

Medidas estructurales *versus* cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España).

Resumen

La presente investigación pretende demostrar que las actuaciones estructurales son ineficientes para reducir el riesgo de inundaciones en áreas urbanas, creando además **sensación de falsa seguridad**. El trabajo realiza una apuesta por la cartografía de riesgo como principal herramienta de prevención y de defensa ante las inundaciones, que debe complementarse con los procedimientos jurídicos establecidos en la legislación (suelo, agua y ordenación del territorio) para ello. La zona de estudio se localiza al sur de la ciudad de Alicante –barrio de San Gabriel- recorrido por el barranco de las Ovejas. Este barranco ha generado numerosos episodios de inundación, siendo el más relevante el del 20 de octubre de 1982. A raíz de esta inundación se **proyectó** y ejecutó una canalización del tramo bajo del barranco. Para comprobar la eficacia de la canalización se ha realizado una modelización con el programa IBER introduciendo el mismo caudal registrado que en 1982 (475 m³/s), para conocer los efectos de la inundación en caso de un episodio de índole similar. Los resultados demuestran que, a pesar de la canalización realizada, el barranco de las Ovejas desbordaría en diversos sectores produciendo anegaciones en diferentes sectores urbanos de su curso (barrios de Granada y de San Gabriel), así como en la zona de ampliación de la Universidad de Alicante. Se ha realizado una cartografía de riesgo de inundación y una serie de propuestas a llevar a cabo para reducir el riesgo de inundación en el actual contexto de cambio climático, que deben ser atendidas por las administraciones (local, regional y estatal) implicadas.

Palabras clave: medidas estructurales; cartografía de riesgo; riesgo de inundación, barranco de las Ovejas; cambio climático.

Structural measures versus flood mapping in risk management in urban areas: The case of Las Ovejas ravine (Alicante, Spain).

Abstract

This paper aims to demonstrate that structural actions are inefficient to reduce flood risk in urban areas, creating **feeling of false** security. The paper makes a commitment to risk mapping as the main tool of prevention and defense against floods, which must be complemented with legal procedures established in the legislation (soil, spatial planning

and water) for this. The main study area is located south of the city of Alicante –San Gabriel neighborhood-, crossed by Las Ovejas ravine. This ravine has generated numerous episodes of flooding, the most relevant occurred in October 20, 1982. As a result of this flood episode, a canalization of the lower part of this was planned and built. In order to verify the efficiency of this river channel, a modeling has been carried out with IBER programme introducing the same flow registered in 1982 (475 m³/s), to know the effects of the flooding in an hypothetical event of similar characteristics. The results show that, in spite of the river channel carried out, the Ovejas ravine would overflow in various sectors, producing floods in different urban sectors of this river course (Granada and San Gabriel neighborhoods), as well as in the expansion of Alicante University. Several flood risk maps and a series of proposals have been made to reduce the risk of flooding in study area in the current context of climate change, which must be addressed by the administrations (local, regional and state) involved.

Keywords: structural measures; risk mapping; flood risk, Ovejas ravine; climate change.

1. Introducción

Las inundaciones siguen siendo las únicas amenazas naturales que causan mayores impactos económicos y sociales (Guha-Sapir y Hoyois, 2015). España es uno de los territorios europeos con más alto nivel de riesgo de inundación tal como lo demuestra el informe sobre peligrosidad natural y tecnológica en Europa (ESPON, 2008). Nuestro país ocupa el quinto lugar de Europa por volumen de población expuesta a las inundaciones (2,3 millones de habitantes), siendo las áreas litorales, especialmente la zona mediterránea, las que concentran un nivel de riesgo mayor ante este peligro natural (Perles, Olcina, y Mérida, 2018). Todo ello se debe a que el crecimiento de la población está íntimamente ligado al proceso de urbanización y muy especialmente al llamado “tsunami de urbanización” experimentado por las zonas mediterráneas entre aproximadamente 1995 y 2007 (Olcina *et al.* 2015). La rápida transformación de las antiguas tierras agrícolas en tierras urbanas ha incrementado la exposición a las inundaciones en un proceso que algunos denominan “litoralización del riesgo” (Olcina, 2009).

Tradicionalmente, en España se ha procedido a realizar algún tipo de actuación de defensa para las inundaciones después de la ocurrencia de un evento catastrófico. Este tipo de actuaciones son soluciones inmediatas solicitadas por la sociedad que se ha visto afectada por algún episodio de inundación y que generalmente son bien aceptadas por la población sobre todo a nivel local (Olcina *et al.*, 2015). Este tipo de actuaciones de defensa suelen ser medidas de tipo estructural, es decir, la obra ingenieril basada en diques, presas de contención, encauzamientos, canalizaciones, o en casos extremos, el desvío del cauce del río, entre muchas otras. Algunos ejemplos de ellos son: el Plan Sur del río Turia en Valencia, tras el episodio de inundación de octubre de 1957; el Plan de defensa contra avenidas del río Segura, consecuencia de las numerosas inundaciones entre los años 1973 y 1987; o las numerosas canalizaciones realizadas en los tramos finales de los barrancos a lo largo de la costa mediterránea.

Sin embargo, en las últimas dos décadas ha comenzado a producirse un cambio de paradigma a la hora de defenderse de las inundaciones en la que se deja de apostar por

las medidas estructurales, que han demostrado ser ineficientes y costosísimas, por otras basadas en la gestión de la inundación. Además, cuando se produce un fallo del funcionamiento de las obras de control las consecuencias de las inundaciones son más graves, traduciéndose en pérdidas económicas y sociales mayores.

Como señaló White (1945) las obras de control de inundaciones basadas en evaluaciones probabilísticas son capaces de absorber la mayoría de los eventos; sin embargo, aquellos que no pueden ser absorbidos usualmente causan desastres de gran magnitud, en gran medida porque el potencial de daño de las áreas detrás de estas obras tiende a expandirse después de la falsa sensación de seguridad creada por la infraestructura hidráulica. En España, al respecto, cabe recordar los episodios de inundación del 20 de octubre de 1982, cuando la ola de inundación más destructiva se produjo tras el derrumbe de la presa de Tous y arrasó las zonas agrícolas y urbanas de las llanuras aluviales aguas abajo. Algunos de los efectos de este episodio también se vieron exacerbados por los obstáculos a los flujos de agua planteados por una gran autopista paralela a la costa, que causó unas 30 muertes, 300.000 damnificados y más de 2.500 millones de euros en pérdidas económicas, mientras que los grandes desastres mostraron los límites de una política de inundaciones basada estrictamente en soluciones hidráulicas (Mateu, 2000). Otro ejemplo es el episodio acaecido en agosto de 1996, en la zona de los Pirineos Centrales, en el camping de las Nieves (Biescas) cuando 87 personas fallecieron por la **avenida** más mortífera de la historia de esta región, debido a que el sistema de presas en el barranco de Arás falló por la acumulación de cantos y sedimentos arrastrados por la crecida relámpago. El ejemplo más reciente es el acontecido en septiembre de 2019 en el Bajo Segura, en el que el nuevo cauce del río **construido** tras la riada de noviembre de 1987, se muestra incapaz de asumir el caudal generado por las lluvias torrenciales registradas y **se rompen** en dos lugares distintos las motas de contención ocasionando la inundación en lugares alejados del propio cauce como la localidad de Almoradí. Todos estos episodios demuestran que en alguna situación las medidas estructurales realizadas con cálculos probabilísticos basados en los periodos de retorno, pueden verse superados y provocar consecuencias catastróficas mayores. Por lo tanto, son medidas ineficaces a la larga y que **implican** unas inversiones económicas muy elevadas para que después fallen. Todo esto hay que tenerlo en cuenta de cara a los escenarios futuros de cambio climático que más en adelante se **tratarán**.

