



CONTRATO PARA ACTIVIDADES DE ASESORAMIENTO Y ASISTENCIA TÉCNICA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA - UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la mejora del comportamiento de los espacios libres urbanos frente a episodios de lluvia e inundación

ARCO INTERIOR DEL MAR MENOR



Consejería de Fomento e Infraestructuras
Dirección General de Territorio y Arquitectura



Grupo I+D+i: Laboratorio de Investigación Urbana - LIURB
Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación
Universidad Politécnica de Cartagena



CONTRATO PARA ACTIVIDADES DE ASESORAMIENTO Y ASISTENCIA TÉCNICA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA - UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la mejora del comportamiento de los espacios libres urbanos frente a episodios de lluvia e inundación

ARCO INTERIOR DEL MAR MENOR

El presente documento es resultado del CONTRATO PARA ACTIVIDADES DE ASESORAMIENTO Y ASISTENCIA TÉCNICA ENTRE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA Y LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA con título "IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ESPACIOS LIBRES URBANOS FRENTE A EPISODIOS DE INUNDACIÓN", suscrito el 25 de junio de 2020.

En su redacción han participado como equipo investigador:

- Fernando M. García Martín
- Jesús Ochoa Rego
- María D. Medina Vidal
- Victoria Rosique Moya
- José María Carrillo Sánchez
- Alfredo Pérez Morales
- María Jesús Peñalver Martínez
- José Manuel Olmos Noguera

El trabajo se ha realizado bajo la supervisión y seguimiento del Servicio de Arquitectura de la Dirección General de Territorio y Arquitectura. Carmen García Loira, Jefe del Servicio de Arquitectura, ha sido la interlocutora y responsable de la dirección del proyecto.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento con fines comerciales. Cualquier reproducción parcial o total de este documento con fines no lucrativos, deberá citar expresamente la autoría del mismo.

ÍNDICE

	PÁGINA		PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN	4	3. IDENTIFICACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE ESPACIOS LIBRES PÚBLICOS URBANOS SUSCEPTIBLES DE IMPLANTAR SBN	44
1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN	6	3.1. Metodología	45
1.1. PELIGROSIDAD. Inundaciones en el entorno del arco interior del Mar Menor	7	1. <i>Ámbito de trabajo</i>	
1. <i>Sobre inundaciones en España y el Mediterráneo</i>		2. <i>El comportamiento de las aguas de escorrentías en los espacios públicos. Las 'microcuencas' urbanas</i>	
2. <i>Sobre inundaciones en el entorno del Mar Menor</i>		3. <i>Los tipos de exposición de los espacios públicos en caso de inundaciones</i>	
3. <i>Características climáticas y meteorológicas</i>		4. <i>Los tipos de espacios públicos según su capacidad para implantación de SUDS/SBN</i>	
1.2. EXPOSICIÓN. De los entornos urbanos del arco interior del Mar Menor	12	5. <i>Definición de ámbitos de actuación</i>	
1. <i>El incremento de la exposición de los entornos urbanos</i>		6. <i>Definición de oportunidades para cada ámbito</i>	
2. <i>La evaluación de la exposición</i>		3.2. Capacidad de los espacios públicos urbanos para la implantación de SUDS/SBN	63
3. <i>Entornos urbanos expuestos a inundaciones en el arco interior del Mar Menor</i>		1. <i>San Pedro del Pinatar</i>	
1.3. VULNERABILIDAD. Los espacios libres urbanos frente a las inundaciones	25	2. <i>San Javier</i>	
1. <i>Daños producidos por las inundaciones en el litoral Mediterráneo y medidas adoptadas</i>		3. <i>Los Alcázares</i>	
2. <i>La vulnerabilidad de los espacios libres urbanos frente a inundaciones</i>		4. <i>Torre Pacheco</i>	
		5. <i>Cartagena</i>	
		3.3. Guía de definición de los SUDS/SBN a implantar en los distintos tipos de espacios públicos	93
2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y SBN QUE MEJOREN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN EPISODIOS DE LLUVIAS E INUNDACIÓN	29	4. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA AL NÚCLEO URBANO DE SAN JAVIER	102
2.1. Marco normativo	30	4.1. Metodología	103
2.2. Tipos de SUDS/SBN y condiciones necesarias para su implantación	31	1. <i>Caracterización de las calles del núcleo urbano de San Javier</i>	
1. <i>Introducción. Objetivo de los SUDS. Guías consultadas</i>		2. <i>Clasificación del estado y la prioridad de las calles del núcleo urbano de San Javier</i>	
2. <i>Fichas de tipos de SUDS</i>		3. <i>Clasificación del estado y la prioridad de los espacios libres públicos del núcleo urbano de San Javier</i>	
		4.2. Priorización de espacios libres para implantación de SUDS	110
		4.3. Priorización de calles para implantación de SUDS	115
		4.4. Valoración económica de la implantación de SUDS en espacios y calles prioritarias	116
		4.5. Estimación de la capacidad acumuladora (m3) en espacios	127
		5. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	128
		6. BIBLIOGRAFÍA	132

0. INTRODUCCIÓN

0. INTRODUCCIÓN

0.1. Motivación y objetivos

La Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM) tiene entre sus objetivos la mejora de los hábitats urbanos de su territorio, y también el diseño e implementación de políticas urbanas acordes con la nueva situación climática y ambiental.

Dentro de dichos objetivos principales, y tras los episodios de inundación asociados a la DANA de los meses de septiembre y diciembre del año 2019, se detectó la necesidad de establecer e implementar una serie de soluciones que, basadas en la naturaleza (SBN), contribuyan a la mejora de la calidad de los espacios públicos urbanos en las localidades de la Región, a la par que sirvan para que dichos espacios públicos sean resilientes y adaptables a las situaciones de crecida de ríos, ramblas e inundaciones en el contexto urbano.

La motivación del contrato que ha finalizado con este documento partió del interés de la CARM por analizar las afecciones de las inundaciones en un muestreo de localidades urbanas, así como en recopilar un repertorio de soluciones basadas en la naturaleza de aplicación en espacios libres urbanos, adecuadas a las condiciones climáticas del levante español, que ayuden a mitigar las consecuencias de dichas inundaciones sobre el tejido urbano. Asimismo, tiene interés en impulsar el empleo de soluciones basadas en la naturaleza, y realizar una propuesta para implementar sistemas urbanos de drenaje urbano sostenible (SUDS) de aguas de escorrentía que pueda servir de referente a los municipios del área del Mar Menor.

Este objetivo se alinea con la Estrategia de Arquitectura y Construcción Sostenible de la Región de Murcia (EACS), que establece la Línea de Acción nº13 denominada "Impulso de las Soluciones Basadas en la Naturaleza".

Por otra parte, la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) tiene entre sus funciones la de "difusión, valorización y transferencia del conocimiento científico y técnico al servicio de la sociedad, de la cultura, de la calidad de vida y del desarrollo económico, en particular de la Región de Murcia", según lo establecido en sus Estatutos. En este contrato, se ha querido aprovechar la experiencia del Grupo de I+D+i Laboratorio de Investigación Urbana (LIUrb) para colaborar con la CARM en este propósito.

La memoria técnica-económica del contrato establecía los siguientes objetivos, basados en la investigación y métodos científicos propios de la ordenación del territorio, del urbanismo y el diseño urbano: análisis y cartografiado de los efectos de la inundación; recopilación de normativas y SBN que mejoran el comportamiento de espacios libres urbanos en inundaciones; identificación y cartografiado de espacios públicos urbanos susceptibles de implantar soluciones basadas en la naturaleza; y anteproyecto de diseño del espacio público de un núcleo urbano piloto para implementar soluciones basadas en la naturaleza. Este último objetivo fue matizado durante el convenio para enfocarlo en la aplicación de la estrategia de implantación propuesta a un núcleo urbano.

0.2. Estrategia de implantación y contenidos del documento

El trabajo realizado ha permitido definir una estrategia de implantación de este tipo de soluciones SUDS/SBN en el ámbito de los núcleos urbanos del arco interior del Mar Menor. Dicha estrategia se define a partir de los siguientes pasos y se ha tratado de presentar de forma operativa en este documento:

a. Identificación de espacios susceptibles de implantación de SUDS/SBN. Un primer conjunto de fichas recoge, para los distintos ámbitos del arco interior del Mar Menor, los espacios de oportunidad disponibles en función de un criterio multivariable (exposición, tipología, calificación urbanística, etc.)

b. Guía para la selección de los tipos de SUDS a implantar en los espacios libres. Un segundo conjunto de fichas establece los criterios para identificar los tipos de SUDS a implantar en cada tipo de espacio libre, también considerando distintas variables (localización, morfología, pendiente, propiedades del terreno, etc.)

c. Guía para la definición de las características y criterios de los tipos de SUDS a implantar. Un tercer conjunto de fichas recoge las recomendaciones para la implantación de cada tipo de SUDS en el ámbito del arco interior del Mar Menor, contemplando también diversas variables (climatología, características del terreno, ubicación dentro de la cuenca, etc.)

Esta estrategia se ha aplicado, por último, al núcleo urbano de San Javier, avanzando en:

d. Los criterios para identificar los espacios prioritarios para la implantación de SUDS.

e. La valoración económica del conjunto de actuaciones propuestas en los espacios prioritarios.

El presente documento se estructura en cinco puntos que coinciden de forma general con los objetivos descritos en dicha memoria técnica-económica y que contienen los pasos de la estrategia descrita:

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN.

2. RECOPIACIÓN DE NORMATIVAS Y "SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA" QUE MEJORAN EL COMPORTAMIENTO DE ESPACIOS LIBRES URBANOS EN INUNDACIONES. (Incluye el tercer conjunto de fichas de tipos de SUDS).

3. IDENTIFICACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE ESPACIOS PÚBLICOS URBANOS SUSCEPTIBLES DE IMPLANTAR SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA. (Incluye el primer y el segundo conjunto de fichas).

4. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA AL NÚCLEO URBANO DE SAN JAVIER.

5. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

En los distintos apartados se explica los aspectos metodológicos de definición de la estrategia y los criterios asumidos. Y, además incluyen los conjuntos de fichas pensadas para orientar la toma de decisiones de los SUDS a implantar en cada espacio: observando primero su papel en el sistema de escorrentías de los núcleos urbanos en el primer conjunto de fichas, determinando en segundo lugar el tipo de SUDS recomendable para ese espacio y, por último, conocer las recomendaciones para la incorporación de ese tipo de SUDS en el ámbito del arco interior del Mar Menor.

0.3. Seguimiento del trabajo

Para la coordinación y seguimiento del trabajo se han mantenido varias reuniones del Servicio de Arquitectura de la CARM y los miembros de la UPCT que forman parte del equipo investigador de este contrato. Las reuniones se mantuvieron los días 26 de junio, 3 de agosto, 23 de septiembre y 4 de noviembre de 2020.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Los efectos de las inundaciones en el arco interior del Mar Menor, y específicamente en los espacios libres urbanos de este ámbito, se han analizado a partir de la tradicional formulación del riesgo como la coexistencia de un peligro provocado por las lluvias intensas, una superficie expuesta a este peligro y que resultan vulnerables al mismo. Esta conceptualización de riesgo tiene la ventaja de ser operativa, puesto que la anulación de cualquiera de estas variables provoca la desaparición del riesgo.

-El análisis de la PELIGROSIDAD se ha centrado en la contextualización de los episodios de inundación en el Mediterráneo y en el Mar Menor. Para ello se ha realizado una revisión bibliográfica sobre publicaciones científicas que analizan la frecuencia, tendencia, intensidad de los eventos de lluvia y de inundación, además de un resumen de datos climáticos del ámbito.

-La EXPOSICIÓN estas inundaciones se ha analizado desde varias perspectivas. En primer lugar, a través del análisis de la evolución de la superficie expuesta, utilizando bibliografía específica. En segundo lugar, con el análisis de los criterios con los que se elaboraron los mapas de peligrosidad (o cartografías de zonas inundables), como información de referencia básica. Y, por último, a través del análisis de la exposición que tienen los núcleos urbanos del arco interior del Mar Menor.

-La VULNERABILIDAD de los espacios libres frente a las inundaciones es un aspecto mucho menos analizado previamente. Para ello se ha acudido a información sobre los recientes episodios de inundación acontecidos en el arco interior del Mar Menor. Tanto con fuentes de datos recogidas en los días de las catástrofes, como extraída de reuniones mantenidas con los técnicos municipales de los distintos ayuntamientos con núcleos dentro del ámbito.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

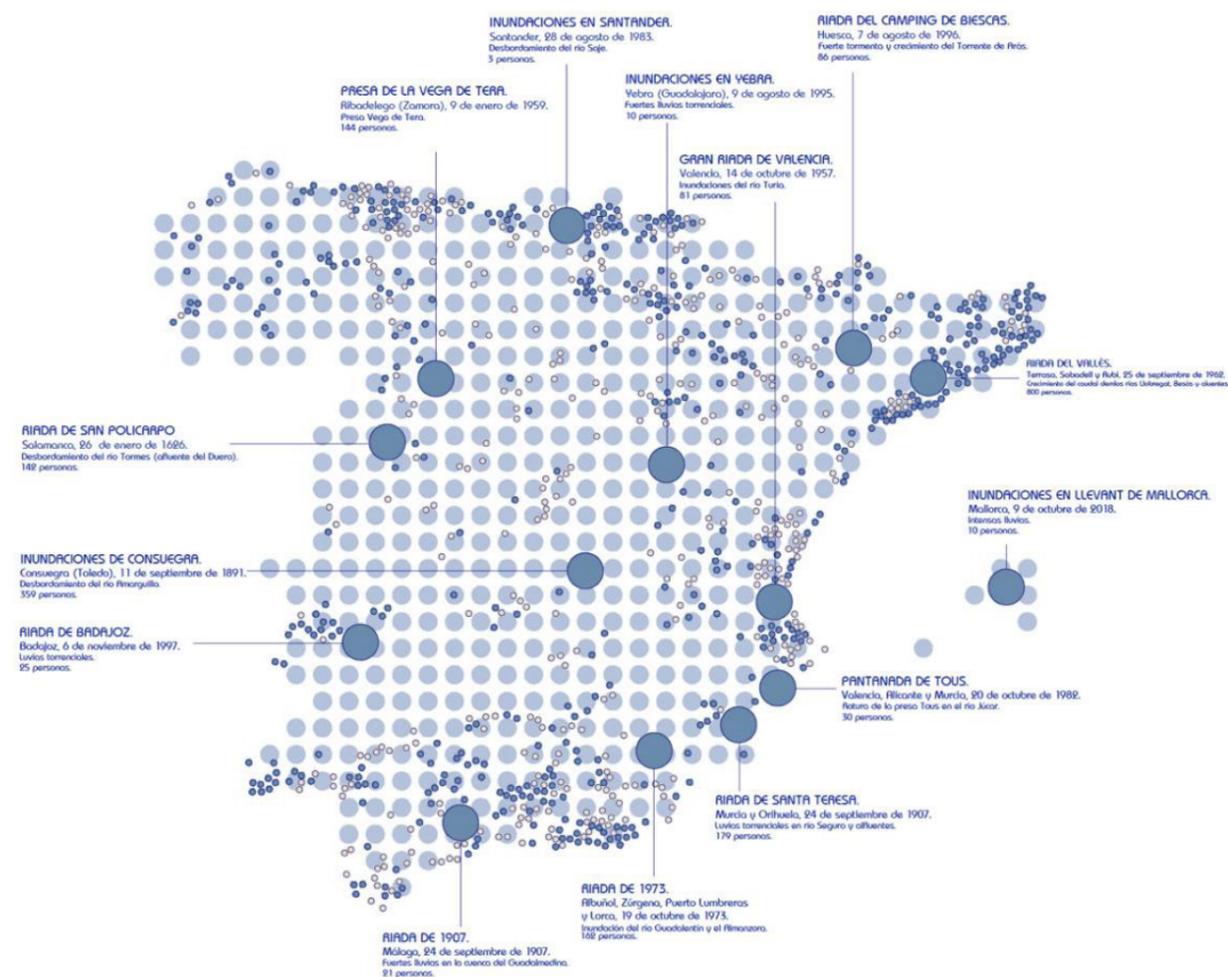
1.1. Peligrosidad

1.1.1. Sobre inundaciones en España y en el Mediterráneo

Las inundaciones son el riesgo de origen natural más representativo a nivel mundial tanto en cuanto a su frecuencia como a las pérdidas humanas y económicas que producen (López, Pérez e Illán, 2019). A nivel nacional también son el fenómeno que más daños ocasiona, reflejado económicamente en que supusieron el 71,2% del total de las indemnizaciones desde 1987 a 2019 del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS, 2019), con más de 700.000 expedientes y un coste medio de 8.577€.

En España, se pueden diferenciar las inundaciones en dos conjuntos, según el ámbito al que afectan. El primero de ellos comprende las inundaciones en las grandes cuencas hidrográficas (Duero, Guadalquivir y Ebro), que generalmente ocurren tras largos periodos de lluvias o provocadas por rápidas fusiones de nieve y suelen tener una duración de varios días. El segundo conjunto es el propio de las pequeñas cuencas mediterráneas y cantábricas, asociadas a episodios breves pero intensos de lluvias.

Figura 1. Episodios destacados de inundación en España



La costa mediterránea española, uno de los lugares más afectados por las inundaciones (alternadas con largos períodos de sequía), está formada por un total de 179 municipios pertenecientes a 11 provincias y cuatro comunidades autónomas. El área de éstos es de 13.381 km², el 2,64 % de la superficie de España, y su población asciende a 8.413.290 habitantes en el año 2016, el 18 % de la población española (INE, 2018). La densidad de población media es de 628,74 hab/km², una cifra mucho más alta que el promedio para la UE (69,85 hab/km²) y para España (92,90 km²).

En este litoral mediterráneo español sólo existen cuatro cuencas (las de los ríos Ebro, Turia, Júcar y Segura) con más de 5.000 km² de superficie. Sin embargo, existen más de 50 pequeñas cuencas de cauces torrenciales y ramblas (López, Pérez e Illán, 2019) cuya falta de consideración en la planificación urbana (Olcina et al, 2016) ha provocado el incremento del riesgo de inundación. Recientes trabajos han generado bases de datos cronológicas de inundaciones en este ámbito territorial, permitiendo analizar las tendencias e intensidades de estos fenómenos. El trabajo de Barriandos et al (2019) analiza un total de 2.284 inundaciones en la costa mediterránea española desde el siglo XIV. Basándose en trabajos previos, proponen una distinción en tres niveles:

-Inundaciones ordinarias (ORD) en las que se produjo un incremento del nivel del agua sin estar constatado el desbordamiento ni daños o alteración de las actividades.

-Inundaciones extraordinarias (EXT) en las que hay constancia de que el nivel del agua claramente excedió el cauce habitual, provocando daños moderados en los entornos urbanos y alteraciones de las actividades cotidianas en las zonas rurales.

-Inundaciones catastróficas (CAT) en las que el agua ocupó amplias zonas fuera del cauce habitual provocando daños muy severos (pudiendo incluir vidas urbanas), afectando a infraestructuras y requiriendo de largo tiempo para recuperar la normalidad.

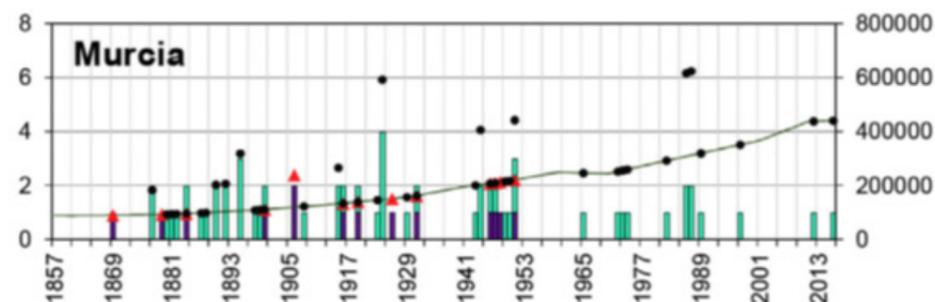
Tabla 1. Disponibilidad de datos para cronología histórica de inundaciones desde el siglo XIV. Fuente: Barriandos et al, 2019.

