre, por ejemplo, los parques naturales, etc.

- Otros ecosistemas bien conservados y áreas de alto valor ecológico fuera de los espacios protegidos: llanuras aluviales, humedales, litorales, bosques naturales y naturalizados, superficies ocupadas por Hábitats de Interés Comunitario prioritarios, etc.

Propuesta regional. Como áreas núcleo de la Infraestructura Verde Regional se considerarán, al menos, los elementos integrantes de la Red de Áreas protegidas de Castilla-La Mancha definida por los Espacios Naturales Protegidos y las Zonas Sensibles.

9.2.2. Corredores ecológicos

Los corredores ecológicos tienen por objeto mantener la conectividad ecológica y ambiental mediante nexos físicos entre las áreas núcleo. Las bases científico-técnicas para la Estrategia Nacional describe tres tipos de corredores que suelen identificarse:

- Los corredores lineales: largas franjas de vegetación tales como setos, franjas de bosque o la vegetación que crece en márgenes de ríos y arroyos.
- Stepping stones: una serie de pequeñas teselas, no conectadas, que favorecen a la fauna y a la flora los desplazamientos de un lugar a otro.
- Los corredores paisajísticos: elementos del paisaje sin interrupciones.

Propuesta regional. La propuesta de áreas a incorporar como corredores ecológicos a nivel regional se fundamentará, por un lado, en elementos estructurales definidos en el paisaje, como son las vías pecuarias, o las formaciones lineales conformadas por la red hidrográfica de la región (hasta el nivel 3) y la vegetación de ribera derivadas de los trabajos resultantes del proyecto de cartografiado de los hábitats azonales de la región.

Por otro lado, como corredores de tipo paisajístico, se integrarán las áreas de interés que han resultado de los análisis del territorio para la evaluación de la conectividad ecológica para las especies esteparias, forestales y acuáticas.

9.2.3. Áreas de amortiguación

Estas zonas protegen la red ecológica de influencias dañinas externas. Se trata de áreas transicionales donde se fomenta una compatibilización de los usos. La mayoría de zonas a considerar en esta categoría ya forman parte de otras categorías, formando parte de corredores ecológicos o de áreas multifuncionales. No obstante, se deberán considerar zonas que resulten claves para complementar la delimitación de determinadas áreas protegidas o de otras áreas no incluidas en las zonas núcleo.

Propuesta regional. Siguiendo la definición anterior, se propone la inclusión en esta categoría de las zonas periféricas de protección de los espacios naturales protegidos de la región, y las zonas clasificadas como áreas tampón y de amortiguación de las reservas de la biosfera, así como las áreas categorizadas como “importantes” en los trabajos de análisis de la conectividad ecológica regional.

Otras zonas que pueden ser objeto de inclusión en esta categoría en fases posteriores son los Sistemas de Alto Valor Natural, las zonas IBA, y las zonas de importancia para las especies migratorias de la región.

9.2.4. Áreas multifuncionales

Se definen como zonas donde se lleva a cabo una explotación sostenible de los recursos naturales junto con un mantenimiento adecuado de buena parte de los servicios ecosistémicos, y al igual que ocurre con las áreas de amortiguación, estas unidades ya forman parte en buena medida de las áreas núcleo e incluso de los corredores ecológicos.

Propuesta regional. Como áreas multifuncionales cuya integración resulta viable en esta primera fase de identificación de componentes se proponen los Montes de Utilidad Pública de la región, las áreas importantes para la conservación de las aves y la biodiversidad (IBA), así como los Lugares de Interés Geológico y Geomorfológico ya caracterizados, las zonas certificadas "Starlight" por la calidad de sus cielos nocturnos y los bienes del patrimonio histórico y cultural de la región propuestos por la administración competente. A partir de esta propuesta inicial, se desarrollarán los trabajos de mejora del conocimiento que permitan identificar aquellos elementos del territorio que no formen parte de la propuesta general de elementos, y que destaquen en esta categoría.

9.2.5. Elementos urbanos

Los elementos que formarían parte de esta categoría resultan de trasladar al ámbito local y supramunicipal los conceptos desarrollados hasta el momento a nivel regional. Corresponde las administraciones subregionales competentes la definición y gestión de sus propias Infraestructuras Verdes, para lo que deben contar con el apoyo de las administraciones regionales en estas tareas. En este sentido, la Estrategia Regional debe proporcionar orientaciones para garantizar que el desarrollo de los distintos niveles previstos se lleve a cabo de forma coherente y coordinada, sin perder de vista el hecho de que, en última instancia, la Infraestructura Verde debe ser una única a diferentes escalas.

Propuesta de elementos a incorporar. Las subcategorías de elementos susceptibles de formar parte de la Infraestructura Verde a esta escala geográfica podrían incluir los siguientes grupos:

- Áreas verdes: jardines públicos y privados, huertos, paisajes singulares, parques urbanos y periurbanos, etc.
- Elementos relacionados con el suministro y la gestión del agua: fuentes, acequias, canales, estanques y otras formas de reservorio de agua.
- Elementos vinculados al uso público y recreativo: vías verdes, rutas culturales, sendas urbanas, vías ciclistas, etc.

- Elementos que ofrecen soluciones basadas en la naturaleza: jardines verticales, cubiertas verdes, pavimentos ecológicos, refugios climáticos, etc.

9.3. PROPUESTA DE COMPONENTES A INCLUIR EN LA RED BÁSICA DE INFRAESTRUCTURA VERDE

9.3.1. Infraestructura verde a escala regional

Acorde con las orientaciones recogidas en la Estrategia Nacional, el documento de bases científico técnicas para la identificación de la Infraestructura Verde Nacional y de Castilla-La Mancha, y las características territoriales propias de la región, la Infraestructura Verde de Castilla-La Mancha se podría configurar a partir de una propuesta previamente evaluada en las bases científico-técnicas para la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde. A partir de esta relación general de elementos candidatos a ser integrados en una Infraestructura Verde, se ha llevado a cabo una selección de aquellos que son susceptibles de ser considerados en una primera fase de definición de la Red Básica Regional, y que estaría conformada por las estructuras del territorio que son claramente definibles e identificables, y con una base de conocimiento lo suficientemente robusta como para justificar y sustentar su integración.

Paralelamente a esta relación de elementos candidatos a ser integrados en una primera fase de identificación y descripción de los elementos de la Red Básica de Infraestructura Verde Regional, se han preseleccionado otros elementos y estructuras de interés a nivel paisajístico susceptibles a ser integradas en etapas posteriores de desarrollo y despliegue de una infraestructura verde regional.

En las siguientes tablas se identifican en azul otras categorías de elementos que, de acuerdo a las orientaciones recogidas en las bases científico – técnicas para la identificación de la Infraestructura Verde en España, podrían ser considerados también para su incorporación a una Infraestructura Verde Regional, y que se proponen para su consideración en fases posteriores del despliegue de la Infraestructura Verde.

ÁREAS NÚCLEO COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	Fase de Integración
Áreas de alto valor ecológico	
Espacios Naturales Protegidos	
Parques Nacionales	Fase 1
Parques Naturales	Fase 1
Monumentos Naturales	Fase 1
Reservas Naturales	Fase 1
Microrreservas	Fase 1
Reservas fluviales	Fase 1

ÁREAS NÚCLEO COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	Fase de Integración
Paisajes protegidos	Fase 1
Zonas Sensibles CLM	
Áreas críticas de fauna	Fase 1
Áreas críticas de flora	Fase 1
Refugios de fauna	Fase 1
Refugios de Pesca	Fase 1
Red Natura 2000 de CLM	Fase 1
Áreas protegidas por instrumentos internacionales	
Reservas de la Biosfera (áreas núcleo)	Fase 1
Humedales Ramsar de CLM	Fase 1
Otros ecosistemas bien conservados y áreas de alto valor ecológico fuera de los espacios protegidos	
Rodales maduros	Fase 1
Rodales selectos	Fase 1
Fuentes semilleras	Fase 1
Humedales CLM	Fase 1
Reservas Naturales Fluviales	Fase 1