En cambio, las medidas no estructurales se basan en normativas reguladoras, la zonificación de usos del suelo, la elaboración de cartografía de riesgos, la ordenación del territorio, los planes de emergencia, los protocolos de alerta, los sistemas de aseguramiento de bienes, entre otros. En suma, estamos ante el debate entre reducción de la peligrosidad ante inundaciones generalmente actuada mediante medidas estructurales que se demuestran no del todo eficaces (Serra-Llobet *et al.*, 2016) y la disminución de la vulnerabilidad y de la exposición que encuentra en las medidas no estructurales su eje principal de actuación (Rosenzweig *et al.*, 2018). A partir de la aprobación de la Directiva 60/2007/CE sobre la Evaluación y Gestión de los Riesgos de

Inundación, los estados miembros se han visto obligados a elaborar trabajos y cartografías sobre inundaciones, apostando por una nueva filosofía donde la ordenación del territorio se convierte en la herramienta principal para el desarrollo de políticas y actuaciones en los territorios fluviales europeos (Perles, Olcina, & Mérida, 2018).

En España, dicha directiva se traspone en el RD 903/2010, del 9 de julio, de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación lo que le otorga un carácter de obligado cumplimiento en todo el territorio español. Ello ha permitido el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografías de Zonas Inundables (SNCZI). En lo que concierne a la Comunidad Valenciana, en el año 2003 se aprueba el Plan de Acción Territorial del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA, en adelante). Sin embargo, dicha cartografía dejaba que desear y estaba proyectada a una escala de 1:80.000. En el año 2015 se revisa dicho plan y se elabora una cartografía más precisa y más detallada a una escala 1:25.000. El RDL 2/2008 de 20 de junio del texto refundido de la Ley del Suelo señala en su artículo 15 que cada actuación de los instrumentos de ordenación deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación, de esta forma se consolida la importancia legal de la cartografía de riesgo como elemento fundamental para la planificación de usos del suelo, y su condición de elemento acreditador del riesgo natural (Perles, Olcina, & Mérida, 2018). En el RDL 7/2015 del 30 de octubre se aprueba la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana en el que el artículo 22 señala que se debe incluir obligatoriamente un mapa de riesgos naturales. Por último, la reciente Ley 1/2019 de 5 de febrero de modificación de la Ley de Ordenación, Territorio, Urbanismo y Paisaje (LOTUP) señala la importancia de tener en cuenta los riesgos de inundación de cara a la ordenación del territorio. Todas estas normativas plantean la importancia de desarrollar cartografía de riesgos como medida preventiva, y en el caso de las inundaciones, para evitar actuaciones en espacios inundables.

No obstante en la escala local no se ha tenido en cuenta una adecuada ordenación territorial de cara a los espacios inundables. Aludían a la falta de documentos oficiales que acreditaran el riesgo, documentos que tendrían que haber desarrollado las Confederaciones Hidrográficas (Demarcaciones a partir de la Directiva 60/2000), Comunidades Autónomas o Planes de emergencia adaptados a la Directriz Básica de Inundaciones de 1995, haciendo inviable el cumplimiento del precepto legal (Perles, Olcina, y Mérida, 2018), unido al “boom inmobiliario” (1998-2008). Por tanto, a escala local se ha especulado con el suelo aumentando la exposición, basándose en una falsa sensación de seguridad que se apoya en la regulación de los caudales por embalses, obras hidráulicas como canalizaciones y encauzamientos, y los periodos de retorno de las inundaciones en muchos cursos fluviales (Doménech, Ollero y Sánchez, 2015).

La cartografía de riesgos se convierte, progresivamente, en una herramienta esencial en los estudios de riesgo natural, y ha experimentado un avance muy notable en los últimos años en relación con la aplicación de las modernas tecnologías cartográficas. La posibilidad de relacionar, de forma inmediata, usos del suelo con la peligrosidad natural, a fin de establecer grados de exposición y vulnerabilidad ante un episodio de rango

extraordinario, ha impulsado la elaboración de cartografías de riesgos; con la ventaja de su posible actualización continua (Olcina, 2009) y a cualquier escala. No cabe duda que la cartografía de riesgos y su incorporación a la planificación territorial es la gran apuesta de futuro en España para los próximos años (Olcina, 2012).

Esta investigación plantea la hipótesis de que a pesar de las medidas de defensa de tipo estructural realizadas en el barranco de las Ovejas tras la riada de octubre de 1982, el riesgo de inundación es en la actualidad mayor a lo largo de su cauce, y especialmente, en el tramo final que es el que ocupa el barrio de San Gabriel. Cabe destacar que no existen estudios específicos de riesgo de inundación del barranco de las Ovejas, salvo las cartografías oficiales del SNCZI y el PATRICOVA, **que señalan a los barrios de Granada y de San Gabriel** con un riesgo de inundación, “Alto” y “Medio-Bajo”, respectivamente. Es por ello que se pretende demostrar el nivel real de riesgo existente en un área urbana, y el mantenimiento de un problema supuestamente “solucionado” con un encauzamiento de elevado coste económico.

Se pretende señalar la importancia de la cartografía de riesgos como una de las principales herramientas de prevención de las zonas inundables, siendo más eficaz que las obras hidráulicas de control. Esto se debe a que a partir de los mapas de riesgos se puede realizar una ordenación territorial racional y adecuada como punto de partida para la zonificación y usos del suelo, a cualquier escala. Para ello, el objeto de estudio es el barranco de las Ovejas, uno de los cursos fluviales más destacados del área urbana de Alicante, canalizado en su tramo final tras la riada ocurrida en octubre de 1982. La hipótesis y el objetivo de la investigación se sustentan en el hecho de que a pesar de la construcción de una **sólida** obra de defensa (canalización) sigue existiendo un **acusado** riesgo de inundación en el barrio de San Gabriel (Alicante) debido a la existencia de nuevas actuaciones estructurales realizadas y otras que no se han llevado a cabo y que tenían por objeto la minimización del grado de riesgo en este sector urbano de Alicante.