Río	Ubicación	Ordinarias	Extraordinarias	Catastróficas	Total
Ter	Girona	53	109	25	190
Besòs	Sant Adrià	24	22	36	82
Uadís	Barcelona	122	76	44	242
Llobregat	El Prat	73	94	20	191
Francolí	Tarragona	3	11	19	33
Ebro	Tortosa	51	46	20	117
Ebro	Zaragoza	11	26	18	55
Turia	Valencia	40	43	53	136
Júcar	Alzira	3	51	37	91
Segura	Murcia	273	143	47	463
Argos	Caravaca	46	65	12	123
Guadalmedina	Málaga	78	74	34	186
Segre	La Seu	2	15	21	38
Segre	Balaguer	4	8	15	27
Segre	Lleida	25	37	34	99
Capaspres	Calella	0	26	15	41
Sobirans	Arenys	0	40	33	73
Círrera	Mataró	2	57	38	97

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Según estos autores, en el Segura hay registrados 190 eventos de inundaciones extraordinarias o catastróficas desde el siglo XIV. Como puede verse en la **Figura 2**, aunque la tendencia de la frecuencia de inundaciones se reduce, la población afectada es cada vez mayor.

Figura 2. Variación temporal de las inundaciones y la población afectada por las inundaciones desde 1857. Frecuencia anual de inundaciones extraordinarias (barras verdes) y catastróficas (barras azules); evolución de la población afectada (línea negra). Fuente: Barriendos et al, 2019.



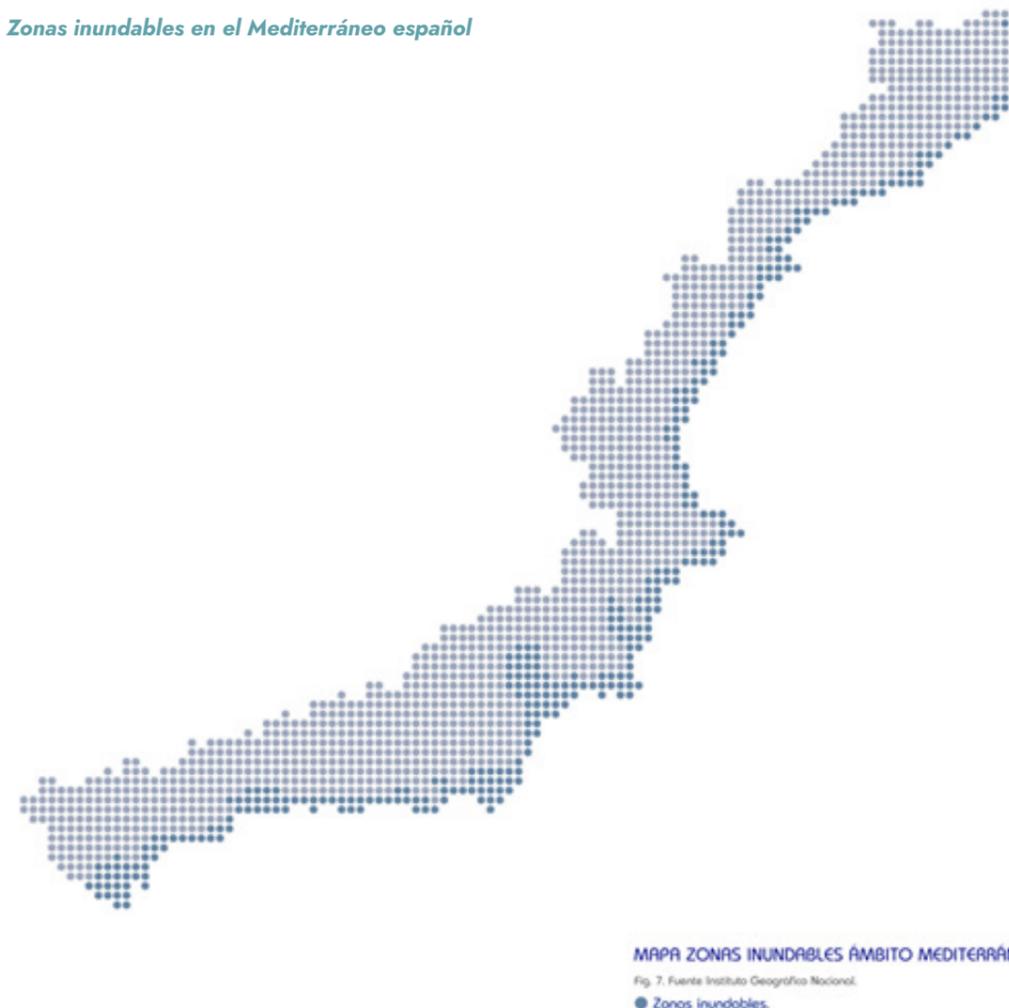
El trabajo de Gil, Pérez y López (2019) se centra en un periodo más reciente, desde 1960. Durante estos años, la mayor parte de las inundaciones en el litoral mediterráneo sucedieron en otoño, especialmente en octubre, como consecuencia de las recurrentes 'gotas frías' que afectan a la región. En esta estación, los episodios de inundación no sólo fueron más frecuentes sino también más intensos.

En este periodo, sin embargo, la frecuencia anual de eventos de inundación ha ido aumentando desde 1980, y con mayor intensidad desde 1996. Estadísticamente, el incremento anual ha sido de un 2,3% respecto a la media de casos del periodo. Los casos de crecidas ordinarias y extraordinarias han sido los que han tenido un mayor crecimiento, mientras que las inundaciones catastróficas han permanecido estables. Ante estos datos, los autores señalan la posible influencia del incremento de la sensibilidad social frente a inundaciones, así como el aumento de la cobertura periodística debido a incremento de población afectada en estos núcleos (Llasat, Llasat y López, 2009).

De acuerdo con la base de datos generada por estos autores, el área con mayor intensidad de inundaciones es la costa de Andalucía, seguida por algunos sectores de las provincias de Gerona y Tarragona. Un aspecto destacado respecto a la distribución espacial es que mientras que la frecuencia crece de norte hacia el sur, la intensidad de las inundaciones lo hace en sentido inverso.

Por último, el trabajo de Pérez, Gil y Olcina (2015) se centra en el periodo desde 1975 en el litoral de las provincias de Alicante y Murcia. En este ámbito sucedieron 191 eventos de inundación en este periodo, con una media de 4,9 al año.

Figura 3. Zonas inundables en el Mediterráneo español



MAPA ZONAS INUNDABLES ÁMBITO MEDITERRÁNEO.
 Fig. 7. Fuente Instituto Geográfico Nacional.
 ● Zonas inundables.

Entre las causas de estas inundaciones en el mediterráneo, están las meteorológicas, las orográficas y las sociales:

-La meteorología de esta costa mediterránea está marcada por la variabilidad, con el 25% de los días de lluvia concentrando el 75% de la precipitación (Martín-Vide, 2004). El final del verano y el otoño suele tener las máximas lluvias debido a la entrada en bajos niveles de aire cálido y húmedo proveniente del mar. Estas situaciones se pueden acentuar con la presencia de depresiones aisladas en niveles altos (Gilbert and Llasat, 2018). Además, las precipitaciones convectivas también causan un importante número de episodios de lluvias torrenciales concentradas en pequeños ámbitos territoriales pero que están relacionadas con inundaciones repentinas (Gilbert and Llasat, 2018).

-La orografía influye también en la peligrosidad de las lluvias. La existencia de relieves prelitorales acentúa las lluvias provocadas por las masas húmedas provenientes del mar. La ausencia de vegetación debido a los largos periodos de sequía incrementa los efectos de las lluvias (Gilbert and Llasat, 2018).

-La componente social complejiza los efectos en esta área, que concentra un porcentaje significativo de la población española. Esto está motivado por el dinamismo económico del área gracias a la agricultura intensiva, los polos industriales existentes, el comercio portuario y el turismo (Burriel, 2015). Los fuertes crecimientos urbanos en las últimas décadas han incrementado el riesgo en estas zonas (Pérez, Gil y García, 2015).

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

1.1.2. Sobre inundaciones en el entorno del Mar Menor

Los episodios datados de inundaciones en el entorno del Mar Menor son numerosos, especialmente en las últimas décadas. A continuación, en la **Tabla 2** se recogen las recogidas por la Confederación Hidrográfica tanto en un resumen (CHS, 2020) como en la Revisión y Actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundaciones para el 2º ciclo de planificación (DHS, 2018). Se incluyen también apuntes de los episodios más recientes recogidos en el documento 'Actuaciones de defensa contra inundaciones en la Región de Murcia. Planteamiento general y casos de estudio' elaborado por el Panel de expertos para la prevención de inundaciones en la Región de Murcia (2020).

Tabla 2. Cronología de inundaciones en el entorno del Mar Menor.

Fecha	Descripción
18-20/10/1900	El río Segura aumentó su caudal ordinario el día 20 de octubre. El temporal reinante descargó en toda la región; en Murcia cayó abundante lluvia que comenzó a las cinco de la mañana y terminó a las ocho de la noche. En San Javier desbordaron todas las ramblas, resultando insuficientes los desagües de los puentes la carretera. En la población se hundieron algunas casas.
12/10/1986	Las zonas más castigadas fueron las costeras, ya que las ramblas que vierten al mar arrasaron todo lo que encontraron a su paso: puentes, carreteras, casas, plantaciones. Las conducciones del postravase Tajo-Segura resultaron seriamente dañadas, especialmente en los sectores regables del campo de Cartagena. Las aportaciones del río Mula al Segura provocaron en su Vega Media el desalojo de varios centenares de personas, ante el temor de desbordamientos. Estos ocurrieron entre las pedanías del Rincón de Beniscornia y la Albatalla. Después, por rotura de sus motas, siguió desbordándose en las zonas del Raal y Alquerías.
03/11/1987	Un fuerte temporal de lluvias afectó a la totalidad de la cuenca, produciendo desbordamientos en los ríos Pliego y Mula (...). Las aportaciones del río Mula al Segura, hicieron que este se desbordara en la Ribera Molina y Torre Alta, y posteriormente en el Rincón de Beniscornia y Alquerías. Como el temporal de lluvias arreció, el río Segura siguió recibiendo aportaciones por sus dos márgenes, y pequeñas ramblas se convirtieron en verdaderos ríos, asolando cuanto encontraban a su paso. Esto hizo que el río Segura produjera inundaciones generales en sus Vegas Media y Baja, siendo las localidades próximas al cauce las más afectadas, donde centenares de personas tuvieron que ser evacuadas. La tragedia se extendió a la zona costera y todas las ramblas que vierten al mar arrasaron todo lo que encontraron a su paso. En la comarca del Mar Menor cayeron unos 490 litros por metro cuadrado.
04/09/1989	Las excepcionales precipitaciones que se registraron por toda la cuenca durante varios días hicieron que el río Segura, al recibir extraordinarias aportaciones de sus afluentes, desbordara en sus tres Vegas: Alta, Media y Baja, ocasionando inundaciones generales y cuantiosos daños. La rambla de las Moreras, debido a las fuertes lluvias caídas en su cuenca, arrasó una gran parte de la zona agrícola y turística de Mazarrón, entre ellas un camping en las inmediaciones de Bolnuevo ocasionando dos muertos y grandes daños. En la zona costera, las ramblas que vierten al mar causaron numerosos daños en agricultura, infraestructuras y núcleos urbanos.
02/1999	Las fuertes lluvias registradas en el campo de Cartagena registraron la avenida de la rambla del Albuñón.
22-23/10/2000	Las precipitaciones del día 22, generaron la avenida de la Ribera de Ramonete (Lorca). Los principales problemas desde el punto de vista hidrológico se produjeron el día 23 al coincidir con las precipitaciones de mayor cuantía. Se produjo la avenida de diversas ramblas costeras, destacando por su incidencia la avenida de la rambla de Benipilia en Cartagena y la de la rambla del Albuñón en la zona del Campo de Cartagena/Mar Menor. La ausencia de estación de aforos en la rambla del Albuñón dificulta la cuantificación de la avenida y la obtención del correspondiente hidrograma y/o limnograma, no obstante, el comportamiento observado indica que al igual que en los casos anteriores se produjo una avenida relámpago de carácter súbito.
14-17/09/2009	A lo largo del día 14 de septiembre comenzaron las lluvias en la provincia de Murcia, afectando en mayor medida a las localidades de Águilas, Albudeite y Torre-Pacheco, donde se vieron afectadas diversas carreteras y la estación de tren de Torre-Pacheco. Desbordamiento en Rambla de la Maraña.
13/08/2010	En la comarca del Mar Menor se desbordó una rambla situada en las cercanías del parque de las Peñas Huertanas.
27-28/09/2012	Las crecidas producidas en septiembre de 2012 afectaron prácticamente a toda la cuenca, debido a las abundantes precipitaciones de fuerte intensidad horaria incluso de más de 150 mm en dos horas, llegando a registrarse 179 l/m ² en la rambla de Nogalte en Puerto Lumbreras, lo que generó un caudal punta estimado de 2.500 m ³ /s. Toda la demarcación se vio sacudida por importantes avenidas e inundaciones pero, sin duda, fue en Lorca y Puerto Lumbreras (ARPSI 10) en donde las consecuencias fueron más graves.

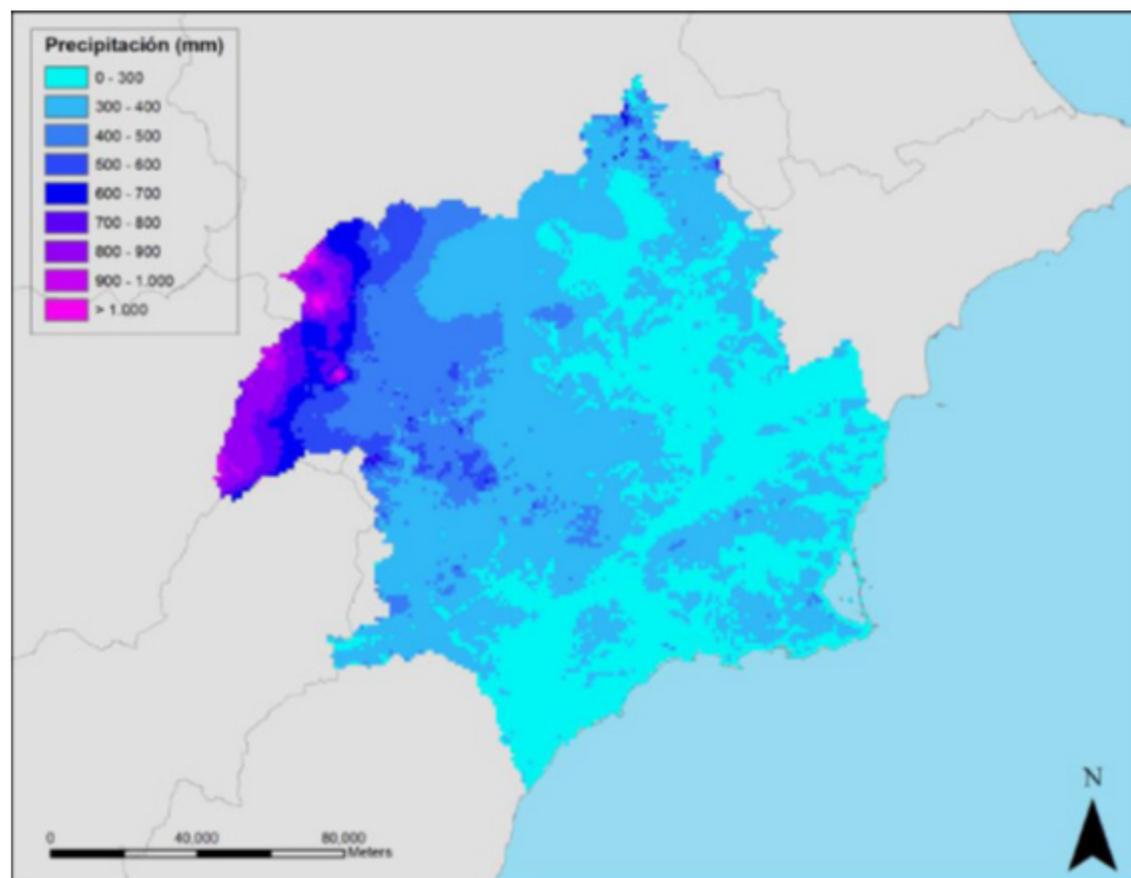
15-19/12/2016	Desbordamiento del río Segura afectando principalmente a tres municipios: Orihuela, por desbordamiento del río Segura; Murcia por desbordamientos de las ramblas de Espinardo y Churra, y Los Alcázares, donde hubo un fallecido al ser arrastrado por el agua. Durante este evento climático de lluvias generales y localmente fuertes en el sureste de la península, se registraron valores de 161 milímetros en Torre Pacheco y 150 milímetros en San Javier, recogiéndose una precipitación media de 144 milímetros en todo el episodio. Las ramblas desbordadas de La Maraña, Casas Blancas, La Sala y Cobatillas dirigieron con fuerza hacia los cascos urbanos de Los Alcázares y San Javier corrientes de agua y barro. Además, decenas de personas fueron evacuadas y el aeropuerto de Murcia-San Javier tuvo que cerrarse debido a las inundaciones y a la inaccesibilidad de la zona. Debido a la magnitud de la inundación tuvo que intervenir la Unidad Militar de Emergencias. Los daños producidos por las lluvias se extendieron por el litoral, concretamente en los términos municipales de Águilas, Lorca, Mazarrón, Cartagena, Los Alcázares, San Javier y San Pedro del Pinatar. En cuanto a los daños producidos en la costa, hubo pérdidas de arena, daños en paseos marítimos, pérdidas en pasarelas y desprendimientos.
15-18/11/2018	Se produjeron fuertes precipitaciones tanto en el tercio Sureste de la cuenca del Segura como en la costa de la Región de Murcia, donde se registraron inundaciones y cortes de carreteras.
12-14/09/2019	La DANA de septiembre de 2019 (denominada Riada de Santa María) fue una de las inundaciones más devastadoras y catastróficas que se han producido en España en los últimos años, con ocho muertos y numerosos daños materiales. Esta DANA, que asoló gran parte del sureste peninsular y dio lugar a precipitaciones torrenciales en muchas regiones de la vertiente mediterránea (520,8 mm acumulados en Orihuela, 396,4 mm en Jacarilla o 308,7 mm en la zona del Albuñón), puede calificarse de extraordinaria, tanto por su ciclo de vida, que se alargó durante cinco días, como por su trayectoria, al viajar hacia el sur y retornar posteriormente hacia el norte, dando lugar a que en algunas zonas padecieran sus efectos dos veces en un breve lapso de tiempo. En este caso se conjugaron además todos los elementos que hacen peligrosa a una DANA: un mar Mediterráneo anómalamente cálido, una ubicación de su centro que dirigía el viento hacia tierra tras un largo recorrido por este mar cálido y una interacción con aire subtropical altamente inestable. Las lluvias de este evento comenzaron el día 11 de septiembre y finalizaron el día 17 del mismo mes. Sin embargo, las máximas intensidades de las precipitaciones se registraron durante los días 12 y 13. Debido a que las lluvias fueron persistentes y concentradas, se produjo el desbordamiento de ríos y ramblas, inundando calles, campos y núcleos urbanos. Entre las inundaciones históricas registradas, este evento de la DANA destaca por su virulencia. Carreteras, colegios y los aeropuertos de Murcia y Alicante cerraron. En las estaciones meteorológicas de los aeropuertos de Almería y de Murcia se superaron máximos históricos. Se contabilizaron 3.500 personas evacuadas y 1.100 militares desplegados (Observatorio Dartmouth, 2019). En la Vega Alta, el río Segura se desbordó a su paso por Cieza, Blanca (en la que también desbordó la rambla de San Roque), Molina de Segura y Alguazas. Se produjeron inundaciones de gran extensión en las Vegas Media y Baja del río Segura (de más de 500 km ²) donde el agua discurrió a gran velocidad en algunas zonas (flujos preferentes), mientras que en la gran mayoría permanecieron anegadas durante días debido a la dificultad de drenaje del territorio (tanto por sus características geológicas como por la ocupación del territorio). El río Segura a su paso por Murcia estuvo a punto de desbordar, y aguas abajo de esta ciudad, a la altura del municipio de El Raal, el encauzamiento del río se rompió, tras el registro de las lluvias más fuertes. Hubo otros puntos de rotura de las motas del encauzamiento. El municipio de Orihuela también se inundó debido al cuello de botella formado por el monte de San Miguel y a la falta de capacidad del río Segura a su paso por este municipio, con secciones críticas de capacidad menor a 350 m ³ /s. El municipio de Orihuela también se vio gravemente afectado por el desbordamiento de la rambla de Abanilla. En la estación de San Javier, solo el día 13 se acumularon 216 mm en el día civil (321 mm en 24 horas, entre las 09 horas del día 12 y las 09 del 13) de los cuales 146 mm se registraron en tan solo una hora y 216 mm en 6 horas durante la madrugada de ese día. En San Javier se registraron 108,9 mm/h en tan solo una hora durante el día 13.
3/12/2019	Las intensas precipitaciones registradas en la zona del Campo de Cartagena provocaron destrozos en instalaciones agrarias y cultivos. El granizo caído en San Javier causó destrozos y pérdidas de parte de la cosecha. También Los Alcázares se vio afectado por dicha intensidad, sumándole los aportes de las ramblas de San Cayetano y La Maraña que provocaron inundaciones en los viales urbanos. Se produjo un desalojo voluntario de 100 personas ante la posibilidad de que sus viviendas se vieran afectadas. Descarga 122 mm en San Javier, de los cuales 115 mm en tan solo 24 horas, superando en una hora los 60 mm. Se producen inundaciones de nuevo en esta localidad, en Los Alcázares y en otros puntos del Campo de Cartagena.
19-22/01/2020	Las precipitaciones registradas en el municipio de Los Alcázares fueron de entre 86 y 142 litros por metro cuadrado. Se produjeron cortes de calles y carreteras de acceso a San Javier y San Pedro del Pinatar, causando diversos daños materiales, y afectando a la actividad ordinaria de estos municipios. En esta situación, asociada a la borrasca Gloria, las precipitaciones tuvieron carácter muy persistente y moderado
21-24/03/2020	Episodio de lluvias que alcanzaron intensidades fuertes y fueron persistentes, llegando a acumular más de 100 mm en amplias zonas de la Región y más de 150 mm en el Campo de Cartagena, volviendo a producir en las mismas zonas nuevas inundaciones, ahora centradas en Los Alcázares. En Cartagena se registraron 166 mm en este episodio, de los cuales 114 mm se observaron en un solo día. En Torre Pacheco se recogieron 135 mm, de los cuales 80 mm corresponden al día 24 y en San Javier 93 mm, 66 mm también durante día 24.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

1.1.3. Características climáticas y meteorológicas

La cuenca hidrográfica del Segura presenta una elevada irregularidad interanual, con las precipitaciones totales anuales medidas de toda la cuenca oscilando entre mínimos de 212,7 mm y máximos de 608,6 mm (DHS, 2020). La media de la precipitación total de la cuenca es de 381,78mm, aunque las zonas de la cabecera superan los 1000 mm al año mientras que las zonas prelitorales y litorales no alcanzan los 300 mm (Figura 4).