CORREDORES ECOLÓGICOS COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	Fase de Integración
Corredores Ecológicos	
Corredores lineales	
Red de vías pecuarias de Castilla-La Mancha	Fase 1
Cursos fluviales principales (cartografía lóticos nivel 3 clm)	Fase 1
Formaciones vegetales de ribera (cartografía de hábitats de ribera)	Fase 1
Zonas riparias potenciales y observables (cartografía del proyecto *Copernicus*)	Fase 1
(P) Cursos fluviales secundarios (orden 1 – 3)	Fase 2

CORREDORES ECOLÓGICOS COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	Fase de Integración
Corredores paisajísticos	
Áreas de interés para la conectividad de especies esteparias	Fase 1
Áreas de interés para la conectividad de especies de anfibios y reptiles acuáticos	Fase 1
Áreas de interés para la conectividad de especies forestales	Fase 1

ÁREAS DE AMORTIGUACIÓN COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	Fase de Integración
Áreas de amortiguación	
Zonas Periféricas de Protección de los Espacios Naturales Protegidos	Fase 1
Reservas de la Biosfera: zonas tampón	Fase 1
Reservas de la Biosfera: áreas de amortiguación	Fase 1
(P) Áreas clasificadas como "importantes" de la red de corredores paisajísticos	Fase 2
(P) Sistemas de Alto Valor Natural	Fase 2
(P) Áreas de importancia para las especies migratorias	Fase 2

ÁREAS MULTIFUNCIONALES COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	
Áreas multifuncionales	
Zonas de producción agroforestal sostenible	
(P) Áreas clave para la producción de alimentos	Fase 2
(P) Áreas clave para los polinizadores	Fase 2
(P) Áreas con denominaciones de calidad (IGP)	Fase 2
(P) Áreas incluidas en planes de razas autóctonas ganaderas	Fase 2
(P) Territorios en explotación en producción ecológica	Fase 2
(P) Colmenares	Fase 2
(P) Espacios sujetos a actividades agrarias protectoras de la biodiversidad: condicionalidad, reverdecimiento y desarrollo rural	Fase 2
Zonas para la provisión de servicios culturales y de ocio	

ÁREAS MULTIFUNCIONALES COMPONENTES | Castilla-La Mancha |	
(P) Áreas clave para el ocio y ecoturismo	Fase 2
(P) Áreas clave para el disfrute estético del paisaje	Fase 2
(P) Áreas vinculadas al Convenio Europeo del Paisaje	Fase 2
(P) Vías verdes y caminos naturales	Fase 2
(P) Paisajes y territorios históricos incluidos como Bienes de Interés Cultural	Fase 2
Zonas multifuncionales para la provisión de servicios de regulación	
(P)Áreas clave para el almacenamiento de carbono	Fase 2
(P) Territorios con plantaciones sumidero de carbono	Fase 2
(P) Áreas clave para la regulación de la calidad del aire	Fase 2
(P) Áreas clave para la regulación y retención del agua	Fase 2
(P) Áreas clave para el control de la erosión	Fase 2
Otras áreas multifuncionales	
Montes de Utilidad Pública	Fase 1
Lugares de Interés Geológico	Fase 1
Lugares de interés geomorfológico	Fase 1
Zonas IBA de Castilla-La Mancha	Fase 1
Bienes de Interés Cultural, entornos de protección, ámbitos de protección y prevención arqueológicos y Parques Arqueológicos de Castilla-La Mancha. Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica presentes en Castilla-La Mancha. Ciudades Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y Patrimonio del Mercurio (Almadén).	Fase 1
Áreas certificadas por la calidad de sus cielos nocturnos *"Starlight"*	Fase 1
(P) Espacios incluidos en acuerdos de custodia del territorio	Fase 2
(P) Zonas de interés para la prevención del riesgo de inundaciones	Fase 2
(P) Zonas de alto riesgo de incendio	Fase 2

9.3.2. Elementos para una infraestructura verde municipal y urbana

Como orientación para la identificación de elementos para una Infraestructura Verde subregional, se relacionan los elementos de los ámbitos municipal y urbano que podrían ser susceptibles de ser integrados:

INFRAESTRUCTURA VERDE MUNICIPAL Y URBANA ELEMENTOS A INTEGRAR | Castilla-La Mancha |
Elementos urbanos
Parques, jardines y zonas verdes públicas
Espacios abiertos urbanos (plazas y bulevares)
Zonas verdes deportivas y dotacionales
Cementerios
Zonas verdes privadas
Estanques y balsas de agua
Ríos, arroyos, canales y sistemas de inundación urbanos
Cubiertas, muros y fachadas verdes
Elementos periurbanos y municipales
Parques periurbanos y forestales
Paseos fluviales
Áreas agrícolas periurbanas
Alineaciones de árboles, setos vivos, arbustos y linderos con vegetación natural
Sistemas de regadíos tradicionales
Zonas verdes contempladas en la planificación urbanísticas

10. IMPLEMENTACIÓN OPERATIVA DE LA ESTRATEGIA

La aprobación de la Estrategia Regional de Infraestructura Verde, conectividad y restauración ecológica de Castilla-La Mancha marca el inicio de una nueva etapa orientada a su despliegue efectivo, territorializado y multiescalar. Para garantizar su ejecución con criterios de coherencia, progresividad y eficiencia institucional, se establece un modelo operativo basado en dos pilares complementarios: la formulación de planes sectoriales específicos que desarrollen los contenidos estratégicos, y la programación de trabajos mediante ciclos plurianuales coordinados, alineados con los hitos temporales fijados hasta 2050.

10.1. FASES Y MARCO TEMPORAL PARA EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

Fase 1. Definición de la Red Básica de Infraestructura Verde. En esta fase se alcanza una descripción de los elementos territoriales a escala regional para obtener la red básica de Infraestructura Verde Regional, a partir de la cual desarrollar la Infraestructura Verde subregional.

Fase 2. Desarrollo de la Infraestructura Verde subregional. En esta fase se avanza en la descripción de los elementos territoriales a escala subregional utilizando como referencia las directrices y metodologías desarrolladas en la Estrategia Regional de Infraestructura Verde, para alcanzar el mejor grado de despliegue posible de sus elementos.

Fase 3. Definición de la Red Integrada de Infraestructura Verde. En esta fase, se integran las mejoras en cuanto a definición de elementos de la Infraestructura Verde, así como las mejoras del conocimiento que se hayan alcanzado durante este periodo, para lograr una Infraestructura Verde funcional y operativa.

2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Fase 1				**Fase 2**					**Fase 3**		
Identificación de la Red Básica de Infraestructura Verde Regional				Desarrollo de los Planes subregionales de Infraestructura Verde					Definición de la Red Integrada de Infraestructura Verde de CLM		

10.2. DESARROLLO DE PLANES SECTORIALES DE IMPLEMENTACIÓN

Una vez aprobada la Estrategia, se procederá a la elaboración de una serie de **planes sectoriales** que operarán como instrumentos técnico-operativos para desplegar sus objetivos en los distintos ámbitos temáticos, funcionales y administrativos. Estos planes, liderados por la Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad en coordinación con otras unidades administrativas y actores del territorio, permitirán dotar de

contenidos operativos, mecanismos de seguimiento y fuentes de financiación a cada uno de los grandes ejes de la Estrategia.

Los cinco planes sectoriales previstos son los siguientes:

Plan de mejora y consolidación del conocimiento sobre la Infraestructura Verde

Este plan tendrá por objeto reforzar la base científica, técnica y cartográfica sobre la que se apoya la Estrategia, mediante:

- La armonización de capas de información espacial.
- El diseño de un sistema integrado de indicadores.
- La recopilación de datos sobre biodiversidad, conectividad y servicios ecosistémicos.
- El impulso a la participación técnica, ciudadana y científica en la generación de conocimiento territorial.

Plan de conservación y mejora de la conectividad ecológica

Permitirá aplicar las medidas necesarias para mantener, restaurar y optimizar la conectividad ecológica funcional del territorio regional, a través de:

- La identificación, caracterización y priorización de corredores ecológicos.
- El diseño y ejecución de actuaciones sobre infraestructuras fragmentantes.
- La restauración de puntos críticos de conexión entre áreas núcleo.
- La integración de criterios de conectividad en la planificación territorial y sectorial.

