

**MAPAS DE PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES Y DE
RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA DEMARCACIÓN DE LAS
CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS**

2º CICLO

Índice

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO	2
1.2. MARCO NORMATIVO	15
2 ÁMBITO TERRITORIAL	17
3 METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO	31
3.1. RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS DE INUNDACIÓN EXISTENTES	32
3.2. ELABORACIÓN DE NUEVOS ESTUDIOS Y REVISIÓN DE LOS EXISTENTES	34
3.3. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA	36
3.5. REVISIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS Y ELABORACIÓN DE LOS NUEVOS	46
4 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS	60
4.1 MAPAS DE PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN	60
4.2 MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN	62
5 RESULTADO Y TRAMITACIÓN	68

1 INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO

El 23 de octubre de 2007, el Parlamento Europeo aprobó la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, cuya transposición al ordenamiento jurídico español se produjo a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, siendo la legislación básica que regula el contenido y el procedimiento de elaboración y tramitación de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación en todo el territorio español. A su vez, sus disposiciones fueron recogidas en la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía en su Capítulo I del Título VII: *Instrumentos de Prevención del riesgo por inundación*, de aplicación a la cuencas internas de gestión autonómica.

La Directiva obliga a los Estados miembros a la elaboración de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación siguiendo tres fases consecutivas y de forma cíclica o revisable cada 6 años coincidiendo con los periodos de planificación hidrológica. Estas tres fases son:

- a. Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) e identificación de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs).

Implica la determinación de las zonas para las cuales existe un riesgo potencial de inundación significativo en base al estudio de la información disponible sobre inundaciones históricas, estudios de zonas inundables, impacto del cambio climático, planes de protección civil, ocupación actual del suelo así como las infraestructuras de protección frente a inundaciones existentes.

- b. Mapas de Peligrosidad por Inundaciones y Mapas de Riesgo de Inundación.

Para las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) delimitadas en la fase anterior se elaboran los mapas de peligrosidad por inundaciones y los Mapas de Riesgo de inundación que delimitan las zonas inundables e indican los daños potenciales que una inundación pueda ocasionar a la población, a las actividades económicas y al medio ambiente y todo ello para los escenarios de probabilidad que establece la Directiva: Probabilidad Alta, cuando proceda, Probabilidad Media (período de retorno mayor o igual a 100 años) y para Baja Probabilidad o escenario de eventos extremos.

- c. Planes de Gestión del Riesgo de Inundación.

Los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación se elaboran en el ámbito de cada demarcación hidrográfica, centrandó sus objetivos y medidas en las ARPSIs identificadas. Tienen como objetivo lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para disminuir los riesgos de inundación y reducir las consecuencias negativas de las inundaciones, basándose en los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias para alcanzar el objetivo previsto, bajo los principios de solidaridad, coordinación y cooperación interadministrativa y respeto al medio ambiente.

A nivel internacional, en el documento editado por la UNESCO “Flood Risk Management: A Strategic Approach. 2013” se recogen nueve reglas esenciales de la gestión del riesgo de inundación. Son las siguientes:

- Aceptar que la protección absoluta no es posible y planificar teniendo en cuenta los accidentes. Se ha de aceptar que un cierto grado de error es casi inevitable y esto hace que se enfatice en la mejora de la resiliencia.
- Promover algunas inundaciones como algo deseable. Las inundaciones y las llanuras de inundación proporcionan terrenos agrícolas fértiles y de gran valor ambiental. Dar espacio al río mantiene ecosistemas en buen estado y reduce la posibilidad de inundaciones en otras áreas.
- Fundamentar las decisiones en la comprensión de los riesgos y las incertidumbres. Un equilibrio explícito entre los riesgos reducidos, las oportunidades promovidas y los recursos necesarios para lograrlos es fundamental para la gestión del riesgo de inundaciones. La incertidumbre dentro de los datos y los modelos debe ser reconocida de manera explícita.
- Tener en cuenta que el futuro será diferente del pasado. Cambios futuros (clima, sociedad, condición estructural y de otras clases) pueden influir profundamente en el riesgo de inundación. El desarrollo de estrategias de adaptación permite a los gestores responder a la realidad del futuro a medida que este evoluciona.
- Implementar un conjunto de respuestas y no apoyarse en una sola medida. La gestión integrada implica considerar la mayor cantidad posible de acciones. Esto incluye medidas para reducir la probabilidad y medidas para reducir las consecuencias (exposición y vulnerabilidad) de las inundaciones.
- Emplear los recursos limitados de manera eficiente y apropiada para reducir el riesgo. Los recursos utilizados deben estar relacionados con la reducción del riesgo y con la promoción de oportunidades ambientales, económicas y sociales. No se deberían emplear estándares de protección generalizados y universales.
- Ser claro con las responsabilidades de gobierno y acción. Los gobiernos, las empresas, las comunidades y los individuos deben ser participantes activos, todos compartiendo la responsabilidad y contribuyendo al sostén financiero en un marco claro de colaboración.
- Comunicar el riesgo y la incertidumbre de manera amplia y eficaz. La comunicación efectiva de riesgos permite una mejor preparación y contribuye a garantizar el apoyo a las medidas de mitigación en caso necesario.
- Reflejar el contexto local e integrar la planificación frente a inundaciones con otros procesos de planificación. La estrategia seleccionada para una determinada ubicación reflejará los riesgos específicos a los que se enfrenta.

A nivel europeo, los planes de gestión del riesgo de inundación y los planes hidrológicos son elementos de una gestión integrada de la cuenca y de ahí la importancia de la coordinación entre ambos procesos guiados por la Directiva de Inundaciones y la Directiva Marco del Agua,

respectivamente. Esta necesidad de coordinación está recogida tanto en ambas disposiciones como en diferentes documentos y recomendaciones adoptados en diversos foros internacionales.

En los planes de gestión del riesgo de inundación se potencia el tipo de medidas conducentes a mejorar el estado de las masas de agua, reforzadas también por la obligación de cumplir los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua, por lo que aumenta considerablemente la necesidad de enfocar la gestión del riesgo de inundación hacia medidas no estructurales, sostenibles y eficientes. Se trata, entre otras actuaciones, de intervenciones basadas en las infraestructuras verdes y medidas asociadas, como las de retención natural de agua (NWRM), de forma compatible con aquellas adoptadas en el ámbito de la Directiva Marco del Agua.

Puesto que, como recoge la Directiva de Inundaciones en su segundo considerando, las inundaciones constituyen fenómenos naturales que no pueden evitarse, las medidas para reducir el riesgo deben ir encaminadas hacia la disminución de la vulnerabilidad de los bienes expuestos a la inundación. Máxime tomando en consideración los estudios sobre escenarios futuros de cambio climático que afectan a las variables hidrológicas.

El Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación establece en su artículo 10.1 que las administraciones competentes elaborarán para cada demarcación hidrográfica los Mapas de Peligrosidad por inundación y Mapas de Riesgo de inundación, de acuerdo con las determinaciones y contenidos recogidos en los artículos 9 y 10, para las zonas de riesgo identificadas en la Evaluación Preliminar. Así mismo, establece en su artículo 21 que la Evaluación Preliminar, los Mapas de Peligrosidad y de Riesgo de inundación y los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación deben revisarse y actualizarse cada seis años.

Previamente, esta Administración procedió a la revisión y actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación dentro del procedimiento de revisión de la Planificación Hidrológica para el período 2021-2027. El documento de Evaluación Preliminar para este segundo ciclo fue sometido a consulta pública por un periodo de tres meses conforme a lo previsto en el artículo 7 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, mediante su publicación en el BOJA n.º 249, de 27 de diciembre de 2018 finalizando dicho periodo de consulta el 28 de marzo de 2019. Continuando con el procedimiento previsto en dicho artículo, una vez analizadas las alegaciones presentadas y reflejadas en el documento, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación fue sometida a informe de la Comisión de Autoridades Competentes, en su sesión de 9 de marzo de 2020. También fue informada por la Comisión de Protección Civil de Andalucía, en su sesión plenaria celebrada el 28 de octubre de 2020 y por el Consejo del Agua de esta demarcación en la sesión celebrada el pasado 22 de diciembre de 2020. Finalmente, el documento de revisión y actualización de la Evaluación Preliminar para este segundo ciclo fue aprobada por Orden de la Consejería de Agricultura, Ganadería, pesca y Desarrollo Sostenible de 11 de enero de 2021 (BOJA n.o 9 de 15 de enero de 2021).

Culminada la fase de Evaluación Preliminar, el presente documento tiene por objeto desarrollar los contenidos de la segunda fase en el proceso de elaboración de los Planes de gestión del riesgo de inundación, que corresponde a la elaboración de los Mapas de Peligrosidad por Inundaciones y Mapas de Riesgo de Inundación para las ARPSIS declaradas en la demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

En relación con el ámbito de aplicación, la Directiva 2007/60/CE de inundaciones define como inundación el *“anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente*

cubiertos por agua. Incluye las inundaciones ocasionadas por ríos, torrentes de montaña, corrientes de agua intermitentes del Mediterráneo y las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras, y puede excluir las inundaciones de las redes de alcantarillado”.

En este sentido, el artículo 2 del RD 903/2010, define su ámbito de aplicación: “Las disposiciones contenidas en este real decreto serán de aplicación a las inundaciones ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes, así como las inundaciones causadas por el mar en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición”.

Durante la implantación de esta Directiva, a partir de los trabajos de coordinación de la Comisión Europea, se han identificado los posibles orígenes o fuentes de las inundaciones, normalmente derivadas de episodios de altas precipitaciones, que pueden dar lugar a daños “in situ” o provocar el desbordamiento de cauces y otras corrientes de agua cuando alcanzan valores importantes en la cuenca hidrográfica, asociadas o no a la fusión nival, a la gestión de las infraestructuras hidráulicas de la cuenca, y en las zonas cercanas al mar, las debidas a la entrada del mar en las zonas costeras en episodios de temporales marítimos. En la práctica, salvo en las inundaciones exclusivamente marinas, el resto de orígenes pueden actuar conjuntamente en un episodio de inundación, agravando los efectos de las inundaciones.

En este documento se han estudiado las inundaciones derivadas del desbordamiento de ríos y otros cauces o corrientes (inundaciones fluviales) incorporando en ellas la gestión de las infraestructuras hidráulicas, las inundaciones debidas a episodios de lluvias intensas (inundaciones pluviales) que deriven en inundaciones fluviales especialmente en corrientes de pequeña magnitud y las áreas fluviales que en sus zonas de desembocadura resultan afectadas por inundaciones debidas al mar, todo ello en los términos del RD 903/2010.

De acuerdo con lo anterior, no se han considerado las inundaciones derivadas de la incapacidad de las redes de alcantarillado, que se rigen por las normativas específicas de las administraciones de urbanismo y ordenación del territorio, las derivadas de la rotura o mal funcionamiento de presas, que se rigen por lo establecido en el Título VII, “de la seguridad de presas, embalses y balsas” del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH). Tampoco son de aplicación las inundaciones derivadas de tsunamis y maremotos que se rigen por el Real Decreto 1053/2015, de 20 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de maremotos.

- **Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) declaradas**

Como resultado de la actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación para este segundo ciclo (donde se ha procedido a la revisión de aquellas áreas declaradas en el ciclo anterior que han sufrido modificaciones significativas en los usos del suelo alterando la inundabilidad o modificando el nivel de riesgo), de la aplicación de los nuevos criterios de clasificación y la inclusión de nuevas áreas que se añaden en este

segundo ciclo, en la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas se han declarado 160 ARPSIS fluviales, que alcanzan una longitud total de 806 km de cauces. A continuación se enumeran las 160 Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) de naturaleza fluvial declaradas en esta Demarcación:

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0001	Arpsi Palmones	Río Palmones
ES060_ARPS_0002	Arpsi Guadarranque	Río Guadarranque
ES060_ARPS_0003	Arpsi Guadiaro	Río Guadaíro, desde San Martín del Tesorillo hasta su desembocadura
ES060_ARPS_0004	Arpsi Guadiaro	Río Guadiaro-Cortes de la Frontera
ES060_ARPS_0005	Arpsi Guadiaro	Jubrique
ES060_ARPS_0006	Arpsi Guadiaro	Arriate
ES060_ARPS_0007	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Indiano
ES060_ARPS_0008	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Manilva
ES060_ARPS_0009	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Galera
ES060_ARPS_0010	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Vaquero
ES060_ARPS_0011	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Enmedio
ES060_ARPS_0012	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Guadalobón
ES060_ARPS_0013	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Padrón
ES060_ARPS_0014	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Castor
ES060_ARPS_0015	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Velerín
ES060_ARPS_0016	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Cala
ES060_ARPS_0017	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Guadalmanza
ES060_ARPS_0018	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Taraje
ES060_ARPS_0019	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Cabra
ES060_ARPS_0020	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Dos Hermanas
ES060_ARPS_0021	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Guadalmina
ES060_ARPS_0022	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Chopo
ES060_ARPS_0023	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Guadaíza

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0024	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Benabajo
ES060_ARPS_0025	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Verde
ES060_ARPS_0026	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo de la Cruz
ES060_ARPS_0027	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Piedras
ES060_ARPS_0028	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Real
ES060_ARPS_0029	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Realejo
ES060_ARPS_0030	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Siete Revueltas
ES060_ARPS_0031	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Alicates
ES060_ARPS_0032	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Sevilla
ES060_ARPS_0033	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Real de Zaragoza
ES060_ARPS_0034	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Víbora
ES060_ARPS_0035	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Cañas
ES060_ARPS_0036	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Cabrillas
ES060_ARPS_0037	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Cala del Moral
ES060_ARPS_0038	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Moros
ES060_ARPS_0039	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Fuengirola
ES060_ARPS_0040	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Río Pajares
ES060_ARPS_0041	Arpsi Costa Del Sol Occidental	Arroyo Ceuta
ES060_ARPS_0042	Arpsi Guadalhorce - Antequera	Río Guadalhorce, desde Villanueva del Rosario hasta Bobadilla
ES060_ARPS_0043	Arpsi Guadalhorce - Antequera	Arroyo de la Zanjilla
ES060_ARPS_0044	Arpsi Guadalhorce - Antequera	Arroyo de Carmona
ES060_ARPS_0045	Arpsi Guadalhorce - Antequera	Arroyo Marín
ES060_ARPS_0046	Arpsi Guadalhorce - Antequera	Río de la Villa
ES060_ARPS_0047	Arpsi Guadalhorce	Río Guadalhorce, desde el pie de la Presa de La Encantada hasta confluencia con río Campanillas
ES060_ARPS_0048	Arpsi Guadalhorce	Río Guadalhorce, desde confluencia con río Campanillas hasta su desembocadura

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0049	Arpsi Guadalhorce	Río Campanillas, desde aguas arriba de Campanillas hasta su desembocadura
ES060_ARPS_0050	Arpsi Guadalhorce	Río Guadalteba
ES060_ARPS_0051	Arpsi Guadalhorce	Arroyo Casarabonela
ES060_ARPS_0052	Arpsi Guadalhorce	Río Seco
ES060_ARPS_0053	Arpsi Guadalhorce	Arroyo de la Villa
ES060_ARPS_0054	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Toquero y Mayorazgo
ES060_ARPS_0055	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Jabonero
ES060_ARPS_0056	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Gálica
ES060_ARPS_0057	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Totalán
ES060_ARPS_0058	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Granadillo
ES060_ARPS_0059	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Benagalbón
ES060_ARPS_0060	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Cañuelo
ES060_ARPS_0061	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo de la Ermita
ES060_ARPS_0062	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Íberos
ES060_ARPS_0063	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Búho
ES060_ARPS_0064	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Vélez
ES060_ARPS_0065	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Seco de Vélez
ES060_ARPS_0066	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Algarrobo
ES060_ARPS_0067	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Balbuena
ES060_ARPS_0068	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Lagos
ES060_ARPS_0069	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Güí
ES060_ARPS_0070	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Manzano
ES060_ARPS_0071	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Torrox
ES060_ARPS_0072	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Seco
ES060_ARPS_0073	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Chíllar
ES060_ARPS_0074	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Río Benamargosa
ES060_ARPS_0075	Arpsi Zafarraya	Ventas de Zafarraya
ES060_ARPS_0076	Arpsi Almuñécar	Río Jate

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0077	Arpsi Almuñécar	Rambla de las Tejas
ES060_ARPS_0078	Arpsi Almuñécar	Rambla del Espinar
ES060_ARPS_0079	Arpsi Almuñécar	Rambla Cotobro
ES060_ARPS_0080	Arpsi Almuñécar	Río Seco
ES060_ARPS_0081	Arpsi Almuñécar	Río Verde
ES060_ARPS_0082	Arpsi Almuñécar	Barranco s/n
ES060_ARPS_0083	Arpsi Almuñécar	Barranco Las Golondrinas
ES060_ARPS_0084	Arpsi Guadalfeo	Río Guadalfeo, desde aguas arriba de Lobres hasta confluencia con rambla de Molvizar
ES060_ARPS_0085	Arpsi Guadalfeo	Río Guadalfeo, desde rambla de Molvizar hasta su desembocadura
ES060_ARPS_0086	Arpsi Litoral De Granada	Rambla de los Álamos
ES060_ARPS_0087	Arpsi Litoral De Granada	Rambla Villanueva
ES060_ARPS_0088	Arpsi Litoral De Granada	Rambla s/n
ES060_ARPS_0089	Arpsi Litoral De Granada	Rambla del Rejón
ES060_ARPS_0090	Arpsi Litoral De Granada	Barranco Vizcarra
ES060_ARPS_0091	Arpsi Litoral De Granada	Barranco de los Gualchos
ES060_ARPS_0092	Arpsi Litoral De Granada	Barranco Santa Catalina
ES060_ARPS_0093	Arpsi Litoral De Granada	Rambla de Albuñol
ES060_ARPS_0094	Arpsi Adra	Rambla Guaínos
ES060_ARPS_0095	Arpsi Adra	Rambla El Cercado
ES060_ARPS_0096	Arpsi Adra	Rambla de las Cruces
ES060_ARPS_0097	Arpsi Adra	Río Adra
ES060_ARPS_0098	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla del Loco
ES060_ARPS_0099	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla de Almocete
ES060_ARPS_0100	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla de los Aljibillos
ES060_ARPS_0101	Arpsi Poniente Almeriense	Barranco del Cascabel
ES060_ARPS_0102	Arpsi Poniente Almeriense	Barranco del Águila

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0103	Arpsi Poniente Almeriense	Barranco de Carcauz
ES060_ARPS_0104	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla El Cañuelo
ES060_ARPS_0105	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla la Culebra
ES060_ARPS_0106	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla Hortichuelas
ES060_ARPS_0107	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla de San Antonio
ES060_ARPS_0108	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla la Gitana
ES060_ARPS_0109	Arpsi Poniente Almeriense	Barranco de la Escucha
ES060_ARPS_0110	Arpsi Poniente Almeriense	Barranco del Palmar
ES060_ARPS_0111	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla Puntazo de la Mona
ES060_ARPS_0112	Arpsi Almería-Andarax	Barranco del Caballar
ES060_ARPS_0113	Arpsi Almería-Andarax	Rambla de Belén
ES060_ARPS_0114	Arpsi Almería-Andarax	Río Andarax, desde Santa Fé de Mondújar hasta Pechina
ES060_ARPS_0115	Arpsi Almería-Andarax	Río Andarax, de aguas abajo de Pechina hasta desembocadura
ES060_ARPS_0116	Arpsi Almería-Andarax	Rambla del Charco
ES060_ARPS_0117	Arpsi Campo De Níjar	Rambla Morales
ES060_ARPS_0118	Arpsi Campo De Níjar	Rambla de las Higueras
ES060_ARPS_0119	Arpsi Campo De Níjar	Barranco Sabinar
ES060_ARPS_0120	Arpsi Campo De Níjar	Rambla Pozo de Los Frailes
ES060_ARPS_0121	Arpsi Campo De Níjar	Rambla de las Presillas
ES060_ARPS_0122	Arpsi Campo De Níjar	Barranco de las Niñas
ES060_ARPS_0123	Arpsi Campo De Níjar	Rambla de las Negras
ES060_ARPS_0124	Arpsi Campo De Níjar	Rambla de las Viruegas
ES060_ARPS_0125	Arpsi Campo De Níjar	Rambla del Reoso
ES060_ARPS_0126	Arpsi Carboneras	Río Carboneras, tramo bajo
ES060_ARPS_0127	Arpsi Carboneras	Rambla del Pozo
ES060_ARPS_0128	Arpsi Aguas	Río Aguas, desde aguas arriba de Turre hasta desembocadura
ES060_ARPS_0129	Arpsi Aguas	Rambla de las Marinas

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0130	Arpsi Antas	Desembocadura del Río Antas
ES060_ARPS_0131	Arpsi Antas	Barranco Acebuche Quemado
ES060_ARPS_0212	Arpsi Poniente Almeriense	Rambla del Vínculo
ES060_ARPS_0213	Arpsi Carboneras	Barranco Gafarillos
ES060_ARPS_0214	Arpsi Aguas	Barranco Cañada de la Viña
ES060_ARPS_0215	Arpsi Almanzora	Río Almanzora - Armuña de Almanzora
ES060_ARPS_0216	Arpsi Almanzora	Río Almanzora - Arboleas
ES060_ARPS_0217	Arpsi Almanzora	Río Almanzora - Purchena
ES060_ARPS_0218	Arpsi Almanzora	Río de las Herrerías
ES060_ARPS_0219	Arpsi Almanzora	Barranco la Ramblilla
ES060_ARPS_0220	Arpsi Almanzora	Rambla de Albox
ES060_ARPS_0221	Arpsi Antas	Rambla Solanillo
ES060_ARPS_0222	Arpsi Campo De Níjar	Rambla del Pantano
ES060_ARPS_0223	Arpsi Almería-Andarax	Rambla Azora
ES060_ARPS_0224	Arpsi Almería-Andarax	Río Andarax
ES060_ARPS_0225	Arpsi Campillos	Arroyo del Rincón
ES060_ARPS_0226	Arpsi Teba	Río de la Venta
ES060_ARPS_0227	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Piletas
ES060_ARPS_0228	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Pollo Zamora
ES060_ARPS_0229	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Cementerio
ES060_ARPS_0230	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Estanco
ES060_ARPS_0231	Arpsi Costa Del Sol Oriental	Arroyo Pajaritos
ES060_ARPS_0232	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Canal El Zabal
ES060_ARPS_0233	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo La Rana
ES060_ARPS_0234	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Innominado Canal EDAR
ES060_ARPS_0235	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Charcones en Santa Margarita

CÓDIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0236	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Cañada Honda
ES060_ARPS_0237	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Negro
ES060_ARPS_0238	Arpsi La Línea de la Concepción	Arroyo Charcones
ES060_ARPS_0239	Arpsi Litoral De Granada	Rambla del Cautor
ES060_ARPS_0240	Arpsi Litoral De Granada	Rambla de Huarea

Además de las ARPSIS fluviales, a partir de los estudios elaborados por la Administración competente en materia de costas sobre las inundaciones causadas por las aguas costeras, en esta demarcación se han delimitado 66 ARPSIS de origen costero¹, que se recogen en la siguiente tabla:

CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0132	Arpsi Costera	Bahía de Algeciras 1a
ES060_ARPS_0133	Arpsi Costera	Bahía de Algeciras 1b
ES060_ARPS_0136	Arpsi Costera	Bahía de Algeciras 1e
ES060_ARPS_0137	Arpsi Costera	La Línea de la Concepción
ES060_ARPS_0138	Arpsi Costera	Sotogrande
ES060_ARPS_0139	Arpsi Costera	Puerto Sotogrande-Torreguadiaro
ES060_ARPS_0140	Arpsi Costera	Bahía de Casares
ES060_ARPS_0141	Arpsi Costera	Buenas Noches
ES060_ARPS_0143	Arpsi Costera	Urbanización Arena Beach
ES060_ARPS_0144	Arpsi Costera	Villas Andaluzas
ES060_ARPS_0146	Arpsi Costera	Atalaya - Isdabe
ES060_ARPS_0149	Arpsi Costera	Playa del Alicate
ES060_ARPS_0152	Arpsi Costera	Playa de la Cala del Moral
ES060_ARPS_0153	Arpsi Costera	Playa de la Canuela

¹ En la delimitación de las Arpsis costeras de esta demarcación se definieron inicialmente en el ciclo anterior 67 Arpsis costeras. No obstante, se ha desistido de la Arpsi ES060_ARPS_0193 (Aguadulce), ya que durante la realización de los Mapas de peligrosidad y riesgo por el Ministerio se comprobó que no se producía inundación en ningún elemento de riesgo, adoptándose como criterio en este segundo ciclo la exclusión de las Arpsis que presentaban esta situación.

CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0154	Arpsi Costera	Urbanización Guadalmar
ES060_ARPS_0155	Arpsi Costera	Playa de la Misericordia
ES060_ARPS_0156	Arpsi Costera	Playas de Huelín - San Andrés
ES060_ARPS_0157	Arpsi Costera	Las Acacias - El Palo
ES060_ARPS_0158	Arpsi Costera	Valle Niza
ES060_ARPS_0159	Arpsi Costera	Playa de Almayarte-Bajamar A
ES060_ARPS_0160	Arpsi Costera	Playa de Almayarte-Bajamar B
ES060_ARPS_0161	Arpsi Costera	Torre del Mar
ES060_ARPS_0163	Arpsi Costera	Caleta de Vélez - Algarrobo Costa
ES060_ARPS_0164	Arpsi Costera	Lagos
ES060_ARPS_0165	Arpsi Costera	El Morche
ES060_ARPS_0167	Arpsi Costera	El Peñoncillo
ES060_ARPS_0168	Arpsi Costera	Urbanización Marismas de Nerja
ES060_ARPS_0170	Arpsi Costera	Playa de la Herradura
ES060_ARPS_0171	Arpsi Costera	Almuñecar
ES060_ARPS_0172	Arpsi Costera	Playa Velilla
ES060_ARPS_0173	Arpsi Costera	Playa de la Charca
ES060_ARPS_0174	Arpsi Costera	El Varadero
ES060_ARPS_0175	Arpsi Costera	Torrenueva
ES060_ARPS_0176	Arpsi Costera	La Chucha
ES060_ARPS_0177	Arpsi Costera	Calahonda
ES060_ARPS_0178	Arpsi Costera	Castillo de Baños
ES060_ARPS_0179	Arpsi Costera	La Mamola
ES060_ARPS_0180	Arpsi Costera	Melicena
ES060_ARPS_0181	Arpsi Costera	La Rábita
ES060_ARPS_0182	Arpsi Costera	El Pozuelo
ES060_ARPS_0183	Arpsi Costera	Guainos Bajo
ES060_ARPS_0184	Arpsi Costera	Adra A
ES060_ARPS_0185	Arpsi Costera	Adra B

CODIGO ARPSI	ZONA ARPSI	ARPSI
ES060_ARPS_0186	Arpsi Costera	Balanegra
ES060_ARPS_0187	Arpsi Costera	Balerna
ES060_ARPS_0189	Arpsi Costera	Almerirmar
ES060_ARPS_0190	Arpsi Costera	Urbanización Playa Serena
ES060_ARPS_0191	Arpsi Costera	Roquetas de Mar
ES060_ARPS_0192	Arpsi Costera	Playa La Ventilla
ES060_ARPS_0193	Arpsi Costera	Aguadulce
ES060_ARPS_0194	Arpsi Costera	Almería
ES060_ARPS_0195	Arpsi Costera	Urbanización Costacabana
ES060_ARPS_0196	Arpsi Costera	La Almadraba de Monteleiva
ES060_ARPS_0197	Arpsi Costera	San José
ES060_ARPS_0198	Arpsi Costera	Isleta del Moro
ES060_ARPS_0199	Arpsi Costera	Agua Amarga
ES060_ARPS_0200	Arpsi Costera	Carboneras
ES060_ARPS_0202	Arpsi Costera	Vera Playa
ES060_ARPS_0203	Arpsi Costera	Playa San Francisco
ES060_ARPS_0204	Arpsi Costera	Playa Las Gaviotas
ES060_ARPS_0205	Arpsi Costera	Playa Arroyo Hondo
ES060_ARPS_0206	Arpsi Costera	Playa Torrevigía
ES060_ARPS_0207	Arpsi Costera	Castell de Ferro
ES060_ARPS_0208	Arpsi Costera	Cabo de Gata
ES060_ARPS_0209	Arpsi Costera	Las Negras
ES060_ARPS_0210	Arpsi Costera	Mojácar
ES060_ARPS_0211	Arpsi Costera	Playa de la Fontanilla

En relación con los mapas de peligrosidad de inundación causada por el mar en las ARPSIS costeras, de acuerdo con el artículo 10.1. del Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión del riesgo de inundación, es la Dirección General de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico el órgano al que compete la elaboración de esta información.

En tanto no se modifiquen las bases de datos que sirvieron para la elaboración de dichos mapas durante la implantación del primer ciclo de la Directiva, se mantienen los mapas ya publicados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Está prevista en un futuro la actualización de dichas bases de datos con la proyecciones del Quinto Informe del IPCC (AR5) con el fin de incluir los datos estadísticos fundamentales de las nuevas proyecciones, mejorando la calidad de los datos de partida, lo que permitirá a su vez obtener resultados con mejores prestaciones en lo que a regionalización de los resultados y precisión del nivel del mar se refiere.

Esta información de las nuevas variables proyectadas de nivel del mar y oleaje se utilizará para, haciendo uso de la metodología IOLE, revisar la cota de inundación a lo largo de 33.000 perfiles topo-batimétricos cubriendo toda la costa española. La comparación entre la distribución de la nueva cota de inundación proyectada y la histórica en cada perfil servirá para evaluar las posibles repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones en la revisión y actualización de los planes de gestión del riesgo de inundación, de acuerdo con el artículo 21.4 del Real Decreto 903/2010.

Los Mapas de peligrosidad y de riesgo de las Arpsis Costeras están disponibles para los escenarios de probabilidad media (PR 100 años) y probabilidad baja (PR 500 años) y pueden consultarse en el visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la dirección:

<https://sig.mapama.gob.es/snczi/index.html?herramienta=DPHZI>

1.2. MARCO NORMATIVO

- Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, modificado por el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas y posteriores modificaciones.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/85, de 2 de septiembre y modificaciones realizadas con posterioridad.

- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas y sus modificaciones.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.
- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RPH), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas y modificaciones realizadas con posterioridad.
- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por el Consejo de Ministros en su reunión del día 9 de diciembre de 1994.
- Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones, aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del día 29 de julio de 2011.
- Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía
- Acuerdo de 13 de julio de 2004, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Emergencia ante el riesgo de inundaciones en Andalucía.

2 ÁMBITO TERRITORIAL

El ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas queda definido en el Decreto 357/2009, de 20 de octubre de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas de las cuencas intracomunitarias situadas en Andalucía. Según lo dispuesto en el artículo 3 del citado decreto, el ámbito de esta Demarcación Hidrográfica comprende:

“el territorio de las cuencas hidrográficas que vierten al mar Mediterráneo entre el límite de los términos municipales de Tarifa y Algeciras y la desembocadura del río Almanzora, incluida la cuenca de este último río y la cuenca endorreica de Zafarraya, y quedando excluida la de la Rambla de Canales. Comprende además las aguas de transición asociadas a las anteriores.

Las aguas costeras comprendidas en esta demarcación hidrográfica tienen como límite oeste la línea con orientación 144º que pasa por el límite costero de los términos municipales de Tarifa y Algeciras y como límite noreste la línea con orientación 122º que pasa por el Puntazo de los Ratones, al norte de la desembocadura del río Almanzora”.

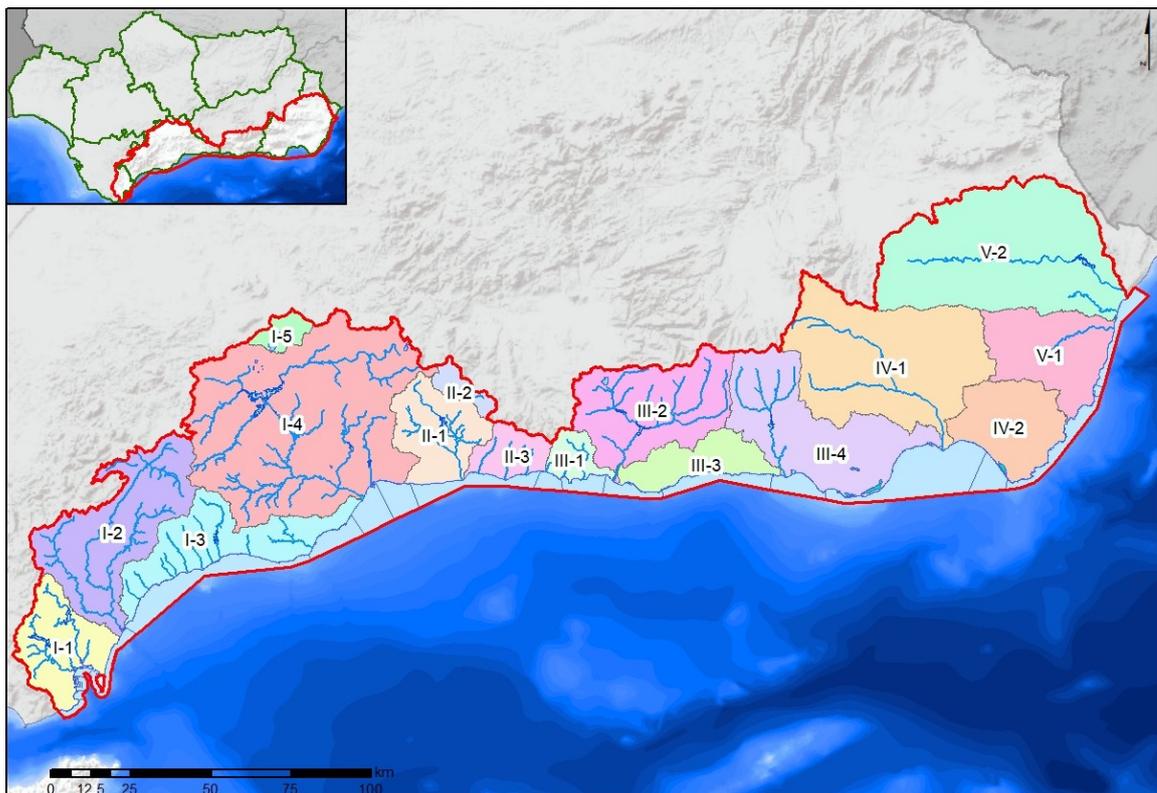


Fig. 1 Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Subsistemas de explotación.

■ Marco territorial y administrativo

El territorio de esta demarcación se extiende sobre una superficie de 20.010 km², de los cuales 17.918 km² pertenecen al ámbito continental y 2.092 km² pertenecen al área ocupada por aguas de transición y costeras. Todo este espacio está enmarcado en la Comunidad Autónoma de Andalucía y en él se integran la mayor parte de las provincias de Málaga y Almería, así como la vertiente mediterránea de la provincia de Granada y el Campo de Gibraltar en la provincia de Cádiz.

La población de la DHCMA asciende a 2.713.466 habitantes (año 2016), los cuales se agrupan en 250 municipios. Además, existe una importante población estacional, estimada en 2012 en unos 475.000 habitantes equivalentes en términos anuales, que supera el umbral de 900.000 en el mes de agosto. El asentamiento de la población es muy dispar, con un contraste muy acusado entre las zonas costeras e interiores. Así, algunos municipios de la Costa del Sol malagueña cuentan con densidades cercanas a 5.000 hab./km², mientras que otros del interior de la provincia almeriense apenas llegan a los 3 hab./km².

Las características más destacadas de la Demarcación se recogen en la siguiente tabla:

MARCO ADMINISTRATIVO DHCMA	
Extensión total de la demarcación (km²)	20.010
Extensión de la parte española (km²)	20.010
Extensión de la parte española continental (km²)	17.918
Población parte española el 1/1/2016 (hab)	2.713.466
Densidad de población (hab/km²)	151,4
Provincias en que se reparte el ámbito	Almería (84,7 % del territorio y 97,1% de la población)
	Cádiz (15,9 % del territorio y 20,1% de la población)
	Granada (20,9 % del territorio y 19,1% de la población)
	Málaga (91,5 % del territorio y 98,5% de la población)
Núcleos de población mayores de 50.000 hab	Málaga (527.810), Almería (165.179), Algeciras (119.449), El Ejido (88.752), Roquetas (91.956), Velez-Málaga (78.890), Mijas (77.769), Fuengirola (77.486), Marbella (74.040), Torremolinos (67.783), Benalmádena (67.245), Estepona (66.683), Motril (60.368) La Línea de la Concepción (57.527).
Nº Municipios	250

■ Marco físico

La Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, que comprende una franja continental de unos 50 kilómetros de ancho y 350 de longitud, está conformada por un conjunto de cuencas de ríos, arroyos y ramblas que nacen en sierras del Sistema Bético y desembocan en el mar Mediterráneo, y se caracteriza por sus fuertes contrastes, tanto en los rasgos físicos del territorio como en sus condiciones climáticas.

El relieve, en general muy montañoso y con una marcada orientación paralela a la costa, presenta los mayores desniveles peninsulares en el sector central, en donde a escasos kilómetros del mar se elevan las cumbres de Sierra Nevada hasta los 3.479 m del pico Mulhacén. Este paisaje accidentado se ve interrumpido esporádicamente por planicies interiores, intensamente cultivadas (Llanos de Antequera, Valle de Lecrín...), o por los valles aluviales y llanuras deltaicas litorales en donde se concentra la mayor parte de la población y de la actividad económica.

El litoral de la demarcación comprende un extenso tramo, observándose diferentes unidades de relieve desde la zona del Estrecho de Gibraltar, donde se ubica la Bahía de Algeciras, hacia el Este, donde se observa la alternancia de costas acantiladas, costas mixtas y desembocaduras fluviales en deltas de variada magnitud.

El clima es quizás uno de los máximos exponentes de variabilidad, no tanto por las temperaturas sino por el régimen de lluvias, muy generoso en el extremo occidental, donde se localiza uno de los máximos nacionales en la cuenca del Guadiaro –llegándose localmente a superar los 2.000 mm de precipitación media anual–, y propio de un ambiente desértico en algunos sectores de la provincia almeriense, con valores inferiores a 200 mm.

Este mosaico de contrastes se ve enriquecido por una acumulación de valores medioambientales que tienen su reflejo en la abundancia, diversidad y extensión de los espacios naturales protegidos a nivel autonómico, nacional o internacional. Entre ellos cabe destacar a dos de los parques más emblemáticos y extensos de Europa (Los Alcornocales y el Parque Nacional de Sierra Nevada), cinco Reservas de la Biosfera (Cabo de Gata-Níjar, Sierra de Grazalema, Sierra Nevada, Sierra de las Nieves y la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo Andalucía (España-Marruecos, que a su vez engloba la Sierra de Grazalema y la Sierra de las Nieves) y siete humedales incluidos en el Convenio Ramsar (Salinas de Cabo de Gata, Albufera de Adra, Laguna de Fuente de Piedra, Paraje Natural Punta Entinas-Sabinar, Humedales Turberas de Padul, la Reserva Natural Lagunas de Campillos y la Reserva Natural Lagunas de Archidona).



Fig. 2. Mapa físico de la demarcación

■ Rasgos geológicos

Geológicamente, el territorio de la demarcación se encuadra dentro del sistema de las Cordilleras Béticas, estando representadas la mayor parte de las distintas unidades en que se subdivide dicho ámbito con la excepción de las más septentrionales, que pertenecen a las cuencas adyacentes (Guadalete-Barbate, Guadalquivir y Segura).

Las Cordilleras Béticas se dividen en dos grandes conjuntos: las Zonas Externas y las Zonas Internas. Las Zonas Externas (Prebética y Subbética), situadas al norte, están formadas por materiales sedimentarios, de edad comprendida entre el Trías y el Mioceno inferior, afectados por la orogenia alpina. Tienen una estructura de cobertera plegada y desarrollo de mantos de corrimiento. Ambas zonas a su vez se subdividen en subzonas. En cuanto a las Zonas Internas, comprenden a la Zona Bética y al complejo Dorsaliano. La Zona Bética presenta materiales de edad paleozoica que han sufrido procesos de metamorfismo; se subdivide en tres complejos, denominados según su posición tectónica de inferior a superior: Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide. Al complejo Dorsaliano se asignan una serie de unidades, en su mayor parte carbonatadas, que bordean por el norte en una franja discontinua a los materiales Maláguides y, más raramente, a los Alpujárrides.

En una posición tectónica intermedia entre las Zonas Internas y Externas se ubican las Unidades del Campo de Gibraltar, constituidas por materiales turbidíticos de facies flysch con edades comprendidas entre el Cretácico inferior y el Mioceno inferior.

Completan la cordillera los materiales neógenos de las depresiones interiores (Ronda, Antequera, Padul, Vera...) y las manifestaciones volcánicas del Neógeno-Cuaternario representadas en el Cabo de Gata (Almería).

■ Hidrografía

Los ríos de la demarcación en sus cursos altos se ajustan a las líneas estructurales del relieve y los contactos litológicos con rocas más blandas y de inferior grado de compacidad, mientras que en sus cursos medios y bajos se encajan sobre materiales de sedimentación neógena, tales como limos, margas y areniscas, generando frecuentes glaciais.

En este contexto hidrográfico cabe distinguir tres tipos de redes de fronteras no siempre bien definidas: una de carácter dendrítico y jerarquizada en los cursos más importantes (Guadiaro, Guadalhorce, Guadalfeo, Adra, Andarax y Almanzora); otra también dendrítica y con cierta jerarquización cuyos cauces, a menudo de morfología "rambla" en los tramos medios y bajos, presentan en general un régimen de caudales caracterizado por su gran variabilidad (Guadalmedina, Vélez, Verde de Almuñécar, etc.); y una última, con disposición "en peine" perpendicular a la costa y compuesta por innumerables arroyos de fuerte pendiente, corto recorrido y aportes esporádicos.