Figura 4. Distribución espacial de la precipitación total anual (en mm/año) en la Demarcación Hidrográfica del Segura durante el periodo 1980/81-2005-2006). Fuente: DHS, 2018



Sin embargo, es en estos ámbitos costeros donde se producen los fenómenos puntuales más intensos. El intenso déficit hídrico estival y la existencia de episodios de lluvias cortas e intensas principalmente en otoño (DHS, 2018) generan una fuerte variabilidad de las precipitaciones, en la que el 25% de los días de lluvia concentra más del 75 % de la precipitación. (Gil, Pérez y López 2019).

Según el Panel de expertos para la prevención de inundaciones en la Región de Murcia (2020), aunque “no es el único fenómeno que puede provocar estos episodios de precipitación, muchos de ellos están asociados a la presencia de una depresión aislada en niveles altos de la atmósfera (DANA), tradicionalmente llamado ‘gota fría’”. Además, “existen otros ingredientes, como la temperatura del agua del mar, la modificación de los patrones de circulación atmosférica, etc., que parece que presentan una relación directa con el cambio climático y que pueden incrementar la eficiencia y frecuencia de estas precipitaciones extremas, que acumulan en horas cantidades superiores a las medias de todo un año”.

El análisis de los datos de pluviometrías máximas desde 2004 en la estación San Javier Aeropuerto (7031) disponibles en ‘AEMET OpenData’ (<https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio>), el sistema para la difusión y reutilización de la información de Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) confirma estos patrones.

La variabilidad de las lluvias se observa en que en 79 de los 186 meses con datos entre 2004 y septiembre de 2020, las precipitaciones máximas diarias fueron menores a 5ml. Sin embargo, existen 4 episodios de lluvias de más de 100ml en un día, con un tope de 204,7ml el 12 de septiembre de 2019.

La distribución temporal, Figura 5 y Tabla 3, muestra que los meses de junio y julio son muy secos, con máximos de lluvia diarios menores a 20ml en este periodo. Los meses de otoño son los que reciben las máximas lluvias, siendo el invierno mucho más estable.

Figura 5. Precipitaciones máximas (en mm) por meses en el periodo 2005-2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET Open Data

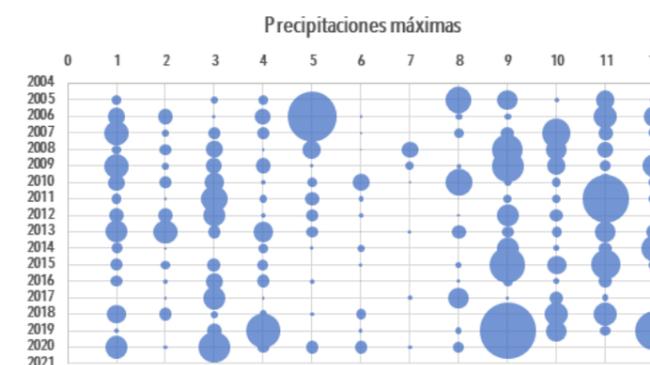


Tabla 3. Precipitaciones máximas (en mm) por meses en el periodo 2005-2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET Open Data.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2020	35,0	0,9	66,0	9,7	10,1	11,1	1,1	7,3	1,6	-	-	-	-
2019	1,2	0,0	16,0	75,5	0,0	1,0	0,1	2,6	204,7	28,5	7,4	102,0	204,7
2018	23,2	11,3	3,7	4,5	1,1	6,9	0,0	0,0	38,0	36,1	36,5	6,0	38,0
2017	-	0,7	34,0	0,7	0,0	0,0	1,4	27,6	0,7	11,2	2,9	0,2	34,0
2016	8,4	1,7	20,5	11,1	1,5	0,1	0,0	0,7	5,8	2,9	12,4	-	-
2015	9,3	5,5	11,8	8,0	0,0	0,9	0,0	2,6	84,2	24,1	55,9	7,0	84,2
2014	8,0	0,2	0,1	5,9	1,0	2,8	0,0	0,0	33,0	2,3	11,3	49,0	49,0
2013	3,2	38,0	10,2	27,0	8,7	0,1	0,8	13,0	9,4	6,9	30,2	17,8	36,0
2012	14,4	14,0	31,3	2,1	9,4	1,8	0,0	0,8	30,5	11,1	14,6	0,1	31,1
2011	7,6	0,7	44,2	4,0	13,5	2,0	0,0	0,1	5,0	5,3	144,9	9,1	144,9
2010	17,1	8,8	26,1	2,1	6,0	19,5	0,3	47,8	4,0	5,3	18,1	10,4	47,8
2009	39,4	3,2	16,8	15,7	0,9	0,0	4,6	1,3	64,3	21,3	7,4	37,4	64,3
2008	4,9	8,1	18,5	0,7	21,5	0,2	17,6	0,0	59,5	30,0	17,1	2,3	59,5
2007	38,1	2,9	11,0	10,4	8,6	0,2	0,0	6,6	11,2	54,3	13,5	8,3	54,3
2006	21,4	14,6	0,9	16,5	163,0	0,5	0,0	3,0	3,1	0,1	37,3	27,8	37,5
2005	6,8	-	3,9	6,2	0,8	0,0	0,0	43,5	28,0	1,9	23,1	4,0	43,5
Max(P_MAX)	39,4	38,0	66,0	75,5	163,0	19,5	17,6	47,8	204,7	54,3	144,9	102,0	204,7
Min(P_MAX)	1,2	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	2,9	0,1	31,1

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Estos datos permiten también datar los episodios de lluvias más intensos en esta estación meteorológica durante el periodo, recogidas en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Días con lluvias más intensas en el periodo 2005-2020 en la estación meteorológica del Aeropuerto de San Javier y descripción de los efectos e inundaciones producidas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEMET Open Data.

Rango	mm	día	Mes/año	Descripción
1	204,7	12	9/2019	El 12 de septiembre de 2019, se produce la fase más adversa del temporal, cayendo 204.7 mm de agua. Las precipitaciones fueron de intensidad torrencial, produciendo un fuerte impacto socioeconómico, debido a los daños causados por las riadas. En el entorno del Mar Menor, fue donde se produjeron los daños más graves.
2	163,0		5/2006	La lluvia caída en Águilas fue la más fuerte en 50 años. Se registraron 80 litros por metro cuadrado en cuatro horas. (1).
3	144,9	18	11/2011	El frente frío del día 18 de noviembre de 2011, fue causante de las precipitaciones registradas ese día. Los valores pluviométricos de la ribera del Mar Menor fueron los más abundantes. Las consecuencias negativas se produjeron sobre todo en San Pedro del Pinatar y en San Javier, registrándose inundaciones con consecuencias nefastas. Grandes pérdidas económicas, muy cuantiosas. Se caracterizo más por la abundancia y continuidad de las lluvias, que por alcanzar intensidades excepcionalmente altas. Se registraron 144.9 mm de agua.
4	102,0		12/2019	Intensas precipitaciones que dejan hasta 100 l/m2 en la Región. Se produjeron cortes de carreteras y rescates de personas por parte de los servicios de emergencia. En Los Alcázares se desbordó la rambla. Arrastres del agua del Campo de Cartagena, que colapsaron el municipio. (2)
5	84,2	5	9/2015	El día 5 de septiembre de 2015, se registraron 84,2 mm. Las lluvias tuvieron efectos devastadores no solo en los cultivos, sino que produjo también el desbordamiento del río Segura, inundó carreteras y numerosas ramblas, acequias y caminos quedaron prácticamente intransitables.
6	75,5		4/2019	Abril más frío y húmedo de los últimos diez años. La precipitación media en la Región de Murcia fue de 98 litros por metro cuadrado, lo que supone más del cuádruple del valor de la mediana del periodo de referencia, y un carácter extremadamente húmedo. El episodio que recogió la mayor parte de la precipitación mensual fue el que tuvo lugar entre los días 18 a 23, con precipitaciones generalizadas, persistentes y localmente intensas, especialmente en el litoral sureste donde fueron muy fuertes. (3)
7	66,0		3/2020	Precipitaciones continuas durante prácticamente 24 horas llegando a sobrepasar los 100 litros por metro cuadrado en Región de Murcia. Afectaron sobre todo a la zona del Campo de Cartagena. Con el paso de las horas las lluvias se fueron desplazando hacia el interior, llegando a la comarca del río Mula, Sierra Espuña y altiplano, aunque con menos intensidad. La rambla de Benipila en Cartagena recogió 177 litros. (4)
8	64,3	27	9/2009	El 27 de septiembre de 2009, llovieron 64.3 mm de agua. Se activó la alerta naranja en la Región de Murcia. Se cortaron carreteras, además de desalojo de unas 60 personas de sus viviendas. Lluvias intermitentes pero torrenciales. El agua anegó zonas inundables y desbordamiento de cuatro ramblas

9	59,5	27	9/2008	El día 27 de septiembre de 2008, se registraron 59.5 mm de agua, produciendo problemas en diversas carreteras, sobre todo en la zona litoral. Fue una fuerte tromba de agua, que llegó a alcanzar los 40 cm. Inundaciones en viviendas y desbordamiento rambla de la Carrasquilla.
10	55,9		11/2015	El principal episodio transcurrió entre los días 1 y 2 de noviembre. Las precipitaciones fueron generalizadas de origen tormentoso que alcanzaron intensidades fuertes en diversos puntos de la Región. Se llegaron a acumular más de 50 l/m2 en puntos del litoral este y de la comarca del Noroeste; en 24 horas se registraron 49,7 l/m2 en San Javier, el día 2, de los cuales 35,4 l/m2 se registraron en una hora, y 17,4 l/m2 en tan solo diez minutos. (5)
11	54,3	4	10/2007	El 4 de octubre de 2007, cayeron 54.3 mm de agua. En este caso no se registraron daños ni inundaciones de ningún tipo, al igual que el día 3 de diciembre de 2014, con actividad tormentosa en la zona del Mar Menor y Campo de Cartagena, donde cayeron 49 mm de agua, no se registran daños ni inundaciones.
12	49,0	3	12/2014	Fue un mes frío y húmedo. La precipitación registrada en San Javier fue de 49 l/m2. (6)
13	47,8	13	8/2010	El 13 de agosto del 2010, cayeron 47.8 mm de agua. En la comarca del Mar Menor, se produjo el desbordamiento de una rambla.
14	44,2		3/2011	Temporal en la costa del Mar Menor, dejó una fuerte granizada. En San Pedro del Pinatar y San Javier las fuertes lluvias obligaron a cortar carreteras y rescatar a algunos conductores atrapados en sus vehículos. (7)
15	43,5	2	8/2005	En el Nordeste peninsular y pequeñas áreas de Murcia se llegó a alcanzar el carácter de húmedo, que puntualmente en el Mar Menor llega a ser muy húmedo.
16	39,4		1/2009	-
17	38,1		1/2007	-
18	38,0	14	9/2018	El 14 de septiembre de 2018, se registraron 38 mm de agua. Incidentes relacionados con obstáculos en carreteras y corte de las mismas, además de pequeñas inundaciones en viviendas.
19	38,0		2/2013	En este mes, en la comarca del Noroeste se acumularon precipitaciones superiores a 40 l/m2, siendo la estación de Benizar la que acumuló más precipitación, 48 l/m2, seguida de Caravaca y Bullas con 41 y 45 l/m2 respectivamente. La precipitación media en la Región fue de 20 l/m2. (8)
20	37,4		12/2009	La lluvia acumulada especialmente en el Campo de Cartagena llegando a recogerse alrededor de 70 litros por metro cuadrado en varios puntos de esta comarca. (9)

(1) https://www.laverdad.es/murcia/pg060504/actualidad/region/200605/04/RL_aguilas_lluvias.html

(2) <https://www.lavanguardia.com/vida/20191203/472049367447/temporal-lluvias-cataluna-comunidad-valenciana-baleares-murcia.html>

(3) https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/10556/1/ACM_MUR_201904.pdf

(4) <https://www.murcia.com/region/noticias/2020/03/27-marzo-bate-records-de-precipitacion-diaria-en-varios-puntos-del-sureste.asp>

(5) <http://eltiempodelahuertademurcia.blogspot.com/2015/12/resumen-mes-de-noviembre-2015-rmurcia.html>

(6) https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/cca/region-de-murcia/avance_climat_mur_dic_2014.pdf

(7) <https://www.laverdad.es/murcia/v/20110305/espana/granizo-descarga-manga-lluvia-20110305.html>

(8) https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/cca/region-de-murcia/avance_climat_mur_feb_2013.pdf

(9) <https://www.europapress.es/murcia/noticia-aemet-asegura-diciembre-2009-fue-mes-extremadamente-humedo-contrastes-termicos-region-murcia-20100101165836.html>

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Se observa que cuando la precipitación supera los 60 mm de lluvia, comienzan a producirse los daños más graves, que van desde el corte de carreteras hasta importantes inundaciones que obligaron a evacuar a personas debido a lesiones en infraestructuras.

Además, también se percibe que los peores incidentes y las inundaciones más graves se registran en los últimos años, aún con intensidades de lluvias similares. Un ejemplo sería la comparativa entre dos episodios de lluvias: el 14 de septiembre de 2018, cayeron 38 mm de agua y en agosto de 2010, llovió 47.8 mm. A pesar de que en 2018 cayó menos agua, se registraron incidentes e inundaciones más graves.

El Panel de Expertos (2020) también señalaba esta circunstancia: “Estos fenómenos de lluvias muy fuertes o torrenciales no son nuevos en el Mediterráneo, (...) sin embargo, su virulencia y frecuencia parecen estar aumentando en los últimos años”.

Este panel no descarta que este incremento se deba a los efectos del cambio climático: “según numerosos estudios científicos, las emisiones de gases de efecto invernadero están cambiando el clima a nivel global. (...) las circulaciones de las masas de aire en la atmósfera están alterando su dinámica, generando un incremento de los fenómenos meteorológicos extremos como lluvias torrenciales, olas de calor y largos periodos de sequía, intensificando los ciclos hidrológicos con fuertes impactos y adversos efectos socioeconómicos y medioambientales”.

Sin embargo, otros autores indican que, por el momento, no hay evidencias suficientemente concluyentes de que el aumento de los episodios de inundación se deba a una mayor frecuencia de los fenómenos extremos de precipitación (Gallego et al., 2011; Benito and Machado, 2012). Al margen de la discusión sobre la situación actual, sí hay coincidencia en las previsiones de que se incrementen estos episodios en el futuro.

1.2. Exposición

1.2.1. El incremento de la exposición de los entornos urbanos

Como se indicaba en el apartado anterior, las causas sociales son una de las variables más destacadas en las inundaciones. La acción del hombre sobre el territorio ha provocado que ante episodios de lluvias intensas se haya aumentado la exposición al riesgo y los daños.

Desde el punto de vista de analizar los efectos de las inundaciones en los núcleos urbanos del Mar Menor, los estudios consultados apuntan a una doble causa del incremento de la exposición: el crecimiento urbano sobre zonas inundables y la alteración del territorio incrementando los efectos de las inundaciones.

BURBUJAS INMOBILIARIAS Y ZONAS INUNDABLES

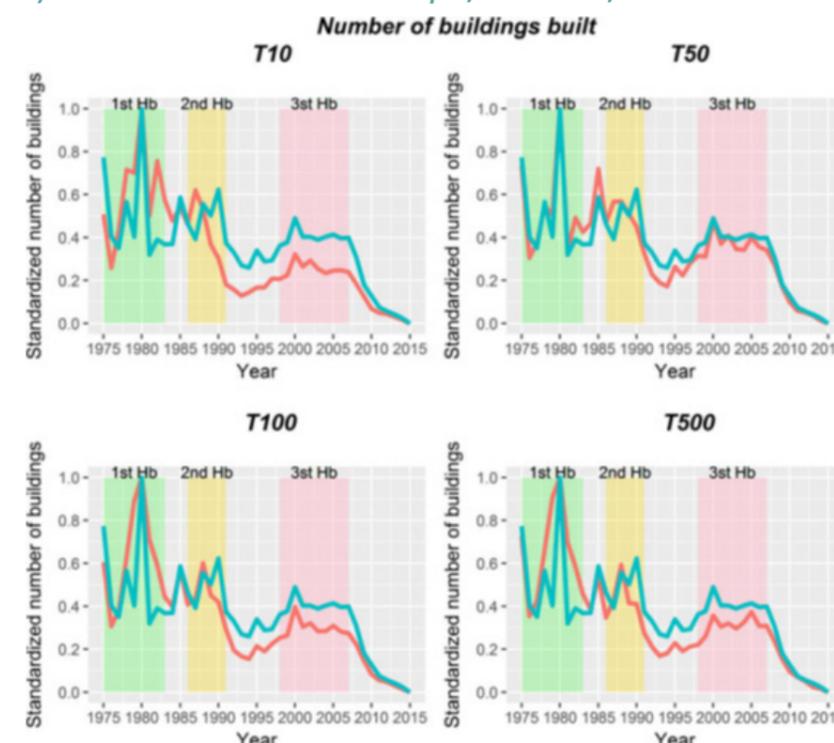
La existencia de construcciones y áreas urbanas en zonas inundables es una causa fundamental del riesgo. El desajuste entre la urbanización y su planeamiento con el medio físico no es reciente, sino que tiene un origen anterior al de la última burbuja inmobiliaria (Martínez y Pérez, 2019).

Figura 6. Número de edificaciones construidas anualmente en el litoral mediterráneo. Fuente: López, Pérez e Illán, 2019.



López, Pérez e Illán (2019) han analizado el ritmo de la edificación en los municipios del litoral mediterráneo desde 1975. Tal como puede observarse en la Figura 6 la tendencia de la construcción ha estado ligada a varios periodos de burbuja (1975-1981, 1986-1991 y 1998-2007). Lo destacable de su estudio es que han comparado la diferencia del ritmo de construcción en zonas inundables y zonas no inundables y no han encontrado diferencias significativas, como se puede observar en la Figura 7. En el ámbito de la Región de Murcia, la tendencia indica que incluso el incremento de las construcciones en las zonas inundables ha sido más grande en este periodo (Pérez, Gil y Olcina, 2015).

Figura 7. Estandarización del número de edificaciones construidas en zonas inundables (en rojo) y zonas no inundables (en azul) en el litoral mediterráneo. Fuente: López, Pérez e Illán, 2019.