Plan de conservación y mejora de los servicios ecosistémicos

Abordará el reconocimiento, valorización y mantenimiento de los beneficios que la naturaleza proporciona al bienestar humano, incluyendo:

- La cartografía y evaluación del estado de provisión de servicios ecosistémicos clave.
- El diseño de áreas multifuncionales con alto valor ecológico y social.
- La integración de los servicios ecosistémicos en procesos de toma de decisiones urbanísticas, agrícolas, forestales y de salud pública.

Plan de restauración ecológica del territorio

Orientado a la recuperación de ecosistemas degradados y a la mejora de su funcionalidad ecológica, actuará como marco de referencia para:

- La planificación y ejecución de intervenciones de restauración ecológica en entornos fluviales, agrarios, forestales y urbanos.
- La selección de zonas prioritarias y paisajes estratégicos para su recuperación.

- La aplicación del Reglamento (UE) 2024/1991 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869, a escala regional.

Plan de integración, evaluación y seguimiento de la Infraestructura Verde

Establecerá los procedimientos para asegurar la coherencia institucional y normativa del despliegue de la Estrategia, incluyendo:

- La integración de la Infraestructura Verde en la planificación urbanística y territorial.
- El diseño de sistemas de seguimiento, evaluación de resultados e informes periódicos.
- La adaptación estratégica de los planes en función del análisis de impacto y evolución de los indicadores.

10.3. PROGRAMAS DE TRABAJO PLURIANUALES Y CRONOGRAMA DE HITOS ESTRATÉGICOS

La implementación de la Estrategia se estructurará mediante **programas de trabajo plurianuales**, cada uno de ellos diseñado como un ciclo operativo coordinado de planificación, ejecución, evaluación y ajuste. Estos programas permitirán estructurar el avance por fases lógicas y coherentes, asignar recursos adecuados en cada etapa, y asegurar la participación de los diferentes niveles administrativos y sectores implicados.

Los **hitos principales** que marcarán el desarrollo de la Estrategia en el horizonte temporal 2025–2050 son los siguientes:

2025–2026: Definición de la Red Básica de Infraestructura Verde Regional

- Delimitación técnica de la red estructural regional (núcleos, corredores, nodos).
- Aprobación institucional y validación cartográfica.
- Primer bloque de actuaciones piloto sobre elementos prioritarios.

2026–2030: Identificación y definición de las Infraestructuras Verdes subregionales

- Adaptación comarcal y municipal de la Estrategia.
- Incorporación en instrumentos de ordenación territorial y urbanística.
- Consolidación de la gobernanza multiescalar y coordinación interadministrativa.

2031: Creación formal de la Red Integrada de Infraestructura Verde

- Fusión operativa de los componentes regionales y subregionales en una red integrada.
- Definición de protocolos comunes de gestión, mantenimiento y seguimiento.
- Activación de mecanismos de financiación estructural y cofinanciación europea.

2031–2050: Ejecución de la planificación para el despliegue de la Infraestructura Verde

- Desarrollo completo de los planes de conservación y restauración ecológica.
- Monitorización continua del estado de los ecosistemas y la funcionalidad territorial.
- Evaluación adaptativa y publicación periódica de resultados de impacto.

2050: Evaluación final del estado de la Infraestructura Verde regional

- Valoración del grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos.
- Actualización o redefinición de prioridades en función de los nuevos contextos ambientales, climáticos y territoriales.
- Integración de Castilla-La Mancha en los sistemas europeos de gobernanza ecológica a largo plazo.

10.4. CONTENIDOS MÍNIMOS DEL PRIMER PROGRAMA DE TRABAJO

Programa 1 (2026–2030) – Consolidación de bases, diseño técnico y definición de la Red Básica de Infraestructura Verde de Castilla-La Mancha

1. Objetivo general del programa

Establecer las condiciones técnicas, organizativas y metodológicas necesarias para la implementación inicial de la Estrategia, garantizando la identificación oficial de la Red Básica de Infraestructura Verde Regional y la elaboración de los primeros instrumentos de desarrollo normativo, cartográfico y operativo.

2. Objetivos específicos

- Consolidar el conocimiento técnico y cartográfico a escala regional.
- Diseñar y aprobar la delimitación de la Red Básica de Infraestructura Verde.
- Activar los grupos de trabajo interadministrativos y comarcales.
- Elaborar los primeros planes sectoriales base y marcos de coordinación.
- Desarrollar actuaciones piloto estratégicas en conectividad y restauración.
- Crear el sistema regional de indicadores y seguimiento inicial.

3. Ámbitos prioritarios de actuación

a) Cartografía e identificación de la Red Básica

- Revisión y validación de las capas regionales de biodiversidad, conectividad y servicios ecosistémicos.
- Integración en una única capa operativa de Red Básica.
- Publicación y difusión de la delimitación oficial en visor SIG.

b) Desarrollo metodológico e instrumentos técnicos

- Protocolos para identificación subregional y local de IV.

- Manual técnico para comarcas y municipios.
- Criterios para jerarquización y priorización funcional de elementos.

c) Planes sectoriales de primera generación

- Redacción técnica y aprobación inicial de los cinco planes sectoriales propuestos.
- Priorización del Plan de Conocimiento y del Plan de Conectividad Ecológica.

d) Gobernanza y coordinación

- Constitución del Comité Técnico Regional de Infraestructura Verde.
- Diseño de redes comarcales de referencia.
- Protocolos de colaboración con entidades locales y diputaciones.

e) Actuaciones piloto y pruebas de despliegue

- Selección de 5 a 10 espacios prioritarios para intervención rápida.
- Proyectos piloto en conectividad, restauración fluvial o naturalización urbana.
- Evaluación inicial de impacto y replicabilidad.

f) Seguimiento, evaluación y comunicación

- Definición y prueba del sistema regional de indicadores.
- Desarrollo de la primera plataforma digital pública (datos, mapas, seguimiento).
- Estrategia de comunicación institucional, sensibilización y formación técnica.

4. Resultados esperados al cierre del programa (finales de 2030)

- Red Básica oficialmente delimitada y aprobada.
- Planes sectoriales redactados y en fase de implementación.
- Gobernanza técnica y territorial plenamente activa.
- Proyectos piloto ejecutados y evaluados.
- Metodologías normalizadas disponibles para aplicación subregional.
- Plataforma territorial operativa en fase 1.
- Documentación base para el siguiente programa plurianual (2031–2035).

11. ORIENTACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN SUBREGIONAL Y LOCAL DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN CASTILLA-LA MANCHA

11.1. JUSTIFICACIÓN DEL ENFOQUE MULTIESCALAR

La Infraestructura Verde, tal como se define en los marcos europeos, nacionales y autonómicos, se concibe como un sistema articulado de elementos naturales y seminaturales que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de servicios ecosistémicos y la resiliencia del territorio frente al cambio global.

Uno de los principios fundamentales que sustentan este concepto es su carácter multiescalar, lo que implica que debe ser planificada, gestionada y desplegada de forma coherente a distintas escalas espaciales: regional, subregional, comarcal, municipal y urbana.

En este sentido, los análisis desarrollados en el presente documento —biodiversidad, conectividad ecológica, servicios ecosistémicos, cambio climático y fragmentación territorial— se han realizado a escala regional con el objetivo de proporcionar una visión integrada y homogénea del territorio. No obstante, para asegurar la implementación efectiva de la Infraestructura Verde en el territorio y su integración en los instrumentos de planificación y gestión existentes, resulta imprescindible desescalar esta información y formular orientaciones que permitan su aplicación operativa a escalas subregionales y locales.

Este enfoque resulta especialmente pertinente por varias razones:

- **Coherencia territorial:** la integración de la Infraestructura Verde en el planeamiento comarcal y municipal requiere herramientas que garanticen la coherencia vertical con los objetivos regionales y la coherencia horizontal entre ámbitos colindantes.
- **Adaptabilidad funcional:** muchas funciones ecológicas y servicios ecosistémicos relevantes (conectividad local, regulación climática, acceso a espacios verdes, etc.) dependen de dinámicas y decisiones que se producen a escala local.
- **Viabilidad normativa y operativa:** la legislación autonómica y estatal (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad) establece que las comunidades autónomas y los municipios deben integrar la Infraestructura Verde en sus instrumentos de ordenación territorial y urbanística, lo que exige adaptar los análisis regionales a sus marcos competenciales y técnicos.
- **Participación y gobernanza:** la planificación multiescalar favorece una mayor implicación de los actores territoriales, tanto institucionales como sociales y económicos, en el diseño, protección y mantenimiento de la Infraestructura Verde.