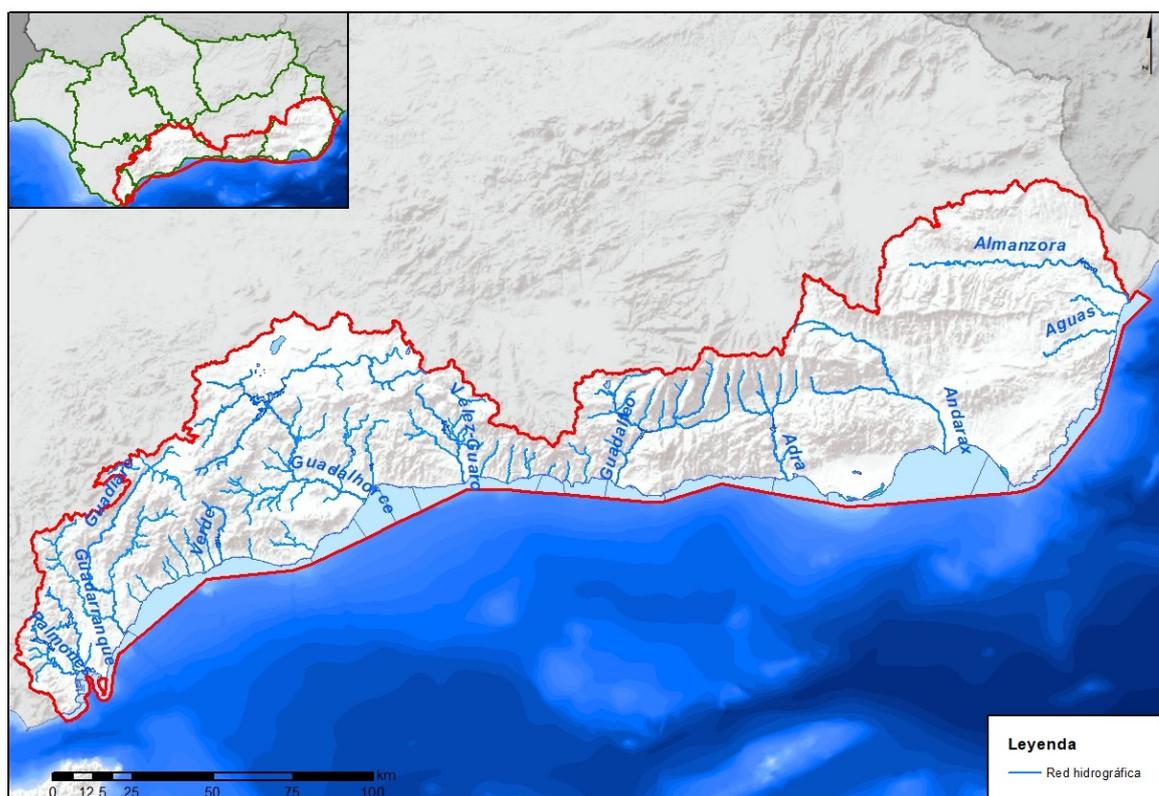


Fig. 3. Estructura de la red hidrográfica

Tras la aprobación del primer ciclo de planificación del riesgo de inundación se ha publicado una clasificación hidrográfica de los ríos de España (Centro de Estudios Hidrográficos, 2016b) que utiliza el sistema Pfafstetter (Pfafstetter, 1989; Verdin y Verdin, 1999). Este sistema, que codifica ríos y cuencas, ha sido adoptado por numerosos países y, además, es el propuesto por la Comisión Europea (Comisión Europea, 2003e).

La información del citado trabajo puede consultarse en la dirección web: <https://sig.mapama.gob.es/Docs/PDFServiciosProd2/RiosPfafs.pdf>. Entre los contenidos generados se encuentra, además de la red fluvial clasificada y de tablas con las características principales de los cauces, mapas en celdas de 25x25 metros de direcciones de drenaje y de acumulación del flujo.

■ Masas de agua

Las masas de aguas constituyen el elemento básico de aplicación de la Directiva Marco de Aguas, por lo que su identificación y delimitación ha de ser precisa y, en la medida de lo posible, estable, para facilitar su seguimiento y registrar inequívocamente su evolución. No obstante, ha de tenerse presente que en esta identificación es preciso buscar un equilibrio en la dimensión de la masa de agua, que favorezca la correcta y detallada descripción de su estado, junto a la posibilidad práctica de su manejo (Comisión Europea, 2002a). Es decir, que la identificación de masas de agua debe realizarse con la precisión suficiente para posibilitar una aplicación transparente, consistente y efectiva de los objetivos perseguidos, evitando subdivisiones innecesarias así como dimensiones excesivas que puedan dificultar una explicación consistente.

Superficiales

La identificación de las masas de agua superficial se ha realizado con base en los criterios definidos en la IPHA, inspirados por el “Documento Guía n.º 2: Identificación de Masas de Agua”, de la Estrategia Común de Implantación de la DMA (Comisión Europea, 2002a). Para ello, las masas de agua superficial se han dividido por categorías (ríos, lagos, aguas de transición y costeras) y tipos dentro de cada categoría. La Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

■ Marco biótico

La interacción entre el régimen climático y las características fisiográficas del medio constituye un proceso complejo del que se deriva una diversidad de condiciones que van a determinar el marco biótico de la DHCMA. Las diferencias altitudinales y de orientación generan microclimas muy variados a lo largo y ancho de todo el territorio, a los que se adaptan plantas y animales, mientras que la existencia del Estrecho de Gibraltar también induce condiciones climáticas singulares en el litoral mediterráneo entre Algeciras y Adra.

El marco natural de la demarcación se caracteriza por la existencia de numerosas unidades ambientales como las sierras interiores, sierras litorales, ríos, ramblas, lagunas litorales, marismas y estuarios, dunas y arenales, acantilados, etc. La importancia del entorno viene refrendada por la presencia de numerosos hábitats de

interés comunitario incluidos en la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CE) y en la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Ley 42/2007).

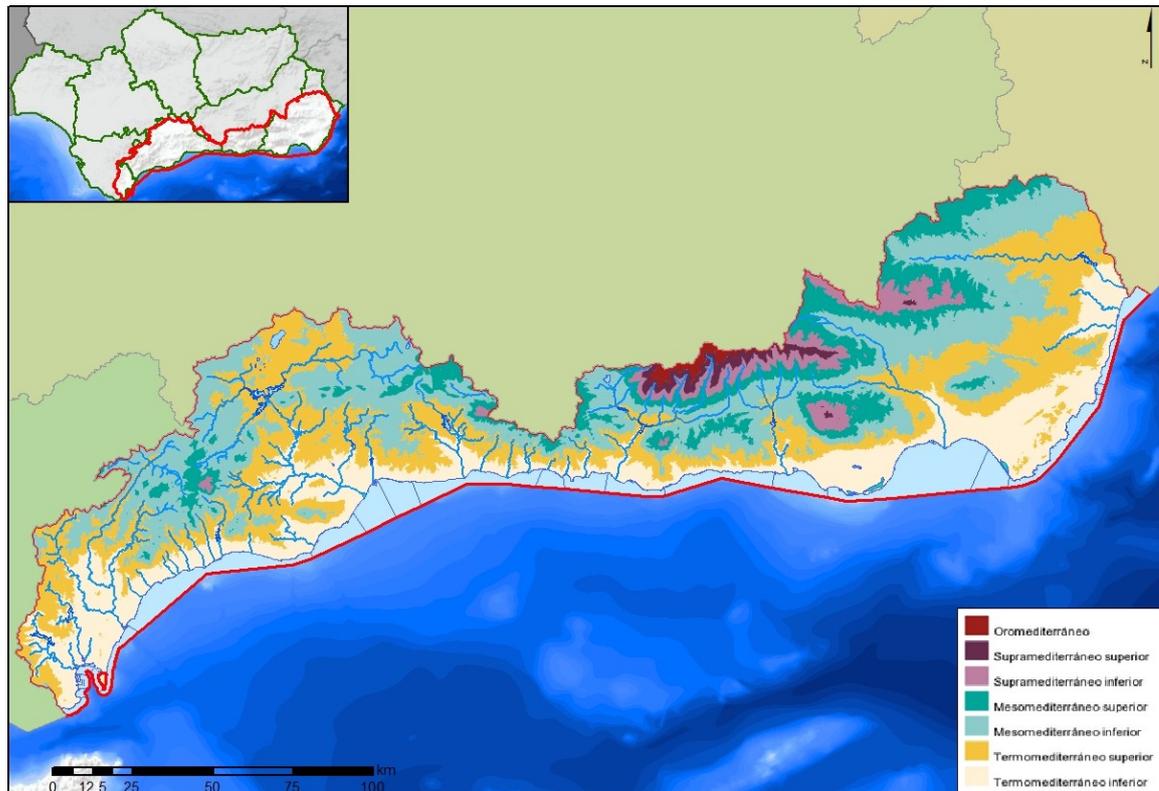


Fig. 4. Distribución Pisos bioclimáticos.

Zona continental

La diversidad de climas, unida a la altimétrica y edafológica, va a dar lugar en la zona continental de la Demarcación a una vegetación variada. Los ecosistemas forestales, menos densos que los de las selvas subtropicales, son sin embargo mucho más ricos y diversos en adaptaciones, teniendo por principal característica la esclerofilia. Entre las especies forestales más características se encuentran frondosas como el quejigo, el alcornoque, el acebuche y la encina, junto a coníferas como los pinos carrasco, pináster y silvestre (éste en las sierras Nevada, Baza y Filabres), aunque el papel estelar en este sentido le corresponde sin duda al pinsapo, especie de abeto relíctica de la Serranía de Ronda, que alberga algunos de sus últimos bosques en el mundo.

No obstante, el ecosistema mediterráneo no sólo es dominio de la variedad vegetal sino también de la animal. Entre la fauna singular hay que destacar numerosas especies como el camaleón (*Chamaleo chamaleo*), que vive sobre matorral, el águila imperial (*Aquila adalberti*), la nutria (*Lutra lutra*), especie que es indicadora de cursos de agua limpios y poco alterados, y el galápago leproso (*Mauremys leprosa*), con escasa distribución en la demarcación. Los ríos y arroyos constituyen un elemento esencial para el mantenimiento de una avifauna específica de soto que se alimenta de numerosos insectos que allí habitan.

Zona litoral

El litoral andaluz se encuentra en una encrucijada de tres regiones biogeográficas marinas (Lusitana, Mauritana y Mediterránea), lo que determina que su biodiversidad sea en este sentido de las más altas de Europa. Esta riqueza se refleja en las comunidades vegetales presentes, muchas de ellas protegidas por la diferente legislación estatal y comunitaria.

La composición de la flora marina se caracteriza principalmente por la presencia de praderas de fanerógamas. Así, los acantilados de Maro-Cerro Gordo muestran una gran biodiversidad, donde destaca la presencia de *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* y *Cymodocea nodosa*, que forman praderas de gran riqueza y complejidad biológica y que suponen zonas vitales para el desove y alevinaje de muchas especies de peces. Por su parte, en el litoral almeriense se encuentran las cuatro especies fanerógamas marinas presentes en la Península Ibérica: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*

También aparecen comunidades de algas pardas y rojas con *Cystoseira mediterranea*, *C. spinosa*, *C. tamariscifolia*, *Lythophyllum incrustans*, *Janica rubens*, *Corallina granifera*, *Mesophyllum lichenoides*, *Spongites notarisii*, como especies más representativas o indicadoras de calidad.

Respecto a la fauna marina, la riqueza también es singular pudiendo encontrar gran cantidad de invertebrados como la esponja (*Spongia officinalis*), el coral estrellado (*Astroides calycularis*), anémonas, equinodermos como la estrella purpúrea (*Ophidiaster ophidianus*) y moluscos como el dátil de mar (*Lithophaga lithophaga*). Entre los crustáceos son importantes las poblaciones de camarones (*Palaemon serratus*), el centollo (*Maja squinado*) y la langosta (*Palinurus elephas*). La variedad de hábitats que propician las praderas de posidonias contribuyen a esta gran biodiversidad. Destacan además especies de peces neríticas, como los sargos (*Diplodus annularis* y *Diplodus cervinus*), la dorada (*Sparus auratus*) y el pez luna (*Mola mola*); reptiles como la tortuga boba (*Caretta caretta*), y cetáceos como el delfín común (*Delphinus delphis*) y el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), entre otros.

■ Paisaje y ocupación del suelo

En el ámbito de la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas se pueden diferenciar claramente las siguientes Categorías y áreas paisajísticas:

Categorías paisajísticas	Áreas paisajísticas	%
Serranías	Serranías de alta montaña	1,3%
	Serranías de baja montaña	2,2%
	Serranías de montaña media	54,2%
Campiñas	Campiñas de piedemonte	4,6%
	Campiñas intramontanas	1,3%

Categorías paisajísticas	Áreas paisajísticas	%
Vegas, valles y marismas	Valles, Vegas y Marismas litorales	3,6%
	Valles, Vegas y Marismas interiores	4,2%
	Vegas y Valles esteparios	2,9%
	Vegas y Valles intramontanos	0,7%
Altiplanos y subdesiertos esteparios	Altiplanos esteparios	1,1%
	Campiñas esteparias	2,0%
	Subdesiertos	7,0%
Litoral	Costas acantiladas	0,8%
	Costas con Campiñas costeras	9,2%
	Costas con Sierras litorales	3,6%
	Costas mixtas	1,4%

Los paisajes serranos son los que mayor superficie ocupan (57,5%), a los que siguen los litorales (14,9%), los valles, vegas y marismas (11,4%) y los paisajes esteparios o altiplanos (10,2%). Las campiñas aparecen sólo en un 6,0% del territorio.

Cada una de las citadas categorías paisajísticas presenta a su vez distintas unidades fisionómicas diferenciables en función de los usos y coberturas del suelo presentes. En este sentido, se puede hablar de una mayor presencia de coberturas con predominio de elementos naturales (39,0%), de las que abundan especialmente breñales no arbolados y, en menor medida, los espartizales y los breñales arbolados. Los usos agrícolas y las formas de paisaje de tipo geomorfológico se reparten por el territorio casi en igual proporción (30,0% y 28,1% respectivamente), de manera que sólo un 3% escaso de la superficie corresponde a usos urbanos o áreas alteradas como minas, escombreras, salinas o embalses. De las coberturas agrícolas presentes, las tierras de labor, los almendrales y otras arboledas de secano son los que mayor extensión ocupan (casi 3.000 km² conjuntamente), mientras que en el caso de los paisajes con elementos predominantemente geomorfológicos abundan especialmente los roquedales calizos.

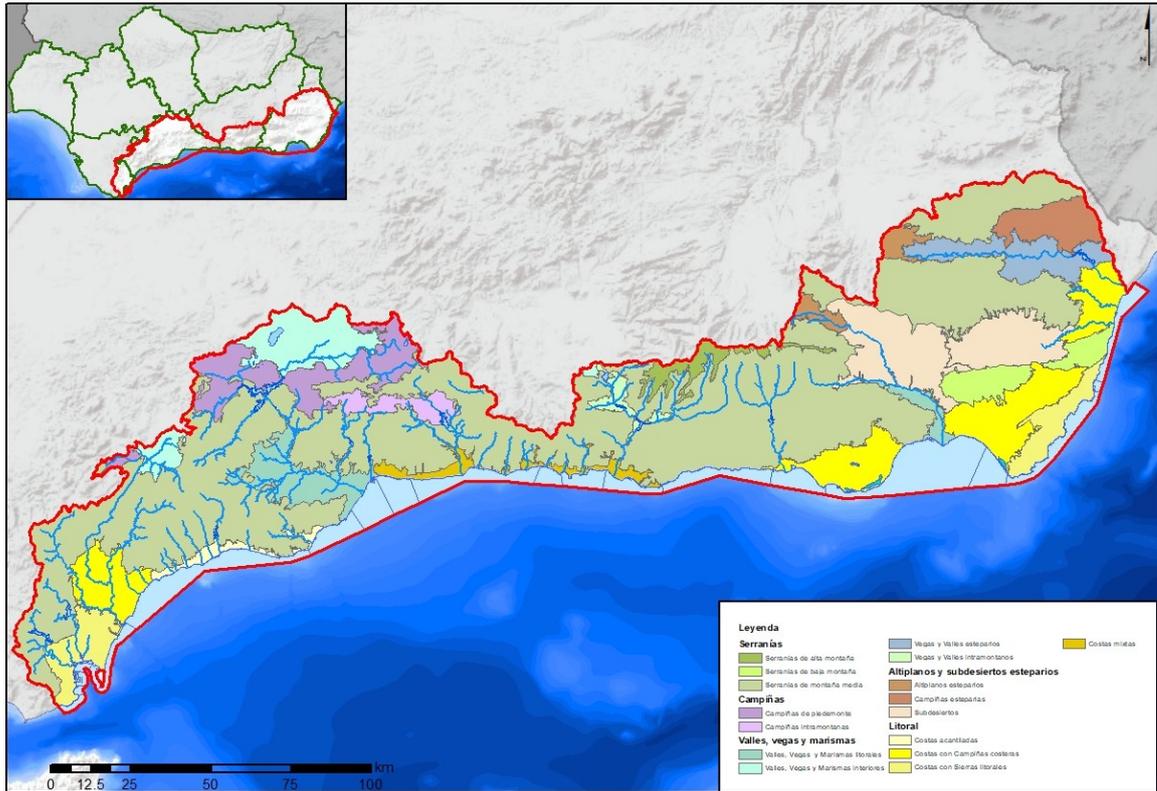


Fig. 5. Categorías y áreas paisajísticas

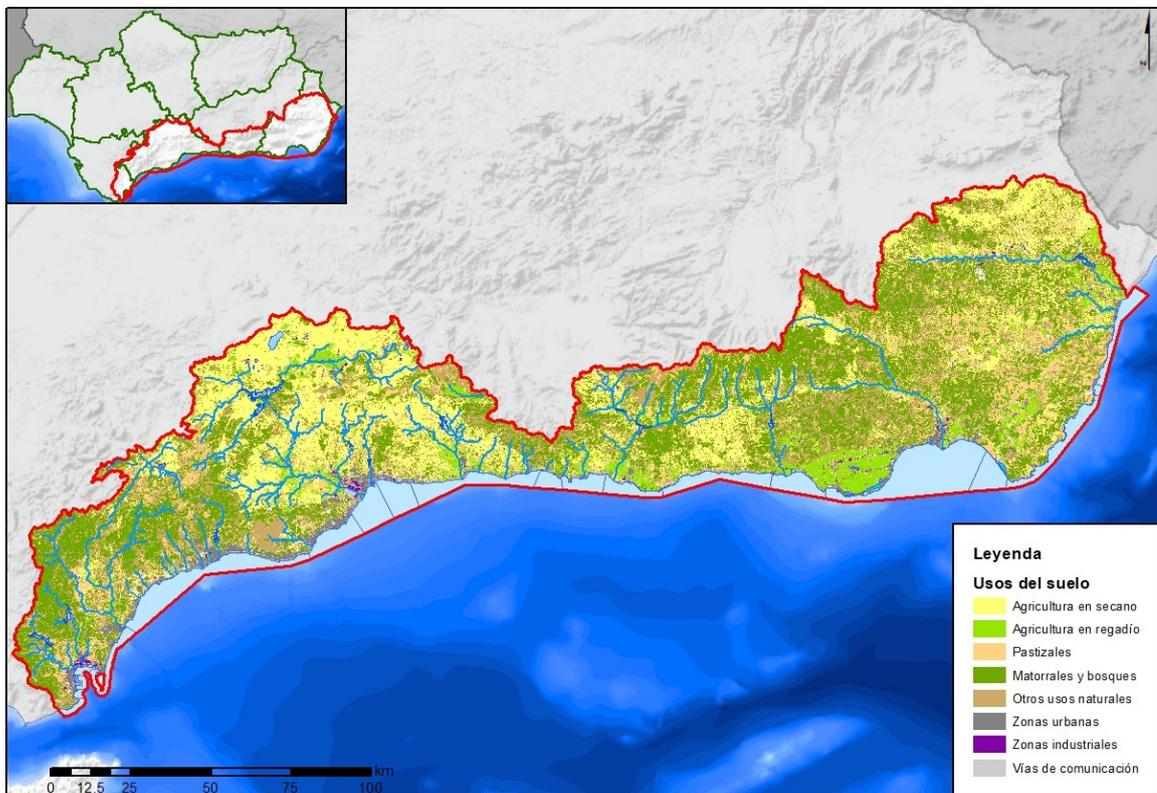


Fig. 6 Distribución de usos del suelo

La información sobre ocupación del suelo está disponible a escala 1:25.000 para todo el territorio nacional a través del SIOSE (<http://www.siose.es/>).

■ Patrimonio hidráulico

La demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas cuenta con una serie de infraestructuras hidráulicas que conforman su patrimonio hidráulico, las cuales son titularidad de la Junta de Andalucía y están gestionadas desde la Dirección General de Infraestructuras y Explotación del Agua. A continuación, se recoge una tabla resumen del número de infraestructuras hidráulicas existentes en la demarcación:

Tipo de infraestructura		Nº Elementos
Estaciones de tratamiento	EDARs	245
	ERADs	8
Obras de regulación	Presas	48
	Volumen de embalse	1.174 hm ³
Desaladoras		6

Inventario de infraestructuras hidráulicas.

En total son 14 los **embalses** más importantes de la demarcación que se han incluido como masas de agua superficial clasificadas como muy modificadas (embalse), debido a sus características.