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

De acuerdo con estos datos, la construcción de edificaciones en zonas inundables se ha concentrado en los tres periodos de burbuja inmobiliaria referenciados:

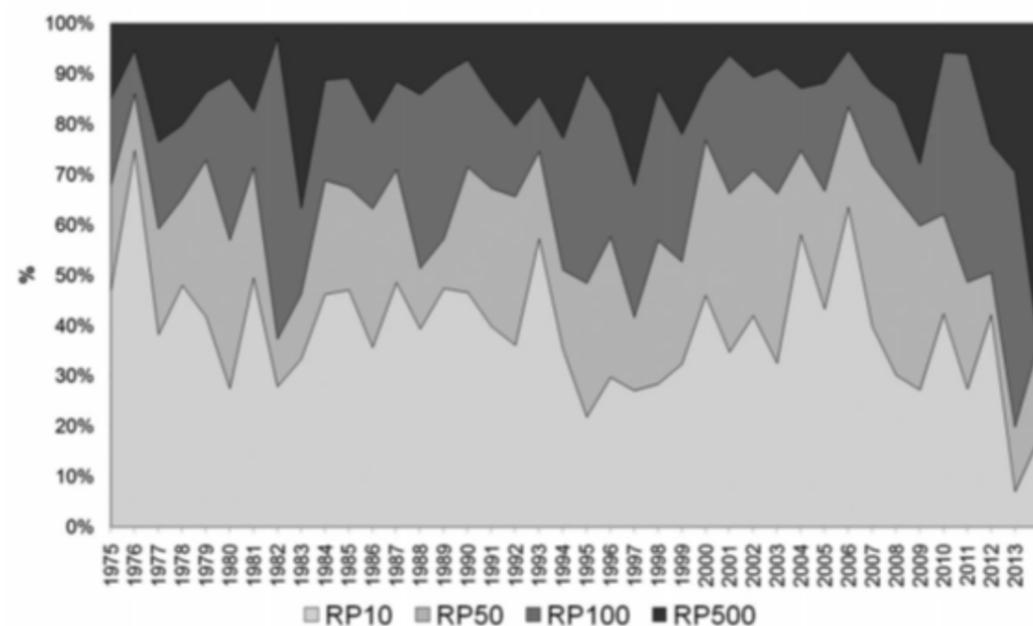
-El periodo entre 1975 y 1981 estuvo precedido por la crisis internacional del petróleo, que tuvo un impacto limitado en el litoral mediterráneo debido al crecimiento de la población y, especialmente, de la demanda de residencia turística (Pérez, Gil y Olcina, 2015). Según el estudio citado, el 17,8 % de las viviendas construidas en este periodo lo fueron sobre zonas inundables.

-El periodo entre 1986 y 1991 se sitúa tras las crisis de los primeros años ochenta y la iniciada a partir de 1993. La actividad edificatoria desciende respecto al desarrollismo de los años setenta y ochenta, acompañando a un periodo de estabilización del crecimiento demográfico. Además de los factores económicos y demográficos, la llegada de la democracia impulsó las primeras medidas de mitigación de las inundaciones, que se convirtieron en una fuerte demanda social por el elevado número de desastres de este tipo ocurridos en los ochenta en el litoral español (Serra, Tàbara y Sauri, 2013).

-El periodo entre 1998 y 2007 es la burbuja inmobiliaria más reciente, impulsando un desarrollo económico muy basado en el sector de la construcción y que tuvo gran impacto en las zonas litorales. La demanda de segunda residencia fue muy elevada, potenciada por la construcción de complejos destinados al turismo centro y noreuropeo (Burriel, 2008) que elevó hasta más de 450.000 los residentes en el litoral mediterráneo procedentes de estas regiones (Pérez, Gil y Olcina, 2015).

Aunque estos fueron los periodos que concentraron mayores ocupaciones de las zonas inundables, la construcción sobre éstas no llegó a cesar en los periodos entre burbujas. La ocupación de éstas fue liderada por actores locales impulsados por importantes beneficios a corto plazo (Fernández y Barrado, 2011).

Figura 8. Porcentaje de superficie construida en zonas inundables según periodo de retorno. Fuente: Pérez, Gil y Olcina, 2015



Atendiendo a los periodos de retorno de las zonas inundables (Figura 8), resulta muy destacable señalar que las áreas más intensamente ocupadas han sido las afectadas por las lluvias frecuentes, con retorno de 10 años (Pérez, Gil y Olcina, 2015). Muchas de estas inundaciones están causadas por ramblas efímeras (que en episodios de precipitaciones intensas experimentan 'flash floods') que no son percibidas claramente como un riesgo (Llasat, Llasat y López, 2008). Sin embargo, otras causas sociales como la falta de consideración en la planificación o el exceso de confianza en las medidas estructurales pueden ser también causas de la ocupación de estas zonas.

Como consecuencia de este aumento de la exposición, se incrementaron las pérdidas económicas provocadas por los episodios de inundación, pese a que la inversión en soluciones estructurales ha aumentado notablemente desde 1975, dando lugar a la conocida como 'paradoja hidráulica' (Pérez y Martínez, 2017).

CAMBIOS TERRITORIALES E INCREMENTO DE LA EXPOSICIÓN

Las transformaciones recientes del territorio en el arco interior del Mar Menor también han incrementado la exposición a las inundaciones debido a la alteración de la escorrentía de las aguas de lluvias y los cauces efímeros. Y, no sólo, los efectos de las inundaciones si no también el equilibrio del ecosistema del propio Mar Menor.

La observación del entorno más próximo a los núcleos urbanos permite identificar algunos tipos de cambios en el territorio. Sin ánimo de ser exhaustivo, se pueden resumir en los siguientes:

-La expansión urbana, tanto en continuidad con los núcleos existentes como de nuevas urbanizaciones aisladas. Estas nuevas áreas urbanas alteran la orografía y la permeabilidad del terreno. Además, tal como se ha visto, se han ubicado en ocasiones sobre zonas inundables y cauces alterando las superficies afectadas por las crecidas.

La falta de delimitación clara de las zonas inundables hasta los años posteriores a la última burbuja provocó una deficitaria consideración de éstas en el planeamiento urbanístico, que actualmente sigue vigente.

-La construcción de infraestructuras también ha afectado a la red de drenaje de las aguas. Algunas grandes obras de carácter lineal como la autovía AP-7 a finales de los años noventa o el canal del trasvase Tajo-Segura en los setenta tienen un efecto barrera transversal a la dirección de circulación de los cauces. La circulación de las aguas se resuelve con puentes y pasos sobre los cauces principales, pero que son insuficientes en episodios de inundación, como puede observarse en las cartografías de zonas inundables.

En las imágenes se puede observar cómo ha afectado al territorio la construcción de la autovía AP7 y la construcción del Trasvase Tajo-Segura. Las imágenes son del año 2019, 1997 y 1956 respectivamente.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 9. Trazado de la AP-7. De arriba a abajo: ortofotos 2019, 1997, 1956

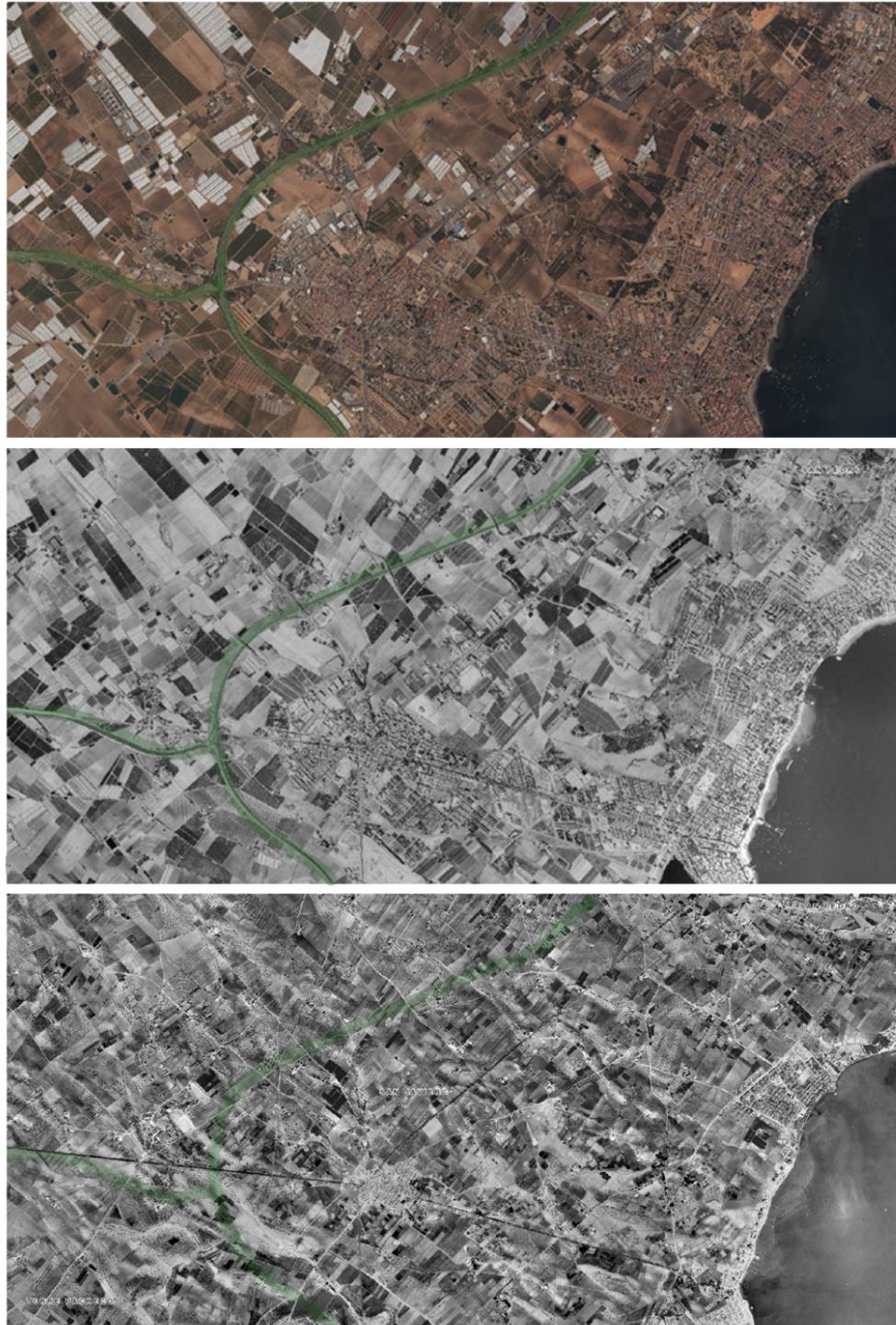
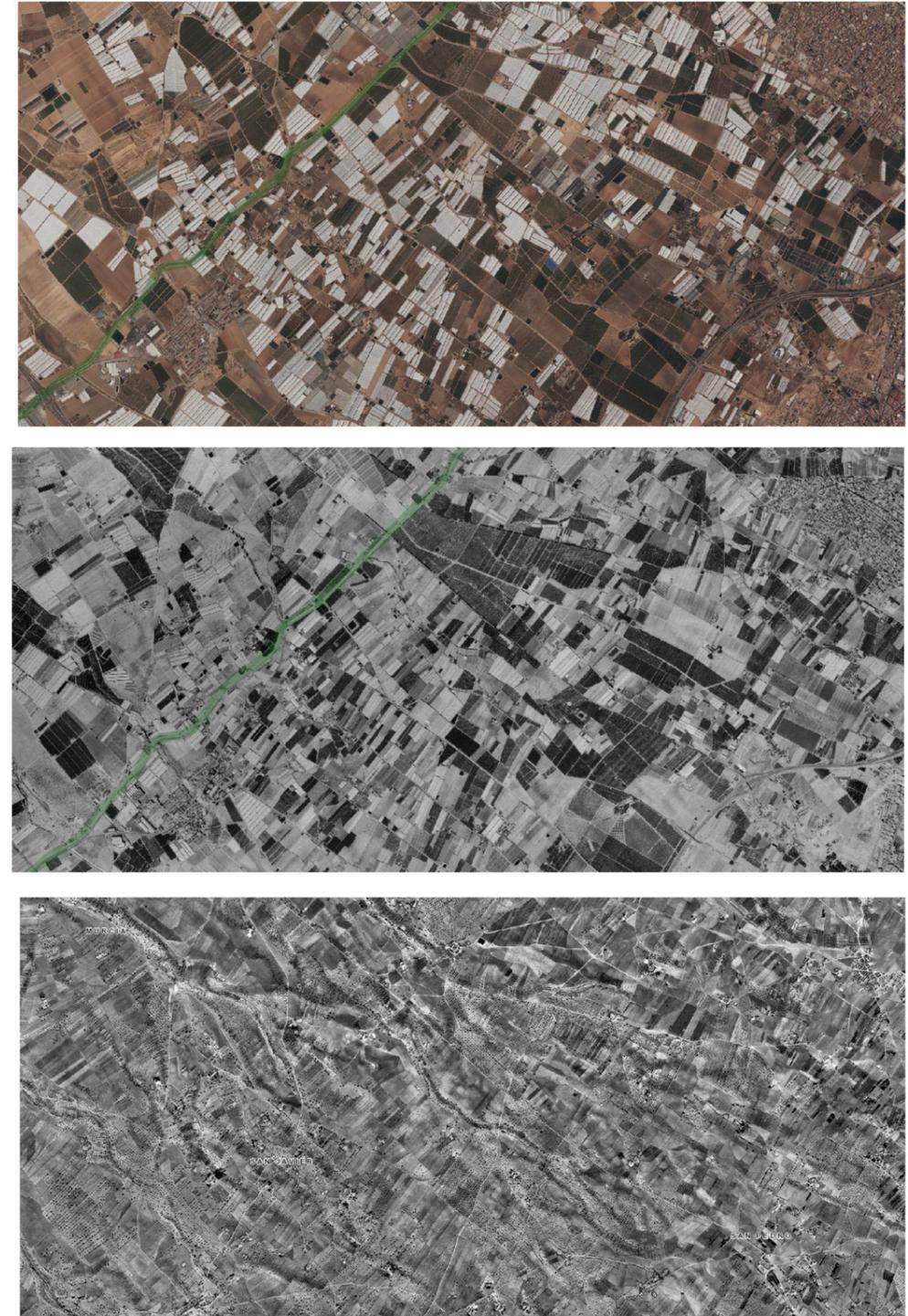


Figura 10. Traslase Tajo - Segura. De arriba a abajo: ortofotos 2019, 1997, 1956



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Las transformaciones en las técnicas empleadas en la actividad agrícola también han tenido su impacto en el aumento de la exposición. La seguridad de disponibilidad de aguas a partir de la construcción del canal del Traspase Tajo-Se-gura a impulsado los cultivos de regadío hacia nuevas técnicas.

La observación de las ortofotografías históricas permite identificar algunos de estos cambios. En una primera fase destaca la implantación de invernaderos para los cultivos. Posteriormente, se puede detectar también la alteración del sistema parcelario y, por lo tanto, de la orografía y la red de drenaje del territorio. Además, los cambios en las técnicas agrícolas también han provocado una alteración superficial de los cultivos que ha afectado a su permeabilidad. Las imágenes son del año 2019, 1997 y 1956 respectivamente.

Figura 11. Superficie de invernaderos. De arriba a abajo: ortofotos 2019, 1997, 1956

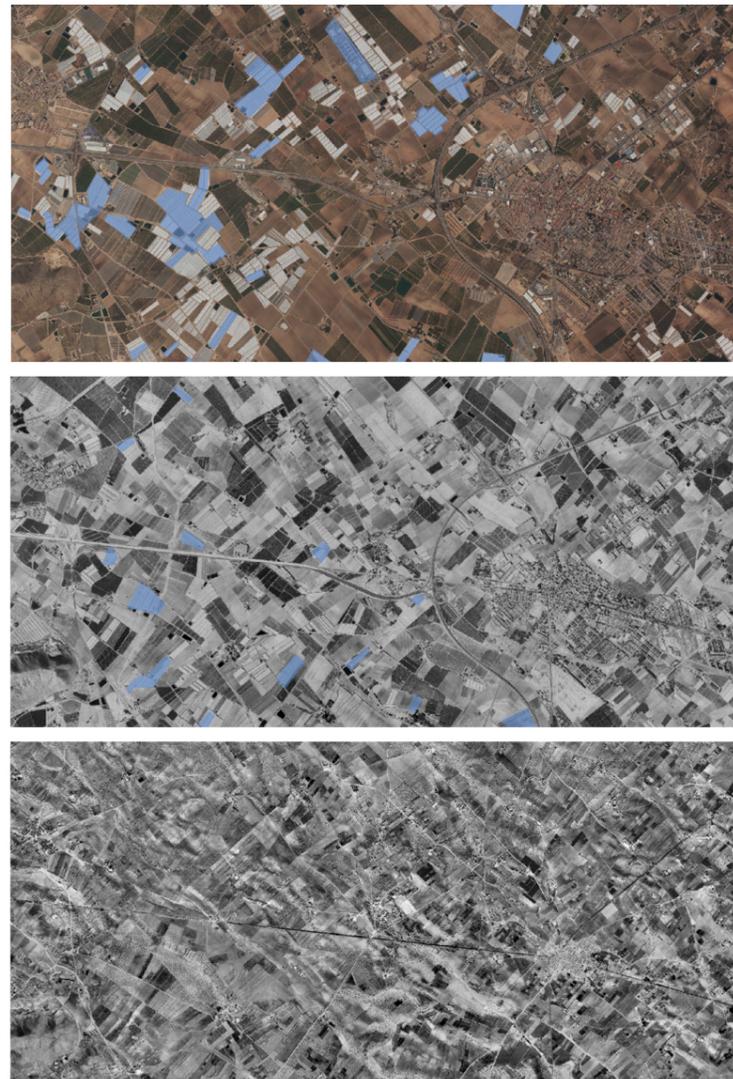
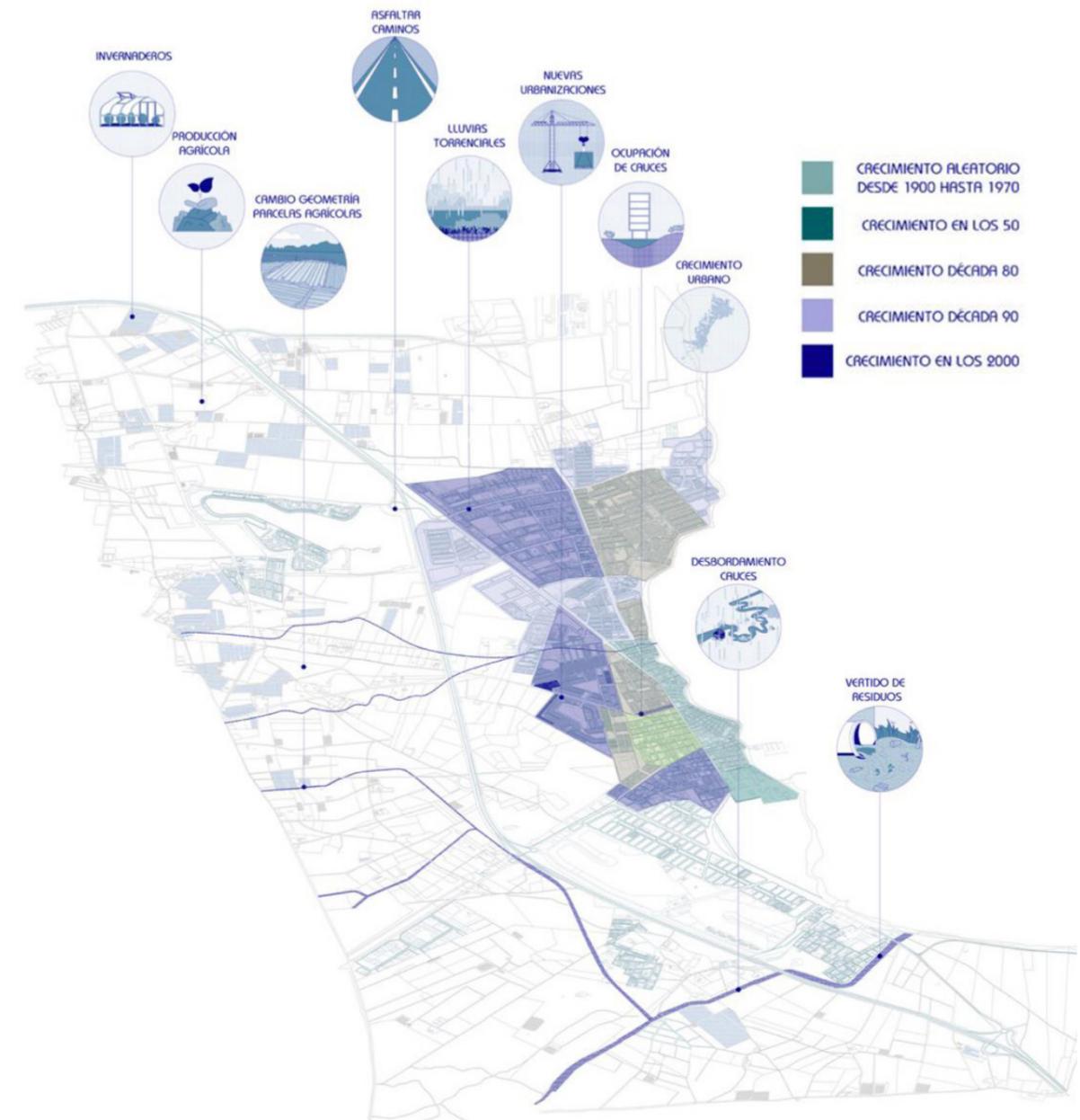


Figura 12. Resumen de transformaciones producidas



La complejidad de las simulaciones hidráulicas ha dificultado el análisis de los efectos sobre la cuenca de las soluciones planteadas para el control de las aguas en los tipos de transformaciones anteriores. Aunque esto se ha hecho más accesible recientemente por la mejora de las aplicaciones informáticas y la mayor disponibilidad de cartografías apropiadas, aún sigue siendo procesos complejos.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

1.2.2. La evaluación de la exposición

Ante esta situación de incremento creciente de la exposición, la acción administrativa ha tratado de responder mediante la evaluación y la planificación del riesgo de inundación, tratando de coordinar la compleja respuesta a las causas sociales de este fenómeno. En cumplimiento con lo establecido en la Directiva 2007/60/CE, traspuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación, las demarcaciones hidrográficas de las distintas cuencas han venido realizando un trabajo para evaluar los riesgos asociados a las inundaciones y lograr una actuación coordinada de todas las Administraciones Públicas. En el caso de la Región de Murcia, ha sido la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) la que se ha encargado de realizar dicha evaluación siguiendo los pasos establecidos en dicho Real Decreto 903/2010:

- Una etapa inicial de Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación (EPRI).
- Una segunda etapa de elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MPRI).
- Y una tercera fase de preparación de los Planes de Gestión de Riesgo de Inundación (PGRI).