Desde esta perspectiva, el presente epígrafe establece una serie de orientaciones técnicas para facilitar la identificación de los componentes de la Infraestructura Verde a

escalas subregionales y locales, a partir de los resultados obtenidos en los análisis regionales. Estas orientaciones tienen como finalidad dotar a los equipos técnicos y responsables municipales de criterios homogéneos, pero suficientemente flexibles, para adaptar la Estrategia Regional a la realidad ecológica, social y funcional de cada territorio.

11.2. ESCALAS TERRITORIALES DE REFERENCIA

El proceso de identificación y despliegue de la Infraestructura Verde a escalas subregionales requiere definir con claridad las unidades territoriales de referencia sobre las que deben aplicarse las orientaciones técnicas. Estas unidades deben ser lo suficientemente robustas para permitir una planificación estructurada y coherente, pero también lo suficientemente flexibles como para adaptarse a las realidades ecológicas, socioeconómicas y administrativas de Castilla-La Mancha.

En el contexto de esta Estrategia Regional, se consideran prioritarias las siguientes escalas territoriales para el desarrollo subregional de la Infraestructura Verde:

a. **Escala comarcal funcional**

Las comarcas funcionales constituyen una unidad clave para la articulación territorial de la Infraestructura Verde, al representar ámbitos espaciales que integran características ecológicas, socioeconómicas y culturales comunes. Estas comarcas, definidas a efectos de esta Estrategia con base en criterios técnicos y funcionales, permiten una aproximación intermedia entre la visión regional y la realidad municipal. Su utilización facilita, además, la coordinación entre municipios colindantes, especialmente en lo relativo a la conectividad ecológica, la provisión de servicios ecosistémicos y la gestión compartida de elementos naturales de escala supramunicipal.

b. **Escala municipal y urbanística**

El ámbito municipal es la escala operativa por excelencia para la integración de la Infraestructura Verde en los instrumentos de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico. De acuerdo con la legislación vigente (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y normativa urbanística autonómica), los municipios deben incorporar la Infraestructura Verde en sus Planes de Ordenación Municipal, Planes de Ordenación del Territorio y otros documentos vinculantes. En este nivel, se hace especialmente relevante la identificación de corredores locales, áreas multifuncionales, espacios intersticiales urbanos, zonas de borde urbano-rural, redes verdes urbanas y espacios degradados con potencial de restauración.

c. **Escala de unidades paisajísticas**

La Infraestructura Verde también puede ser proyectada en base a unidades de paisaje reconocibles, que agrupan territorios con características morfológicas, ecológicas y culturales homogéneas. Esta aproximación permite captar mejor las relaciones funcionales entre elementos del paisaje, identificar áreas de transición relevantes y establecer medidas adaptadas a los valores escénicos, culturales y ecológicos del territorio. Su integración resulta especialmente útil en ámbitos rurales y seminaturales.

d. **Escala urbana y periurbana**

En entornos urbanos y metropolitanos, la Infraestructura Verde debe abordarse desde una escala específica que permita reconocer los elementos singulares del sistema urbano: anillos verdes, corredores de polinizadores, márgenes fluviales urbanizados, cubiertas vegetales, espacios interbloque y zonas periurbanas de transición. Esta escala, centrada en la calidad de vida, el acceso equitativo a los servicios ecosistémicos y la resiliencia climática urbana resulta esencial para promover soluciones basadas en la naturaleza a nivel local.

11.3. ORIENTACIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN SUBREGIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE

La identificación operativa de los elementos que integran la Infraestructura Verde a escalas subregionales deberá basarse en la traducción e interpretación local de los resultados obtenidos a escala regional en el marco de esta Estrategia. Para ello, se propone un conjunto de orientaciones técnicas que facilitan la aplicación de criterios homogéneos de análisis, evaluación y selección de componentes territoriales en función de cinco grandes parámetros: biodiversidad, conectividad ecológica, provisión de servicios ecosistémicos, efectos del cambio climático y fragmentación territorial.

Estas orientaciones están dirigidas principalmente a los equipos técnicos de las administraciones públicas —en especial de la administración local y supramunicipal—, así como a los responsables de la planificación territorial, ordenación urbanística, gestión ambiental o diseño de proyectos de restauración ecológica y mejora de la resiliencia.

Las orientaciones se estructuran en función de cada uno de los parámetros evaluados en el diagnóstico regional. Para cada uno de ellos se indican los criterios de desagregación territorial, las capas de información disponibles, los elementos a identificar, las prioridades operativas y los enfoques metodológicos recomendados. En todos los casos, se fomenta la combinación de análisis espacial mediante herramientas SIG con el conocimiento técnico local, la participación de actores territoriales y el uso de criterios ecológicos basados en la evidencia científica.

11.3.1. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la biodiversidad

La biodiversidad constituye uno de los pilares fundamentales sobre los que se estructura la Infraestructura Verde. Su preservación, conectividad y restauración son esenciales para garantizar la funcionalidad ecológica del territorio y la provisión de servicios ecosistémicos a largo plazo. A escala subregional, se recomienda abordar la identificación de elementos vinculados a la biodiversidad siguiendo las siguientes orientaciones:

a. **Reutilización y desagregación de capas regionales**

A partir de los mapas regionales elaborados en esta Estrategia para los distintos perfiles ecológicos (forestal, estepario, acuático, rupícola), se recomienda generar capas

específicas a escala comarcal o municipal, que permitan visualizar la presencia de especies clave, hábitats prioritarios o zonas de concentración de biodiversidad. La escala mínima sugerida es 1:25.000, con validación técnica en campo cuando sea necesario.

b. **Identificación de áreas núcleo locales**

Se promoverá la delimitación de áreas núcleo locales, entendidas como espacios con alta concentración de biodiversidad o presencia de hábitats y especies de interés comunitario o regional. Estas pueden corresponderse con espacios naturales protegidos, montes públicos, reservas forestales, zonas húmedas, afloramientos rocosos o sistemas agrarios de alto valor natural. Se recomienda incorporar también espacios no protegidos que cumplan criterios ecológicos objetivos.

c. **Reconocimiento de elementos singulares y microhábitats**

A escala local, adquieren gran importancia los elementos de pequeño tamaño pero alto valor ecológico: arboledas relictas, islas de vegetación autóctona, charcas temporales, setos vivos, muros de piedra, canchales, galerías riparias fragmentadas, etc. Estos elementos deben ser identificados y protegidos como componentes complementarios del sistema regional.

d. **Integración de datos locales y conocimiento experto**

La información proporcionada por asociaciones naturalistas, técnicos municipales, gestores de espacios protegidos y habitantes del territorio es esencial para completar las capas de biodiversidad. Se recomienda establecer mecanismos de recogida de datos participativos (ciencia ciudadana, observatorios locales de biodiversidad, entrevistas a actores clave).

e. **Priorización de zonas con mayor vulnerabilidad o presión antrópica**

Se considerará prioritaria la integración en la Infraestructura Verde de zonas con alta biodiversidad sometidas a presión por usos del suelo, fragmentación o amenazas específicas (incendios, sobrepastoreo, urbanización incipiente, especies exóticas invasoras). En estos casos, las actuaciones de protección, custodia o restauración deben ser consideradas estratégicas.

11.3.2. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la conectividad ecológica

La conectividad ecológica es una propiedad esencial del territorio que permite el flujo de organismos, genes y procesos ecológicos entre áreas núcleo. Su adecuada integración en el diseño de la Infraestructura Verde requiere una identificación precisa de corredores ecológicos, elementos de conexión funcional y zonas de transición. A escala subregional, estas funciones conectivas deben adaptarse a las características ecológicas y estructurales del territorio, así como a las presiones locales que condicionan la movilidad de las especies.