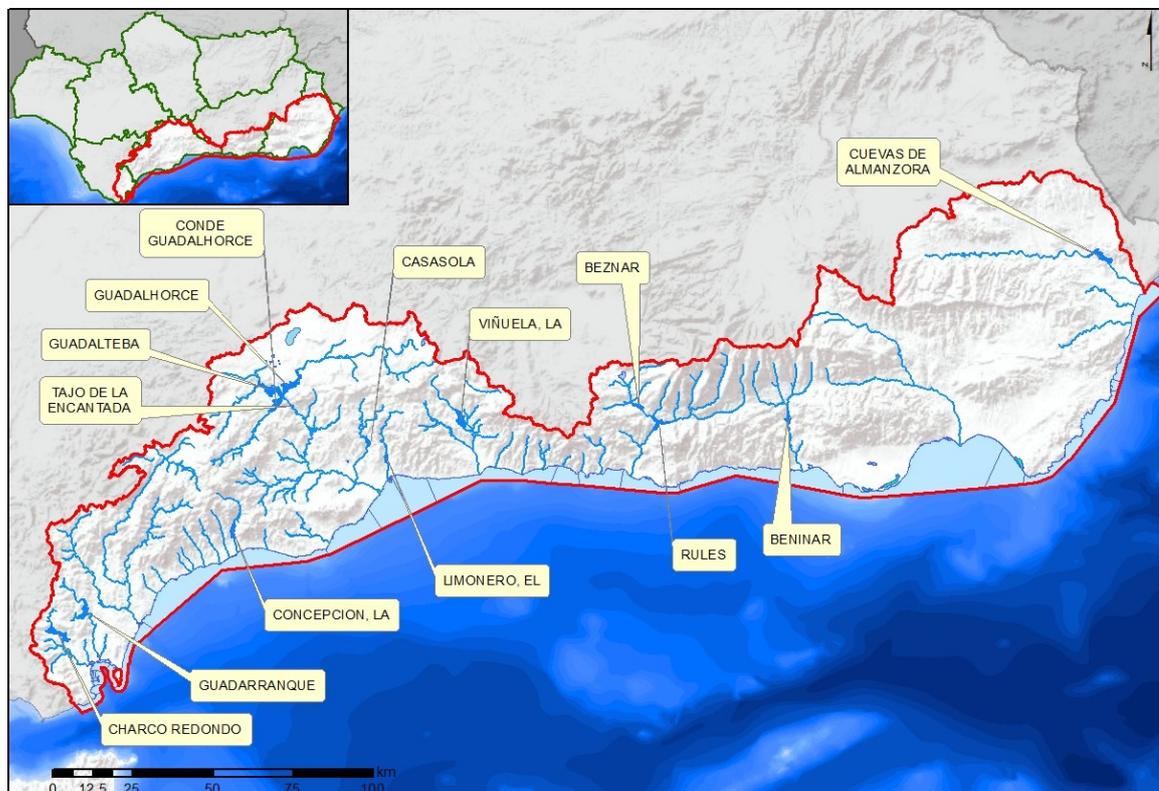


Fig. 7. Principales embalses de la demarcación

En la siguiente Tabla se describen las principales características de estos embalses.

Nombre	Masa de agua	Capacidad (hm ³)	Superficie embalse (ha)	Uso ²	Año	Altura presa sobre cimientos (m)	Tipología presa
Charco Redondo	ES060MSPF0611020	73	508	A, R	1983	71,7	Materiales sueltos homogénea
Guadarranque	ES060MSPF0611090	87	435	A, R	1965	72,0	Materiales sueltos homogénea
La Concepción	ES060MSPF0613130	57	214	A	1971	89,6	Gravedad
Guadalhorce	ES060MSPF0614030	126	780	A, R, P	1973	75,0	Materiales sueltos núcleo arcilla
Guadalteba	ES060MSPF0614060	196	775	A, R, P	1972	84,0	Materiales sueltos núcleo arcilla
Conde de Guadalhorce	ES060MSPF0614080	84	546	A, R, P	1921	74,0	Gravedad
Casasola	ES060MSPF0614190	23	112	A, D	1999	76,0	Arco Gravedad
El Limonero	ES060MSPF0614240	25	105	A, D	1983	95,0	Materiales sueltos núcleo arcilla
La Viñuela	ES060MSPF0621020	170	565	A, R, D	1986	96,0	Materiales sueltos núcleo arcilla
Béznar	ES060MSPF0632100	54	170	A, R, D, P	1986	134,0	Bóveda
Rules	ES060MSPF0632130 B	113	309	A, R, D, P	2003	130,0	Arco Gravedad
Benínar	ES060MSPF0634060	70	243	A, R, D	1988	87,0	Materiales sueltos núcleo arcilla
Cuevas de Alanzora	ES060MSPF0652050	169	526	A, R, D	1986	116,8	Materiales sueltos núcleo arcilla

En la cuenca existe un total de 15 **sistemas de conducción** importantes que vertebran los distintos sistemas de distribución con el fin de satisfacer las demandas de la demarcación. En el siguiente cuadro se recogen sus principales características:

Denominación	Ubicación
Trasvases Charco Redondo	Subsistema I-1
Conducciones Campo de Gibraltar	Subsistema I-1
Trasvases La Concepción	Subsistema I-3
Conducciones abastecimiento Costa del Sol Occidental	Subsistema I-3
Conducciones riegos Guadalhorce	Subsistema I-4
Conexión Málaga-Viñuela	Subsistemas I-4 y II-1
Trasvases Viñuela	Subsistema II-1
Conducciones Sistema Viñuela	Subsistemas II-1 y II-3
Conducciones riegos Motril-Salobreña	Subsistemas III-1, III-2 y III-3

² A: Abastecimiento; R: Riego; D: Defensa; P: Energía.

Denominación	Ubicación
Sistema Contraviesa	Subsistemas III-2 y III-3
Conducción Beninar-Aguadulce	Subsistema III-4
Conducción Carboneras-Níja	Subsistemas IV-2 y V-1
Conducciones Levante Almeriense	Subsistemas V-1 y V-2
Trasvase Negratín	Subsistema V-2
Trasvase Tajo-Segura	Subsistema V-2

Principales conducciones.

■ Estadística climatológica e hidrológica

Con el fin de poder caracterizar episodios extremos se procede a estudiar las series diarias con el objetivo de localizar los valores extremos de precipitaciones diarias, así como los caudales máximos y mínimos, que permitirán definir el marco climático e hidrológico de la Demarcación.

Zona	Precipitación máx. 24 h (mm)	Fecha	Pluviómetro
I-1	229,2	01/03/2005	002P01 Sierra de Luna
I-2	229,9	15/12/1995	014P01 Pujerra
I-3	243,5	15/12/1995	006P01 Los Reales
I-4	236,6	28/09/2012	018P01 El Torcal
I-5	92,7	28/09/2012	028P01 Laguna de Fuente de Piedra
II-1	175,7	18/11/2012	025P01 Santón Pitar
II-2	-	-	-
II-3	126,4	21/09/2007	044P01 Torrox
III-1	224,9	12/11/1996	049P01 Río Verde (Cázuas)
III-2	303,0	24/12/2009	066P01 Capileira
III-3	242,1	12/11/1996	047P01 Lújar
III-4	182,9	12/11/1996	057P01 Bayárcal
IV-1	112,2	27/09/1997	090P01 Andarax y Nacimiento (Terque)
IV-2	-	-	-
V-1	117,3	28/09/2012	096P01 Sorbas
V-2	240,4	28/09/2012	083P01 Sierra Almagro

Valores extremos de la serie diaria de precipitaciones registrados en los pluviómetros de la red SAIH. Serie 1995/96-2012/13.

Zona	Caudal máximo (m ³ /s)	Fecha	Estación de aforo
I-1	70,24	19/12/1990	0083 Charco Redondo
I-2	455,38	26/12/2000	0060 San Pablo de Buceite
I-3	11,42	22/01/1996	0102 Puente Manantial

Zona	Caudal máximo (m ³ /s)	Fecha	Estación de aforo
I-4	342,31	27/12/1989	0002 Tajo de la Encantada (El Chorro)
I-5	-	-	-
II-1	103,50	28/03/2004	0047 Salto del Negro
II-2	12,05	21/01/1996	0096 La Alcaicería
II-3	32,75	07/11/1982	00020 La Umbría
III-1	16,45	24/12/2009	0052 Cázulas
III-2	77,50	23/02/2010	0101 Puente Órgiva
III-3	-	-	-
III-4	31,89	19/12/1989	0069 Darrícal
IV-1	19,57	03/02/1993	0024 Canjáyar
IV-2	-	-	-
V-1	16,98	28/09/2012	0025 Turre
V-2	107,99	07/09/1989	0073 Santa Bárbara

Valores máximos de la serie diaria de aforos. Serie 1980/81-2015/16

3 METODOLOGÍA DE LOS MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO

Tal y como se ha indicado anteriormente, el ámbito espacial del presente documento corresponde al ámbito territorial de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas definido en el Decreto 357/2009, de 20 de octubre, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas situadas en Andalucía y más concretamente a las áreas de riesgo declaradas en esta demarcación.

Para la elaboración de los Mapas de las áreas declaradas ARPSIs se han utilizado criterios basados en la información geomorfológica e histórica, así como técnicas avanzadas en cartografía y modelización hidráulica unidimensional y bidimensional. Para ello se ha seguido el procedimiento indicado en la *Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*, así como en el documento *Propuesta de mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación* editados ambos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).

La elaboración de los Mapas de Peligrosidad y de Riesgo de Inundación se ha llevado a cabo clasificando las ARPSIs identificadas en la fase de Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación en tres grupos dependiendo de la información disponible:

- Con el fin de aprovechar de la forma más eficiente posible los recursos disponibles, en el primer grupo se incluyen las ARPSIs para las que se disponía de estudios hidrológicos e hidráulicos realizados en desarrollo del Programa de Actuación del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en cauces urbanos de Andalucía, y cuyos resultados siguen siendo válidos para la evaluación del riesgo de inundación de dichas áreas.
- En el segundo grupo se incluyen determinadas ARPSIs que aún estando dentro del ámbito de los estudios hidrológicos e hidráulicos anteriores, se ha considerado necesaria su revisión al considerarse que los fenómenos meteorológicos recientes acontecidos, los cambios geomorfológicos o de los usos del suelo merecen una comprobación de los resultados que se obtuvieron, ya que se han podido producir alteraciones significativas en los procesos de inundación y en el grado de vulnerabilidad de dichas áreas. Dentro de esta situación se encuentran la ARPSI del río Palmones; ocho cauces de la Costa del Sol occidental (Arroyo Enmedio, río Padrón, río Castor; río Guadalmanza, arroyo Chopo, río Fuengirola; río Pajares y arroyo Ceuta); un sector del tramo inferior del río Guadalhorce en el término de Málaga (río Guadalhorce y arroyos Merino y Cañas); ocho cauces de la Costa del Sol oriental (Arroyo Toquero, Arroyo Mayorazgo, Arroyo Granadillo, Arroyo Benagalbón, río Vélez, río Seco de Vélez, río Güi y río Chillar) y la ARPSI afluente del río Andarax en Huércal (Almería). Estas ARPSIs han sido objeto de un nuevo estudio hidrológico e hidráulico del ámbito completo sobre una base cartográfica actualizada.
- En el tercer grupo se integran aquellas ARPSIs para las que no se disponía de estudios previos, por lo que era necesaria la elaboración de estudios específicos, siguiendo los criterios de la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema

Nacional de Cartografía de Zonas Inundables y cuyo procedimiento se explica más adelante. Dentro de esta situación se encuentra la ARPSI de Zafarraya (provincia de Granada) y las nuevas ARPSIS declaradas en este segundo ciclo fuera de los estudios anteriores (29 en total): siete arroyos en el T.M. de la Línea de la Concepción; arroyo del Rincón en Campillos; río de la Venta en Teba; cinco barrancos en la Costa del Sol oriental; las ramblas del Cautor y Huarea en la costa de Granada; la rambla del Vínculo en el poniente de la provincia de Almería; dos tramos en la cuenca del río Andarax (un tramo en el propio río Andarax, en cabecera y otro en la subcuenca del río Nacimiento); la rambla del Pantano en Níjar; barranco de Gafarillos en Carboneras; barranco Cañada de la Viña en el río Aguas; rambla de Solanillo en Antas y seis tramos en la cuenca del río Almanzora (tres subtramos del propio río Almanzora y tres tramos en ramblas de la misma cuenca).

3.1. RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS DE INUNDACIÓN EXISTENTES

Como se ha comentado en el apartado anterior, dentro de la Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, antes del comienzo de los trabajos de confección de los Mapas de Riesgo y Peligrosidad del 2º Ciclo de Planificación se disponía de estudios hidrológico-hidráulicos de diversas subcuencas que han sido realizados por la Administración Hidráulica Andaluza en el marco del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces (PCAI) y otros estudios llevados a cabo por la Dirección General de Planificación y Recursos Hídricos de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

El objetivo de dichos estudios fue obtener el comportamiento hidráulico de los principales cauces que discurren por su ámbito territorial mediante:

- La delimitación de zonas inundables para distintos periodos de retorno.
- La identificación de los niveles de riesgo inundación para diferentes períodos de retorno.
- La identificación de los núcleos urbanos afectados por riesgo de inundación y su clasificación en niveles de riesgo de acuerdo con los criterios establecidos en el Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en cauces urbanos andaluces.
- El inventario de infraestructuras y edificaciones en zonas inundables rurales.
- La propuesta de aptitud de los terrenos inundables para los distintos usos.
- En algunos de los estudios la definición de la Zona de Flujo Preferente.
- El estudio de las actuaciones y medidas de carácter preventivo para minimizar la problemática de las inundaciones.

Los ámbitos con estudios existentes son los enumerados en la siguiente Tabla.

SUBCUENCAS	DENOMINACIÓN DEL ESTUDIO
RÍO GUADARRANQUE	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS INUNDACIONES DEL RÍO GUADARRANQUE
RÍO GUADIARO	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y LA ORDENACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO GUADIARO
RÍO GUADALHORCE	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y LA ORDENACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO GUADALHORCE
PONIENTE ALMERIENSE, BAJO ANDARAX, ALMERÍA Y NIJAR	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES Y LA ORDENACIÓN DE LA CUENCAS DEL PONIENTE ALMERIENSE, BAJO ANDARAX, ALMERÍA Y NIJAR
LEVANTE ALMERIENSE	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA ORDENACIÓN DE LAS CUENCAS DEL LEVANTE ALMERIENSE
COSTA SOL OCCIDENTAL	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA ORDENACIÓN DE LAS CUENCAS DE LA COSTA DEL SOL OCCIDENTAL
COSTA SOL ORIENTAL	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA ORDENACIÓN DE LAS CUENCAS DE LA COSTA DEL SOL ORIENTAL
LITORAL DE GRANADA	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA ORDENACIÓN DE LAS CUENCAS DEL LITORAL DE GRANADA.
RÍO PALMONES	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LA ORDENACIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PALMONES

Para la obtención de la cartografía de estos trabajos se emplearon, entre otros, modelos realizados a partir del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), así como estudios con tecnología LiDAR, realizados ad hoc.

Dadas las elevadas dimensiones de las distintas áreas, se desarrollaron dentro de los distintos estudios trabajos de elección previa de los tramos de mayor interés desde el punto de vista de la prevención de inundaciones.

Se realizaron Modelos Digitales de Terreno (MDT) y Modelos Digitales de Superficie (MDS) donde se representaban datos obtenidos directamente del sensor LiDAR. Los

Modelos Digitales del Terreno elaborados en los diferentes estudios por subcuencas tienen una resolución de al menos 1 punto por metro cuadrado, con una precisión altimétrica media por intervalos de 15 cm.

Posteriormente, mediante trabajo de gabinete, se llevaron a cabo para las distintas zonas modelos digitales de elementos sobre el terreno, fruto de restar del modelo de superficie el modelo digital de terreno (MDS–MDT).

Para la obtención de los caudales necesarios y el análisis de las zonas inundables se realizaron en primer lugar los correspondientes estudios de pluviometría, que unidos a los modelos digitales del terreno permitieron realizar los cálculos hidrológicos. A partir de los caudales obtenidos se llevaron a cabo los distintos estudios hidráulicos concluyendo con la identificación de las distintas zonas inundables.

De este modo, para cada una de las ARPSIs identificadas en la fase de EPRI se han recopilado los estudios previamente realizados por esta Administración Hidráulica y se han analizado y contrastado con el histórico de fenómenos meteorológicos dándoles validez cuando dicho contraste ha sido coherente. A partir de los datos obtenidos en dichos estudios se ha podido llevar a cabo la realización de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación para las zonas incluidas en dichos ámbitos de estudio.

3.2. ELABORACIÓN DE NUEVOS ESTUDIOS Y REVISIÓN DE LOS EXISTENTES

Tanto en las Áreas de Riego Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) para las que no se disponía de cartografía de riesgo de inundación a partir de estudios previos como en aquellas áreas en las que se ha considerado necesario revisar los estudios existentes por haberse dectado cambios importante en las condiciones topográficas y de usos del suelo, se ha procedido a la realización de nuevos estudios siguiendo la metodología que se expone en los siguientes apartados.

- **Recopilación de la información necesaria**

En esta fase de los trabajos se ha recopilado y analizado la información disponible relativa a cartografía, red hidrográfica, morfología, usos del suelo, información catastral, identificación de las infraestructuras hidráulicas existentes, recopilación de estudios sobre inundaciones e influencia del cambio climático sobre la problemática de las inundaciones. Además se ha añadido una nueva componente generada a partir de la información catastral que ha permitido concretar las afecciones y las valoraciones económicas de los daños generados por las inundaciones.

- **Análisis de la información preliminar**

En esta fase se ha obtenido la información necesaria para actualizar los estudios disponibles y elaborar los nuevos, que han sido empleados en la confección de los mapas para el presente ciclo de planificación (2021-2027). La recopilación de esta información se ha centrado en aquella documentación relevante para la finalidad y alcance de los trabajos.

En los ámbitos ya estudiados previamente se ha realizado una revisión de la información disponible y se ha completado con los estudios de campo, mientras que en los nuevos ámbitos se ha realizado dicho estudio al completo. A estos efectos se ha contactado con los organismos públicos implicados, completando la información disponible de la Administración Hidráulica con los trabajos de campo y de gabinete.

Con la información recopilada se ha realizado un análisis histórico y geomorfológico de los tramos de estudio, análisis de las zonas inundables y sus antecedentes, proyectos e informes sobre obras de defensa contra inundaciones o con incidencia en la inundabilidad del área ejecutada.

Entre la documentación analizada destacan:

- Planes Generales y otros Instrumentos de planificación urbanística, aprobados y ejecutados.
- Planes sectoriales: Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, Planes Rectores de Uso y Gestión, y los Planes de Protección del Medio Físico; Plan especial de Sequía; Plan de prevención de Avenidas e Inundaciones.
- Planificación Hidrológica y en materia de prevención del riesgo de inundación, así como cualquier información hidrológica e hidráulica de interés para el cumplimiento de los objetivos .
- Los Programas de Actuación ejecutados por los organismos presentes en el territorio afectado, de ámbito local, estatal o autonómico y sus entes asociados.
- Información de carácter ambiental, morfológica, antrópicas, cartográfica, orto-fotográfica, fotográfica y otras relacionadas con las inundaciones y los cauces de la zona.
- Estudios sobre inundaciones históricas, para lo que se ha elaborado un inventario y base de datos de éstas, recopilando tanto la información gráfica como la audiovisual, señalando el punto de ocurrencia.
- Estudio de impactos-presiones antrópicas a las que está sometida las cuencas objeto de estudio y sus redes hidrográficas, basado fundamentalmente en la información cartográfica y orto-fotografías del ámbito de estudio. Este estudio ha sido completado con los datos de campo, en cuyo recorrido se ha realizado un inventario del Patrimonio hidráulico existente y se han localizado y definido los puntos de vertidos y captación de aguas. Se han caracterizado las diferentes tipologías de presiones para su identificación, cartografiado y estudio, definiendo los impactos y proponiendo medidas para reducir o suprimir los mismos.

Estos datos han sido contrastados con la información sobre concesiones y licencias en la zona, así como con la información catastral.

Con toda la información revisada y elaborada se ha creado una Base de Datos que ha sido implementada en un Proyecto SIG con las capas de información georreferenciadas para su análisis y gestión.

Además, también han sido incorporados a la información los resultados del procedimiento de Información y Consulta Pública de la Evaluación Preliminar.

- **Determinación y análisis de las áreas de estudio.**

Los estudios disponibles en la Administración Hidráulica Andaluza han servido de base de partida para los trabajos realizados en el presente documento, habiéndose recopilado aquella información disponible para distintas subcuencas o ámbitos fluviales de la demarcación.

Para la completa definición de los ámbitos objeto de estudio se han tenido en cuenta las actuaciones que han podido afectar a las condiciones hidráulicas de la red hidrográfica de la zona, bien directamente por haberse ejecutado en puntos colindantes a los cauces o en sus llanuras de inundación, o bien indirectamente por modificar las condiciones de generación y escorrentía de los caudales originados en la cuenca.

Del mismo modo, se han producido cambios en los usos del suelo, unas veces por ocupaciones antrópicas o por modificación de hábitos de cultivo, y otras veces por causas naturales relacionadas con la vegetación, con los ciclos de erosión-sedimentación, u otras variables climáticas.

Para tener en cuenta esto, se han realizado un estudio de gabinete a partir de la información gráfica disponible y en particular de las fotografías aéreas más recientes y su comparación con las utilizadas en los estudios ya realizados por la Administración Hidráulica Andaluza y se han identificado y recogido en planos aquellos elementos (construcciones, cualquier tipo de infraestructura, obras y movimientos de tierras, cambio de cultivos o usos del suelo, etc.) que suponen una causa probable en la afección a la inundabilidad del terreno.

Han sido inventariadas todas las infraestructuras de defensa y obras de fábrica con posible incidencia en las inundaciones, elaborándose una capa georreferenciada para SIG.

Una vez identificados todos los elementos de interés por su posible incidencia en las condiciones hidráulicas de la zona, en determinados casos se ha procedido a efectuar una inspección in situ mediante la toma de datos en campo de las obras de fábrica, infraestructuras de defensa y cualesquiera otros elementos presentes en el ámbito de estudio con posible incidencia en la evacuación de las avenidas.

3.3. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA

Para la realización de los estudios hidráulicos es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio.

En los ámbitos en los que no existían estudios previos, para la elaboración de los mapas se ha realizado una edición y actualización de la cartografía mediante vuelo LiDAR y apoyo de Estación Total tanto para el apoyo del vuelo como para el levantamiento de zonas de detalle que, por la dificultad del terreno, no habían quedado correctamente cubiertas por el vuelo.