Esta planificación se realizó en un primer ciclo durante el periodo 2010-2015 y, actualmente, se encuentra finalizando un segundo del periodo 2016-2021. A continuación, se presenta un resumen de las características de estas etapas obtenida de los propios documentos resultados de los trabajos de la CHS y que resulta de interés para entender la procedencia de las cartografías de zonas inundables que representan la exposición al riesgo en el ámbito de realización de este trabajo.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGOS DE INUNDACIÓN (EPRI)

En 2010, durante el primer ciclo de planificación, la Confederación Hidrográfica del Segura, con la colaboración de los Servicios de Protección Civil de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado, realizó la evaluación preliminar del riesgo de inundación en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Segura.

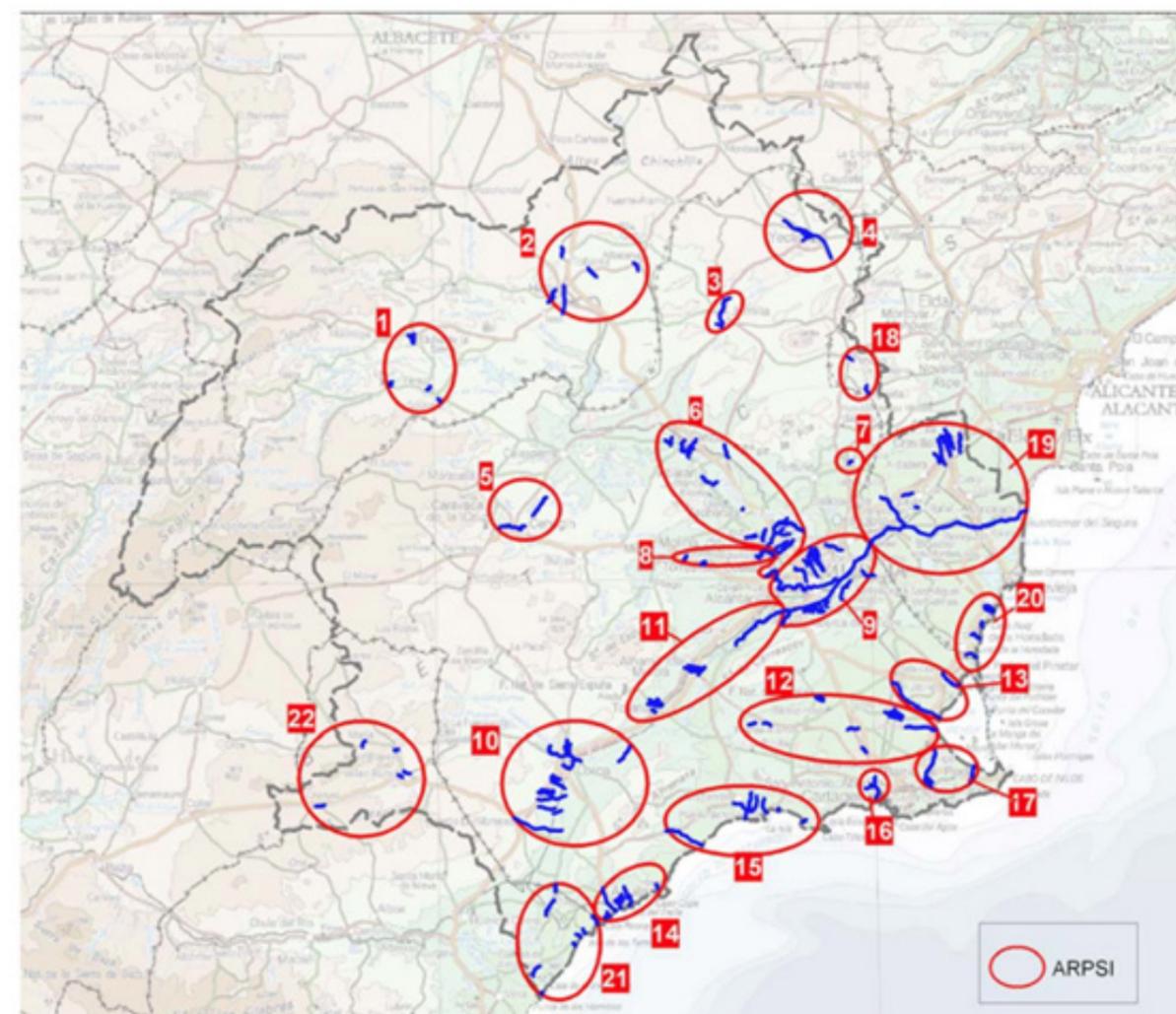
Esta evaluación permitió identificar las zonas con mayor riesgo de inundación, denominadas Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)¹. Éstas se obtuvieron mediante la recopilación y análisis de la información existente sobre topografía y a la red hidrográfica, geomorfología e identificación de zonas aluviales y torrenciales información histórica, usos del suelo, identificación de las infraestructuras hidráulicas existentes, influencia del cambio climático y la recopilación de los estudios existentes sobre riesgo y/o peligrosidad por inundaciones.

Posteriormente se procedió a la identificación de tramos y zonas potencialmente inundables, para lo que se seleccionaron tres tipos diferentes de información: estudios previos, zonas a investigar e información histórica. Y se procedió a estimar el área inundable en aquellos tramos que no tenían estudio hidrológico previo.

En la siguiente fase del estudio se estimaron y valoraron los daños posibles en cada tramo. Para desarrollar el trabajo con criterios homogéneos, se dividieron las ARPSI en tramos de 1 km. La estimación de los daños potenciales se realizó considerando: los usos del suelo y las áreas ocupadas por las avenidas de 500 años (conocidas o estimadas). Los daños en distintas coberturas del suelo se baremaron según una valoración económica. Con esta metodología se pudieron identificar las ARPSIS como aquellas zonas en las que los daños acumulados suponían el 85% del total estimado, resultando unos 350 tramos, descartándose el resto.

Se realizó una última revisión de los tramos en la que se incorporaron las consideraciones de los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Segura, así como a las recomendaciones realizadas por técnicos de Protección Civil. Los tramos resultantes, se agruparon en 22 áreas de riesgo significativo.

Figura 13. Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Fuente: CHS.



En el segundo ciclo se ha llevado a cabo la revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación. La metodología general de esta revisión incluyó la información recopilada sobre las inundaciones producidas tras la aprobación de la EPRI del primer ciclo (entre enero de 2011 y agosto de 2018).

En este caso, y teniendo en cuenta la existencia de la información obtenida durante el primer ciclo de planificación, se distinguieron los tramos a evaluar en: tramos con estudios de inundabilidad existentes, tramos procedentes de información histórica (no incluidos en el grupo anterior), tramos de interés de diferentes organismos y tramos a investigar (resto de la red de drenaje, no incluidos en los grupos anteriores).

Salvo en el primero de los grupos, en el que se conocía el área inundable, en el resto debió ser estimada. Para ello, se consideraron todas las zonas que vierten a los cauces, pero cuya cota es inferior a la del cauce incrementada en 5 metros. Este sistema permitió ampliar la evaluación a la totalidad del ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Segura, como puede observarse en la Figura 14.

¹La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, también realizó la evaluación del riesgo de inundación originado por el mar en las zonas costeras, identificando así las ARPSI de origen marino.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 14. Distinción de los tramos con estudios existentes sobre zonas inundables y los que se analizaron mediante estudio hidromorfológico para su estimación en el segundo ciclo de EPRI. Fuente: CHS.

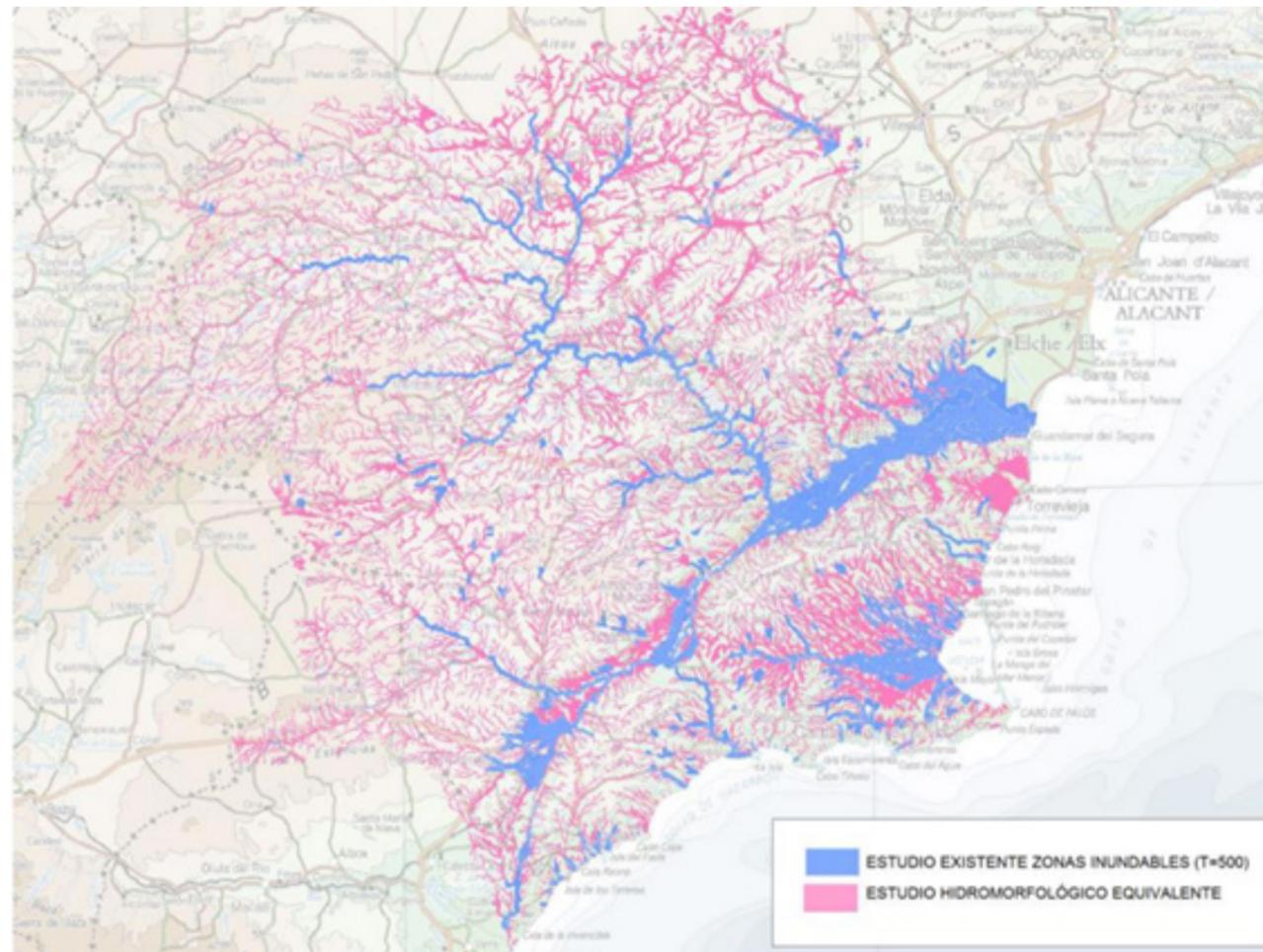
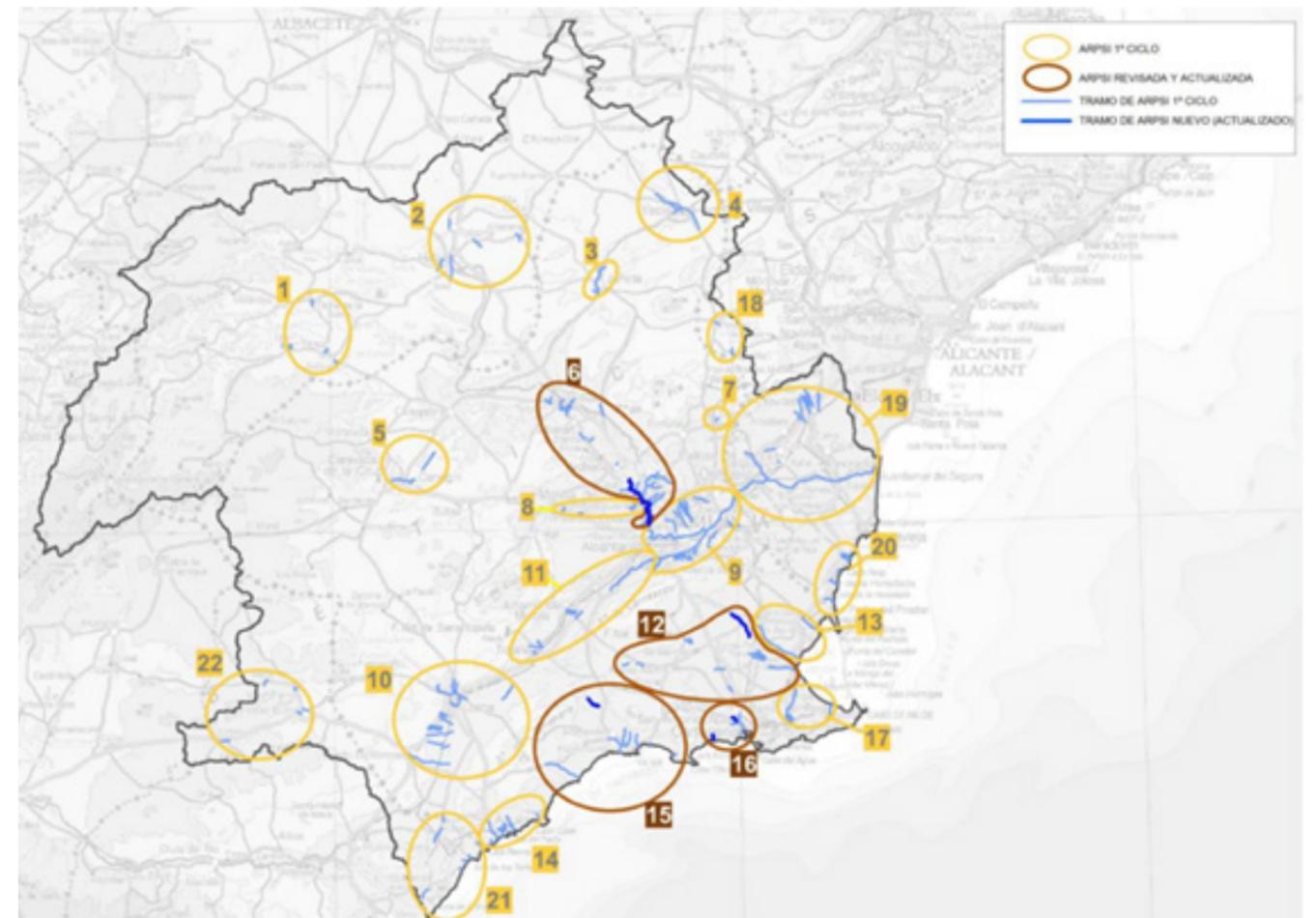


Figura 15. ARPSI resultado del segundo ciclo de evaluación, en oscuro las nuevas zonas incluidas. Fuente: CHS



En esta revisión se clasificaron 13.500 zonas correspondientes a 18.500 kilómetros de tramos (por las 3.400 analizadas en el primer ciclo). La baremándose los daños potenciales se realizó de la misma forma que en el primer ciclo, aunque corrigiendo el daño medio obtenido en las zonas a partir de estudio hidromorfológico con un factor de 0,7 (habiéndose observado que en estas zonas se producía una sobrevaloración de los daños). Obtenida la valoración de los tramos y tras las consideraciones realizadas por técnicos de la Confederación Hidrográfica del Segura, se consideró incluir algunos nuevos tramos ARPSI, *Figura 15*.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

MAPAS DE PELIGROSIDAD Y RIESGO DE INUNDACIÓN (MPRI)

En una segunda etapa de evaluación del riesgo de inundación se elaboraron los mapas de peligrosidad (MPRI) de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Por lo tanto, los resultados de la etapa de EPRI, son determinantes, pues es en los 1.285 km de los tramos de los cauces incluidos en las ARPSI donde se han hechos los estudios correspondientes para la obtención de las zonas inundables.

Estos mapas son los integrados en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) que permitieron obtener la delimitación geográfica de la superficie anegada por las aguas en los escenarios de alta probabilidad de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 10 años); probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años) y baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años). La elaboración de estos mapas requirió la utilización de cartografía específica y la realización de estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos.

-El estudio geomorfológico identificó e interpretó aspectos dinámicos de las inundaciones: puntos susceptibles de desbordamientos, direcciones preferentes del flujo, obstáculos y límites naturales del agua. En estos estudios se identificó el Dominio Público Hidráulico (DPH) probable y las Zonas de Flujo Preferente (ZFP).

-El estudio hidrológico sirvió para establecer caudales máximos en régimen natural a lo largo de los tramos seleccionados en la máxima crecida ordinaria y en las avenidas asociadas a diferentes periodos de retorno (10, 25, 50, 100 y 500 años). Para ello se tomó como base el Mapa de Caudales Máximos (CEDEX 2009) en régimen natural.

-El estudio hidráulico se realizó mediante modelación bidimensional en régimen variable GUAD-2D, contrastados con modelos unidimensionales. Este estudio permitió obtener los niveles de calados y velocidades máximas, así como las áreas de inundación para los diferentes periodos de retorno.

Respecto a estos mapas, conviene incidir en que se tratan de resultados basados en simulaciones hidrológicas e hidráulicas, asumiendo la extrema dificultad de obtener caudales e hidrogramas de cálculo con gran precisión. Las estaciones de aforo son limitadas, por lo que existe una ausencia de datos en muchos tramos, e incluso en los ubicados cerca de estas es necesario extrapolar la información, existiendo un grado de error. Además, en lo referente a la representatividad de estos mapas con episodios de inundaciones reales, existen otras limitaciones también señaladas en los MPRI:

-Los efectos de las erosiones, deslizamientos, sedimentaciones...

-Los efectos que determinados elementos puedan producir por obstrucciones o derivaciones del flujo (árboles caídos, vehículos...).