Se formulan las siguientes orientaciones para facilitar la identificación operativa de los elementos vinculados a la conectividad ecológica:

a. **Interpretación local de los resultados del análisis regional de conectividad**

Las capas regionales de conectividad por perfiles ecológicos (forestales, esteparios, acuáticos, etc.) deben ser reinterpretadas a escala comarcal o municipal para identificar los tramos funcionales más relevantes. Se recomienda prestar especial atención a:

- Cuellos de botella en los corredores principales.
- Puntos de paso obligados entre unidades naturales separadas.
- Ámbitos intersticiales con potencial para mejorar la conexión funcional.

b. **Identificación de corredores ecológicos locales**

Los corredores locales son elementos de escala comarcal o municipal que permiten la conectividad entre áreas núcleo próximas. Pueden estar formados por:

- Cursos fluviales secundarios o arroyos.
- Linderos agrícolas con vegetación natural.
- Caminos rurales con vegetación espontánea.
- Líneas de vegetación lineal (setos, bosquetes, cañaverales).
- Terrenos baldíos con regeneración natural.

Se recomienda su delimitación utilizando técnicas SIG, datos de campo y validación participativa, incluyendo análisis de barreras (vías, vallas, urbanización) y puntos críticos.

c. **Establecimiento de zonas de transición y mosaicos funcionales**

En los paisajes heterogéneos (agrarios, forestales, periurbanos), es recomendable identificar zonas de **transición funcional** donde conviven usos del suelo diversos que permiten un cierto grado de permeabilidad ecológica. Estas áreas, aunque no sean corredores definidos, contribuyen a mantener la conectividad funcional del territorio y deben considerarse elementos estratégicos para la Infraestructura Verde subregional.

d. **Inclusión de infraestructuras adaptadas o permeables**

En algunos casos, determinados elementos artificiales pueden desempeñar un papel complementario en la conectividad si han sido adaptados o presentan características favorables:

- Infraestructuras verdes urbanas lineales (vías verdes, ecocalles, canales vegetados).
- Estructuras de paso para fauna (pasos inferiores, ecoductos).
- Líneas de arbolado o arcenes revegetados en zonas rurales.

Estos elementos deben ser evaluados individualmente y, si cumplen criterios mínimos, integrados como componentes de conectividad local.

e. **Priorización de áreas con alta fragmentación o aislamiento**

A escala subregional, se recomienda priorizar la identificación y restauración de conectividad en aquellas áreas que presentan:

- Aislamiento de núcleos de biodiversidad.
- Fragmentación por infraestructuras (carreteras, líneas eléctricas, vallados).
- Paisajes homogéneos con baja diversidad funcional.

En estos casos, el diseño de corredores, microcorredores o nodos intermedios puede contribuir decisivamente a recuperar la funcionalidad ecológica del territorio.

f. **Recomendaciones metodológicas**

Se sugiere emplear herramientas como análisis de coste-distancia, modelización de conectividad (e.g. *Circuitscape*, *Conefor*), análisis de permeabilidad del paisaje o índice de fragmentación. En ausencia de herramientas avanzadas, se podrán utilizar aproximaciones heurísticas basadas en ortofotografía, conocimiento técnico local y cartografía de usos del suelo.

11.3.3. Identificación subregional de elementos de Infraestructura Verde vinculados a la provisión de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos constituyen una dimensión funcional esencial de la Infraestructura Verde. Su identificación y preservación permiten integrar los beneficios que la naturaleza proporciona a la sociedad en la planificación territorial, desde la regulación del clima hasta la provisión de espacios de disfrute y salud. A escala subregional, la Infraestructura Verde debe incorporar aquellos elementos que, por sus características ecológicas, estructura del paisaje y localización, contribuyen de forma significativa a la provisión de estos servicios.

Las siguientes orientaciones se organizan por tipo de servicio, en coherencia con el análisis regional desarrollado:

a. **Servicios de regulación del clima**

Estos servicios están asociados a la capacidad del territorio para mitigar los efectos del cambio climático mediante sumideros naturales de carbono y regulación térmica local.

- **Elementos a identificar:** bosques maduros, masas forestales densas, sistemas riparios, zonas húmedas, mosaicos agroforestales, áreas con alta densidad de vegetación autóctona, zonas periurbanas arboladas.
- **Criterios de priorización:** áreas con alto valor climático en mapas regionales (categoría B3), especialmente en entornos urbanos o comarcas de alta vulnerabilidad térmica.
- **Aplicaciones subregionales:** planificación de cinturones verdes urbanos, conservación de masas forestales extensas, restauración de corredores fluviales con vegetación natural.

b. **Servicios de regulación hídrica**

Estos servicios incluyen la retención de agua, infiltración, recarga de acuíferos y mitigación de avenidas.

- **Elementos a identificar:** humedales, turberas, zonas de contacto entre aguas superficiales y subterráneas, vegas fluviales, suelos con alta capacidad de retención, áreas con vegetación riparia o juncales.
- **Criterios de priorización:** cuencas cerradas, cabeceras de ríos, zonas de recarga de acuíferos, márgenes de lagunas, terrenos en riesgo de inundación.
- **Aplicaciones subregionales:** definición de zonas de amortiguación hídrica, protección de espacios ribereños, integración de medidas naturales de retención de agua (NWRM).

c. **Servicios de regulación de la calidad del aire**

Relacionados con la capacidad de la vegetación para filtrar contaminantes atmosféricos.

- **Elementos a identificar:** masas arboladas urbanas y periurbanas, corredores verdes urbanos, parques con alta cobertura vegetal, áreas con especies autóctonas eficientes en captura de contaminantes (e.g. encinas, pinos, chopos).
- **Criterios de priorización:** zonas urbanas densas o con alta exposición a tráfico y actividad industrial.
- **Aplicaciones subregionales:** planificación de redes verdes urbanas, incremento de superficie forestal urbana, diseño de cortinas vegetales.

d. **Servicios de regulación de la erosión del suelo**

Fundamentales en territorios con alta pendiente, suelos pobres o expuestos a degradación.

- **Elementos a identificar:** terrazas agrícolas tradicionales, bosquetes en ladera, márgenes forestales, cubiertas vegetales espontáneas, áreas con prácticas de manejo sostenible.
- **Criterios de priorización:** zonas con alta susceptibilidad a erosión, suelos frágiles, taludes inestables.
- **Aplicaciones subregionales:** refuerzo de vegetación en laderas, fomento de agricultura regenerativa, protección de cubiertas edáficas.

e. **Servicios de polinización**

Esenciales para la producción agraria y la conservación de la biodiversidad.

- **Elementos a identificar:** bordes de caminos con flora espontánea, zonas con alta diversidad floral, cultivos entomófilos, áreas de mosaico agrario, márgenes de ríos y cauces secundarios con vegetación natural.
- **Criterios de priorización:** zonas agrícolas intensivas con déficit de polinizadores, áreas cercanas a cultivos frutales y hortícolas.

- **Aplicaciones subregionales:** creación de corredores de polinizadores, manejo de márgenes agrarios, promoción de especies melíferas autóctonas.

f. **Servicio de provisión de alimentos**

Este servicio está vinculado a la capacidad del territorio para generar alimentos mediante prácticas agrarias, ganaderas o de recolección compatibles con la conservación del capital natural. A escala subregional, su identificación permite reconocer aquellas zonas en las que la producción alimentaria tiene una función ecológica, social o estratégica relevante y puede integrarse en el diseño de la Infraestructura Verde.