A partir de los datos brutos proporcionados por el vuelo LiDAR y levantamiento topográfico y/o batimétrico se han elaborado los correspondientes MDT (Modelos Digitales del Terreno), así como igualmente MDE (Modelo Digital de Elevaciones),

Modelo Digital de Superficie (MDS), Modelo Digital de Intensidades (MI) y Ortofotos digitales en caso de Vuelo LiDAR.

La precisión del MDT, MDE, MDS, MI y trabajos de Cartografía presenta las siguientes características técnicas:

- Mallado: 1 punto/0,50 m²
- Precisión altimétrica: 0,05 m
- Precisión planimétrica: 0,10 m

● Vuelo LiDAR fotogramétrico

Los vuelos han tenido por objeto el recubrimiento fotogramétrico vertical de las zonas a levantar que han permitido obtener como producto final ortofotografías digitales con una resolución equivalente a escala 1:1.000 y la toma de datos, mediante tecnología LiDAR aerotransportado, para la elaboración de los MDT, MDS, MDE y MI con un paso de malla de 1 m.

● Apoyo de campo

Para la correcta orientación del vuelo y georreferenciación de los elementos que de él se derivan (MDT, MDE, MDS, MI) se ha realizado un apoyo con trabajos de campo. Para ello se han obtenido los puntos necesarios del terreno con coordenadas conocidas en el sistema de referencia de trabajo para relacionar la realidad del territorio con los datos capturados en el vuelo fotogramétrico.

● Edición de topografía

Se ha realizado un post-proceso de los datos recogidos en campo para la obtención de la nube de puntos en coordenadas planas cartográficas, vértices y puntos significativos. Las zonas de difícil acceso para levantamiento con GPS o con estación total se han estudiado mediante restitución fotométrica.

● Ajuste de datos LiDAR

Para obtener de manera precisa las coordenadas de los puntos generados se han hecho los ajustes de los datos obtenidos de los vuelos LiDAR, de modo que la cartografía y los modelos del terreno que obtuviesen en las fases posteriores cumpliesen con los requisitos y condiciones exigibles para este tipo de estudios.

● Generación de orto-fotos y generación de MDT's

A partir de las imágenes del vuelo y los resultados del apoyo, se han generado las orto-fotos de cada uno de los ámbitos a estudiar.

Con todos los datos obtenidos se han generado los Modelos Digitales del Terreno (MDT), Modelos de Elevaciones del Terreno (MDE), Modelo de Superficie (MDS) y el Modelo de Intensidades (MI).

3.4. REVISIÓN Y ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN LOS ÁMBITOS PROPUESTOS

A partir de toda la documentación recopilada y la cartografía elaborada, en los ámbitos geográficos donde la Administración Hidráulica había realizado estudios hidrológicos y hidráulicos, se ha llevado a cabo una revisión de los cálculos hidrológicos e hidráulicos. Donde no existían trabajos hidrológicos e hidráulicos previos, éstos han sido elaborados por completo.

- **Elaboración de estudios hidrológicos**

El objetivo de los estudios hidrológicos es el cálculo de caudales de avenida del cauce de la zona analizada en los puntos de control necesarios para su posterior simulación hidráulica y delimitación de las zonas inundables en los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación.

Para la elaboración de los estudio, se ha seguido la sistemática planteada en la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables” del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

En primer lugar, en los ámbitos que no existían datos previos se ha realizado un estudio pluviométrico específico, con el fin de obtener los hietogramas asociados a la duración del aguacero y a los periodos de retorno considerados. Para ello, se ha llevado a cabo un tratamiento y un ajuste estadístico de las series de datos de las estaciones consideradas para hallar los valores de las precipitaciones máximas diarias para cada periodo de retorno en cada una de ellas y en la cuenca drenante. Seguidamente, se ha establecido la distribución temporal de la lluvia mediante la construcción de los hietogramas para la duración del aguacero determinada y los diferentes periodos de retorno considerados.

En segundo lugar, se han efectuado los cálculos hidrológicos. Tras una caracterización previa de la cuenca, y partiendo de los hietogramas del estudio pluviométrico, se han obtenido los caudales de diseño asociados a los periodos de retorno, así como para la máxima crecida ordinaria (MCO). La simulación hidrológica se ha realizado mediante el software HEC-HMS, considerando los modelos de pérdidas de precipitación y transformación lluvia-caudal, aplicados ambos a las subcuencas, y el modelo de propagación de caudales, aplicado a los tramos de tránsito de las avenidas a lo largo de la cuenca.

Los periodos de retorno que se han empleado en los estudios son los correspondientes a T= 10, 100 y 500 años.

Además, se ha estimado el periodo de retorno asociado al caudal de Máxima Crecida Ordinaria (MCO), basándose en las “*Guías metodológicas para la estimación del caudal de la máxima crecida ordinaria*” (CEDEX, 1996). En el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, se define como “caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales instantáneos anuales en su régimen natural, calculada a partir de las series de datos existentes y seleccionando un período que incluirá el máximo número de años posible y será superior a diez años consecutivos”. Dicho caudal se estima a

partir de registros foronómicos del propio cauce, o en su defecto en la misma cuenca, cuando el cauce estudiado carezca de ellos.

De esta forma, tal y como se recoge en los estudios mencionados anteriormente, se puede utilizar la siguiente expresión alternativa, en la que se relaciona el periodo de retorno correspondiente al caudal de la máxima crecida ordinaria (T_{MCO}) con el coeficiente de variación de la serie temporal (C_v):

$$T_{MCO} = 7 * C_v$$

Siendo C_v el coeficiente de variación de la serie temporal de caudales máximos anuales en régimen natural. Este valor se encuentra tabulado en función de regiones (Figura 8) con comportamiento estadístico homogéneo respecto a los caudales máximos.

A partir de la región de la Figura 8, en la que se enmarcan los cauces estudiados y de los valores de la *Tabla 1* se obtiene el periodo de retorno asociado a la máxima crecida ordinaria T_{MCO} (años) de cada cauce.

El coeficiente de variación (C_v) de la mayoría de los cursos de agua españoles está comprendido entre 0,3 y 1,4, lo que equivale a periodos de retorno de la MCO de entre 1,5 y 7 años. Los valores bajos corresponden a regímenes de hidrología moderada y los altos a los de hidrología extrema.



Fig. 8. División en regiones con comportamiento estadístico homogéneo respecto a los caudales máximos anuales. (Fuente: Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011 – Figura 44).

● Estudios pluviométricos

Con el fin de determinar la distribución temporal de la lluvia necesaria para los posteriores cálculos hidrológicos se han realizado estudios de las series de precipitaciones máximas diarias extraídas de las estaciones del entorno en las distintas áreas de estudio.

○ Recopilación de datos

Se han recopilado las series de datos de las estaciones meteorológicas de Andalucía, obtenidas de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM, https://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR?path=%2F04_RECURSOS_NATURALES%2F03_CLIMA%2F01_REDES_DE_OBSERVACION%2F01_ESTACIONES_METEOROLÓGICAS).

Para la elección de las estaciones que resultan de interés para este estudio se ha adoptado el siguiente criterio:

- Estaciones situadas en el interior de un buffer de 20 km de radio en torno al conjunto de ARPSIs más próximas, tomado desde el centroide de cada ARPSI.
- Disponibilidad de series de datos de precipitación máxima diaria mensual de al menos 10 años consecutivos.
- Estaciones activas o cuyo fin del periodo de observación sea con fecha reciente.
- Carencia de un excesivo número de lagunas de datos.

○ Tratamiento de datos

- Análisis de datos dudosos

Se ha llevado a cabo un análisis de la dispersión de datos de cada serie para detectar y corregir el efecto de sesgo introducido por un valor anómalo de la muestra mediante la aplicación a la media y a la desviación típica de los valores de precipitaciones unos umbrales superiores e inferiores en unidades logarítmicas y absolutas (mm), empleando la metodología descrita en el libro “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow, 1994, (pág. 415 y 416).

Una vez realizado el proceso para cada una de las estaciones, en el caso de que destacara algún valor fuera de esos umbrales sería necesario determinar si se trata de un episodio extremo de precipitación o simplemente de un error de lectura de la estación.

- Relleno de lagunas de información

Es frecuente encontrar lagunas de información en las series de datos de las estaciones meteorológicas, por lo que resulta primordial establecer una metodología para su tratamiento:

Si la laguna de información corresponde a un mes que tradicionalmente no genera valores máximos (julio, agosto, septiembre), se establece un valor de precipitación de 0 mm para subsanar dicha falta de información.

Si la laguna de información se encuentra en un mes lluvioso, se comparan las estaciones vecinas y se obtienen los datos de relleno por el método del cuadrado de la distancia recíproca.

Si la serie de datos de una estación tiene un gran número de lagunas de información consecutivas y recurrentes, se desechará dicha serie de precipitaciones para que los datos no se basen en una generalizada estimación.

- Ajuste mediante distribuciones estadísticas

Para la obtención de las precipitaciones máximas diarias asociadas a los distintos periodos de retorno, se han ajustado las series de precipitaciones de cada estación mediante las distribuciones maximales de Gumbel, SQRT-ET máx. y Log-Pearson III.

- Precipitaciones máximas diarias asociadas a las cuencas

Partiendo de los valores de precipitaciones asociados a cada periodo de retorno obtenidos de cada estación, resulta necesario hallar las precipitaciones particularizadas para cada cuenca. Para ello, se emplea el método del cuadrado de la distancia recíproca explicado para el relleno de lagunas de información y tomando como distancia la correspondiente entre cada estación y el centroide de la ARPSI.

- Corrección areal

Este coeficiente se aplica para tener en cuenta la distribución espacial de la tormenta en función de la superficie de drenaje. Se emplea la expresión de corrección areal de la Norma 5.2 IC de Drenaje Superficial:

$$K_A = 1 \quad A < 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{150} \quad 1 \text{ km}^2 \leq A \leq 3000 \text{ km}^2$$

- Precipitación máxima diaria corregida

La precipitación diaria máxima corregida (P_d') para la cuenca es la resultante de aplicarle a la precipitación diaria máxima de la cuenca los coeficientes de corrección areal (K_A).

Dicha precipitación diaria máxima corregida se calcula mediante la expresión:

$$P_d' = P_d * K_A$$

para cada uno de los periodos de retorno T(años) considerados.

- **Distribución temporal de la lluvia**

Para el cálculo hidrológico se requiere de hietogramas que reflejen la distribución temporal de la lluvia. La inexistencia de datos de episodios extremos de precipitación en ciertas zonas conlleva al empleo de la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia propuesta en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial, que tiene la siguiente expresión:

$$I = I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} ;$$

Siendo D la duración, I_1 la intensidad para una tormenta de una hora de duración, I_d la intensidad para una tormenta de duración D e I la intensidad para una tormenta de duración de 24 horas. El índice (I_1/I_d) se denomina índice de torrencialidad.

A continuación, se emplea el método de los bloques alternos para la obtención del hietograma asociado a cada periodo de retorno, partiendo de las intensidades proporcionadas por la curva IDF para duraciones de entre 1 y 24 horas.

- **Modelo hidrológico**

- **Caracterización de la cuenca**

A partir de la extensión HEC-GeoHMS del programa ArcMap, y empleando el MDT (Modelo Digital del Terreno), se ha logrado delimitar las cuencas de estudio. Los parámetros de la cuenca principales son los siguientes:

- Área de la cuenca (km²)
- Longitud del recorrido más largo del cauce (m)
- Cotas máxima y mínima (m)
- Pendiente del cauce (m/m)
- Tiempo de concentración de la cuenca T_c (h)

Tal y como se explica en la *Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables* (2011), “la división en subcuencas deberá tener en cuenta no sólo los puntos donde es necesario obtener resultados, sino que se deberá tratar de obtener subcuencas con características suficientemente homogéneas de la precipitación y de los parámetros de infiltración”. La totalidad de las cuencas de estudio se ha dividido en subcuencas, con sus correspondientes cauces, a partir de la extensión HEC-GeoHMS. Esta distribución de subcuencas es la que se ha empleado para el cálculo con el software HEC-HMS, para las cuales se han utilizado distintos métodos hidrológicos con el fin de obtener los caudales asociados a los distintos periodos de retorno.

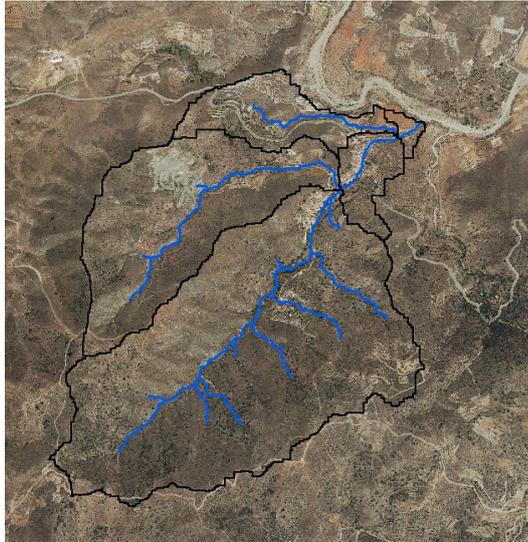


Figura 9. División en subcuencas de una cuenca de estudio mediante la extensión HEC-GeoHMS. (Fuente: elaboración propia).

- Modelización HEC-HMS

Para realizar los trabajos hidrológicos se ha empleado el modelo hidrológico HEC-HMS 3.5 (2010), una versión actualizada del clásico modelo matemático HEC-1 Flood Hydrograph Package, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del US. Army Corps of Engineers. Se trata de un potente sistema de modelización hidrológica, diseñado para simular los procesos de precipitación-escorrentía de sistemas de cuencas dendríticas (aquellas cuencas hidrográficas cuya red de drenaje adquiere una forma arborescente).

Para las simulaciones del modelo hidrológico en HEC-HMS se ofrecen diferentes métodos de cálculo. Se han empleado los siguientes:

- **Caracterización de la lluvia:** Se ha establecido un hietograma de diseño por el método de bloques alternos asociado a cada periodo de retorno.
- **Caracterización de las pérdidas:** Se ha empleado el modelo del número de curva (CN) del SCS (*Soil Conservation Service*). El número de curva de cada subcuenca se obtiene ponderando los valores del número de curva de áreas con distinto valor de la capa descargada de la Red de Información Ambiental de la Junta de Andalucía (REDIAM).
- **Modelo de transformación precipitación – escorrentía:** Mediante el hidrograma unitario de SCS. Este modelo se define a través del tiempo de retardo (T_{lag}), que es función del tiempo de concentración de la cuenca (T_c). El T_c puede obtenerse a partir de la expresión recomendada en la Orden 298/2016 del Ministerio de Fomento, Instrucción de Carreteras 5.2-IC, Drenaje superficial, apartado 2.2.2.5. (Fórmula de Témez, 1987).
- **Laminación y tránsito en el cauce:** Los cálculos de laminación y tránsito de hidrogramas entre cuencas se realizan a partir del método Muskingum-Cunge, muy empleado en este ámbito. Los parámetros necesarios para definir el método se obtienen

a partir de parámetros físicos del tramo de cauce en estudio y consideraciones hidráulicas de la sección (rugosidad, longitud, forma de la sección, dimensiones de la sección).

Para las simulaciones hidrológicas, se exporta el modelo creado con la extensión HEC-GeoHMS a HEC-HMS.

- Escorrentía superficial
 - Modelo de Pérdidas

Las pérdidas son la parte de la lluvia que no interviene en la formación de la escorrentía superficial e incluyen la intercepción por la vegetación, el almacenamiento en las depresiones del suelo y la infiltración. Las pérdidas por evapotranspiración, importantes en el proceso de lluvia y escorrentía a largo plazo, se desprecian en el cálculo de avenidas. La infiltración, que suele ser el factor más importante de las pérdidas, depende del tipo y densidad de cobertura vegetal, de las propiedades físicas del suelo (incluida su humedad) y de la duración e intensidad de la lluvia.

En estos estudios hidrológicos se ha empleado el método del Soil Conservation Service (S.C.S.) porque tal y como se indica en la *Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables* “se considera de suficiente precisión para el objetivo perseguido en la modelización hidrológica [...] y por la facilidad para estimar sus parámetros” (*Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*, 2011) de datos edafológicos y de vegetación. Según el método del S.C.S., existe un umbral por debajo del cual las precipitaciones no generan escorrentía, sino que el agua quedaría interceptada y retenida por el suelo.

- Modelo de Transformación Lluvia-Caudal

El método del hidrograma unitario es el más habitual para transformar el hietograma de lluvia neta en hidrograma de escorrentía superficial de la cuenca. El hidrograma unitario se define como la escorrentía superficial resultante de una lluvia neta de 1 mm repartida uniformemente sobre la cuenca y con una distribución constante a lo largo de una duración D. Por tanto, la intensidad de lluvia durante ese tiempo será $1/D$ mm/h. El método del hidrograma unitario se basa en tres principios:

- ➔ Constancia del tiempo base: la duración de la escorrentía superficial de tormentas de la misma duración es constante y no depende de la precipitación.
- ➔ Proporcionalidad: dos aguaceros con la misma duración D, de intensidad uniforme, pero con distinta precipitación generan caudales que son proporcionales a dicha precipitación.

- ➔ Superposición: la distribución temporal de la escorrentía superficial de un periodo dado es independiente de la concurrencia con escorrentías procedentes de otros periodos de tiempo.

Estos tres principios permiten obtener el hidrograma correspondiente a una lluvia cualquiera a partir del hidrograma unitario de D horas descomponiendo la precipitación en intervalos de intensidad uniforme y duración D.

El método del hidrograma unitario se suele admitir como válido para cuencas con superficies menores de 2.000–2.500 km², con el fin de que se asegure una distribución suficientemente uniforme de la precipitación.

Para calcular el hidrograma unitario de una cuenca se precisan hietogramas e hidrogramas correspondientes a tormentas en la misma. Al no ser habitual contar con estos datos, se recurre al empleo de hidrogramas sintéticos, que dependen de pocos parámetros. Uno de los hidrogramas sintéticos más empleados, sino el que más, es el del S.C.S. (Soil Conservation Service), que solamente depende de un parámetro. Este método del hidrograma unitario del S.C.S. se basa en un hidrograma adimensional, en que tanto el caudal como el tiempo se expresan como una relación adimensional respecto al caudal punta (Q_p) y al tiempo punta o pico (T_p). Así, se elimina el efecto del tamaño y la forma de la cuenca.

● Traslación y laminación de hidrogramas

En 1969 Cunge propuso un método basado en el de Muskingum, que tradicionalmente se había estado aplicando al tránsito hidrológico de almacenamiento lineal. Se aplica el método de Muskingum-Cunge a partir de parámetros hidráulicos de la sección transversal representativa del tramo de estudio. Los parámetros hidráulicos que se requieren para poderse aplicar el método de Muskingum-Cunge son los siguientes:

- Longitud del tramo de estudio (m).
- Pendiente del tramo (m/m).
- Rugosidad (coeficiente de Manning, n, adimensional).
- Forma de la sección transversal y dimensiones de la misma (m).

● Caudales resultantes

Por último, tras el proceso descrito anteriormente se han obtenido los caudales punta resultantes (m³/s) así como los hidrogramas de las cuencas de estudio en el punto de desagüe de la cuenca para cada uno de los periodos de retorno T (años) considerados en los cálculos, para posteriormente poder aplicarlos en los cálculos hidráulicos necesarios para el estudio de la inundabilidad.

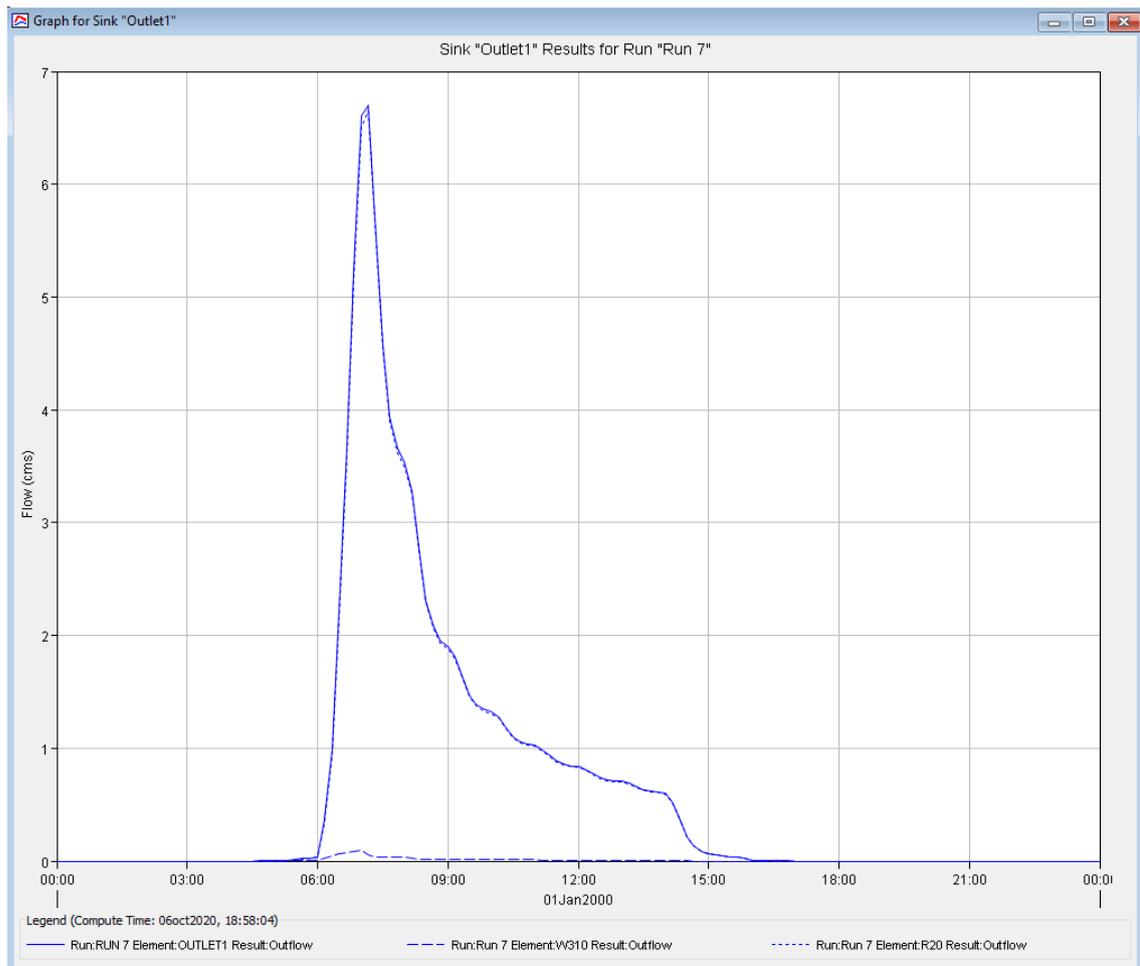


Figura 10. Gráfica de hidrograma en el punto de desagüe y para un periodo de retorno T años, (Máxima crecida ordinaria). (Fuente: elaboración propia).