-En las zonas inundables de gran extensión y fuertemente antropizadas existen grandes dificultades para representar todos los elementos artificiales que influyen en las características del flujo. Y, además, la enorme cantidad de datos a procesar en las operaciones computacionales influye en que los resultados de la inundación real difieran de las previsiones del modelo.

En el segundo ciclo de planificación: se están incorporando las nuevas ARPSI y actualizando los mapas para aquellas zonas en las que existe una actualización de la cartografía, unas transformaciones significativas del territorio o revisiones de los estudios hidrológicos o hidráulicos. Los motivos de estos cambios son la existencia de información provenientes de episodios de inundación recientes, la alteración del suelo por los nuevos desarrollos urbanos o las deficiencias detectadas en los estudios del primer ciclo.

PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (PGRI)

Por último, a partir de la EPRI y los MPRI se elaboraron los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) para cada ARPSI. Estos planes fijan los objetivos y las actuaciones a realizar por las distintas administraciones competentes con el objetivo de que se desarrollen de forma coordinada.

En la elaboración de estos planes intervinieron la Confederación Hidrográfica del Segura, las Administraciones competentes en materia de costas y las autoridades de Protección Civil, estableciendo objetivos centrados en la reducción de las consecuencias adversas potenciales de la inundación para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, la actividad económica, e infraestructuras.

En el proceso de elaboración la primera determinación de objetivos la realizó la Demarcación Hidrográfica del Segura. Una vez fijados los objetivos, se propusieron las medidas para alcanzarlos y se llevaron a cabo reuniones de coordinación con las administraciones competentes.

En el procedimiento para la aprobación de los planes de gestión se integró la evaluación ambiental estratégica conforme a lo establecido en la Ley 21/2013, que se realiza juntamente con la del Plan Hidrológico.

El inicio de la revisión de los PGRI correspondiente al segundo ciclo está previsto durante el año 2020, una vez se haya finalizado la fase previa de revisión y actualización de los mapas de riesgo y peligrosidad.

1.2.3. Entornos urbanos expuestos a inundaciones en el arco interior del Mar Menor

LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL MAR MENOR

La exposición a las inundaciones de los núcleos urbanos en el arco interior del Mar Menor guarda relación con las características de la cuenca. Ésta, según la CHS, tiene una extensión de 1.215 km². En este amplio territorio no existe ningún curso fluvial permanente, sino que está compuesto por una serie de ramblas costeras que desembocan de forma independiente en el Mar Menor, afectando a los distintos núcleos ubicados en su perímetro. Como se ha indicado previamente, la actividad de estas ramblas está vinculada a los episodios de intensas lluvias torrenciales estacionales, en las que los cauces poco definidos de las ramblas recogen las aguas de esta amplia extensión canalizándola hacia sus varios puntos de desembocadura en el Mar Menor, coincidentes muchos con núcleos urbanos.

La problemática de estos episodios no sólo es la inundación de los núcleos, sino también el aporte de una cantidad importante de sedimentos al Mar Menor, con diversos contaminantes recogidos en los suelos de la cuenca por las actividades agrícolas y urbanas.

Las principales ramblas son las siguientes:

-Rambla del Albujón. La superficie de su cuenca es de unos 700 km² y su longitud de 42,3 km, naciendo en el término de Fuente Álamo, poco antes de su principal núcleo urbano. Esta rambla es la principal red de drenaje del Campo de Cartagena. En su tramo final presenta en la actualidad un caudal permanente formado por las aguas procedentes del acuífero Cuaternario, como consecuencia de la elevación de los niveles freáticos. Por ello, sus aguas tienen las características propias de las aguas subterráneas de esta zona, que recibe aportes de aguas residuales, drenajes agrícolas y salmueroductos (conductores que vierten aguas de rechazo de las desaladoras).

-Rambla de la Maraña. Se trata de un cauce difuso que recoge aguas de una cuenca al norte de la del Albujón. Se puede percibir desde la vertiente sur de la sierra de los Villares, desembocando en el núcleo urbano de Los Alcázares tras atravesar zonas en las que se han ubicado diversas urbanizaciones con campo de golf en el inicio del presente siglo.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

-Rambla de Cobatillas y Barranco del Agua. Estos dos cauces parten de la vertiente sur de las sierras de Altaona y Escalona, desembocando en el núcleo urbano de San Javier. Sus cauces están más definidos en sus inicios, volviéndose más difusos en todo su tramo final.

-Rambla de la Miranda. La cuenca de esta rambla se ubica al sur de la del Albuñón, con un cauce de aproximadamente 10 km de largo que se inicia al norte del núcleo urbano de Cartagena y desembocando en las antiguas salinas del Carmolí. Además, recibe también aguas provenientes del Barranco del Miedo, con origen en el núcleo urbano de La Unión. Tiene un pequeño caudal permanente en su tramo final.

-Rambla de Las Matildes y del Beal. Ambas provienen de la Sierra Minera de Cartagane-La Unión, siendo sus principales canales de drenaje y, por lo tanto, principal entrada de metales pesados al Mar Menor. Tras discurrir en paralelo, desembocan entre los núcleos urbanos de Los Urrutias y Los Nietos, en la urbanización Estrella del Mar la rambla de Las Matildes y al norte de las antiguas salinas de Lo Poyo la rambla del Beal.

-Rambla de Ponce y de la Carrasquilla. Son las ramblas ubicadas más al sur, con recorridos cortos de no más de 7 km desde el Llano del Beal y Atamaría, respectivamente. También drenan la Sierra Minera y desembocan al norte y sur del núcleo urbanos de Los Nietos.

La exposición también guarda relación actualmente con las aguas subterráneas de la cuenca. Éstas forman un conjunto extenso de distintas capas que puede alcanzar el kilómetro de espesor. La llegada del trasvase Tajo-Segura produjo un ascenso de los niveles piezométricos del acuífero causado por la infiltración de las aguas de regadío, hasta situarlo muy cerca de la superficie del terreno y llegar a conectarse con los cauces superficiales descritos.

Este ascenso del nivel freático también ha ocasionado una reducción de la capacidad filtrante del terreno y, por lo tanto, su capacidad de absorción de las aguas de lluvia.

LA EXPOSICIÓN A INUNDACIONES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL MAR MENOR

Los desbordamientos que se ocasionan en estos cauces durante los periodos de lluvias más intensos exponen a este riesgo a los núcleos urbanos ubicados en el arco interior del Mar Menor. La gran extensión de la cuenca, su escaso relieve y el carácter intermitente de los cauces, así como su escasa definición provocan que, en los poco frecuentes episodios de lluvias intensas se produzcan inundaciones en zonas muy amplias.

Esta problemática no se limita a los núcleos urbanos incluidos en este trabajo, sino que afecta a superficies mucho más extensas que los propios núcleos. Para contextualizar las inundaciones en las zonas urbanas, resulta de interés analizar la situación de toda la cuenca. Como se verá más adelante, esto permite comprender las posibilidades y el alcance potencial de las soluciones que se apliquen en éstos.

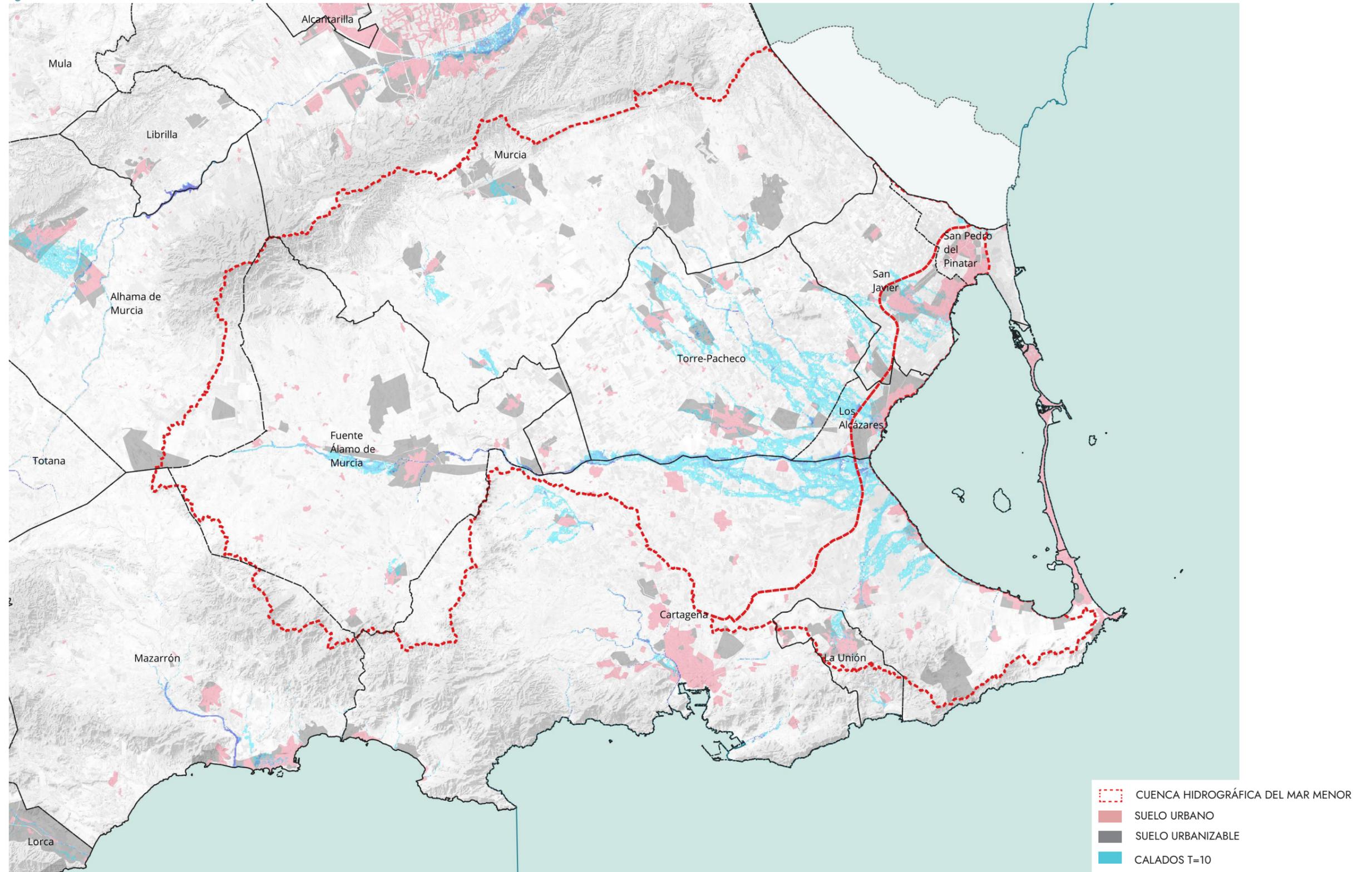
De acuerdo con la cartografía de zonas inundables de los mapas de peligrosidad y riesgo de la CHS, en la cuenca se producen desbordamientos incluso en las lluvias más frecuentes con periodo de retorno de 10 años. Según estas modelizaciones, pueden producirse inundaciones en zonas de las partes altas de la cuenca como el inicio de la Rambla del Albuñón, tramos de ramblas procedentes de las sierras de los Villares al norte de la cuenca y de la sierra minera al sur. Además, en los tramos medios previos a la llegada a los núcleos urbanos litorales, pueden producirse también inundaciones en las ramblas del Albuñón, La Mañana o del Miedo. En los tramos finales, a las anteriores se suman áreas inundables en la Rambla de Cobatillas, las Matildes o del Beal.

Para el periodo de retorno de 100 años se produce un agravamiento de las inundaciones en los tramos señalados de las partes altas de las cuencas, así como una peligrosa expansión en las zonas medias y finales. Las inundaciones que pueden ser causadas por la rambla del Albuñón según estas modelizaciones se amplían, abarcando desde el núcleo urbano de Torre Pacheco hasta la Rambla de Miranda. Además, si se produjesen desbordamientos en varios de los cauces (en función de la localización de las lluvias) las zonas inundadas por las distintas ramblas podrían unirse, complejizando los resultados.

En estas lluvias, aumentan notablemente los calados respecto a las anteriores, suponiendo una peligrosidad mucho mayor. Además, las zonas inundables en los núcleos urbanos también se extienden notablemente, afectando a amplias zonas de San Javier, casi toda el área urbana de Los Alcázares, buena parte del núcleo de Torre Pacheco, Los Urrutias y zonas de Los Nietos.

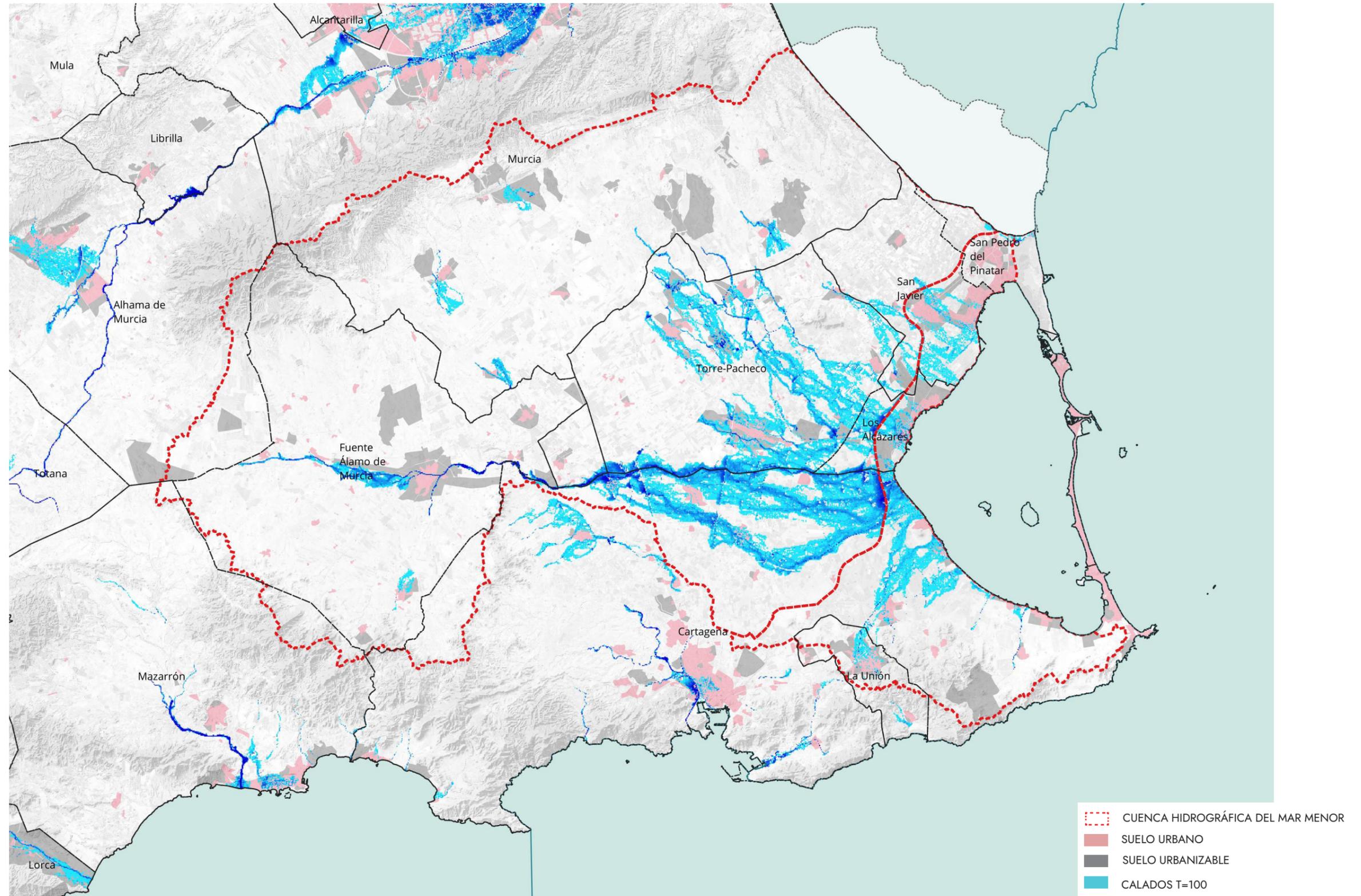
1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 16. Cuenca hidrográfica del Mar Menor. Zonas inundables y calados T. retorno =10 años



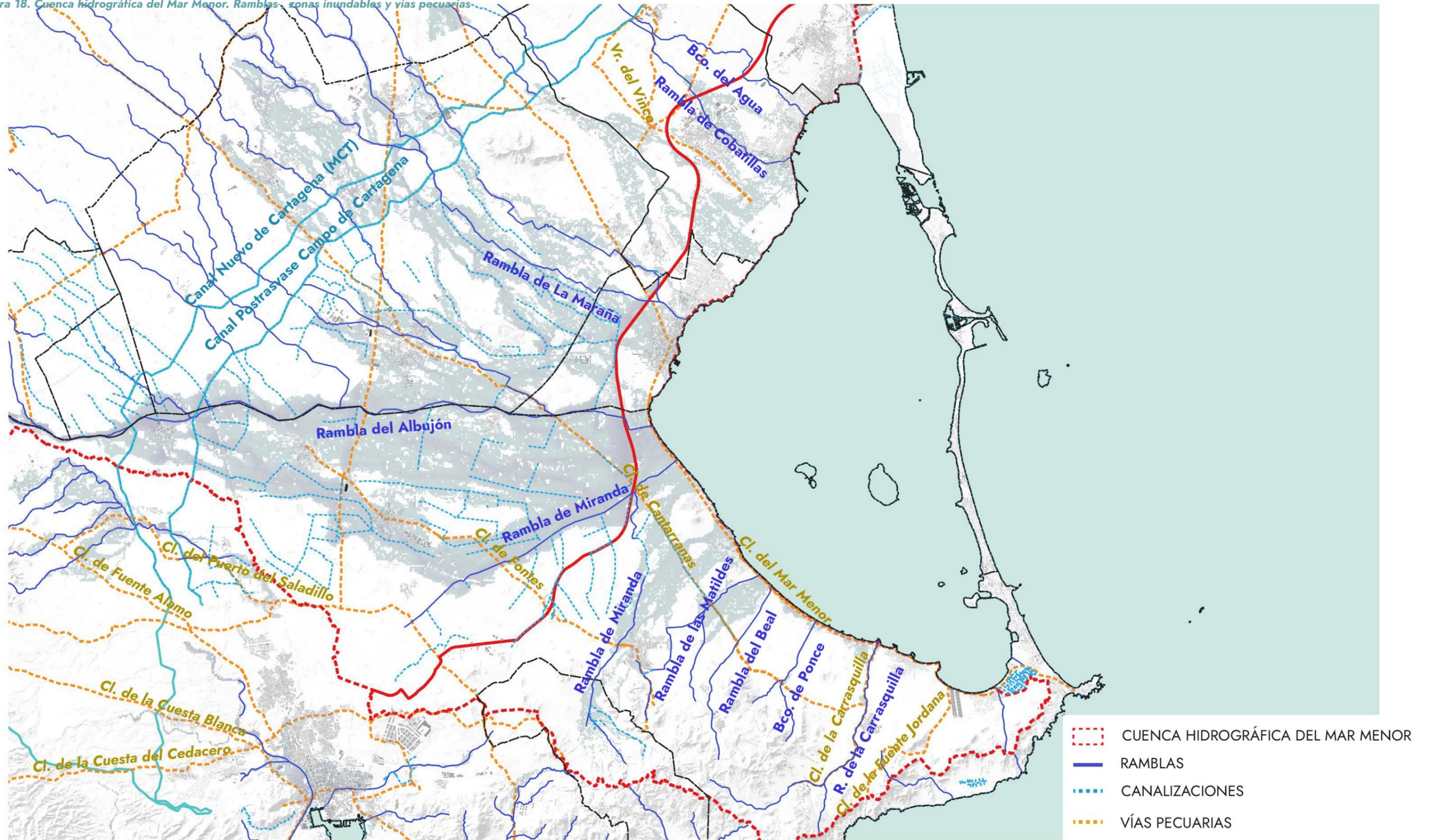
1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 17. Cuenca hidrográfica del Mar Menor. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 18. Cuenca hidrográfica del Mar Menor. Ramblas, zonas inundables y vías pecuarias.



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

LA EXPOSICIÓN A INUNDACIONES EN LOS NÚCLEOS URBANOS DEL ARCO INTERIOR DEL MAR MENOR

Una vez contextualizada dentro de la cuenca del Mar Menor la procedencia de las aguas que ocasionan las zonas inundables en los núcleos urbanos, se analiza específicamente la exposición de éstos.