- **Elementos a identificar:**
    - Sistemas agrarios de alto valor natural (SAVN), especialmente secanos extensivos, pastizales, olivares tradicionales, viñedos con cubiertas vegetales, cultivos de montaña.
    - Espacios agrarios multifuncionales que combinan producción, paisaje, biodiversidad y valores culturales.
    - Áreas de ganadería extensiva, trashumancia o agrosilvopastorales, especialmente en zonas de interfaz con espacios naturales.
    - Huertas tradicionales, vegas irrigadas sostenibles y zonas de agricultura familiar.
- **Criterios de priorización:**
    - Comarcas con alta dependencia del sector primario o riesgo de abandono agrario.
    - Ámbitos donde la actividad agroganadera mantiene hábitats abiertos de interés o especies asociadas a medios agrícolas (aves esteparias, polinizadores, flora arvense).
    - Territorios con potencial para el desarrollo de sistemas alimentarios locales sostenibles o de producción ecológica.
- **Aplicaciones subregionales:**
    - Reconocimiento de espacios agrarios funcionales como parte de la Infraestructura Verde comarcal.
    - Diseño de corredores agroecológicos o paisajes en mosaico que integren biodiversidad, conectividad y producción.
    - Apoyo a estrategias de transición agroecológica, mercados de proximidad y conservación de variedades locales.
- **Observaciones complementarias:**

- Este servicio tiene una dimensión social y territorial clave, por su relación con la lucha contra la despoblación, la seguridad alimentaria y la resiliencia local.
- Su integración en la Infraestructura Verde implica un enfoque de co-beneficios entre producción y conservación, alineado con la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico y la Agenda 2030 regional.

g. **Servicios culturales y de identidad territorial**

Incluyen valores paisajísticos, simbólicos, educativos, recreativos y espirituales.

- **Elementos a identificar:** árboles monumentales, espacios naturales de uso social, caminos históricos, miradores, zonas tradicionales de uso recreativo, paisajes culturales reconocibles.
- **Criterios de priorización:** áreas con alta frecuentación social, valores patrimoniales, presencia en la memoria colectiva.
- **Aplicaciones subregionales:** integración en rutas verdes, planificación de equipamientos de uso público compatible, fortalecimiento del vínculo naturaleza-comunidad.

h. **Recomendaciones metodológicas generales**

- Utilizar los mapas regionales de provisión de servicios ecosistémicos (identificación de áreas B1, B2, B3) como base para la identificación local.
- Incorporar análisis multicriterio de superposición de servicios para localizar **zonas multifuncionales** de alta prioridad.
- Complementar con participación local para detectar servicios culturales no mapeables y validar funciones percibidas por la población.

12. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

12.1. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA CONSULTADA

1. F. Adriaensen, J.P. Chardon, G. De Blust, E. Swinnen, S. Villalba, H. Gulinck, E. Matthysen. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. Landscape and Urban Planning. Volume 64. Issue 4. 2003. Pages 233-247.
2. Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., Gómez-Baggethun, E. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. Land Use Policy. Volume 57. 2016. Pages 405-417
3. Burkhard, B. & Kandziora, M. & Hou, Y. & Müller, F. (2014). Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. Landscape Online. 34. 1-32. 10.3097/LO.201434.
4. Burkhard B. and Maes J. (Eds.) (2017). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers. Sofia, 374 pp.
5. Díaz, M., Concepción, E.D., Oviedo Pro, J.L., Caparrós Grass, A., Álvarez Farizo, B., Campos Palacín, P. 2020. A comprehensive indicator for threatened biodiversity valuation. *Journal of Applied Ecology*, 108: 105696.
6. Eric Lonsdorf, Claire Kremen, Taylor Ricketts, Rachael Winfree, Neal Williams, Sarah Greenleaf. Modelling pollination services across agricultural landscapes. Annals of Botany, Volume 103, Issue 9, June 2009, Pages 1589–1600.
7. Nekane Castillo-Eguskitza, David Hoyos, Miren Onaindia, Mikolaj Czajkowski. Unraveling local preferences and willingness to pay for different management scenarios: A choice experiment to biosphere reserve management. Land Use Policy, Volume 88, 2019.
8. Onaindia, M. Peña, L. de Manuel, B.F. Rodríguez-Loinaz, G. Madariaga, I. Palacios-Agúndez, I. Ametzaga-Arregi, I. Land use efficiency through analysis of agrological capacity and ecosystem services in an industrialized region (Biscay, Spain). Land Use Policy, Vol. 78, pp. 650-661.
9. Rodríguez-Loinaz, Gloria & Alday, Josu & Onaindia, Miren. (2015). Multiple ecosystem services landscape index: A tool for multifunctional landscapes conservation. Journal of Environmental Management. 147. 152-163.
10. Rodríguez Martín, J.A., Álvaro-Fuentes, J., Gonzalo, J., Gil, C., Ramos-Miras, J.J., Grau Corbí, J.M., Boluda, R. (2016). Assessment of the soil organic carbon stock in Spain. Geoderma 264, 117–125.
11. Ruiz-Peinado R., del Rio M., Montero G. (2011). New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species. Forest Systems, 20(1), 176-188.
12. Ruiz-Peinado R., del Rio M., Montero G. (2012). New models for estimating the carbon stocks for hardwood tree species. Forest Systems, 21(1), 42-52.

13. Valladares, F., Gil, P. y Forner, A. (coord..).2017. Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 357pp.

14. Vandecasteele I, Marí i Rivero I, Baranzelli C, et al. The Water Retention Index: Using land use planning to manage water resources in Europe. Sustainable Development. 2018; 26:122–131.

15. WWF (2024). Informe Planeta Vivo 2024. Un sistema en peligro. WWF, Gland, Suiza Zulian G, Paracchini M, Maes J, Liquete Garcia M. ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale. EUR 26474. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office.

12.2. DOCUMENTOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN TERRITORIAL

12.2.1. Evaluación de la biodiversidad

- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies acuáticas. Diciembre de 2023 [Ed. 2]
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies esteparias. Diciembre de 2023 [Ed. 2]
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies forestales. Diciembre de 2023 [Ed. 2]
- Metodología para la obtención del Índice de interés para la conservación de especies rupícolas. Diciembre de 2023 [Ed. 2]

12.2.2. Evaluación de servicios ecosistémicos

- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación climática. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación de la calidad del aire. Diciembre de 2023 [Ed. 2]".
- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de regulación hídrica. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de control de la erosión. Diciembre de 2023 [Ed. 2].

- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de polinización. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio provisión de ocio y ecoturismo. Diciembre de 2023 [Ed. 2].
- Evaluación de servicios ecosistémicos en Castilla-La Mancha. Documento metodológico para la identificación del servicio de disfrute estético del paisaje. Diciembre de 2023 [Ed. 2]".

12.2.3. Evaluación de la conectividad ecológica

- Documento metodológico para el análisis de la conectividad ecológica para especies esteparias. Diciembre de 2023. [Ed.2]
- Documento metodológico para el análisis de la conectividad ecológica para especies acuáticas. Diciembre de 2023. [Ed.2].
- Estudio para la identificación de redes de conectividad entre espacios forestales de la Red Natura 2000 en España. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. 2016. María Cruz Mateo Sánchez, Begoña de la Fuente Martín, Aitor Gastón González y Santiago Saura Martínez de Toda. Publicado en febrero de 2018 por WWF/Adena (Madrid, España).

12.2.4. Evaluación del Cambio Climático y estrategias de adaptación

12.2.4.1. Impactos por sectores o sistemas: recursos hídricos

- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (febrero 2023). *Inventario de recursos hídricos.*

  Enlace al documento

- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (diciembre 2023). *Revisión del Programa de Actuación – Mancha Occidental I.*

  Enlace al documento

- Greenpeace – "SOS acuíferos" (contexto: 55 % de las masas en mal estado cuantitativo)

  Enlace al documento

- Confederación Hidrográfica del Júcar**.** (marzo 2022). *Plan Hidrológico de la Demarcación del Júcar 2021-2027.*

  Enlace al documento

- CEDEX / AEMET. (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España (Escenarios RCP 8.5 para 2070-2100)*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

  Enlace a la información

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- AdaptCCa / MITECO. (2018). *Anejos climáticos – Plan Hidrológico del Júcar: proyecciones RCP 8.5 (2070-2100)*. Confederación Hidrográfica del Júcar.

- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2022). *Memoria Demarcación Hidrográfica del Guadiana* (escenarios de cambio climático RCP 8.5).

  Enlace a la información

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- Confederación Hidrográfica del Júcar / UPV. (2023). *Proyecto de cambio climático en la cuenca del Júcar: reducción del 20–27 % de los recursos hídricos bajo RCP 8.5*.