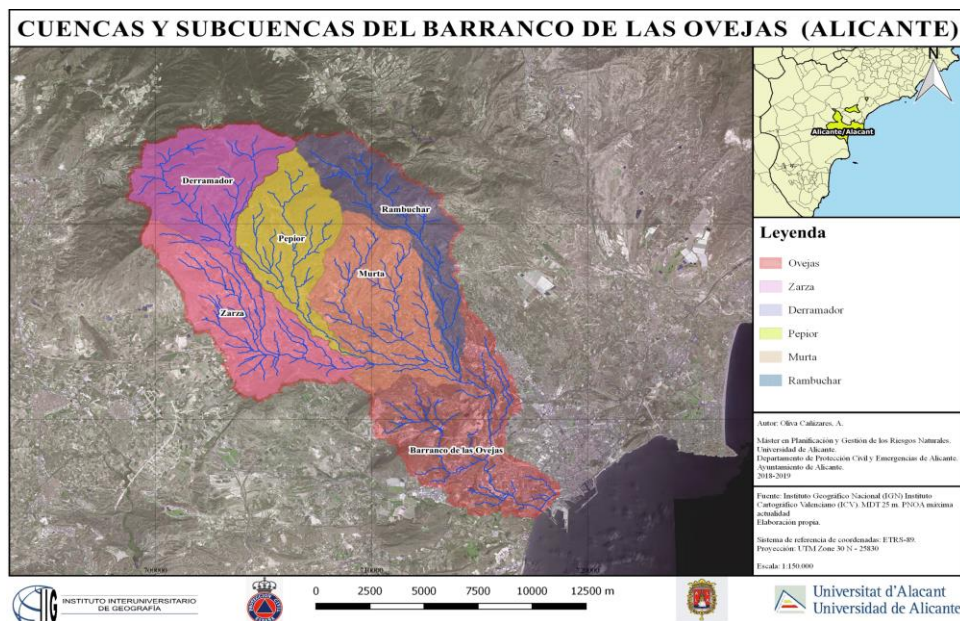
1.1 Área de estudio

La zona de estudio de esta investigación es el barranco de las Ovejas, que se localiza **al** sur de la ciudad de Alicante, y que en su desembocadura, divide en dos el sector urbano de San Gabriel. Dicho barranco es un curso fluvial que experimenta crecidas, en ocasiones, de tipo “relámpago”, capaces de generar caudales importantes y desbordamientos que causan daños económicos y pérdidas de vidas humanas. La baja periodicidad de estos eventos hace que no se tenga en cuenta al barranco, y se realizan actuaciones poco adecuadas en el espacio de inundación del mismo, lo que hace aumentar la exposición ante futuros episodios de crecidas, y por tanto aumentar el riesgo de esa población (Doménech *et al.*, 2015).

El barranco de las Ovejas resulta muy interesante desde el punto de vista de la peligrosidad **dado que** su cuenca se salva un gran desnivel altitudinal entre los 1.296 m, en la cabecera del Maigmó, y la desembocadura en el mar Mediterráneo, entre los barrios alicantinos de San Gabriel y Babel (Gil-Olcina, 1986). **Recoge** las aguas, en

momento de lluvias intensas o torrenciales, de una serie de barrancos y ramblas tributarias siendo las más importantes la de los barrancos del Derramador, Zarza, Pepior, Murta y Rambuchar, confluyendo en la Cañada del Fenollar donde comienza el cauce del barranco de las Ovejas **en sensu stricto**. A partir de la Cañada del Fenollar se dirige hacia el sur de la ciudad de Alicante donde vierte sus aguas al Mar Mediterráneo. Su desembocadura se localiza **al sur** de la ciudad de Alicante y **cuya desembocadura** divide en dos el **sector urbano del** barrio de San Gabriel. En el margen derecho del cauce se encuentra la parte más antigua del barrio, propenso a sufrir inundaciones, y en el margen izquierdo, la **zona de nuevas edificaciones del mismo** (Figura 1).

Figura 1. Cuenca y subcuencas del barranco de las Ovejas.



Fuente: IGN. Elaboración propia.

El barrio de San Gabriel ha sufrido en numerosas ocasiones la sacudida de las inundaciones por el desbordamiento del barranco de las Ovejas (1962, 1966, 1982, 1986, 1987 y 1989) (Figura 2). **Además, hay que añadir el episodio ocurrido en septiembre de 1997 que anegó la Universidad de Alicante, debido al desbordamiento ocurrido en las proximidades de la Cañada del Fenollar, en el tramo alto del barranco (Oliva, 2019). Posiblemente han tenido lugar más episodios de desbordamiento de dicho barranco, sin embargo no hay registros oficiales que lo confirmen. No datos donde corroborarlos pero por la intensidad y volumen de las precipitaciones registradas seguramente se inundara**

Figura 2. Barranco de las Ovejas a la altura del barrio de San Gabriel (1956 y 2018)



Fuente: ICV. Vuelo Americano Serie B (1956) y vuelo del Instituto Cartográfico Valenciano-Comunidad Valenciana 2018.

De todos estos episodios el más recordado por la población afectada y estudiado por la literatura científica es el del 20 de octubre de 1982 (Morales, Box y Bru, 1983; Gil-Olcina, 1983; Morales, Bru y Box, 1983; Gil-Olcina *et al.*, 1986; Morales y Box, 1986; Morales y Box, 1993; Olcina, 1994; Gil-Olcina, Olcina y Rico Amorós 2004). En este episodio debido a la formación de una gota fría se forma un complejo convectivo de mesoescala generando una lluvia torrencial en la ciudad de Alicante. El dato pluviométrico de la estación de Ciudad Jardín es de 233,1 l/m². El barranco de las Ovejas experimentó la mayor crecida registrada con un caudal de 475 m³/s y un calado de 5 m.

Las consecuencias fueron devastadoras para el barrio de San Gabriel que quedó completamente inundado y aislado durante dos días. Unas 56 viviendas quedaron afectadas, destruyó los puentes de la carretera N-332 y la vía férrea Alicante-Murcia; y una mujer perdió la vida al ser arrastrada por la avenida. Los daños fueron tan cuantiosos que se declaró zona catastrófica. El evento de lluvias torrenciales compartió protagonismo con la pantanada de Tous en la cuenca del Júcar, quedando rápidamente olvidado dada la magnitud de la catástrofe en la Ribera Baja.

A partir de esta riada y de las anteriormente citadas, los vecinos de San Gabriel exigen la canalización del barranco de las Ovejas en el barrio de San Gabriel, propuesta que se contempla en el PGMOU de la ciudad de Alicante (1987) y que se aprueba por la Generalitat Valenciana en el año (1992). Previamente, la técnica tradicional de defensa de avenidas y aprovechamiento de agua se basaba en los *parats* que son unos muros de piedra instalados en el propio cauce cumpliendo una doble finalidad: frenar la erosión y depositar los materiales arrastrados. De esta forma se favorecía la percolación de las aguas de lluvia que recibían estos bancales, creando una corriente subálvea en la base del parat (Morales y Box, 1986). Tras el episodio de 1982, se construye en el margen izquierdo del barranco un muro de contención que permitiera mantener los márgenes y desviar las aguas de avenida hacia su desembocadura con mayor velocidad (Oliva, 2019). Este hecho provocaba que la avenida fuera más virulenta de lo habitual hacia el barrio de San Gabriel (Gil-Olcina *et al.*, 1986). De facto, en frente del muro de contención existe una calle en el barrio de San Gabriel llamada “Calle Muro” dando alusión al muro de contención.

El proyecto de canalización del barranco de las Ovejas se aprueba en 1992 y lo **lleva** a cabo la Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte (COPUT) con **participación** de varias empresas. La obra consistía en **el encauzamiento** de los últimos 800 m del cauce con cajeros de hormigón armado, chapado con piedra calcárea

y solera de escollera. Por la parte central pasa un canalón para aguas en régimen normal. La obra permite un caudal de $730 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondientes a un periodo de retorno. Además, se intercalan dos saltos hidráulicos, uno al principio y otro al final de la canalización, cuyo objetivo es regular las pendientes y conseguir un régimen lento para evitar los frentes de ola estacionarios. En la parte marítima se encuentra dos espigones que se prolongan hasta la cota batimétrica de -4 m , y tienen como misión principal canalizar las avenidas y evitar la formación de barras. Sin embargo, al quedar una de las viviendas dentro de la ordenación tuvo que modificarse el proyecto inicial. De esta forma los valores calculados no se cumplían y para darle solución y aproximarse al valor estimado, se decide dragar o profundizar el barranco 4 m . Hecho incoherente que ha provocado la penetración del agua del mar por la canalización del barranco de las Ovejas. Las obras finalizan el 15 de agosto de 2015 (Figura 3). Este hecho puede traducirse en un factor más de peligrosidad en un aumento de nivel del mar y una avenida, pudiendo taponarse y agravar las consecuencias de las inundaciones. Actualmente se están acumulando sedimentos en la canalización. El precio de la obra fue de $3.466.738,88 \text{ €}$.