-SAN PEDRO DEL PINATAR. Las zonas expuestas a inundación se encuentran en su zona norte, afectando especialmente al núcleo del Mojón (suelo urbano) y en las zonas próximas al límite autonómico (suelo urbanizable). Las aguas no proceden de cauces con topónimo, sino que parecen ocasionarse por el efecto 'embudo' ocasionado por la autovía AP-7 y sus pasos subterráneos. La extensión de la zona inundable no varía excesivamente en los diferentes periodos de retorno, pero sí sus calados.

-SAN JAVIER. Las zonas expuestas se encuentran a lo largo de la rambla de Cobatillas y la vereda del Vico. La primera está identificada como zona inundable desde poco antes de su paso bajo la autovía AP-7, bifurcándose después en un ramal que sigue la rambla (bordeando el núcleo de San Javier por el Norte, atravesando la avenida Aviación Española y llegando al Mar Menor en La Ribera, afectando a parte de la base aérea) y otro que llega hasta la Colonia Julio Ruiz de Alda. En sus trayectos, ambos ramales transcurren por las zonas industriales a lo largo de la carretera que une San Javier con San Pedro del Pinatar. Las zonas expuestas a lo largo de la vereda del Vico reciben sus aguas de la RM-19, afectando a la parte sur del núcleo urbano, en ámbitos clasificados como suelos urbanizables. La extensión de las zonas expuestas, así como su calado, se van ampliando en los periodos de retorno menos frecuentes. Además, la zona sur del término, donde se encuentra la pista de la base aérea es una de las más expuestas.

-LOS ALCÁZARES. En las lluvias intensas con periodo de retorno de 100 años, prácticamente la totalidad del núcleo urbano se ve expuesto a inundaciones (con importantes calados en algunas zonas), salvo la urbanización Torre de Rame, que lo hace sólo parcialmente a lo largo de la avenida Príncipe Felipe. Para lluvias más frecuentes con periodos de retorno de 10 años el área expuesta se reduce al ámbito entre la calle Rodríguez de Almela y el área militar al sur. Las aguas provienen de la rambla de la Maraña, desbordada desde poco después del canal del trasvase ocupando una amplia extensión su inundación. La parte sur del núcleo urbano, pese a lindar con la rambla del Albujión se ve menos expuesta por la sobrelevación de la urbanización Torre de Rame y el desvío hacia el sur de la desembocadura de la rambla.

-TORRE PACHECO. En las lluvias más frecuentes con periodos de retorno de 10 años, las zonas expuestas coinciden con los cauces que atraviesan el núcleo urbano de este a oeste en dirección la rambla del Albujión, expandiéndose algunas en zonas urbanizables. En el periodo de retorno de 100 años, las inundaciones se extienden notablemente, afectando especialmente a suelos urbanizables en consolidación, aunque también a algunos suelos urbanos consolidados. En esta situación, los calados en las calles que coinciden con los cauces son notables, suponiendo un importante riesgo. Al este del municipio, dos urbanizaciones de baja densidad con campo de golf quedan también expuestas a inundaciones, generándose zonas con importantes calados provocadas por la alteración del terreno en estos conjuntos.

-CARTAGENA. Los pequeños núcleos del municipio de Cartagena ubicados en el arco interior del Mar Menor tienen diferente exposición. La urbanización Bahía Bella, con irregularidades en su planeamiento se ubica en la desembocadura de la rambla del Albujión, quedando muy expuesta. El núcleo del Carmolí, protegido tras el cabezo del mismo nombre no se ve prácticamente afectado por las inundaciones. Sin embargo, el contiguo núcleo de Los Urrutias recibe aguas del desbordamiento de la rambla del Miedo que exponen tanto sus suelos urbanos como los urbanizables. Las urbanizaciones Estrella del Mar y Perla de Levante quedan expuestas a las aguas de la rambla de Las Matildes.

Más al sur, el núcleo urbano de Los Nietos tiene expuestas sus áreas limítrofes con el barranco de Ponce y con la rambla de la Carrasquilla, ésta última sólo para las lluvias más intensas de periodos de retorno de 100 años. Los núcleos de las urbanizaciones de Mar de Cristal y Playa Honda no quedan expuestos.

Figura 19. El Carmolí - Los Urrutias. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años

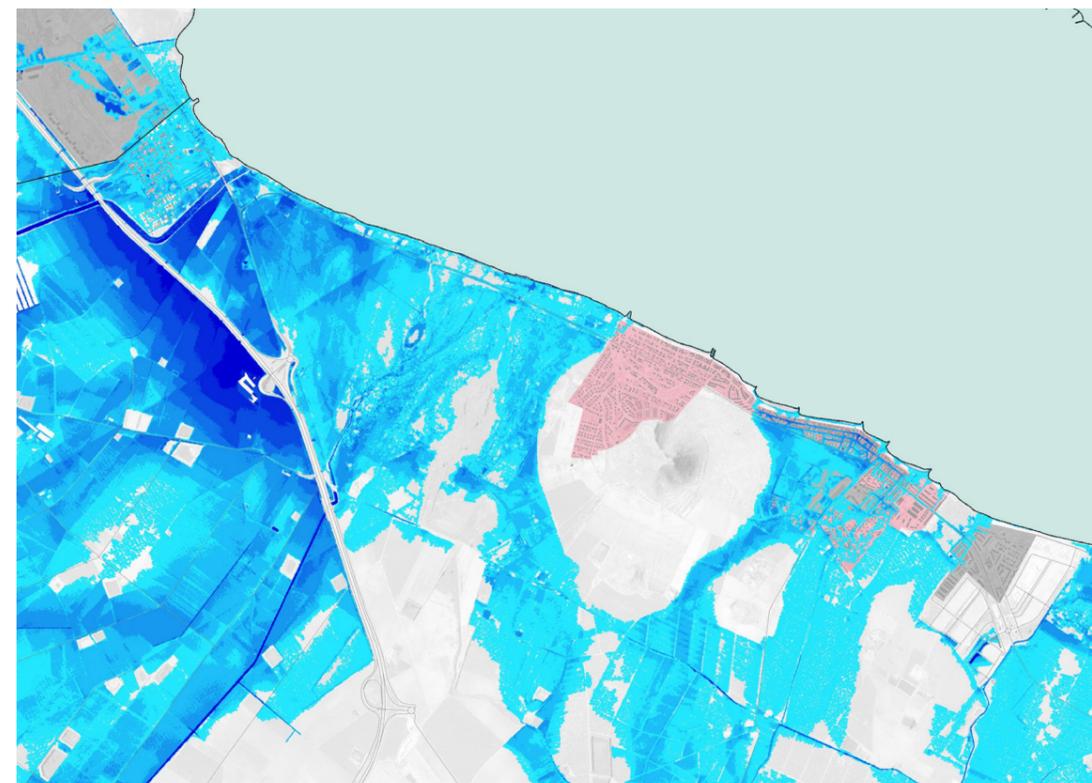
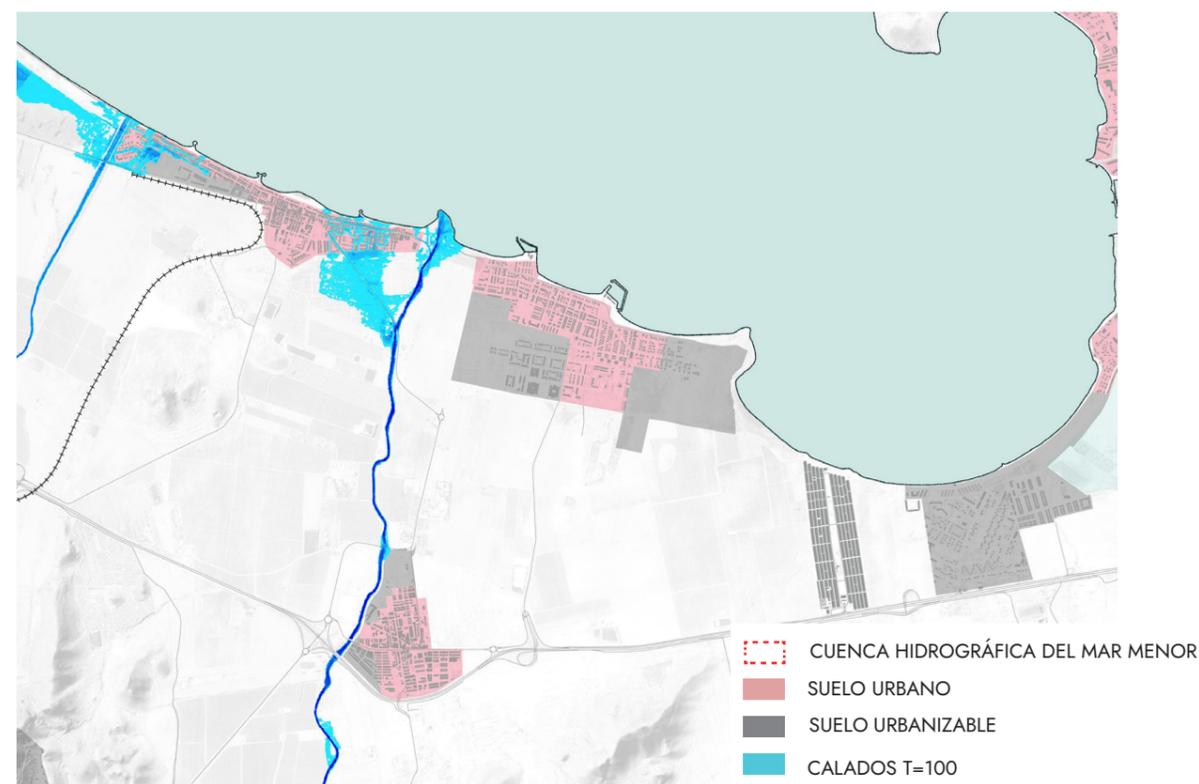


Figura 20. Los Nietos - Mar de Cristal. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Figura 21. Los Alcázares. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años

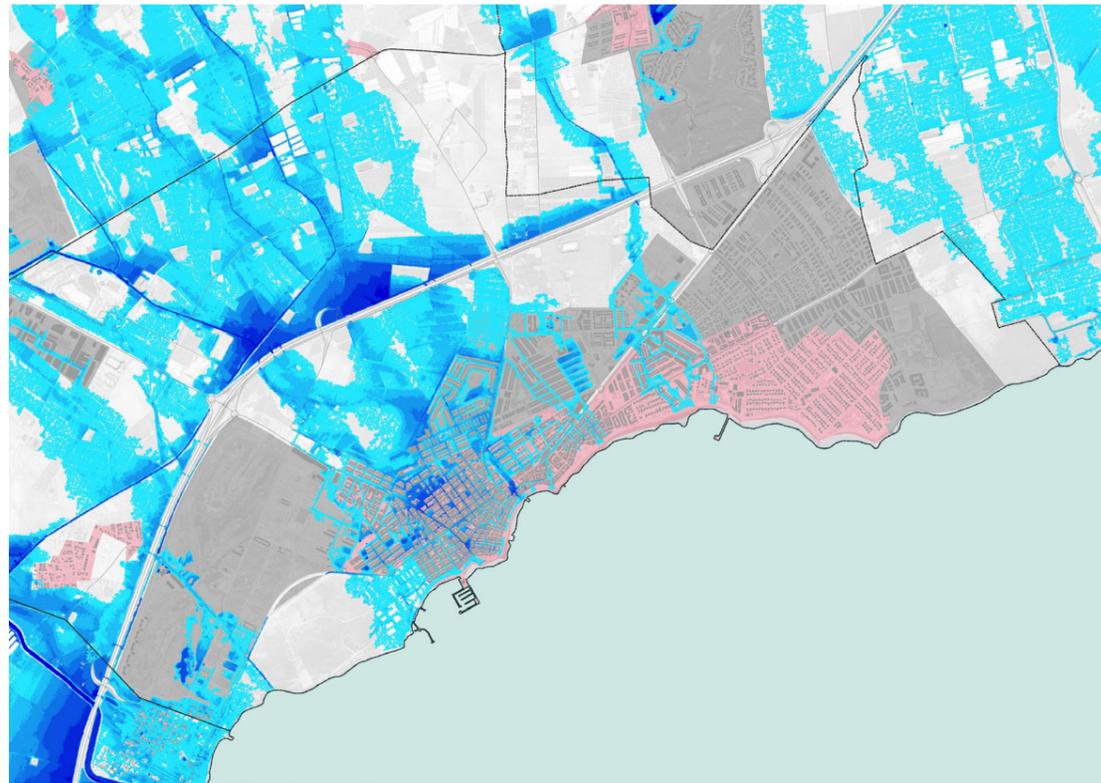


Figura 22. San Javier. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años

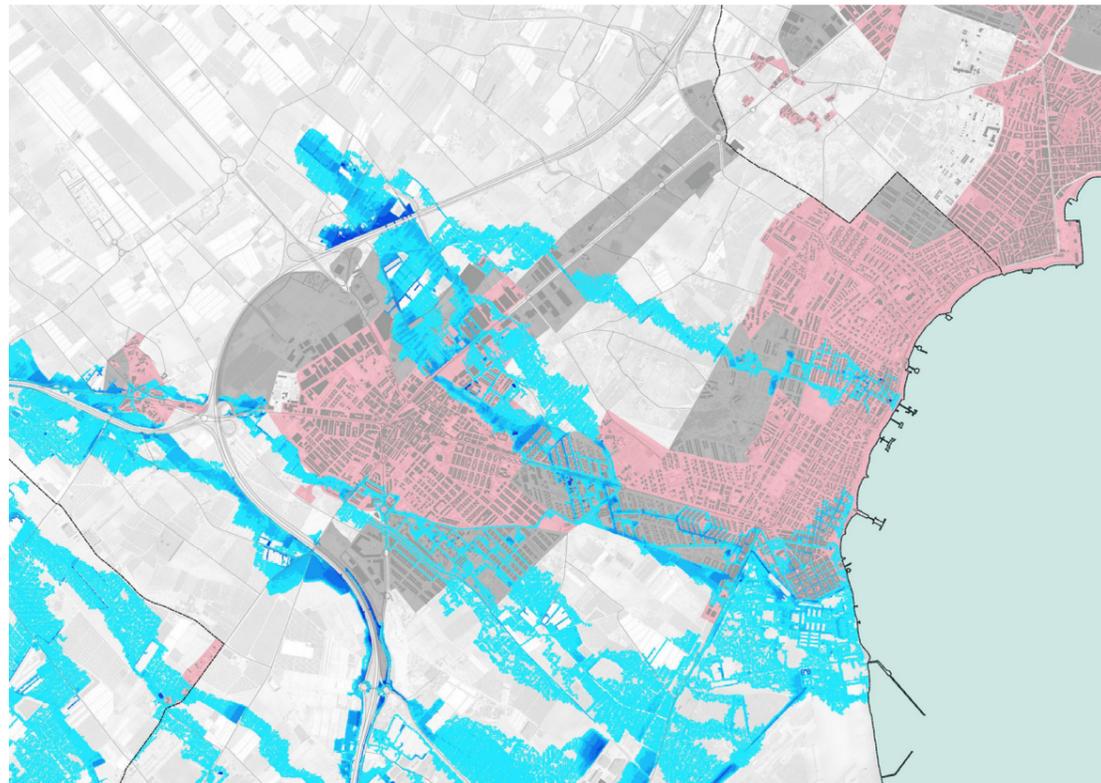


Figura 23. San Pedro del Pinatar. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años

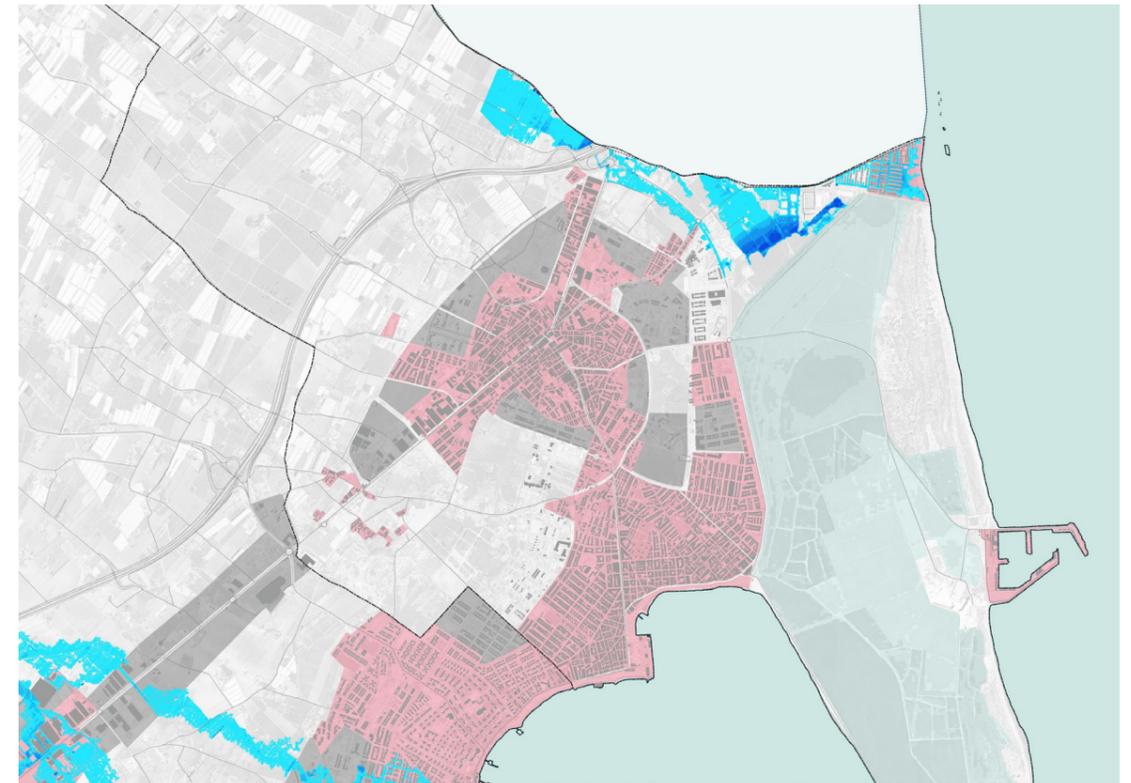
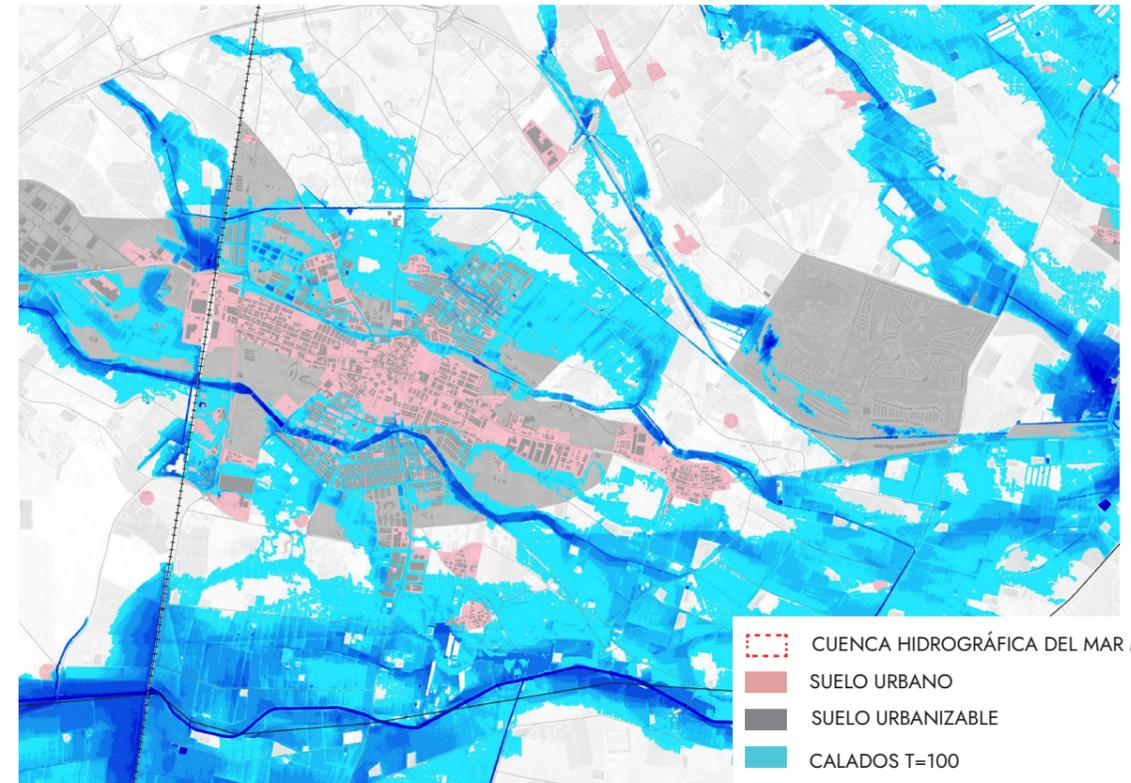


Figura 24. Torre Pacheco. Zonas inundables y calados T. retorno =100 años



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

1.3. Vulnerabilidad. Los espacios libres urbanos frente a las inundaciones

1.3.1. Daños producidos por las inundaciones en el litoral Mediterráneo y medidas adoptadas

La vulnerabilidad de los entornos humanos frente a los episodios de inundación provoca cuantiosos daños. Según la Emergency Events Database (Barriandos et al, 2019) el coste de los 395 eventos extremos de inundación en los países del Mediterráneo desde 1950 es de casi 10.000 fallecidos, 64.000 millones de dolares y casi 12 millones de personas que requirieron ayuda por heridas, pérdida de vivienda o de servicios básicos.