  Enlace a la información

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (1979). *Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana, Anejo modelo digital del acuífero 23 (Mancha Occidental)*. Ministerio de Obras Públicas.

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- Instituto Geológico y Minero de España / Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2023). *Informe de evolución hidrológica del Acuífero 23 – Mancha Occidental I y II (1980–2023)*. Estimación del descenso medio de 8,9 m y tendencias recientes de 1,5–1,65 m/año.

- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2024). *Informe de seguimiento del Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadiana – año hidrológico 2021/22* (caudales ecológicos y embalses).

  Enlace a la información

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- ClientEarth. (2019). *Informe sobre planes hidrológicos españoles: adaptación al cambio climático y caudales ecológicos.*

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- Castilla-La Mancha. (enero 2024). *Estrategia regional de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológica*. Gobierno de Castilla-La Mancha.

  Enlace a la información

  Enlace a la información

- Magdaleno, F. M., Cortés Sánchez, F. M., & Molina, B. M. (2018). *Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático*. Ingeniería Civil 191. Enlace a la información

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2021). *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas*.

  Enlace a la información

  Enlace a la información

12.2.4.2. Impactos por sectores o sistemas: agricultura y ganadería

- Oficina Española de Cambio Climático / MITECO. (2020). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Incluye estimaciones de pérdidas de rendimiento del 15 %–25 % en cereales de secano (trigo y cebada) bajo RCP 4.5 y 8.5 para el periodo 2070–2100, con impactos especialmente acusados en comarcas como La Alcarria, Campo de Hellín o Campo de Calatrava.

  Enlace a la información

- Banco de España. (2025). El impacto de la sequía en la producción agrícola española. Documento estadístico que muestra las reducciones de rendimiento en trigo y cebada ligadas a episodios de sequía, reflejo del acortamiento del ciclo por menor agua disponible. Por ejemplo, identifica una caída del 15 %–27 % en campañas recientes, lo que subraya la pérdida de peso de grano en condiciones hídricas adversas.

  Enlace a la información

- AdapteCCa. (2016). Efectos y adaptación del viñedo al cambio climático en España. Oficina Española de Cambio Climático – MITECO.

  Enlace a la información

- Vinetur / Efeverde. (2025, mayo). Europe vineyards face most severe climate change impacts; increase in >35 °C days during envero.

- FAO. (2021). Impacto del estrés hídrico y térmico en la producción del olivar mediterráneo. Informes de la FAO muestran reducciones de rendimiento de hasta el 18 % en años extremos por estrés durante el cuajado y maduración.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2024). Boletín de Sanidad Vegetal – plagas del olivar. Destaca que inviernos suaves favorecen una mayor incidencia de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*), afectando calidad y rendimiento del fruto.

- Castilla La Mancha. (2018). Estudio sobre efectos constatados y percepción del cambio climático en el medio rural de Castilla La Mancha (incluye análisis de reducción de horas frío en frutales de baja altitud como Manchuela y Sierra del Segura). Gobierno de Castilla La Mancha.

  Enlace a la información

- Wikipedia. (2025, febrero). Requerimiento de frío en especies frutales caducifolias [Artículo].

  Enlace a la información

- Herrera, P. M. (Ed.). (2020). Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo.

  Enlace a la información

- World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). Bluetongue in Europe: How climate change is shifting disease patterns. WOAH.

- Sanderson, C. et al. (2018). Climate-driven increase in bluetongue transmission risk in Europe. PubMed.

  Enlace a la información

- AdapteCCa. (2016). Guía para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Oficina Española de Cambio Climático.

  Enlace a la información

- Comisión Europea. (2021). PAC 2023–2027: Hacia una agricultura más verde, justa y resiliente. Dirección General de Agricultura.

  Enlace a la información

- FAO. (2021). Agroforestry systems for adaptation and mitigation. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

  Enlace a la información

- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Sixth Assessment Report, WGII.

- Enlace a la información

- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). (2019). Plan de gestión sostenible del agua de riego en Castilla-La Mancha. Consejería de Agricultura, Agua y Desarrollo Rural.

  Enlace a la información

- MAPA. (2023). Plan Estratégico Nacional de la PAC 2023–2027. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

  Enlace a la información

- OFCC/MITECO. (2020). Análisis de escenarios climáticos y uso del agua en el regadío español. Oficina Española de Cambio Climático.

  Enlace a la información

12.2.4.3. Impactos por sectores o sistemas: biodiversidad

- AdapteCCa & Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). (2025). Atlas climático de vulnerabilidad ecológica de Castilla-La Mancha.

  Enlace a la información

- Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha. (2020). Horizonte 2030: Documento marco y diagnóstico regional. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

  Enlace a la información

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNACC).

  Enlace a la información

- Oficina Española de Cambio Climático (OECC). (2015). Tercer Informe de Evaluación del Cambio Climático en España: Biodiversidad y ecosistemas.

  Enlace a la información

  AdapteCCa / Universidad de Castilla La Mancha. (marzo 2025). Impactos del Cambio Climático en Castilla La Mancha. Informe técnico realizado por equipos de la UCLM, que evalúa riesgos en biodiversidad, ecosistemas, recursos hídricos y usos tradicionales.

  Enlace a la información

- Oficina Española de Cambio Climático. (2015). Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Documento de síntesis que incluye evaluaciones de vulnerabilidad climática en hábitats y especies, destacando las regiones más afectadas como Castilla La Mancha dentro del ámbito mediterráneo y continental.

  Enlace a la información

- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., & Peñuelas, J. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. Global Change Biology, 12(10), 1969–1976.

- Gómez, J., Bustillo, E., Rodríguez, P., Acevedo, P., & Amadoro, S. (2018). Estudio sobre efectos del cambio climático en la vegetación de Castilla La Mancha. UCLM.

- Castilla La Mancha. (2018). Estudio sobre efectos constatados y percepción del cambio climático en el medio rural de Castilla La Mancha (incluye análisis de

reducción del periodo inundado en lagunas temporales, como Ruidera y Alcázar de San Juan).

Enlace a la información

- Wheatley, C. J. (2018). Biodiversity under climate change: biogeography, prospects and conservation opportunities. University of York.
- Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). (2023). Landbirds Action Plan – habitat connectivity and phenological dyssynchrony.
- Castilla La Mancha. (2001). Plan de ordenación de los recursos naturales del Complejo Lagunar de Manjavacas (Decreto 185/2001). Detalla la sensibilidad de las lagunas endorreicas a oscilaciones freáticas y salinidad.
- IGME/Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2007). Informe de demarcación hidrográfica – masa de agua Mancha Occidental I. Describe el descenso del nivel freático en lagunas como Manjavacas, que aparece alterado por canalizaciones y bombeos agrícolas.
- Fundación Botín. (2013). La Mancha Húmeda: valores ecológicos y problemática de conservación.
- Instituto Geológico y Minero de España / Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2007). Informe de demarcación hidrográfica – masa de agua Mancha Occidental I.
- Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO). (2005). Evaluación preliminar de los impactos del cambio climático en los ecosistemas agrícolas y ganaderos españoles.
- Mougeot, F., Tarjuelo, R., et al. (2024). Population decline of the Black bellied Sandgrouse (Pterocles orientalis) in continental Spain, a main Western Palearctic stronghold. Bird Conservation International.
- Sanz, M., López-Sáez, J. A., & Carrión, J. S. (2011). Pollen records illustrate the flexibility and recent contraction of Betula and associated taxa in the Spanish Central System.
- Bugmann, H. (2001). The future of European mountain forests in an era of climate change.
- Confederación Hidrográfica del Tajo. (2023). Memoria del Plan Hidrológico de la Demarcación del Tajo 2021–2027 (capítulos sobre vegetación riparia y régimen de avenidas).
- Oficina Española de Cambio Climático / MITECO. (2015). Impactos, vulnerabilidad y adaptación en el sector forestal en España. Este informe enumera el estrés hídrico y el aumento de la vulnerabilidad ante incendios y plagas en comunidades forestales como Pinus nigra y sabinares en zonas de montaña.