Figura 3. Canalización del barranco de las Ovejas



Fuente: Biblioteca Especializada de la Generalitat Valenciana e ICOSA. Proyecto de canalización del barranco de las Ovejas modificado. Elaboración propia.

2. Método de trabajo

Para la realización de la investigación se ha llevado a cabo la consulta bibliográfica científica sobre el estado de la cuestión de la gestión del riesgo de inundación en el ámbito internacional y nacional (Ribas *et al.*, 2017). Para el análisis de caso se ha consultado la hemeroteca del *Diario Información* de Alicante para conocer los episodios de inundación histórica.

Se han manejado datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Además, se ha consultado la fototeca del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) para la obtención del vuelo Americano Serie B (1956) y el vuelo del Instituto Cartográfico Valenciano-Comunidad Valenciana 2018, ambos a una escala 1:7.500.

Para confirmar la hipótesis de partida se pretende conocer la peligrosidad de inundación del barranco de las Ovejas a lo largo de su cauce. Para ello se ha realizado la modelización con el programa IBER tomando como ejemplo los valores registrados de caudal en el episodio del 20 de octubre de 1982, que mayores consecuencias negativas produjo al barrio de San Gabriel. De esta forma se comprueba si la obra de canalización es efectiva y los efectos posibles de inundación en un episodio de características similares

Se ha manejado el programa IBER donde se ha podido introducir dicho caudal y añadir los valores de rugosidad según Manning, correspondientes a cada tipo de uso del suelo, que se encuentran en las zonas de estudio. El modelo digital de terreno (MDT) utilizado para la modelización ha sido extraído del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con una malla de 5 metros. Los resultados de la modelización que se van a analizar son los relacionados con el caudal, la velocidad y el tiempo de permanencia de las zonas. Siempre en ese orden desde la cabecera hasta la desembocadura. Cabe señalar, que las modelizaciones están realizadas sin introducir sedimentos, ni la presencia de puentes, ni de cañas, ni de la lámina de agua de mar. Pero ello no resta valor a los datos obtenidos **al dar una** imagen muy aproximada de los efectos que tendría una crecida como la ocurrida en octubre de 1982 en la zona de estudio que, en todo caso, quedarían agravados por la existencia de dichos parámetros.

Para la elaboración de los mapas de riesgos se han realizado unos 10 mapas temáticos por cada zona en el programa Qgis: pendientes, a través del método de Travis *et al.* 1975, que permite tener un mayor porcentaje de seguridad en el resultado cartográfico final; litología, teniendo en cuenta el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la antigua Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte (COPUT) ya que su escala es más detallada: 1:25.000; las zonas inundables que marcan el SNCZI, el PATRICOVA en sus máximos periodos de retorno, y los resultados de la modelización; calado (IBER), velocidad (IBER), tiempo de permanencia (IBER), susceptibilidad (aspectos aparte añadidos relacionados con la presencia de cañas, lámina de agua del mar, entre otras); e inundaciones históricas (el barrio de San Gabriel). La suma de todos los mapas temáticos realizados ha dado el mapa de peligrosidad. También se ha desarrollado un mapa de vulnerabilidad teniendo en cuenta la exposición y otorgándole un mayor peso a las vidas humanas y, posteriormente, a las pérdidas económicas. La suma del mapa de peligrosidad y el de vulnerabilidad han dado como resultado los mapas de riesgo de inundación del barranco de los tramos estudiados **que integran** prácticamente la totalidad del cauce.

Se ha estimado necesario otorgar un valor de riesgo a cada elemento de los mapas temáticos del 1 al 5 siendo éste último el máximo valor para aquellos aspectos o factores que pueden agravar una inundación. Por ejemplo: las zonas con mucha pendiente tienen un valor elevado (4) puesto que agravan la fuerza de avenida y de la inundación. Además, aquellas zonas con pendiente nula o poca pendiente poseen el valor más elevado (5), puesto que si no hay pendiente el agua no circula y el espacio se anega. Esto se ha realizado para los todos los mapas temáticos que componen la

peligrosidad, la vulnerabilidad y el mapa final de riesgo. Los valores totales obtenidos han sido clasificados en cuartiles, y para la presentación final de resultados se han transformado los valores numéricos en expresiones cualitativas de grado de riesgo, que es lo que se maneja por lo común en las cartografías utilizadas por las administraciones en los procesos de planificación territorial.

Finalmente, se ha realizado un trabajo de campo detallado a lo largo de todo el recorrido del barranco para confirmar parámetros cartográficos iniciales, así como los resultados obtenidos en la modelización. El trabajo de campo ha permitido comprobar el estado actual del cauce e identificar elementos que pueden incrementar el riesgo, y sobre todo, a través del método empírico, se ha podido observar qué cantidad de precipitación es necesaria para que circule agua por el cauce. Para ello, se ha realizado una observación de las lluvias intensas de los años 2018 y 2019.

3. Resultados

Con las observaciones experimentadas en el trabajo de campo realizado **tras** los episodios de lluvia de enero, octubre, noviembre de 2018, y abril, agosto y septiembre de 2019, se ha comprobado que el barranco de las Ovejas se reactiva con precipitaciones entre 10-25 l/m² recogidos en 30 minutos (Oliva, 2019). Este dato es relevante porque ~~no implica que se identifique como un peligro, pero~~ a partir de este umbral **cuanta** más precipitación e intensidad **la crecida de caudal resulta ya significativa**. Es por ello que el análisis histórico de episodios de inundación ha resultado fundamental para conocer qué valores de precipitación generan crecidas espontáneas llegando a inundar el barrio de San Gabriel.

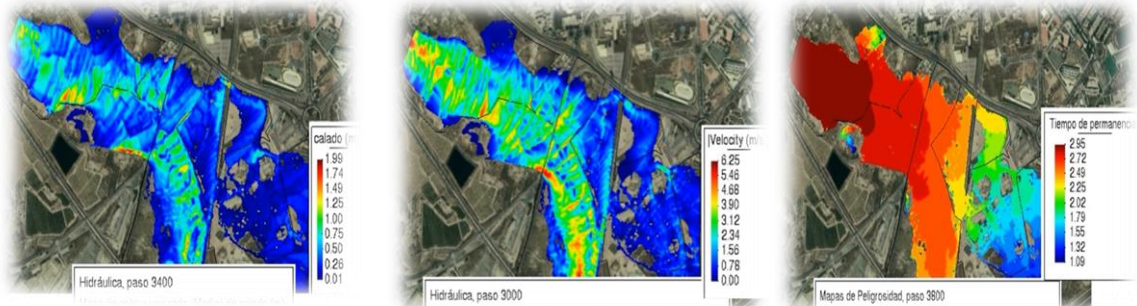
3.1. Análisis-diagnóstico: peligrosidad actual ante inundaciones en el barranco de las Ovejas.