3.5. REVISIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS Y ELABORACIÓN DE LOS NUEVOS.

Tal y como se detalló en apartados anteriores, cuando se ha considerado necesario los Estudios Hidráulicos existentes han sido revisados con la Hidrología actualizada, y en los ámbitos donde no existían estudios, éstos se han realizado por completo.

El objetivo del estudio hidráulico es la obtención de los valores de calados y velocidades en cualquier punto de la zona a estudiar. Con ello se delimitarán las zonas inundables para la elaboración de los *Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación* en las *Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)*.

De acuerdo con el R.D. 903/2010, se estudian los escenarios de alta, media y baja probabilidad, correspondientes a las avenidas con periodo de retorno de 10, 100 y 500 años. Además, se obtiene la delimitación de los cauces a partir del caudal de máxima crecida ordinaria (MCO) y la delimitación de la zona de flujo preferente a partir de la avenida de periodo de retorno de 100 años.

Para la elaboración de este estudio, se han seguido las recomendaciones expuestas en la “*Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*” del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. De forma general, la metodología empleada para la realización de los mapas sigue el siguiente esquema.

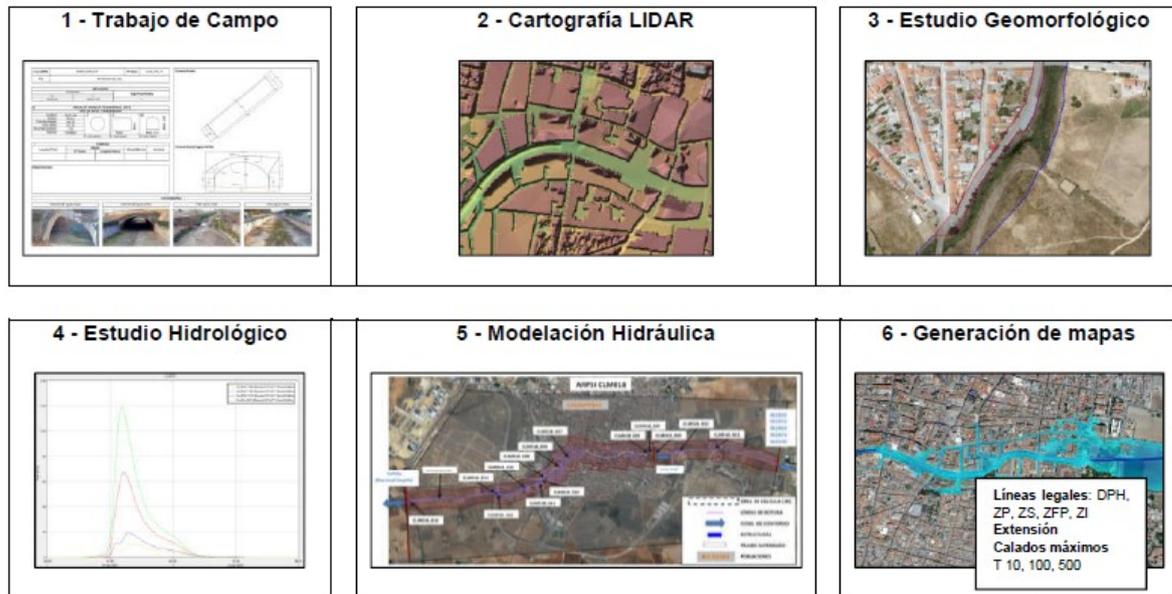


Figura 11. Metodología para la generación de mapas de peligrosidad y riesgo de inundación

En términos generales, en los cauces contemplados en la Cuenca Mediterránea Andaluza se presenta un clima con una gran estacionalidad e irregularidad en la ocurrencia de las precipitaciones. Esto, unido a las características orográficas del ámbito de estudio, donde se dan fuertes pendientes del terreno y vegetación de bajo porte, da lugar a una escorrentía de carácter torrencial provocando con frecuencia avenidas e inundaciones.

Destaca, además, la fuerte antropización realizada en los márgenes de la mayoría de los cauces, donde en los últimos años se han producido grandes desarrollos urbanísticos. Estas construcciones generan a su vez efecto de retención de avenidas y expansión, además de un grado de impermeabilización mayor al natural. Por todo ello, en ciertos casos se ha estimado necesario realizar una modelización hidrodinámica bidimensional, con régimen transitorio partiendo de hidrogramas de caudal variable en el tiempo obtenido previamente mediante simulación hidrológica en HEC-HMS para los diferentes periodos de retorno considerados.

En los siguientes apartados se define el software empleado y los diferentes pasos que se han seguido para la realización de los modelos hidráulicos, donde la información de partida para los estudios debe incluir:

- a) Datos de los hidrogramas resultantes del estudio hidrológico.
- b) Información básica de caracterización física del cauce.

- c) Información de condiciones de contorno existentes, datos de nivel del mar (en caso de ARPSIs costeras), embalses existentes, otros elementos tales como azudes, puentes, carreteras, etc.

- **Software empleado**

Para la modelización hidrodinámica se emplea el software HEC-RAS en su versión 5.0.7., modelo de dominio público desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. ([US Army Corps of Engineers](#)).

HEC-RAS, en su versión 5.0.7 dispone de la capacidad para simular el flujo de agua combinando modelos 1D/2D, así como totalmente 2D. Basa su aplicación en las ecuaciones de *onda difusiva* y *Saint Venant* (a criterio del usuario) las cuales resuelve mediante el algoritmo de *Volúmenes Finitos Implícitos*. En los modelos desarrollados para este estudio se han tenido en cuenta las ecuaciones de Saint Venant completas también denominadas *Full Moment*.

- **Datos de partida**

Para la obtención de resultados, el software HEC-RAS necesita incorporar una serie de parámetros geométricos e hidráulicos con el fin de obtener un modelo hidrodinámico que simule la realidad.

- Modelo digital del terreno

Para la realización del estudio hidráulico es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio. Los modelos empleados han sido descritos en apartados anteriores.

En los ámbitos en los que no existían estudios y en ciertos casos en los que se ha considerado necesaria su revisión y actualización se ha utilizado un modelo digital del terreno actual generado mediante la tecnología LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) con vuelo realizado para este estudio en 2020, el cual ha sido tratado para eliminar los valores correspondientes a elementos diferenciados del terreno como vegetación y puentes. Estos modelos empleados han sido descritos en apartados anteriores.

Se ha obtenido, entre otras, la siguiente cartografía de detalle:

- Modelo Digital del Terreno - puentes + edificios. Dicho Modelo se confecciona a partir del MDS en el que la vegetación y los puentes u otros accidentes sobre los cauces han sido retirados, pero no así los edificios. Este modelo se emplea en el cálculo de los mapas de inundabilidad de 10, 100 y 500 años en régimen real (Figura 12).
- Modelo Digital del Terreno (MDT) - puentes - edificios. Se han eliminado, además de los puentes y obras de paso, los edificios. Este modelo se emplea para la delimitación del dominio público hidráulico (DPH) a partir del caudal de máxima crecida ordinaria, que se realiza en régimen natural (Figura 13).

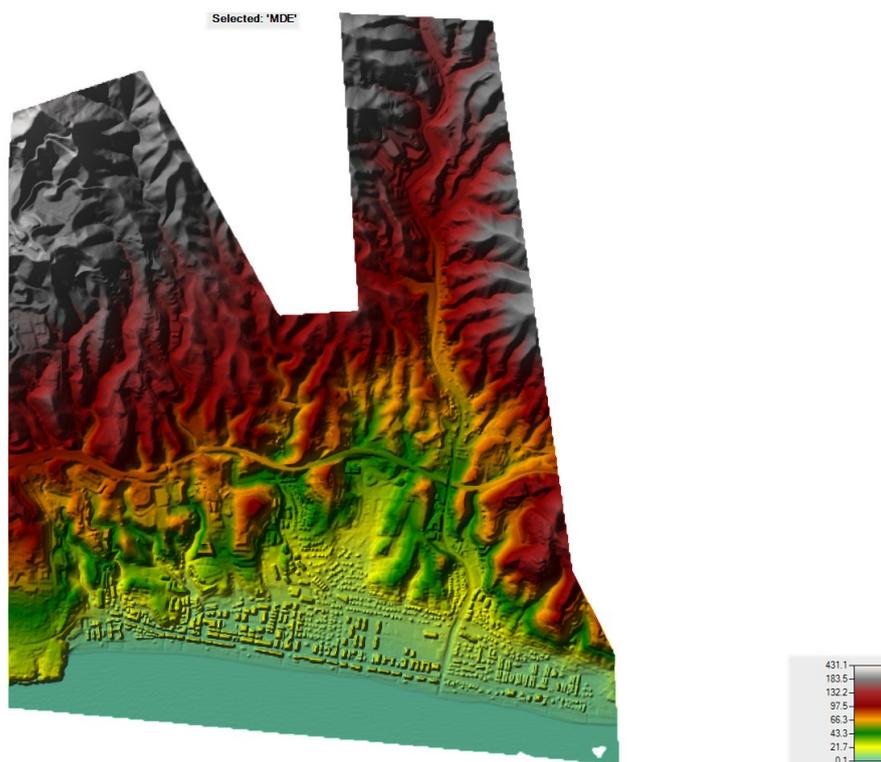


Fig. 12. MDT sin puentes, con edificios. Ejemplo Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

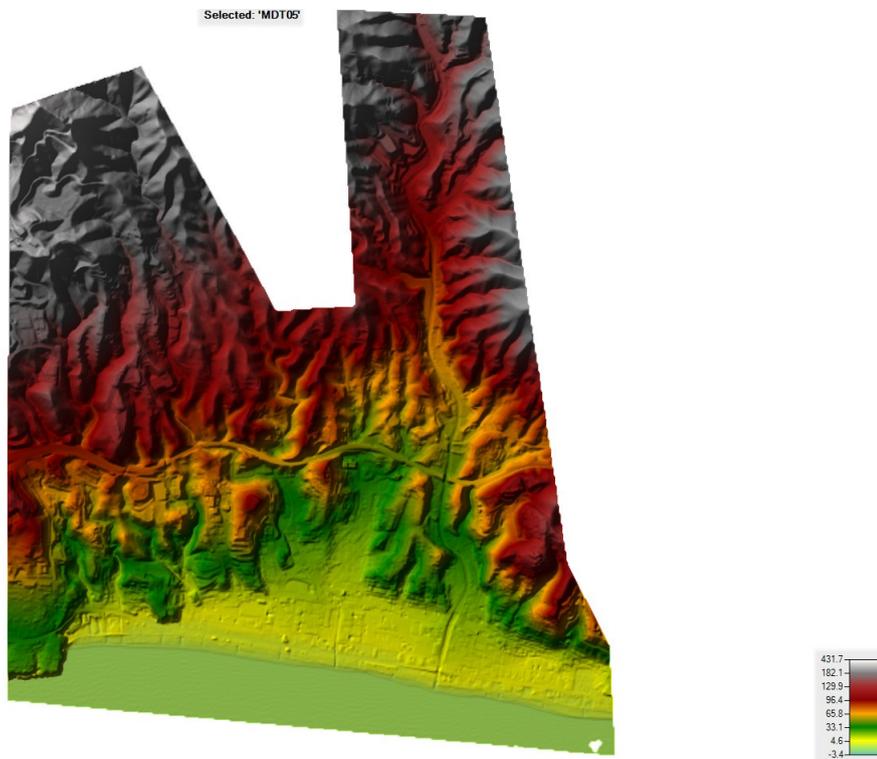


Fig. 13. MDT (sin puentes, sin edificios). Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

- Rugosidad

La rugosidad se ha introducido mediante una cobertura ráster con el coeficiente n de Manning. Este grid se ha elaborado a partir del *Mapa de Usos y Coberturas del Suelo* del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), asignando a cada uso del terreno un valor de n de Manning, según las recomendaciones de la “*Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*”.

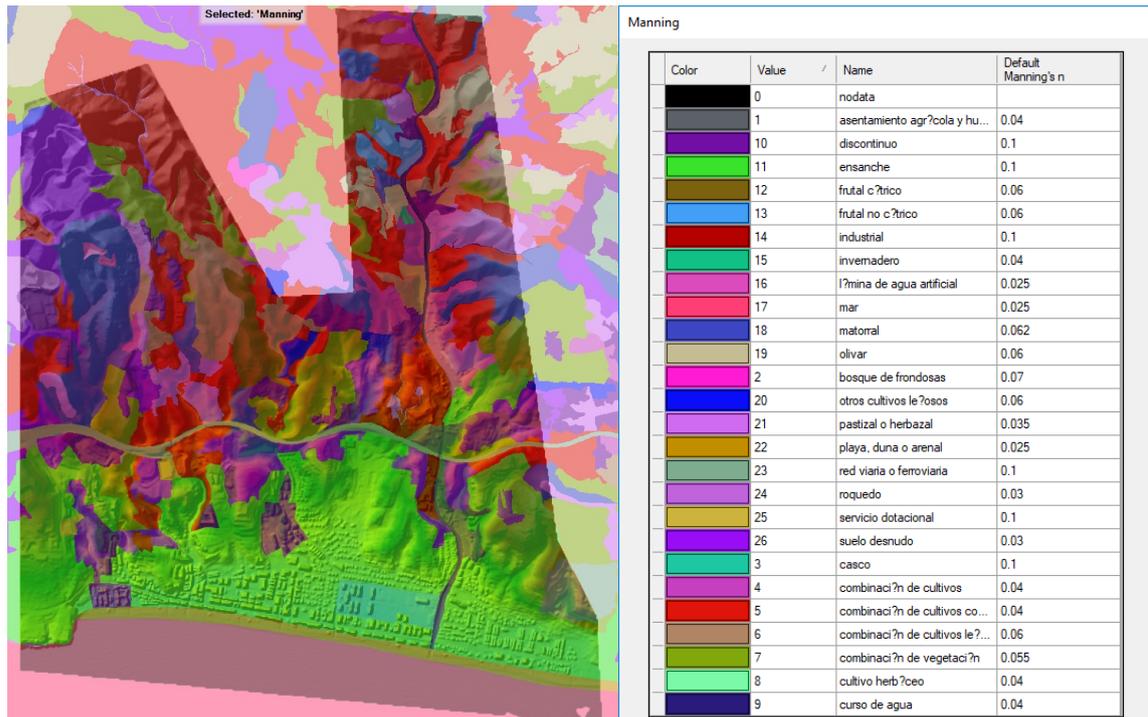


Fig. 14. Coeficiente n de Manning. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

- Ortofoto

En los ámbitos en lo que existían estudios previos se han empleado orto-imágenes aéreas, orto-fotos y modelos digitales de elevaciones del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Para los estudios revisados y de primera elaboración se ha empleado la ortofotografía aérea digital obtenida a partir de vuelo LiDAR específicos, como complemento para la identificación de elementos con incidencia en la inundación en el área de estudio, como edificios, puentes, carreteras, encauzamientos, etc.

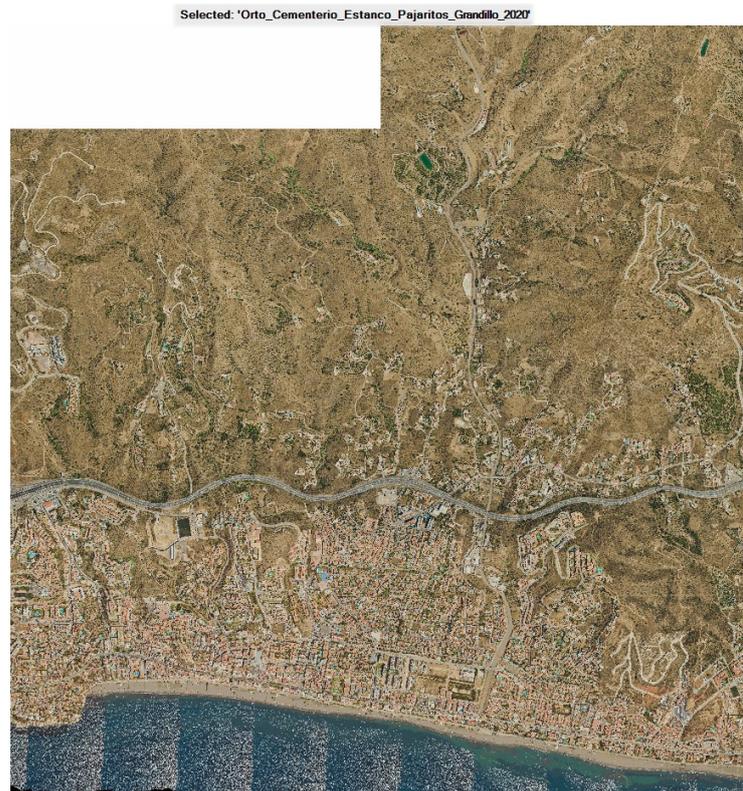
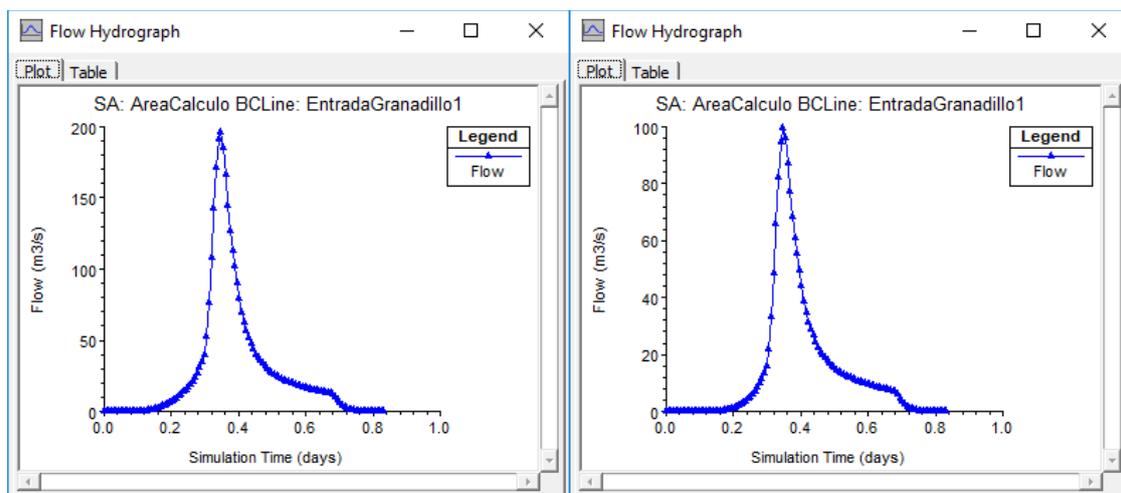


Fig. 15. Ortografía. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

- Hidrogramas de caudal

Se han empleado los hidrogramas obtenidos en las distintas cuencas en los estudios hidrológicos realizado previamente mediante HEC-HMS, para los distintos periodos de retorno empleados.



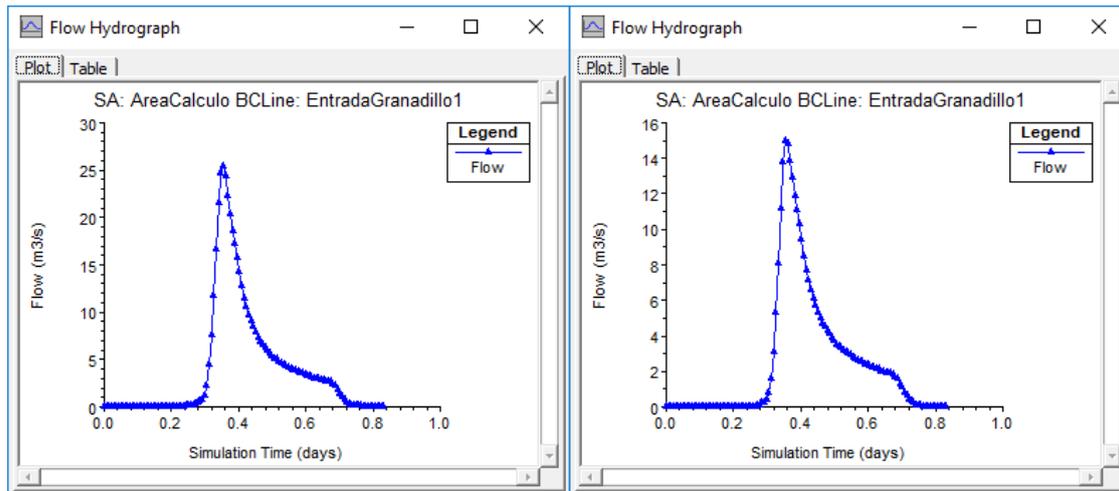


Fig. 16. Hidrogramas de caudal del cauce principal del arroyo Granadillo, para T=500, 100, 10 y 5,5 (MCO) años (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo).