En el Mediterráneo español, desde 1960 estos episodios provocaron daños en carreteras en el 78,8% de los eventos y en las edificaciones en el 45,2%. El comercio, en el 19,9% de los eventos, la agricultura en el 19,5% y el turismo en el 15,9% también se vieron afectados con frecuencia (Gil, Pérez y López, 2019).

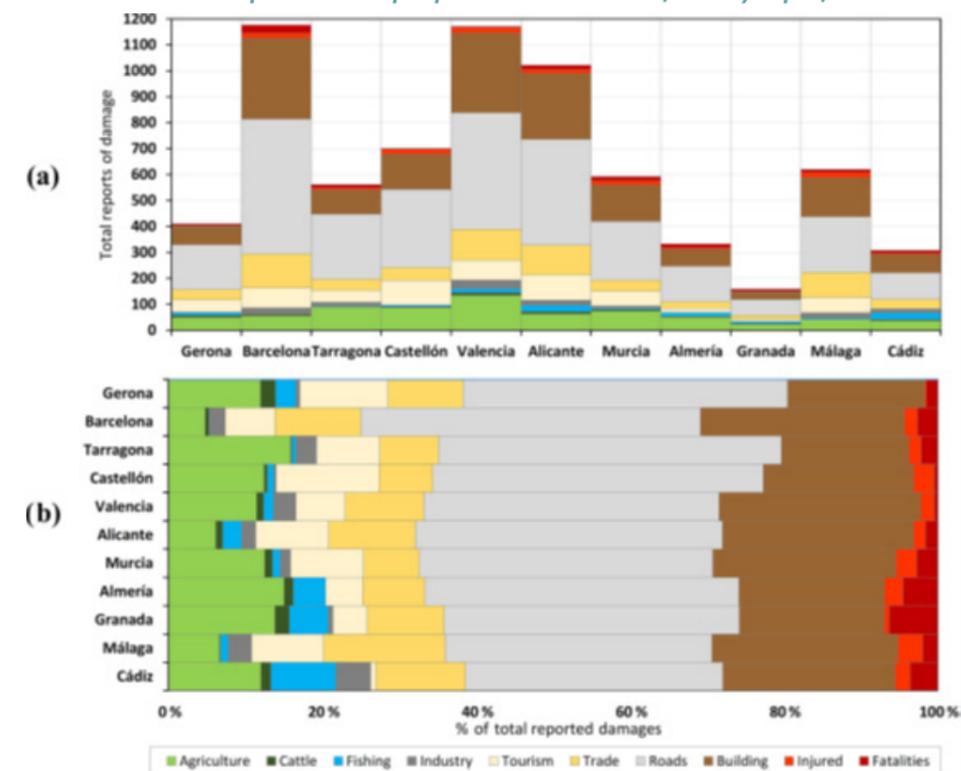
No obstante, hay importantes diferencias en el tipo de daño según la intensidad de las lluvias. En el paso del nivel 1 al nivel 2 de lluvias se produce un notable aumento del daño en edificaciones, pasando de suceder en el 32,7% de los episodios a hacerlo en el 78,6%. En los usos comerciales también aumenta la frecuencia de los daños, del 8,7% al 48,7% de los eventos. Y, la agricultura pasa de verse afectada en el 13,3% de los casos al 34,6%. En el paso al nivel 3 de inundaciones, el incremento más notable es en daños en la salud de las personas (fallecimientos y heridas).

Figura 25. Frecuencia de los tipos de daños en función de la intensidad del episodio de inundación. Fuente: Gil, Pérez y López, 2019.

	L1		L2		L3		Total flood cases	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Cases	2599	72.03	887	24.58	122	3.38	3.608	100
Agriculture	346	13.31	307	34.61	49	40.16	702	19.46
Cattle	10	0.38	33	3.72	13	10.66	56	1.55
Fishing	46	1.77	70	7.89	5	4.1	121	3.35
Roads	1928	74.18	807	90.98	108	88.52	2843	78.8
Industry	30	1.15	84	9.47	24	19.67	138	3.82
Trade	225	8.66	432	48.7	61	50	718	19.9
Buildings	850	32.7	697	78.58	82	67.21	1629	45.15
Tourism	298	11.47	239	26.94	37	30.33	574	15.91
Fatalities	10	0.38	9	1.01	118	96.72	137	3.8
Injured	27	1.04	65	7.33	45	36.89	137	3.8
		L1		L2		L3		Total flood cases
(b) Average severity index		1.45		6.18		13.33		2.57
area (km ²)		115.86		118.04		181.48		118.62

En la Región de Murcia, la Figura 26 permite observar que los distintos tipos de daños se encuadran en la distribución general del Mediterráneo español. Los daños en carreteras son los más frecuentes, seguidos de los producidos en las edificaciones, la agricultura, el comercio y el turismo. Éstos son los sectores que precisamente más desarrollo han tenido en las últimas décadas.

Figura 26. Frecuencia de los tipos de daños por provincias. Fuente: Gil, Pérez y López, 2019



Para tratar de hacer frente a estos daños se han desarrollado distintas medidas para reducir la vulnerabilidad de las actividades humanas en las zonas expuestas a inundaciones. Estas medidas incluyen: la gestión de emergencias, medidas estructurales y medidas no estructurales. Pérez, Gil y Olcina (2015) señalan que, en general, estas medidas han tenido efectos positivos en la reducción de número de fallecimientos, aunque los daños económicos han seguido creciendo incluso en eventos de lluvias más leves, lo que cuestiona la efectividad de las medidas.

-Las medidas para la mejora de la gestión de emergencia han sido las más efectivas (Pérez, Gil y Olcina, 2015). Entre ellas, se encuentran los planes regionales y municipales de protección elaborados por Protección Civil.

-Las medidas estructurales adoptadas han reducido los riesgos. Las obras realizadas dentro del plan de defensa de las inundaciones del río Segura puesto en marcha en 1987 es el principal ejemplo en la Región de Murcia. Sin embargo, han estado acompañadas, por lo general, de la llamada 'paradoja hidráulica', porque su implementación reduciendo la exposición ha incentivado la aparición de usos no compatibles en zonas inundables, incrementando la vulnerabilidad (López, Pérez e Illán, 2019)

-Las medidas no estructurales principales son la regulación de los usos del suelo, pero han tenido generalmente un bajo nivel de efectividad (Pérez, Gil y García, 2015). Según Pérez, Gil y Olcina (2015) la elaboración de los Mapas de Peligrosidad ha sido la medida de este tipo más eficaz, al contrario que las medidas locales y regionales a través de la ordenación territorial y urbanística.

Entre estas medidas no estructurales, Pérez y Martínez (2017) también incluyen las coberturas de seguros. Estos autores señalan que, en el sistema español resultan poco efectivas porque, en el caso de catástrofes extraordinarias las compañías delegan la responsabilidad de la cobertura en el Consorcio de Compensación de Seguros, por lo que los precios de las coberturas para los propietarios no se ven agravados por estar ubicados los bienes en zonas expuestas.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

1.3.2. La vulnerabilidad de los espacios libres urbanos frente a las inundaciones

Las medidas que se analizan en este trabajo se encuadran dentro de las de tipo estructural de acuerdo con la clasificación anterior. Sin embargo se centran en la evaluación de la capacidad de los espacios libres públicos urbanos para su implementación, que, además, debe ir orientada hacia un funcionamiento más próximo al que utiliza la naturaleza.

Para analizar el potencial de estas medidas se ha partido de un análisis de la vulnerabilidad de estos espacios libres urbanos en caso de inundaciones basadas en dos fuentes de información:

-Las reuniones mantenidas con los técnicos municipales sobre los efectos de los episodios de inundación más recientes.

-La información disponible sobre los efectos de dichos episodios de inundación.

INFORMACIÓN RECOGIDA EN REUNIONES CON MUNICIPIOS

Durante la realización de este estudio, se han coordinado reuniones con miembros del equipo de gobierno y/o técnicos municipales de cada uno de los municipios implicados.

Las fechas y participantes en las diferentes reuniones realizadas han sido:

SAN PEDRO DEL PINATAR, 15 de octubre de 2020

Técnico municipal: Juan José Egea Vera

Técnico Consejería Fomento e Infraestructuras: M^a José Silvente Martínez

Miembros del equipo investigador UPCT: Fernando M. García Martín, María D. Medina Vidal

SAN JAVIER, 15 de octubre de 2020

Técnico municipal: Juan G. Lizán García

Técnico Consejería Fomento e Infraestructuras: M^a José Silvente Martínez

Miembros del equipo investigador UPCT: Fernando M. García Martín, María D. Medina Vidal

LOS ALCÁZARES, 29 de octubre de 2020

Concejal de Impulso Económico: Pedro José Sánchez Sánchez

Técnico municipal: Sergio M. Mateo Girona

Técnico Consejería Fomento e Infraestructuras: Carmen García Loira

Miembros del equipo investigador UPCT: Fernando M. García Martín, María D. Medina Vidal

TORRE PACHECO, 29 de octubre de 2020

Concejal de Urbanismo y Agricultura: Alberto Galindo Rosique

Técnicos municipales: Teresa Talaya Tévar, José A. Pedreño Galindo

Técnico Consejería Fomento e Infraestructuras: Carmen García Loira

Miembros del equipo investigador UPCT: Fernando M. García Martín, María D. Medina Vidal

CARTAGENA, 11 de noviembre de 2020

Técnico municipal (Jefe Servicio Infraestructuras): Vicente Pérez Zulueta

Técnicos Hidrogea

Técnico Consejería Fomento e Infraestructuras: Carmen García Loira

Miembros del equipo investigador UPCT: Fernando M. García Martín, María D. Medina Vidal

Estas reuniones estuvieron divididas en dos partes. En la primera de ellas el equipo investigador realizó una exposición de los objetivos del trabajo y el método para alcanzarlos. En la segunda parte de la reunión se trabajó con los técnicos sobre planos preparados por el equipo investigador en la identificación de situaciones de vulnerabilidad en los espacios públicos de los núcleos urbanos incluidos en el análisis.

Los temas tratados en estas reuniones fueron:

1. Contraste de la información disponible sobre zonas inundables: cartografía de zonas inundables de la CHS.
2. Todos los técnicos municipales señalaron espacios públicos que no están incluidos en la cartografía de zonas inundables de la CHS pero que, en los últimos episodios de inundación en 2019 y 2020, sí sufrieron inundaciones. Éstas, por lo general, con un calado no mayor de 50cm. Se ha recopilado diversa información documental aportada por los técnicos sobre los últimos episodios de inundaciones (fotografías, vídeos, informes, etc.).
3. Contraste de la información disponible sobre planeamiento urbanístico: planeamiento en desarrollo, planeamiento en aprobación definitiva, sectores de suelo urbanizable ya desarrollados, etc.
4. Información sobre red de saneamiento e infraestructura de control de la escorrentía: redes separativas, estaciones de bombeo de residuales y pluviales, estaciones de depuración de aguas residuales, tanques de tormentas, balsas de laminación, canalizaciones de drenaje de terrenos agrícolas, diques, etc.
5. Información sobre iniciativas y borradores de proyectos que incluyan actuaciones territoriales o urbanísticas relacionadas con el control de la escorrentía y la reducción de los daños por inundaciones. Los municipios de Los Alcázares y Torre Pacheco han redactado proyectos a nivel territorial para reducir los problemas de inundación, que se encuentran en fase de anteproyecto. El municipio de San Javier ha redactado proyectos de tanques ambientales en zonas urbanas del municipio, también en un estado de anteproyecto.
6. Discusión y debate de la eficiencia de la implantación de SUDS a escala urbana. Las posibilidades de implantación de este tipo de sistemas son bien recibidas por los técnicos municipales y cargos políticos, considerando de utilidad la información recogida en el presente estudio. Sin embargo todos ellos manifestaron su preocupación por priorizar las actuaciones a nivel territorial en la totalidad de cuenca hidrográfica del Mar Menor, destacando en el intercambio de opiniones los siguientes temas: la restauración hidrológico-forestal de cauces, la actualización de las cartografías de zonas inundables, la coordinación de acciones a todos los niveles y entre las distintas administraciones y agentes implicados, la reordenación y regulación de ciertas prácticas agrícolas, y la necesidad de crear espacios de acumulación e infiltración aguas arriba de los núcleos urbanos.
7. Identificación de espacios libres urbanos a priorizar por su ubicación, estado, clasificación, etc. En las reuniones se han señalado diferentes espacios libres urbanos como lugares de oportunidad donde comenzar la implantación de SUDS. La identificación de espacios libres públicos que se realiza en el presente estudio ha sido valorada por los agentes municipales como muy útil para ser susceptible de incorporación en instrumentos de planeamiento municipal.

EL COMPORTAMIENTO DE LOS ESPACIOS LIBRES EN LOS EPISODIOS DE INUNDACIÓN RECIENTES

La información anterior recogida en las reuniones con los ayuntamientos afectados por los episodios de inundación recientes se completó con el análisis de las fotografías tomadas desde helicóptero por Protección Civil.

De acuerdo con la información facilitada, estas imágenes se tomaron el 13 de septiembre de 2019 (entre las 9:10 y las 19:04), el 17 de septiembre de 2019 (entre las 11:42 y las 12:39) y el 3 de diciembre de 2019 (entre las 9:36 y las 10:31). Los vuelos del helicóptero cubrieron zonas de la rambla de La Maraña, la rambla del Albuñón y el núcleo urbano de Los Alcázares.

1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

Las imágenes tomadas de los núcleos urbanos corresponden con su situación de inundación, lo que permite realizar un análisis del comportamiento de los espacios libres en esta situación. Las imágenes siguientes muestran algunos tipos de situaciones que ejemplifican la vulnerabilidad de los espacios libres frente a estos riesgos.

-Zonas verdes y parterres elevados sobre el nivel de las calles. Los momentos captados desde el helicóptero permiten observar zonas verdes que se encuentran secas mientras que las calles y los espacios libres de parcela se encuentran inundados. Esto sucede porque las zonas verdes y sus parterres están generalmente sobreelevados respecto al nivel de las calles, actuando como obstáculos al flujo del agua. Esta posición reduce la vulnerabilidad de este tipo de espacios, reduciendo los daños en ellos en casos de inundación y minimizando las tareas de limpieza y mantenimiento tras las lluvias. Sin embargo, impide que el agua de escorrentías pueda ser recogida en las zonas verdes, laminando la avenida y teniendo efectos beneficiosos sobre el entorno.

Figura 27. Ejemplo de zona verde sobreelevada (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019



-Rotondas y medianas elevadas sobre el nivel de las calles. Las imágenes también muestran rotondas y medianas secas cuando las calles y los espacios libres privados estaban inundados. De nuevo, se debe a que ambos tipos de espacios se encuentran sobreelevados respecto al nivel de las calles. En el caso de las rotondas, esto supone un obstáculo a las aguas de escorrentía acumuladas en las calles y una pérdida de su potencial para acumular pequeñas partes del caudal. En las medianas, además, suponen barreras lineales que 'encauzan' las aguas en una dirección.

Figura 28. Ejemplo de rotondas y medianas sobreelevadas (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019.



1. ANÁLISIS Y CARTOGRAFIADO DE LOS EFECTOS DE LA INUNDACIÓN

-Grandes superficies impermeables. Las imágenes tomadas por el helicóptero tras las lluvias muestran también bastante secas las grandes superficies libres de aparcamientos. Esto se produce porque sus pendientes controladas y la impermeabilización de su superficie lo fomentan (junto con sus sistemas de drenaje propios). El agua evacuada eficazmente, reduce el impacto de la avenida en estas superficies, pero lo agrava en las zonas del entorno a la que se evacúan las aguas. Además, es habitual que se conduzcan a puntos específicos de salida a las calles que no resultan eficaces cuando éstas se encuentran saturadas.

Figura 29. Ejemplo de aparcamientos con superficies impermeables (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019.



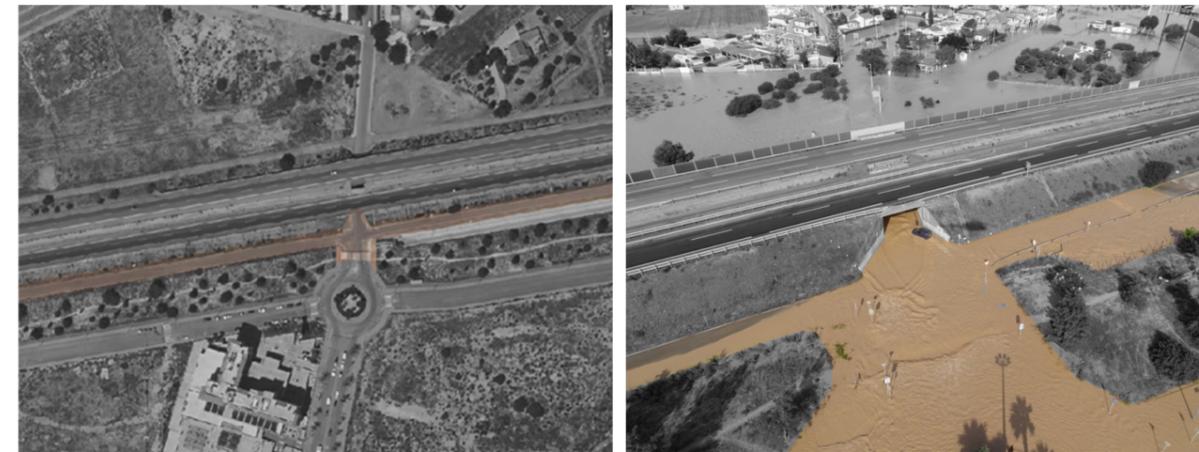
-Obstáculos en cauces de ramblas. Las imágenes desde helicóptero también muestran los efectos de la existencia de obstáculos y estrechamientos en los cauces de las ramblas, agravando la acumulación de las aguas de inundación e incluso provocando el desborde. Los obstáculos son construcciones ubicadas en estos cauces, pero también parterres, contenedores, aparcamientos, etc. que impiden el flujo normal de las aguas. Los estrechamientos, por su parte, se producen en pasos bajo puentes o provocados por la misma trama urbana.

Figura 30. Ejemplo de cauces de ramblas (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019.



-Acumulaciones en los pasos bajo autovía. La autovía AP-7 circula sobreelevada respecto al terreno colindante. Esto permite mantener su funcionalidad en situaciones de inundación, al no recibir aguas de escorrentía externas. Sin embargo, por su posición transversal a los cauces de las ramblas, se producen acumulaciones de las aguas en los pasos habilitados bajo su plataforma. Esto impide su uso cuando se tratan de zonas para paso de vehículos, a la vez que interrumpe el flujo del agua de un lado y lo canaliza con fuerza en la salida del paso al otro de los lados de la autovía.

Figura 31. Ejemplo de paso bajo autovía AP-7 (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019.



-Efecto barrera en los paseos marítimos. Las imágenes muestran también muretes de los paseos marítimos derribados por el empuje del agua. El flujo del agua de escorrentía se ve interrumpido por estos muretes transversales que provocan la expansión de las zonas inundadas e, incluso, la ruptura de los muretes por el esfuerzo horizontal. En las zonas donde estos muretes no existen o una vez estos ceden al empuje, se producen daños en las playas (arrastres de la arena, acumulación de sedimentos y residuos traídos por las aguas).

Figura 32. Ejemplo de paseo marítimo con murete (izquierda) y de su comportamiento en caso de inundación (derecha). Fuente: Protección Civil, 2019.