Para valorar la peligrosidad se han escogido tres sectores del barranco de las Ovejas correspondientes al tramo alto, medio y bajo del cauce: cañada del Fenollar y ampliación de la Universidad de Alicante, depuradora de Rincón de León y barrio de San Gabriel, respectivamente.

Los resultados obtenidos en el tramo alto del cauce muestran **que** los valores de calado obtenidos por la modelización se encuentran entre 0 y 2 m de altura. La velocidad oscila entre 0 y 6,25m/s y, el tiempo de permanencia entre los valores de 1 a 3 segundos. Las zonas de mayor peligrosidad corresponden a aquellas en las que el calado es más elevado (0,50-1,50 m) -colores cálidos-, que coinciden con los espacios de mayor pendiente, lo que le otorga una mayor velocidad y fuerza de las aguas (3-6 m/s). No hay que olvidar, que la cañada es un espacio plano con poca pendiente, donde el agua se estanca y se acumula -colores fríos-, incrementando su calado. ~~lo que se traduce en que, en caso de que se produzca una zona de riesgo de inundación elevado.~~ En

relación al tiempo de permanencia, los valores más elevados se dan en la zona de la cañada dado que es un espacio plano y con poca pendiente (1-3s).

Figura 4. Modelización de calado, velocidad y tiempo de permanencia en la Cañada del Fenollar y Universidad de Alicante.



Fuente: Elaboración propia a partir del tratamiento con módulos de cartografía de IBER 2.5

La modelización realizada en el tramo alto, muestra varios puntos conflictivos:

- a) El *barrio de Granada* que se vería afectado por la inundación ante un calado de 0 a 1,50 m, lo que implica una cantidad de agua bastante considerable capaz de generar daños a personas y materiales (Figura 4, izquierda). La velocidad de las aguas oscilarían entre 0-1 m/s, lo que implica que el agua quedaría bastante estancada porque no tiene una gran velocidad que permita buscar la salida. El tiempo de permanencia de las aguas sería de 2,50 a 3 s. Si se suman los tres factores, un calado elevado, con una velocidad escasa y un tiempo de permanencia elevado del agua, se traduce en **que**, en caso de que se produzca una inundación en este espacio, el calado iría incrementando poco a poco afectando a todo el barrio y tardaría bastante tiempo en volver a su estado “normal”. Con el trabajo de campo se ha comprobado que las calles del barrio de Granada son muy estrechas, que las ventanas poseen poca altura respecto al suelo, que algunas puertas de viviendas y garajes se encuentran por debajo de la acera, y que los vecinos no perciben ningún tipo de peligro por inundación según las entrevistas realizadas a cinco de ellos en abril de 2019. Teniendo en cuenta estos elementos, si se le suman los datos obtenidos en la modelización, el resultado que se obtiene es que el barrio de Granada y la cañada del Fenollar presentan un riesgo de inundación elevado.
- b) *Viviendas aisladas en el propio lecho entre la cañada del Fenollar y la ampliación de la Universidad de Alicante* (Figura 4, central). En la cabecera del barranco, entre la cañada del Fenollar y la ampliación de la Universidad de Alicante, se encuentran viviendas aisladas en un espacio inundable cuyo calado puede ser de 0-1 m, velocidades entre 0-5 m/s y un tiempo de permanencia entre 2 y 6 s.
- c) *Ampliación de la Universidad de Alicante*: En este espacio, destacan los colores fríos. El valor de calado oscila entre los 0-1 m, la velocidad entre 0-2,50 m/s y el tiempo de permanencia entre 1-2,50 s (Figura 4, derecha). La suma de estos valores **implica** que, a pesar de que el calado sea más bajo que en el resto de las zonas

anteriormente analizadas, existe una peligrosidad muy elevada teniendo en cuenta los parámetros que señala el RD 9/2008 de modificación del RDPH y el PATRICOVA¹. Cabe destacar que es un espacio donde se presenta una escasa velocidad de las aguas y un tiempo de permanencia medianamente medio-bajo lo que implica que es una zona de acumulación de agua y, por tanto, de riesgo alto. Con el trabajo de campo realizado en este sector se ha observado la presencia de placas solares, paneles de electricidad, y sistemas de electricidad y telefónico, instalados a ras de suelo. En caso de verse afectados por una inundación los daños materiales/económicos serán importantes.

En lo que concierne al tramo medio del barranco de las Ovejas, las modelizaciones muestran los siguientes resultados (figura 5): el calado que se alcanza en este sector oscila entre 0 y 5 m de altura; la velocidad en este sector presenta un intervalo desde los 0 a los 26 m/s; y el tiempo de permanencia, parte de los valores de 1 a 2 s lo que indica un tiempo bastante reducido.

El sector de mayor calado se da a partir de la depuradora de Rincón de León hacia aguas abajo dirección Vía Parque donde alcanza el valor máximo (5 m) como ocurrió en octubre de 1982; las mayores velocidades se encuentran aguas arriba de la depuradora (10-23 m/s), y el tiempo de permanencia es constante en todo el tramo (Figura 5).

Cabe destacar que la modelización muestra que la depuradora no se vería afectada de manera total por una inundación pero sí en pequeños sectores colindantes al barranco y la zona más baja de ella, como ocurrió en el episodio de octubre de 1982. Además, en este espacio se encuentran los depósitos materiales inertes -materiales blandos- que en momentos de lluvia se deslizan fácilmente hacia el barranco aportando materiales y sedimentos que, por principio de Arquímedes, el agua experimenta un incremento de altura y volumen.

A este hecho se le suma la presencia de un puente de tres ojos, que reduce el espacio libre de la avenida, y además, es una zona donde se produce un estrechamiento. Todos estos factores vienen a determinar el por qué en ese sector se alcanzan 5 m de calado. La velocidad en sector del tramo oscila entre los valores de 0 a 5 m/s, lo que se traduce en un espacio donde se produce un flujo lento y se acumula el agua. Por lo tanto, dicho calado descenderá hacia su desembocadura con una altura considerable que se traduce en un riesgo potencial para la población del barrio de San Gabriel.

¹ El Reglamento del Dominio Público Hidráulico (9/2008) señala que se considera daños graves a persona s o bienes cuando se dé uno o varios de los siguientes puntos: calado >1m; velocidad > 1m/s; calado x velocidad > 0.5 m²/s.

El PATRICOVA **recomienda** considerar daños graves en función del calado y periodo de retorno. Los valores son: calado > 0,80 para peligrosidad 1,2 y 5, para 25, 100 y 500 años, respectivamente; o calado < 0,80 para peligrosidad 3 y 4, para 25 y 100 años, respectivamente.