- Geometría

Una vez incorporados el Sistema de Referencia, el MDT base del modelo y su cobertura ráster de rugosidades, se implementa la geometría que cubre el modelo hidráulico. En el caso de la modelización bidimensional, el cálculo de las variables hidráulicas se realiza en los elementos de una malla de cálculo que se confecciona a partir del MDT.

Esta geometría viene definida por una serie de configuraciones previas que se comentan a continuación:

- **Tamaño de malla (Δx)**

La finalidad de la malla es permitir que el modelo se adecue apropiadamente al terreno y de esa forma pueda incluir todas las obstrucciones presentes. Dependiendo de la orografía del terreno en cada ARPSI en estudio, se define un tamaño de malla u otro. Además, el modelo permite refinar la malla en zonas específicas. Por lo tanto, una malla gruesa puede usarse para grandes llanuras de inundación, mientras que una malla más refinada puede usarse para áreas particulares que requieren más detalles, como encauzamientos, zonas con pendientes elevadas o cambios bruscos de pendientes, zonas con infraestructuras, etc.

En la Figura 17 se muestra, a modo de ejemplo, la geometría dispuesta en el conjunto de ARPSIs del Rincón de la Victoria (ARPSI_0058, ARPSI_0229, ARPSI_0230 y ARPSI_0231) en la que se emplea un tamaño de malla de 5x5 m.

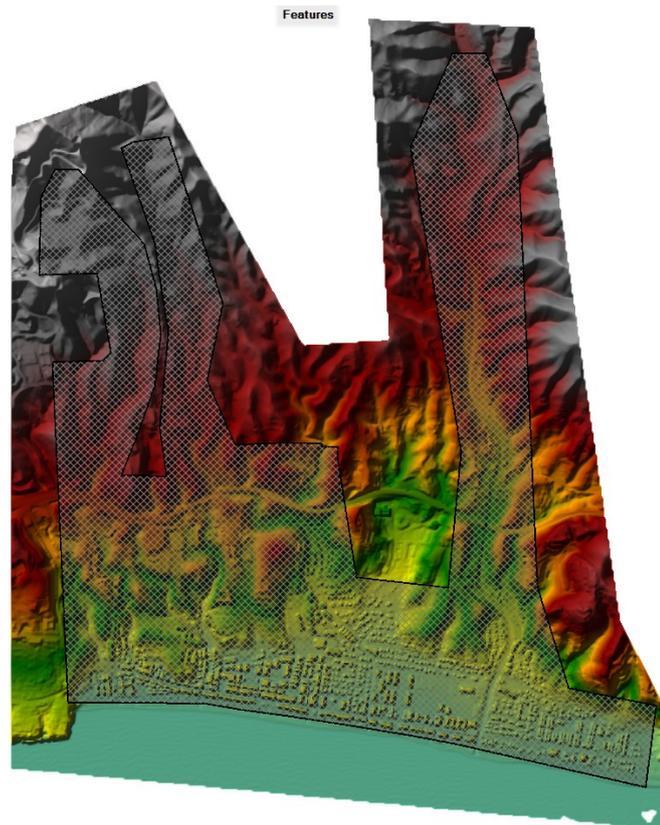


Figura 17. Mallado del modelo. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo). Paso de malla de 5x5 metros.

- **Líneas de rotura (Breaklines)**

La incorporación de líneas de rotura en los modelos es necesario para que la malla bidimensional represente correctamente elementos que supongan barreras físicas al flujo, como encauzamientos, diques, motas, carreteras elevadas, edificios, tramos con diferentes pendientes... Además, estas líneas de rotura pueden implementarse en aquellas zonas donde se necesite refinar la malla puntualmente, proporcionado a estas líneas un tamaño diferente que al modelo global.

En la Figura 18 se muestra, a modo de ejemplo, las líneas de rotura implementadas en el conjunto de ARPSIs del Rincón de la Victoria Zona Este (ARPSI_0058, ARPSI_0229, ARPSI_0230 y ARPSI_0231) para la correcta representación de edificios, muros, cauces, elevación de carreteras, terraplenes, etc. En la Figura 19 se muestra un detalle de refinamiento de malla en una zona de terraplenes.

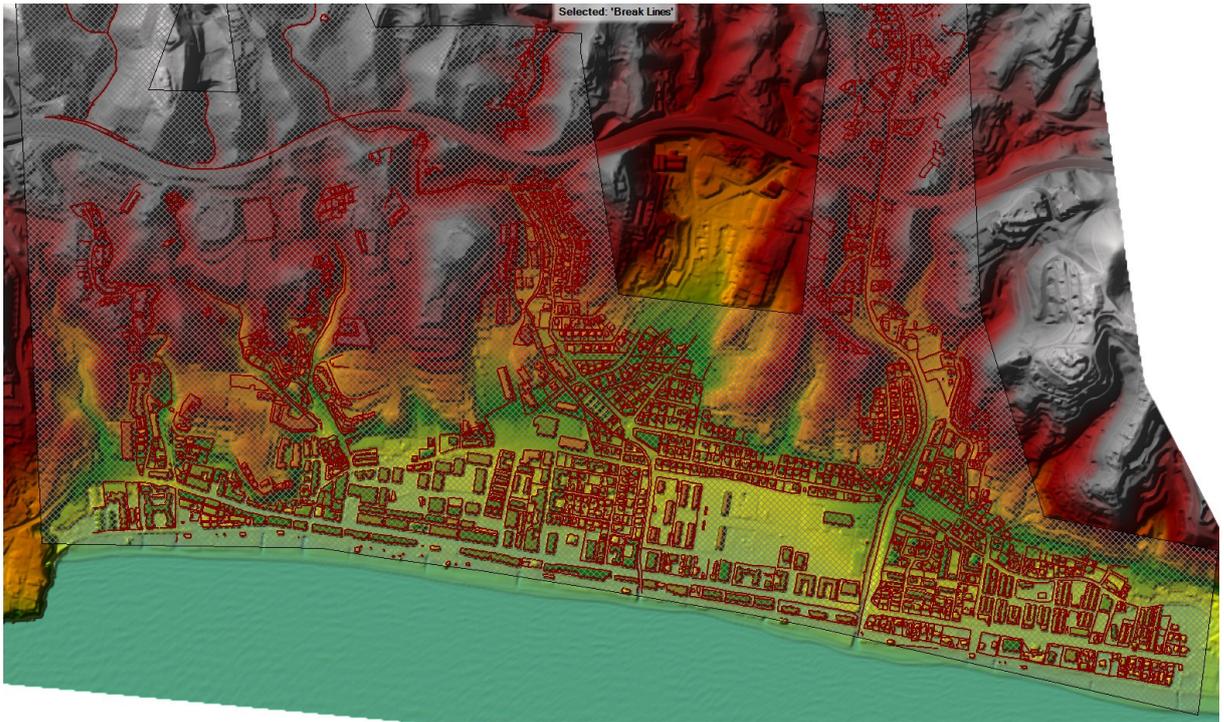


Figura 18. Breaklines o líneas de rotura. Ejemplo: Detalle del Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

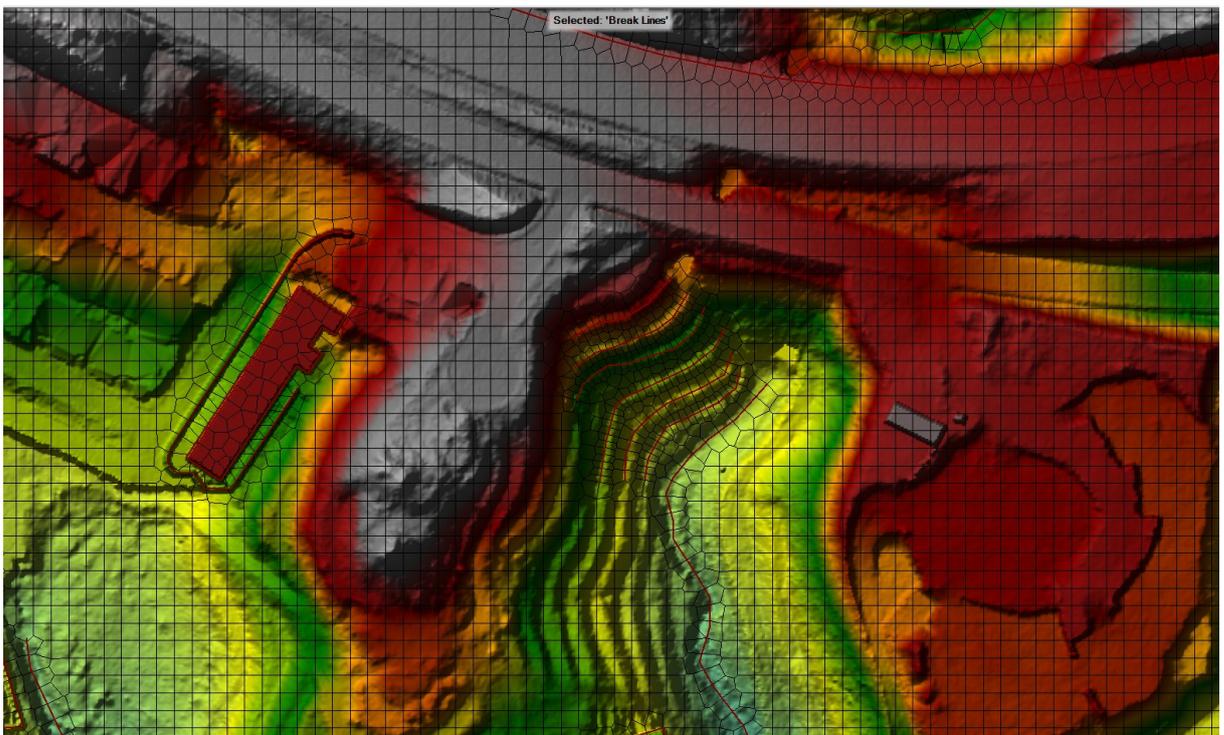


Figura 19. Breaklines o líneas de rotura con refinamiento de malla en terraplenes. Ejemplo: Detalle del Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

- Implementación de infraestructuras (puentes y obras de fábrica)

Identificadas las infraestructuras influyentes en la zona de estudio, estas han sido incorporadas al modelo hidráulico mediante conexión 2D en la malla definida. Según la tipología de la infraestructura, esta se modelizada como puente o alcantarilla .

Los detalles y dimensiones de las infraestructuras a incorporar se obtienen a través de las visitas de campo realizadas, además del apoyo taquimétrico para el levantamiento topográfico de las mismas, con lo que se obtienen datos de gran precisión además de apoyarse en las ortofotografías más actuales obtenidas en este estudio mediante vuelo LiDAR, para identificación de las mismas.

En las siguientes imágenes se muestran algunos ejemplos de las infraestructuras implementadas en el modelo de Rincón de la Victoria.

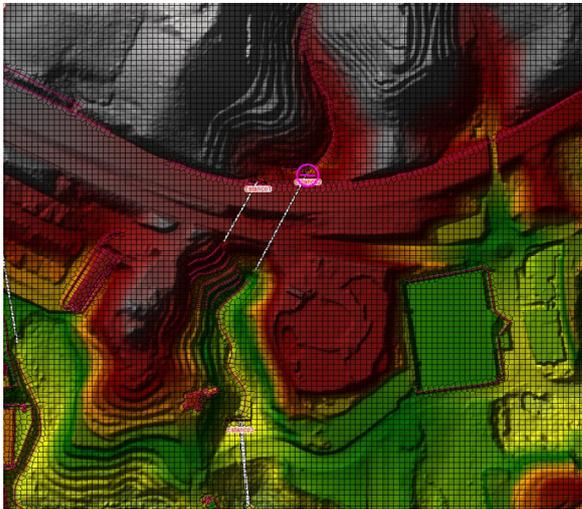


Figura 20. Obra de drenaje del arroyo Estanco (ARPS_230) a su paso por la autovía A-7.

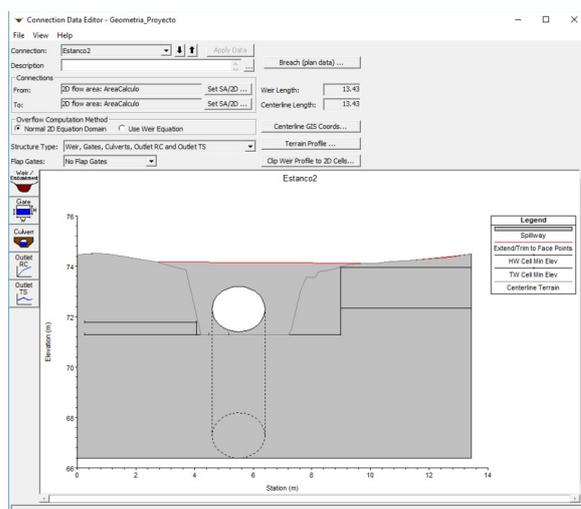


Fig.

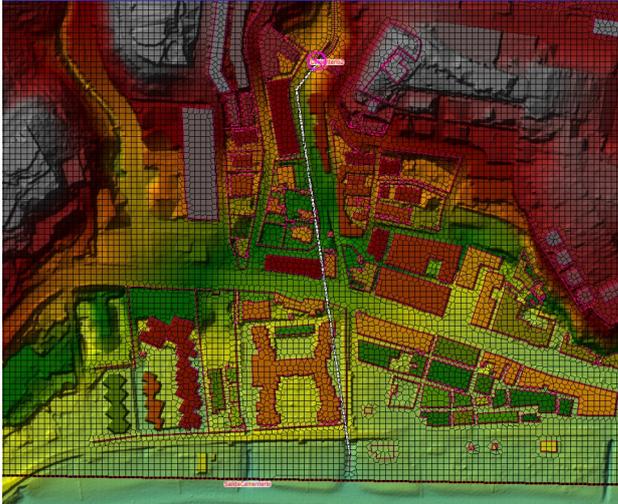
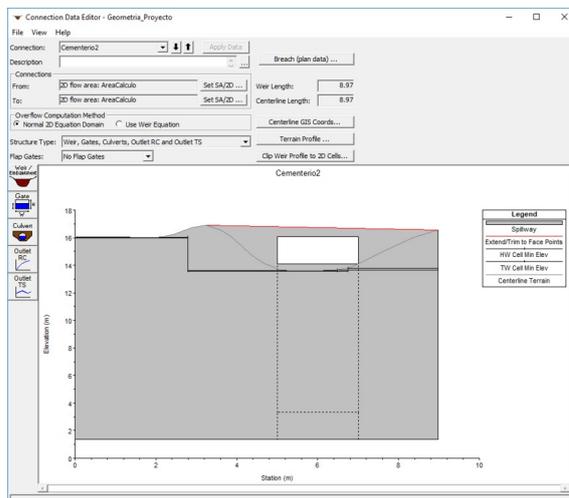


Figura 21. Conducción soterrada del arroyo Cementerio (ARPS_229) a su paso por el núcleo urbano hasta la costa.



● Modelización

Una vez incorporada al modelo hidrodinámico la parte geométrica, se establecen las condiciones impuestas al cálculo hidráulico. Como se ha comentado anteriormente, HEC-RAS tiene la capacidad de ejecutar modelos de carácter unidimensional, bidimensional y un sistema conjunto entre ambos.

Para los cauces presentes en las ARPSIs evaluadas se ha empleado en la mayoría de ellos el modelo bidimensional debido a las llanuras de expansión presente y las zonas urbanas, realizando el cálculo mediante las ecuaciones de Saint Venant completas e implementando el régimen variable.

Al tratarse de un modelo 2D se permite el inicio en seco. De forma general no se definen condiciones iniciales, aunque en determinados estudios esto sí es necesario de forma particular. En general, las condiciones de contorno definidas en los modelos son:

- *Entradas: Hidrogramas de caudal variable a lo largo del tiempo y pendiente de entrada.*
- *Salidas: Calado normal definido por la pendiente del cauce aguas abajo de la zona de estudio. En casos de ARPSIs costeras se considera la condición de contorno impuesta por el nivel de pleamar calculado.*

Las entradas y salidas en los modelos pueden ser varias, dependiendo del modelo en cada caso, por ejemplo, en cauces donde el tramo en estudio está influenciado por la incorporación de afluentes, estos se tomarán como entradas independientes.

En la Figura 22 se muestran las distintas entradas y salidas establecidas para las ARPSIs del Rincón de la Victoria (ARPSI_0058, ARPSI_0229, ARPSI_0230 y ARPSI_0231).

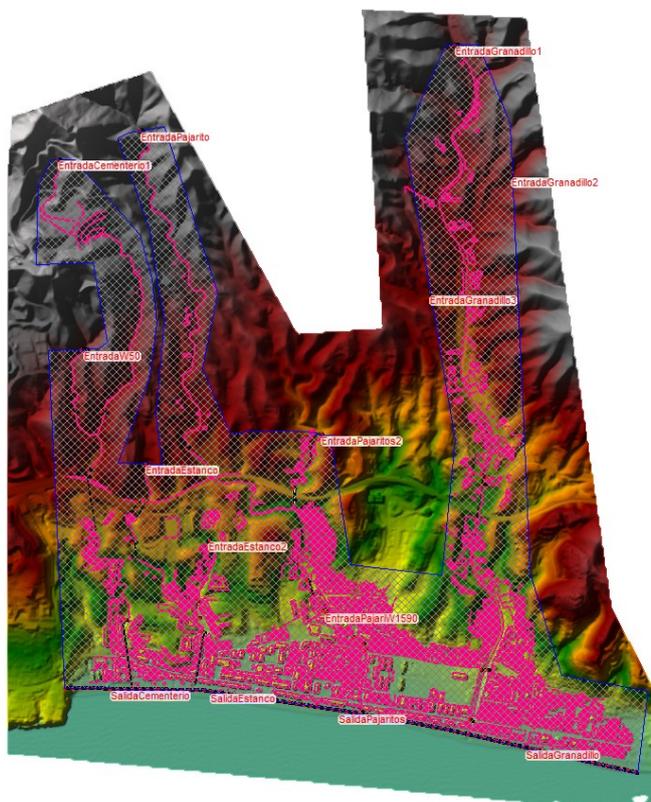


Figura 22. Mallado y líneas de contorno para las entradas y salidas de flujo en el modelo. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

● Resultados

Los resultados obtenidos se representan mediante los mapas de calado y velocidad, entre otros, para los diferentes periodos de retorno estudiados. El modelo permite visualizar el valor máximo de estas variables en cada celda de cálculo, así como la evolución en el tiempo de las mismas.

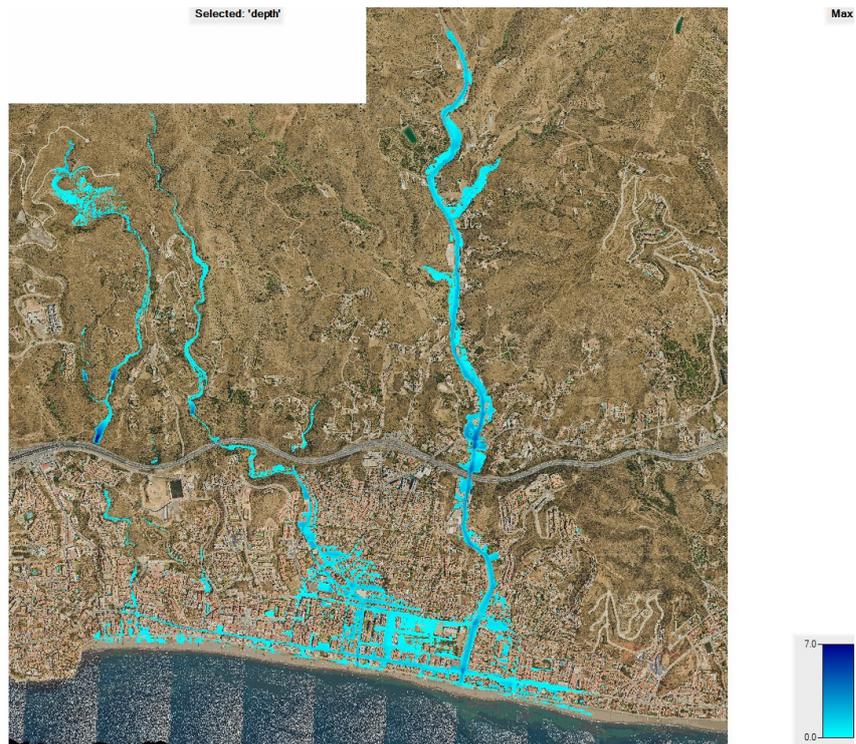


Figura 23. Mapa de calados máximos para T=500 años. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

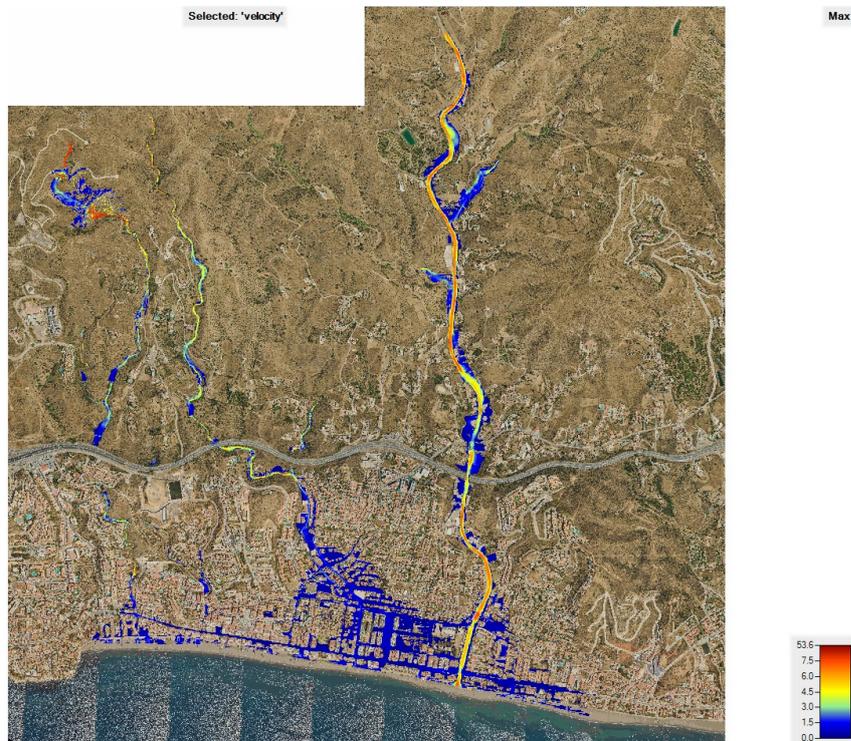


Figura 24. Mapa de velocidades máximas para T=500 años. Ejemplo: Rincón de la Victoria (ARPSI_0229 Arroyo Cementerio, ARPSI_02230 Arroyo Estanco, ARPSI_0231 Arroyo Pajaritos, ARPSI_0058 Arroyo Granadillo).