- Congreso Forestal Español. (2023). Progresos en gestión adaptativa de pinares de montaña: el caso del pino negral y la sabina albar.
- Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO). (2005). Evaluación preliminar de los impactos del cambio climático en los ecosistemas agrícolas y ganaderos españoles.
- Fundación Globalnature. (2022). Una nueva amenaza para las aves esteparias. Documento posicionamiento que destaca la pérdida de barbechos y pastizales, y su efecto negativo sobre la nidificación de avutarda, sisón y ortega.
- Mougeot, F., Fernández-Tizón, M., & Tarjuelo, R. (2024). Population decline of the Black-bellied Sandgrouse (Pterocles orientalis) in continental Spain, a main Western Palearctic stronghold. Bird Conservation International.
- Carrascal, L. M., & Seoane, J. (2008). Factors affecting large scale distribution of the Bonelli's eagle (Aquila fasciata) in Spain. Ecological Research, 24(4), 565–573. Destaca que la distribución del águila perdicera está fuertemente vinculada a la disponibilidad de presas, como el conejo (Oryctolagus cuniculus), y subraya la importancia del hábitat abierto en zonas áridas del sureste.
- Segura, A. & Palomar, G. (2023). Hydroperiod of temporary ponds threats amphibian recruitment in Mediterranean environments. Brill. Este estudio demuestra que especies con ciclos larvarios largos, como Pelodytes ibericus y Triturus pygmaeus, ven interrumpidos sus ciclos de metamorfosis cuando el hydroperiodo de las charcas disminuye debido a sequías recurrentes digital.
- Muñoz, A., Santos, X., & Felicísimo, Á. M. (2016). Local-scale models reveal ecological niche variability in amphibian and reptile communities from two contrasting biogeographic regions. PeerJ, 4:e2405.
- Wilson, R. J., et al. (2007). Population turnover, habitat use and microclimate at the contracting range margin of a butterfly.
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421(6918), 37–42.
- Oficina Española de Cambio Climático / MITECO. (2015). Impactos, vulnerabilidad y adaptación en el sector forestal en España.
- Consejería de Medio Ambiente – Castilla La Mancha. (2016). Plan de Gestión del Parque Natural del Alto Tajo (ES4240016).
- Segura, A. & Palomar, G. (2023). Hydroperiod of temporary ponds threats amphibian recruitment in Mediterranean environments.

12.2.4.4. Impactos por sectores o sistemas: salud pública

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2022). Resumen climático nacional 2022. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

  Enlace a la información

- Agencia Estatal de Meteorología & Oficina Española de Cambio Climático (OECC). (2020). Escenarios regionalizados de cambio climático en España: Proyecciones para el siglo XXI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

  Enlace a la información

- Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha. (2020). Horizonte 2030: Documento marco y diagnóstico regional. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

  Enlace a la información

- Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). (2023). Informe de impacto del calor sobre la mortalidad estival en España. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

  Enlace a la información

- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM). (2023). Red de Calidad del Aire de Castilla-La Mancha. Informes anuales. Consejería de Desarrollo Sostenible.

  Enlace a la información

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2021a). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030.

  Enlace a la información

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2021b). Informe sobre salud, cambio climático y vulnerabilidad territorial.

  Enlace a la información

12.2.4.5. Impactos por sectores o sistemas: bosques e incendios forestales

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) & Oficina Española de Cambio Climático (OECC). (2020). Escenarios regionalizados de cambio climático en España: Proyecciones para el siglo XXI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

  Enlace a la información

- Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha. (2020). Horizonte 2030: Documento marco y diagnóstico regional. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

  Enlace a la información

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2021). Inventario Forestal Nacional. Cuarta edición (IFN4).

  Enlace a la información

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2025). Memoria de actuaciones de restauración postincendio 2009–2024.

Enlace a la información

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023). Estadísticas e informes de incendios forestales (2010–2022).

  Enlace a la información

APÉNDICE CARTOGRÁFICO

Como apéndice a este documento se incluye la relación de mapas generados a partir de los trabajos de evaluación de la biodiversidad, la conectividad ecológica, la fragmentación del territorio y la provisión de servicios ecosistémicos en la región, a partir del cálculo de sus correspondientes índices.

A. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA DEL TERRITORIO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA

- **Cálculo del índice integrado para todos los grupos de especies considerados:**

  A01_ICB General CLM [C3-2022]

- **Índice para el grupo de especies vinculadas a ambientes esteparios:**

  A02_ICB Especies Esteparias [C3-2022]

- **Índice para el grupo de especies acuáticas:**

  A03_ICB Especies Acuáticas - [C3-2022]

- **Índice para el grupo de especies forestales:**

  A04_ICB Especies Forestales - [C3-2022]

- **Índice para el grupo de especies rupícolas:**

  A05_ICB Especies Rupícola - [C3-2022]

B. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

- **Índice general de provisión de servicios ecosistémicos (regulación + culturales) en la región:**

  B01_ISE General Servicios CLM [C3-2022]

- **Índice de provisión general de servicios de regulación:**

  B01a_ISE General Servicios Regulación CLM [C3-2022]

- **Índice de provisión general de servicios culturales:**

  B01b_ISE General Servicios Culturales CLM [C3-2022]

- **Índice de provisión del servicio de regulación del clima:**

  B02_ISE Reg. del Clima [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de regulación de la calidad del aire:**

  B03_ISE Reg. Calidad del Aire [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de control de la erosión:**

  B04_ISE Reg. de la Erosión [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de regulación hídrica:**

  B05_ISE Reg. Hídrica [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de polinización:**

  B06_ISE Reg. de la polinización [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de provisión general de alimentos (destino humano + animal):**

  B07_ISE Producción alimentos - Total [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de provisión de alimentos de consumo humano:**

  B07a_ISE Producción alimentos - Humano [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio de provisión de alimentos de consumo animal:**

  B07b_ISE Producción alimentos - Animal [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio cultural de disfrute estético de paisaje:**

  B08_ISE Cult. Paisajes [C3_2022]

- **Índice de provisión del servicio cultural de ocio y turismo de naturaleza:**

  B09_ISE Cult. Recreo y Ecoturismo [C3_2022]

C. CARTOGRAFÍA DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA DE TERRITORIO PARA LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA

- **Índice de importancia para la conectividad general** del territorio regional:

  C01_ICE Conectividad - General - [C3-2022]

- **Índice de importancia para la conectividad de especies esteparias**:

  C02_ICE Esteparias - General [C3_2022]

- **Índice de importancia para la conectividad de especies acuáticas**:

  C03_ICE Humedales - General [C3_2022]

- **Índice de importancia para la conectividad general de especies forestales**:

  C04_ICE_Forestal - Conectividad - H1-H2-H3 [C3_2022]

- **Índice de importancia para la conectividad de especies forestales (bosques densos):**

  C04a_ICE_Forestal - Conectividad - H1 [C3_2022]

- **Índice de importancia para la conectividad de especies forestales (bosques abiertos):**

  C04b_ICE_Forestal - Conectividad - H2 [C3_2022]

- **Índice de importancia para la conectividad de especies forestales (matorral):**

  C04c_ICE_Forestal - Conectividad - H3 [C3_2022]

D. CARTOGRAFÍA DE LOS ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN DEL TERRITORIO POR INFRAESTRUCTURAS LINEALES

- **Identificación de áreas a desfragmentar para reducir el impacto de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad: cuadrículas importantes, prioritarias y de máxima prioridad:**

  D01_2024_Cuadrículas_CI-CP-CPmax

- **Priorización para la desfragmentación en áreas de patrimonio natural poco fragmentado y muy fragmentado:**

  D02_2024_Valor_mitig_Pat_PocoF_Pat_MuyF

- **Importancia según densidad de accidente con fauna silvestre:**

  D03_2024_Imp_mitig_accidentes_fauna

- **Importancia según intersección de vías pecuarias con la red viaria:**

  D04_2024_Imp_mitig_cruces_viapecuaria

- **Importancia según intersección de la red viaria con corredores ecológicos forestales:**

  D05_2024_Imp_mitig_cruces_conectividad

Consejería de Desarrollo Sostenible
Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad
c/ Río Estenilla, s/n
45.071 – Toledo
Tel.: 925 248829

e-mail: dgmnb@jccm.es
www.castillalamancha.com