Figura 5. Modelización de calado, velocidad y tiempo de permanencia en la depuradora de Rincón de León

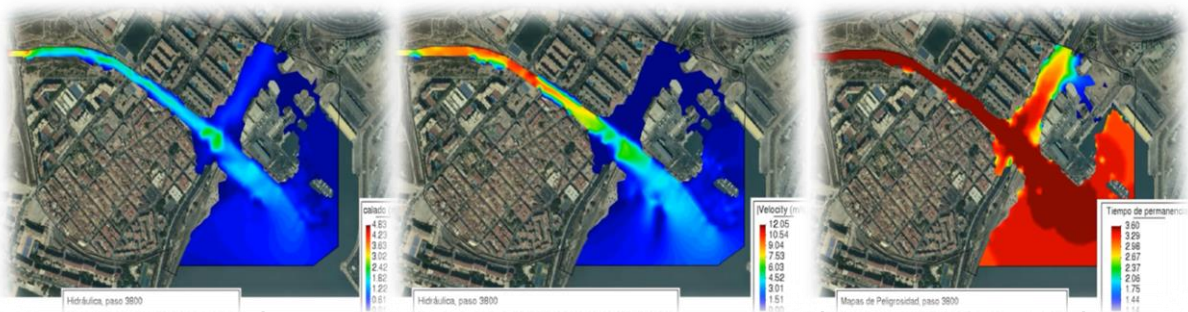


Fuente: Elaboración propia a partir del tratamiento con módulos de cartografía de IBER 2.5

Por último, en el tramo bajo del barranco de las Ovejas los resultados obtenidos de las modelizaciones muestran que las zonas de mayor calado, velocidad y tiempo de permanencia se dan en el mismo cauce y sus valores de los intervalos oscilan entre 0-5 m, 0-12 m/s y 0 a 4 s, respectivamente (Figura 6).

Sin embargo, los resultados más importantes a destacar son las zonas que se inundan con el caudal introducido. Se puede observar que las viviendas que se encuentran en el lecho de inundación del propio barranco se verían anegadas, sobre todo aquellas que pertenecen a la parte antigua del barrio junto con las calles colindantes al cauce, la N-332 y el paseo de Joan Fuster incluso algún sector del puerto podría verse afectado.

Figura 6. Modelización de calado, velocidad y tiempo de permanencia en el barrio de San Gabriel



Fuente: Elaboración propia a partir del tratamiento con módulos de cartografía de IBER 2.5

Los daños pueden ser cuantiosos por diversos motivos:

- El calado puede oscilar de 0 a 2 m en las zonas anegadas.
- No presenta velocidad (0-1 m/s). Este hecho implica que el agua se queda estancada incrementando los daños que pueda ocasionar sumado con el calado y el tiempo de permanencia de la inundación.
- El tiempo de permanencia es elevado, al menos una gota de agua se mantiene en la misma zona durante 4 segundos. El tiempo de duración en las zonas anegadas va desde

1 a 4 segundos. Por consiguiente, se puede afirmar que existe una peligrosidad y un riesgo de inundación evidente en el barrio de San Gabriel.

Las zonas afectadas vienen a ser las mismas que en el episodio de inundación sufrido en el barrio de San Gabriel el 20 de octubre de 1982.

Cabe destacar que las modelizaciones sólo cuentan con agua, es decir, no cuenta con la presencia de sedimentos que suele arrastrar las avenidas, y aún así, destaca que el barranco de las Ovejas se desborda en el sector donde se encuentra canalizado. Si se le sumara este factor, seguramente las zonas de inundación serían más amplias que las que se han mostrado en el resultado de las modelizaciones.

3.2 Determinación del riesgo de inundación en el barranco de las Ovejas.

En el siguiente apartado se pretende determinar el riesgo de inundación en los tres tramos analizados en las modelizaciones. En la metodología se encuentra explicado el proceso de elaboración de una serie de mapas temáticos que forman el mapa de peligrosidad donde se adscribirían las modelizaciones. Sumando los valores de peligrosidad y vulnerabilidad se han obtenido los siguientes mapas de riesgo de inundación a una escala de detalle 1:5.000.

Como se puede observar en la figura 7, el resultado obtenido en la cartografía muestra que esta área presenta un riesgo de inundación “Alto” en toda la cañada. De hecho, en el sector central de ella presenta valores que se introducen en la categoría de riesgo “Muy Alto” donde se encuentran parte del barrio de Granada y las viviendas aisladas. Incluso el barrio de Granada también presenta, en su sector más alejado, un riesgo “Alto”. Por consiguiente, todo este espacio es susceptible de verse afectado en algún momento por una inundación.

Incluso hay un paso bajo que cruza la vía férrea de RENFE y conecta la cañada con la ampliación de la universidad que presenta un riesgo de inundación “Muy Alto”. A su vez, todo el sector donde está previsto realizar un parque empresarial de la Universidad de Alicante y su ampliación se encuentra en el sector final de la cañada. De hecho en este sector y en la cañada del Fenollar se encuentran cantos rodados y los muretes de piedra seca, hoy en día patrimonio de la humanidad por la UNESCO, denominados *parats* que ratifican la circulación de aguas en momentos de avenida en este sector. Por consiguiente, tal como aparece reflejado en la figura 7, este espacio presenta un riesgo de inundación “Alto” y “Muy Alto”.

Figura 7. Mapa de riesgo de inundación Cañada y ampliación UA.



Elaboración propia

En el trabajo de campo se ha comprobado la existencia de los *parats* y de algún resto de antiguas acequias entre medias de las instalaciones. De hecho, en todo este espacio se encuentran instaladas placas solares, el suministro telefónico y eléctrico a ras de suelo. Por tanto, en caso de inundación las pérdidas económicas serán elevadas.

Conviene recordar que en el documento normativo del PATRICOVA (Generalitat Valenciana, 2015) en su artículo 18 apartado 2, señala lo siguiente:

“[...] en aquellas zonas que se encuentren con una peligrosidad del 2 al 5 o geomorfológica se prohíben una serie de usos. Cabe destacar que prohíbe: equipamientos estratégicos, como centros de emergencia, parques de bomberos, cuarteles, centros escolares y sanitarios, y pabellones deportivos cubiertos. Además, señala las infraestructuras puntuales estratégicas, como plantas potabilizadoras y centros de producción, transformación y almacenamiento de energía, quedan prohibidas, salvo que por requerimientos de funcionamiento, queden avaladas por la administración competente, para su autorización, garantizándose la adopción de medidas que disminuyan o eliminen el riesgo por inundación”.

Sin embargo, no se está cumpliendo con el PATRICOVA en este sector. De hecho, **se va a seguir construyendo al ser suelo urbanizable**, lo que plantea dos problemas principales: la ocupación de un suelo inundable –mayor vulnerabilidad, mayor riesgo–, y la desaparición de un patrimonio de la humanidad característico de las zonas mediterráneas: los *parats*.

Los resultados obtenidos en el tramo medio (Figura 8) muestran que existen tres sectores concretos a tener en cuenta para el riesgo de inundación. El primero corresponde a las parcelas sin construir en el margen derecho del barranco de las Ovejas antes de llegar a la depuradora. Este espacio presenta un riesgo de inundación “Alto”. El segundo está relacionado con parte de la depuradora, en su sector más bajo, que presenta un riesgo de inundación “Alto”. Incluso podría verse afectado en mayor medida. El tercer sector se localiza en la zona de la Vía Parque, antes del puente que dirige sus aguas abajo hacia el barrio de San Gabriel. En este sector se encontraban los materiales de inertes, un calado elevado, una velocidad baja...factores que incrementan el riesgo de inundación categorizándolo en un riesgo “Muy Alto”.