Además, es posible analizar la evolución de calados y caudal en cualquier sección de cálculo definida por el usuario, lo que permite analizar las condiciones de capacidad hidráulica de las estructuras, entre otros.

Los resultados de mapas de calado máximo y velocidad máxima obtenidos en HEC-RAS son exportados en formato ráster para ser procesados posteriormente mediante un SIG, para la obtención de la delimitación de las zonas inundables.

En las Figuras anteriores 23-24 se muestra la visualización en *RAS Mapper* (módulo de visualización de HEC-RAS) de los resultados de calado máximo y velocidad máxima, para el periodo de retorno de 500 años, del conjunto de ARPSIs del Rincón de la Victoria zona este (ARPSI_0058, ARPSI_0229, ARPSI_0230 y ARPSI_0231).

4 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS

4.1 MAPAS DE PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN

Conforme al artículo 8 del RD 903/2010, para cada demarcación hidrográfica se han elaborado mapas de peligrosidad por inundación para las zonas determinadas conforme a lo establecido en el artículo 5 del RD 903/2010. Estos mapas contemplan los siguientes escenarios:

- Alta probabilidad de inundación, para el que se adopta como criterio el período de retorno de 10 años.
- Probabilidad media de inundación (período de retorno de 100 años)
- Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (período de retorno de 500 años)

En las zonas costeras donde exista un nivel adecuado de protección, el mapa de peligrosidad se limitará al escenario de baja probabilidad de inundación.

Para cada uno de los escenarios anteriores los mapas contienen:

- La extensión previsible de la inundación y calados del agua o nivel de agua, según proceda.
- En aquellos casos en que se considere necesario, se podrá incluir también información adicional relevante como los caudales y/o velocidades máximas alcanzadas por la corriente en la zona inundable, siguiendo las directrices, criterios y formatos de las capas para su integración en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) que marca el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Adicionalmente, en los mapas de peligrosidad se representa la delimitación de los cauces públicos y sus zonas de protección adyacentes, como son las zonas de servidumbre y policía. Se recogen en capas independientes aquellos tramos dentro de ARPSIs que disponen de deslinde administrativo de los que no están deslindados, en cuyo caso la delimitación corresponde al dominio público hidráulico probable.

Entre otra información complementaria se ha representado también la superficie inundable para el período de retorno de 50 años, la zona de flujo preferente y valores de calados (en aquellos ámbitos para los que dicha información ha sido obtenida en los estudios hidrológicos específicos), así como la delimitación de la zona de dominio público marítimo-terrestre y su zona de protección.

De acuerdo con los escenarios de probabilidad establecidos en el Real Decreto 903/2010, como resultado de las modelizaciones hidráulicas anteriores se han obtenido los rasters de superficies inundables de los periodos de retorno asignados a cada uno de los tres escenarios contemplados:

- Alta probabilidad: T = 10 años

- Media probabilidad: T = 100 años
- Baja probabilidad: T = 500 años

Posteriormente se ha generado una capa vectorial representativa de la envolvente de la superficie inundable obtenida para cada escenario de probabilidad, siguiendo los criterios recogidos en la *Propuesta de mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación* del segundo ciclo, editada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. En concreto:

- Se han eliminado las zonas con muy bajo calado (alrededor de 10 cm) en las zonas próximas a los límites exteriores de la zona inundable.
 - Se han suavizado los contornos y eliminado las islas resultantes del modelo hidráulico, con áreas de poca cuantía y que suelen deberse a errores producidos por la propia resolución del programa.
 - Se ha verificado la coherencia entre las envolventes de los distintos periodos de retorno y dentro del mismo tramo de estudio.
 - Cuando la simulación hidráulica ha sido prolongada para incluir longitudes de acomodamiento, se ha eliminado la parte de la zona inundable correspondiente a estos tramos adicionales, dejando únicamente la parte del cauce que se ajusta al tramo estudiado.
- [Delimitación del dominio público probable y zonas de servidumbre y policía](#)

Tal y como se indica en el punto 4 del art.8 del Real Decreto 903/2010, en los mapas de peligrosidad se representará la delimitación de los cauces públicos. Para aquellos tramos que no disponen de deslinde administrativo se ha representado la delimitación del dominio público probable, superficie de terreno equivalente al álveo o cauce natural de las corrientes continuas o discontinuas, cubiertas por los caudales obtenidos para la máxima crecida ordinaria, para cuya determinación se han tenido en cuenta además de las informaciones hidrológicas e hidráulicas, sus características geomorfológicas, ecológicas y otras fuentes fotográficas y cartográficas existentes, así como las referencias históricas disponibles. La delimitación así definida no ha sido objeto de un procedimiento de deslinde administrativo, por lo que se trata de una información fundamentalmente destinada a determinar el alcance de las avenidas ordinarias, de utilidad para la gestión del dominio público hidráulico y del riesgo de inundación. No tiene, por tanto, la validez jurídica del deslinde y sus efectos están limitados a las finalidades que la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía, establece para las determinaciones técnicas sin que dicha delimitación pueda alterar la posesión ni la titularidad dominical de los terrenos (art. 43 de la Ley de Aguas de Andalucía).

A partir de las superficies delimitadas para los lechos de los cauces, lagunas y embalses de titularidad pública se ha determinado mediante la adición de sendas franjas, una de cinco metros de anchura y otra de 100 metros de anchura, las áreas correspondientes a la Zona de Servidumbre y la Zona de Policía, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se

aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y las determinaciones establecidas para dichas zonas en los artículos 40 y 41 de la Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas de Andalucía. La delimitación de dichas franjas se ha generado mediante procedimiento automático con herramientas del Sistema de Información Geográfica (función buffer). La delimitación del dph probable dentro de cada ARPSI se ha efectuado para aquellos cauces que presentan riesgo de inundación. En aquellos tramos fluviales donde coexisten deslindes antiguos con encauzamientos y obras de rectificación del cauce, como la rambla de Albuñol y el tramo de desembocadura del Guadalhorce, se han delimitado las zonas de protección adyacentes siguiendo el trazado actual del cauce.

4.2 MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN

El principal objetivo de los Mapas de Riesgo por inundación es aportar la información necesaria para la elaboración de los planes de gestión del riesgo de inundación. Estos mapas sirven además, según la Directiva de Inundaciones, como “herramienta para establecer prioridades y la toma de decisiones adicionales de índole técnica, económica y política relativas a la gestión del riesgo de inundación”.

De esta forma, se podrían priorizar las ARPSIs con mayor necesidad de medidas de gestión o las propias medidas a implantar en las Áreas con Riesgo, en función de los resultados de los análisis coste-beneficio. También son la base para que las autoridades de Protección Civil indiquen a nivel local las medidas de autoprotección, evacuación, etc., desarrolladas en los planes específicos de Protección Civil. El riesgo asociado a los eventos de avenida se establece en función de la vulnerabilidad del elemento amenazado y la peligrosidad a la que está expuesto.

Así, el riesgo en un área determinada se calcula valorando la relación existente entre la vulnerabilidad (según las actividades económicas, número de habitantes o el patrimonio cultural afectado, entre otros) y la peligrosidad en la superficie de la zona inundable. Este estudio de la peligrosidad viene determinado por la extensión de la inundación, los calados de agua y, cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.

La Directiva de Inundaciones indica que este análisis se realizará para los distintos escenarios de probabilidad contemplados en los Mapas de Peligrosidad: probabilidad alta, media y baja. En España, estos escenarios se han hecho corresponder con los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, respectivamente.

Según se establece en la Directiva de Inundaciones (2007/60/CE), los Mapas de Riesgo de inundación “mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación en los escenarios indicados”, en base a los siguientes parámetros o categorías:

- Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados.
- Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada.
- Instalaciones a que se refiere el anexo I de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación que puedan

ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v) de la Directiva 2000/60/CE.

- Cualquier otra información que el Estado miembro considere útil, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados o flujos de derrubio e información sobre otras fuentes importantes de contaminación.

A diferencia del ciclo anterior, los Mapas de Riesgo de este ciclo contienen una información más completa, al haberse elaborado para cada uno de los escenarios de peligrosidad, y también más precisa, al analizar con criterios de mayor detalle los diferentes parámetros sobre población, actividades económicas, puntos de especial importancia (que se incorporan en este ciclo) y patrimonio natural y cultural afectados, exponiéndose a continuación la metodología seguida en su elaboración.

● Afección a la población

Tal y como se indica en el artículo 6 de la Directiva 2007/60/CE, deberá incluirse un número indicativo de habitantes que pueden verse afectados dentro de los perímetros de inundabilidad. Para dicho cálculo se ha utilizado como fuente de información la malla de población 250 m x 250 m a 1 de Enero de 2018, elaborada por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, fuente que permite disponer de una información minuciosa y actualizada de la distribución espacial de la población en Andalucía, con independencia de las divisiones administrativas. Se trata de una malla de celdillas habitadas de 250 m x 250 m a las que, mediante georreferenciación, se les ha asignado la población del ámbito que ocupan tomando como referencia el número de residentes inscrito a 1 de enero de 2018 en la Base de Datos Longitudinal de Población de Andalucía. Para la obtención del número de habitantes afectados se ha procedido al análisis espacial mediante el cruce de los mapas de inundabilidad con los datos de dicha malla. Siguiendo las directrices del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, para este segundo ciclo la unidad básica de análisis de la población afectada han sido las secciones censales dentro de cada término municipal, añadiendo tantos registros como secciones censales afectadas, siempre respetando los tramos ARPSI para la asignación del identificador. En consecuencia, se añade un campo para indicar el número de habitantes afectados por la zona inundable a nivel de distrito censal, aunque también se mantiene el número de habitantes afectados para el conjunto del término municipal.

● Afección a la actividad económica

Otro de los parámetros a mostrar de acuerdo con la Directiva 2007/60/CE, en su punto 5, es el tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada. La actividad económica, queda asignada en categorías en función de los usos del suelo, otorgándose un valor del riesgo por m² a cada una de ellas.

Como se ha indicado antes, se ha utilizado como fuente de información para el análisis de los usos del suelo afectados la base cartográfica del Sistema de Información de

Ocupación del Suelo en España Andalucía (SIOSE Andalucía), atendiendo a los porcentajes mayoritarios de usos presentes en cada polígono. SIOSE Andalucía es una cartografía a escala de detalle 1:10.000 que integra una serie de fuentes de información en una sola capa ajustada a los límites de la propiedad, con el fin último de conseguir una geometría única para todo el territorio, que además sea útil para la gestión del mismo. Esta información se encuentra recogida en la Red de Información Ambiental de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

Con esta información como base se realiza un cruce espacial con el software de Sistema de Información Geográfica (GIS) para comprobar qué categorías de usos del suelo según SIOSE Andalucía resultan afectados dentro de cada zona inundable.

Los usos del suelo están agrupados en las siguientes categorías:

- Urbano concentrado: Edificaciones principalmente destinadas a viviendas, generalmente ubicadas en el casco (zona urbana mixta consolidada caracterizada por presentar trama irregular, viales estrechos y pocas zonas verdes) o en ensanches urbanos (zonas consolidadas o no que siguen un planeamiento urbano definido, generalmente en torno al casco existente).
- Urbano disperso: Edificaciones en zona urbana consolidada o en vías de consolidación, de trama regular y producida por un planeamiento urbanístico definido, que suelen conectar con la trama caso/ensanche a través de una vía de comunicación. También pueden ser edificaciones aisladas o en vías de construcción.
- Asociado a urbano: En esta categoría se incluirían los elementos generalmente presentes en superficies urbanizadas, sin ser edificaciones. Por ejemplo, serían zonas de arbolado urbano, láminas de agua artificiales tipo piscinas o estanques, viales, aparcamientos, zonas peatonales, suelos no edificados (se aprecie o no una intención futura de edificación), etc.
- Infraestructura social: Edificaciones o áreas destinadas al uso público, tales como edificios administrativos (ayuntamientos, parques de bomberos, albergues, refugios de montaña...), sanitarios, cementerios, centros de enseñanza, centros penitenciarios, religiosos, culturales, deportivos o parques urbanos.
- Terciario: Edificaciones o áreas destinadas a servicios no productivos de bienes que se prestan a los ciudadanos. En esta categoría se incluirían las tipologías de comercial y oficinas, parques recreativos, complejos hoteleros, campos de golf, campings, zonas de acampada libre o merenderos, entre otros.
- Industrial concentrado: Instalaciones destinadas a la obtención, elaboración, transformación, reparación, almacenamiento y distribución de productos. Normalmente se encuentran siguiendo una estructura definida, próximos a núcleos urbanos, con zonas verdes, equipamientos y servicios.
- Industrial disperso: Instalaciones de la misma tipología que el uso "industrial concentrado", las cuales pueden encontrarse en un área industrial sin aparente planificación o directamente aisladas.
- Agrícola-secano: Áreas cultivadas sin aporte artificial de agua o con algún riego de forma esporádica. Por ejemplo, se asignará este uso a la superficie ocupada

con cultivos herbáceos y/o leñosos donde no se aprecian infraestructuras de riego ni humedad en el terreno, superficie ocupada con praderas no regadas o de forma eventual, o superficies ocupadas con praderas inundadas en primavera por estar próximas al cauce de un río pero donde no existan infraestructuras de riego.

- Agrícola-regadío: Áreas de cultivo donde se realiza un aporte artificial de agua o existen estructuras permanentes de riego. Por ejemplo, serían las propias zonas de riego con cobertura total, las superficies de cultivos herbáceos y/o leñosos donde se aprecian infraestructuras de riego y humedad en el terreno, algunas zonas de vega (aporte de agua desde el río mediante sistemas de acequia), etc.
- Otros usos rurales: Edificaciones o superficies artificiales destinadas a actividades ligadas al sector primario de producción (agricultura y ganadería, forestal, minería, zonas de extracción o vertido o piscifactorías).
- Forestal: Superficie con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal de estructura vertical dominante que, en condiciones climáticas normales, superan los 5 metros de altura. Se incluyen las formaciones de ribera, repoblaciones o zonas en regeneración, y ya se trate de especies caducifolias o perennifolias.
- Infraestructuras-carreteras: Infraestructuras de transporte incluidas en la red viaria (carreteras asfaltadas del tipo autopista, autovía, carretera del Estado y autonómica de primer orden). Se incluyen los terrenos asociados a ellas.
- Infraestructuras-ferrocarriles: Infraestructuras viarias de tipo tren y sus terrenos asociados.
- Infraestructuras-puertos y aeropuertos: Infraestructuras de áreas portuarias de tipo marítimo (muelles, zonas de atraque, etc.) y aeroportuarias (incluyendo terminales, pistas de aterrizaje, hangares, zonas de carga, etc.).
- Infraestructuras-energía: Áreas con instalaciones destinadas a la producción de energía eólica, solar, hidroeléctrica (no la lámina de agua), nuclear, térmica, eléctrica o instalaciones asociadas. También se incluyen las conducciones utilizadas para transportar o contener fluidos combustibles y derivados.
- Infraestructuras-comunicaciones: Áreas con instalaciones destinadas a dar cobertura a los servicios de comunicaciones de televisión, radiofónicas, telegráficas, radiotelegráficas y demás análogas.
- Infraestructuras hidráulico-sanitarias: Áreas con instalaciones destinadas a la depuración o potabilización del agua y a la desalación de aguas marinas y salobres y las conducciones o canalizaciones destinadas al transporte de agua.
- Infraestructuras-residuos: Área destinada al vertido de basuras y escombros (vertederos públicos e industriales, balsas de aguas residuales o vertidos líquidos procedentes de procesos químicos, etc.) y las áreas con instalaciones destinadas a la clasificación y recuperación de residuos.
- Masas de agua: Superficies de agua permanentes o de carácter temporal, ya se trata de aguas dulces o marinas. En esta categoría se incluirían las aguas y humedales continentales y marinos (con alguna excepción) y las ramblas.

- Otras áreas sin riesgo: Se trata de superficies de terreno incluidas dentro de las zonas inundables de cada periodo de retorno y, por tanto, afectadas por la inundación, pero que no se encontrarían representadas por ninguna de las categorías anteriores, principalmente por el nulo valor económico que supone su afección. Se incluirían en esta categoría: playas, arenales, zonas quemadas, acantilados, suelos desnudos o sin vegetación, etc.

- **Afección a puntos de especial importancia**

En el apartado c) del artículo 9 del Real Decreto 903/2010 se indica que los Mapas de Riesgo deberán incluir los siguientes aspectos:

- Emisiones industriales. En España, el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) es el mecanismo de control que contiene el inventario de instalaciones sujetas a PRTR, por lo que será la fuente de información fundamental para localizar estos puntos de interés para los Mapas de Riesgo.

En este Registro se recoge información sobre las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo de las sustancias contaminantes y datos de transferencias de residuos de las principales industrias y otras fuentes puntuales y difusas, de acuerdo con lo establecido en la legislación internacional (Protocolo de Kiev y Convenio de Aarhus), en la legislación europea (Reglamento E-PRTR) y a nivel nacional (RD 508/2007 y modificaciones posteriores).

- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR): para este apartado se ha utilizado como fuente la información disponible en la Red de Información Ambiental (REDIAM) y de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.
- Patrimonio Cultural: para este apartado se ha utilizado como fuente la información obtenida a partir del Área de Desarrollo de la Información del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico de la Junta de Andalucía.
- Elementos significativos para Protección Civil: listado de puntos de “afecciones de importancia para las labores de protección civil” especificados por Protección Civil, que se dividen en los siguientes tipos y subtipos:
 - Seguridad: Bomberos, Policía y Guardia Civil.
 - Sanidad: Hospitales.
 - Educación: Educación Infantil, Escuelas y Campus.
 - Residencial Especial: Residencias de ancianos, Centros Penitenciarios y Campings.
 - Concurrencia Pública Destacada: Centros Comerciales, Instalaciones Deportivas, Centros de Ocio y Centros Religiosos.
 - Servicios Básicos: Energía y Agua.

- Transporte: Estaciones de Autobuses y Ferrocarriles, Puertos y Aeropuertos.
- Industria: Nuclear, Radiactiva y Química.

● **Afección a las áreas de importancia medioambiental**

Para las áreas de importancia medioambiental la capa correspondiente se ha obtenido superponiendo cada envolvente a las capas GIS que contienen dicha información. Según la Directiva 2007/60/CE, como zonas protegidas a incluir en los mapas de riesgo, es necesario tener en cuenta las indicadas en el anexo IV, punto I, incisos i), iii) y v). En consecuencia se han considerado cuatro categorías diferentes:

- Masas de agua de la Directiva Marco del Agua, de acuerdo con la información recogida en el Plan Hidrológico de la demarcación.
- Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano: obtenidas del área de descargas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y capa de zonas protegidas de aguas potables recogidas en el Plan Hidrológico de la demarcación.
- Masas de agua de uso recreativo. Son las declaradas como “aguas de baño” en la Directiva 2006/7/CE. El censo de estas se ha obtenido a través del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (Náyade).
- Zonas para la protección de hábitats y especies: incluye las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs) y las Zonas de Especial Conservación (ZEC) designadas por la Comisión Europea a partir de Lugares de Interés Comunitario (LICs). La información se ha obtenido del área de descargas de la Red de Información Ambiental (REDIAM), que las recopila en la capa de Red Natura 2000.

5. RESULTADO Y TRAMITACIÓN

Los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de inundación de esta demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, obtenidos como resultado del procedimiento antes descrito, se someterán a un periodo de consulta pública durante un plazo mínimo de tres meses, conforme a lo establecido en el artículo 10 del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio. Para facilitar dicha consulta se ha establecido un visor de Mapas específico en la dirección web:

<https://lajunta.es/310jy>

Terminado el periodo de consulta pública y una vez analizadas las alegaciones, se continuará con el procedimiento previsto en el artículo 10.2. del Real Decreto 903/2010. Una vez validada la información recogida en los Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación se remitirá al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para su integración en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

Para que tenga la condición de cartografía oficial, se inscribirá en el Registro Central de Cartografía, de conformidad con lo establecido en el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional. Dichos Mapas constituirán la base para la elaboración del Plan de Gestión del riesgo de inundación de la demarcación.