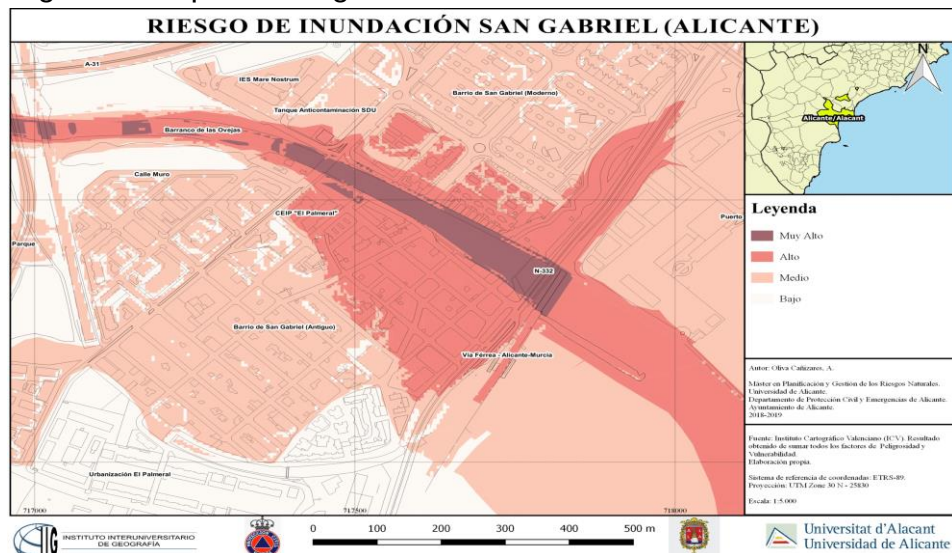
Figura 8. Mapa de riesgo de inundación depuradora de Rincón de León.



Elaboración propia

El tramo final del barranco de las Ovejas se encuentra donde se localiza el barrio de San Gabriel y la canalización (Figura 9). Dentro del cauce, a partir del primer salto hidráulico, el riesgo de inundación es “Muy Alto”. Este hecho se debe a la presencia de la lámina de agua de mar que penetra por la canalización en todo este tramo. A continuación, se observa que las calles colindantes al barranco presentan un riesgo de inundación “Alto”, unido al sector urbano del barrio antiguo (margen derecha), al paseo de Joan Fuster (margen izquierda) y la propia carretera N-332 que se encuentra sus pilares asentados en la desembocadura del cauce.

Figura 9. Mapa de riesgo de inundación en el barrio de San Gabriel.



Elaboración propia

El espacio comprendido entre la lámina de agua de mar y el tablero del puente dista **dos metros**, que en momentos de temporales de levante es menor. En cambio, la distancia de las pilastras del puente es bastante considerable y es menos posible que se produjera un efecto tapón pero no cabe duda que la presencia de lámina de agua de mar que

penetra por la canalización es un factor de peligrosidad a tener en cuenta (Figura 10). Se podría señalar como un punto “negro” importantísimo **que genera** aumento de riesgo en el barrio de San Gabriel.

Figura 10. Carretera N-332 y vía férrea Alicante-Murcia a su paso por la desembocadura del barranco de las Ovejas.



Elaboración propia

En resumen, las modelizaciones han mostrado la peligrosidad existente a lo largo del barranco de las Ovejas en caso de que se produjera un episodio de inundación similar al 20 de octubre de 1982. En estos resultados se observa la anegación del barrio de Granada y la ampliación de la Universidad de Alicante, y el desbordamiento del barranco de las Ovejas en el barrio de San Gabriel, a pesar de la canalización. **La suma de los resultados obtenidos en los mapas temáticos explicados en la metodología y de las modelizaciones realizadas ha dado como resultado el mapa de peligrosidad que unido con el de vulnerabilidad ha permitido dibujar los mapas de riesgo de inundación de los sectores del barranco de las Ovejas analizados.** Estos mapas deben ser el punto de partida de cara a las tomas de decisiones en materia de ordenación del territorio de las administraciones competentes a cualquier escala. Con la cartografía de inundaciones se consigue un doble objetivo: conocer **con detalle** los espacios inundables y **evitar la ocupación futura de zonas de alto riesgo**. Con ello se **persigue** reducir los efectos negativos de las inundaciones traducidos en pérdidas económicas y vidas humanas siendo más eficientes que las costosas medidas estructurales. Por último, para llevar a cabo un proyecto de ordenación territorial **integral** es necesario definir la Infraestructura Verde del espacio **junto con** los mapas de riesgos naturales excluyendo aquellos espacios en los que están **prohibidas o reguladas** las actuaciones urbanísticas. Seguidamente, con el espacio libre restante se procedería a la realización de la propuesta de ordenación.

4. Discusión: Valoración del grado de riesgo de inundación en el barrio de San Gabriel y propuestas.

Si se compara el nivel de riesgo ante inundaciones que existía en 1982 y que existe en la actualidad en 2019, se puede concluir que el grado de riesgo sigue siendo alto e incluso mayor a pesar de la medida de defensa estructural adoptada. Como se ha comentado con anterioridad, las obras de control han generando una “falsa seguridad” en la población residente ante una evento de inundación. Actualmente, el barranco de las Ovejas es capaz de generar su propio caudal con precipitaciones entre 10-20 l/m² con una intensidad elevada. Además del caudal que pueda generar el propio barranco hay que sumarle que recibe agua de los barrancos tributarios, del barranco de San Agustín -desviado en el Plan anti-inundaciones de la ciudad de Alicante para que vertiera sus aguas al barranco de las Ovejas-, también recibe las aportaciones de uno de los colectores de San Vicente y de Alicante. En el barrio de San Gabriel, debajo del campo de fútbol de Juan Antonio Samaranch existe un depósito anti-contaminación DSU que recoge las aguas pluviales de gran parte de la ciudad, y que en momentos de lluvias intensas y copiosas alcanza su máxima capacidad (300.000 hm³), vertiendo las sobrantes al barranco de las Ovejas. Aparte, el barranco de las Ovejas recibe las aguas de las cunetas de las carreteras y autovías que cruzan el cauce. Sin olvidar la presencia de una lámina de agua permanente que penetra por la canalización en su desembocadura. Todos estos aportes de caudal vienen a determinar que el barranco de las Ovejas ahora recibe más agua que en 1982 y que el plan Anti-inundaciones de Alicante aprobado en 1997 lo que ha hecho ha sido reducir el riesgo de inundación en la zona central de la ciudad, desviando el agua de los barrancos a los cauces más periféricos como el barranco de las Ovejas.

Junto a estos factores, no hay que olvidar **el posible efecto** de los escenarios futuros de cambio climático. Los informes del IPCC (2013-2014, 2018 y 2019) señalan que el hombre es la causa clara del calentamiento global y que si no se reducen las emisiones de GEIs se pueden producir daños irreparables y numerosas consecuencias. Una de ellas es el incremento de fenómenos atmosféricos extremos, es decir, el incremento de la frecuencia, intensidad y cantidad de las precipitaciones fuertes en las regiones del mediterráneo. Este hecho, unido a un mar Mediterráneo cada vez más caliente durante todo el año favorece los eventos de lluvias torrenciales sobre todo asociadas a las gotas frías. Ejemplo de ello se ha producido en este septiembre de 2019 en el Bajo Segura registrando precipitaciones récords en la comarca y sobre todo la intensidad y volumen de lluvia precipitados en un breve espacio de tiempo (250 l/m² en tan sólo 2h, de los 425,4 l/m² registrados). Evidentemente son efectos del calentamiento global que comienzan a notarse en el mediterráneo, así como el calendario de descuelgues de gotas frías a lo largo de todo el año. Un estudio realizado en Málaga demuestra que hay una tendencia clara a un incremento progresivo de la frecuencia de número de eventos torrenciales y pone de ejemplo que entre 1950-1979 se registraron 12 eventos torrenciales mientras que en el periodo de 1980-2009 se registraron 18 casos (Senciales y Ruíz-Sinoga, 2013). En lo que se refiere a la ciudad de Alicante, se han producido 32 episodios de lluvias intensas o torrenciales entre los años 1919-1999 a lo largo de todo el siglo XX. Sin embargo, se han producido un total de 29 episodios de lluvias intensas o torrenciales entre los años 2000-2019 (Oliva, 2019). Por último, los organismos

oficiales señalan que las predicciones para este siglo confirman estas tendencias; es decir, la disminución de la cantidad de precipitaciones junto con una mayor concentración de lluvias intensas en los meses de otoño (AEMET, 2019).

Todas estas cuestiones implican un incremento de la peligrosidad y, por tanto, del riesgo de inundación tanto en el barranco de las Ovejas como en cualquier sector de la cuenca del Mediterráneo.

Si se tienen en cuenta todos los factores mencionados anteriormente, se puede realizar una comparativa del grado de riesgo de inundación existente en el barrio de San Gabriel en la actualidad, contrastándolo con los elementos de la riada de octubre de 1982 (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación del grado de riesgo de inundación en el barrio de San Gabriel (1982-2019).

ELEMENTO	1982	2019	RIESGO DE INUNDACIÓN
POBLACIÓN RESIDENTE (barrio de San Gabriel)	2500	5022	
CANALIZACIÓN TRAMO FINAL	NO	SI	 (sensación de falsa seguridad)
CAUDAL PUNTA POSIBLE	475 m ³ /s	730 m ³ /s	
LLUVIA MÁXIMA CALCULADA CANALIZACIÓN	233,1 l/m ² (lluvia real registrada episodio octubre)	358 l/m ² (precipitación máxima esperable)	
LLUVIA ACTIVACIÓN LÁMINA DE AGUA CIRCULANTE en tramo bajo del barranco	50 l/m ² /1 hora	10-25 l/m ² /30 min.	
LÁMINA DE AGUA PERMANENTE (agua del mar) EN DESEMBOCADURA	NO	SI	
SOLUCIÓN TRAZADO CN-332 Y FERROCARRIL	NO	NO	
CARTOGRAFÍA DE RIESGO	NO	SÍ, pero en realidad no operativa en procesos de planificación urbana	

Fuente: Departamento de Estadística del Excmo. Ayuntamiento de Alicante. Padrón de habitantes. Fecha de consulta 21/08/2019. Elaboración propia.

A ello se une que la consulta y la consideración de los mapas oficiales de riesgo de inundación, tanto del PATRICOVA como del SNCZI, no es realmente operativa en el municipio de Alicante puesto que su plan de ordenación urbana no se ha revisado desde 1987. De manera que, en la actualidad, el riesgo de inundaciones en el barranco de las Ovejas, en particular en los tres tramos analizados en el presente estudio, es mayor que

en 1982, y sería necesaria la realización de una serie de soluciones que se proponen a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Propuestas para la reducción y mitigación del riesgo de inundación en el área de estudio.

TIPO DE MEDIDA	ACTUACIÓN A REALIZAR
ESTRUCTURAL DE BAJO IMPACTO	-Construcción de un depósito pluvial bajo el paseo de Joan Fuster y la carretera nacional 332, entre el puente del barranco de las Ovejas y el acceso a la Gran Vía.
	-Creación de áreas de inundación natural en las proximidades del lecho, en el tramo medio del barranco, entre el cementerio y el trazado de la carretera nacional 330 en la salida de Alicante.
	-Construcción de un puente de un solo ojo para la N-332 y la vía férrea, liberando espacio para la salida de la avenida sin encontrar ningún otro obstáculo en el cauce en su recorrido hacia el mar.
DE MANTENIMIENTO DEL CAUCE y RECUPERACIÓN DE USOS TRADICIONALES	-Cortar regularmente las cañas que existen en el cauce o en los márgenes del barranco y darles una utilidad (uso agrícola -tomateras de la comarca- y lúdico -romería de la Santa Faz en Alicante-).
	-En los márgenes del barranco, estabilizar las laderas con vegetación adecuada de los barrancos, reduciendo la erosión y la inundación, favoreciendo la absorción del agua y reduciendo la escorrentía.
	-Recuperar los sistemas tradicionales del riego de los cultivos de secano como los <i>parats</i> , las acequias y acueductos. Se trata de infraestructuras de gran utilidad para reducir la peligrosidad de las crecidas y, a su vez, para la captación y aprovechamiento del agua pluvial.
DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO	-Elaborar cartografía de riesgo de detalle que se maneje en la revisión del PGOU de Alicante.
	-Elaboración urgente de un nuevo PGOU de la ciudad, porque no puede seguir manteniendo un documento aprobado en 1987. De este modo, se incluiría un apartado detallado sobre análisis-diagnóstico de riesgo en el término municipal y las propuestas necesarias para su reducción.
DE EDUCACIÓN PARA EL RIESGO	-Educación y concienciación a la población de que los barrancos son cauces secos que se reactivan con precipitaciones intensas, y por tanto, son cursos fluviales y no vertederos donde tiren todo tipo de desechos.
	-Enseñar a la población donde pueden consultar las cartografías oficiales para conocer el riesgo de inundación que presenta su ciudad, su barrio o vivienda.
	-Comenzar a aprovechar las inundaciones como un recurso de obtención de agua en los climas semiáridos, tal como lo hacían nuestros antepasados.
	-Realización de charlas didácticas en el barrio de San Gabriel sobre riesgo e impactos ambientales en caso de tirar basura al cauce del barranco.
	-Instalación de sensores de nivel del agua, en el tramo bajo canalizado, para hacer seguimiento del nivel de agua del mar y su posible aumento futuro.

Elaboración propia.

Algunos autores comienzan a hablar del concepto “*freedom space*”, es decir, el espacio de libertad de los ríos (Biron *et al.*, 2014) **que se basa en el respeto de los espacios por donde podría circular el río. De esta forma se reserva este espacio para que el cauce pueda adoptar modificaciones sin que eso se traduzca en un riesgo y prohibiendo cualquier uso del suelo en este espacio.** En España algunos autores como Ollero señalan la importancia de respetar las dinámicas de los cursos fluviales y **apuestan** por su recuperación (Ollero, 2014 y 2015). Además, entiende que en la

gestión fluvial y en la ordenación del territorio debería **considerarse prioritaria** la conservación o protección de toda manifestación de la dinámica natural, la planificación hidrológica y geomorfológica a escala de cuenca para controlar y reducir los efectos del cambio global, **así como** medidas de restauración para luchar contra los impactos locales (Ollero, 2011).

Esta línea de investigación es la que debe seguir profundizándose en el futuro en el análisis de riesgo de inundación en nuestro país: **esto es**, recuperar la dinámica natural de los cursos fluviales, apostar por las medidas no estructurales y los sistemas de prevención y la elaboración de una buena cartografía de riesgos naturales (a diferentes **escalas pero sobre todo en aquellas útiles para** la planificación urbanística). **Los mapas de riesgo natural deben, eso sí, cumplir unos requisitos máximos de rigor científico para que las administraciones competentes en materia de ordenación del territorio puedan tomar buenas decisiones de planificación de usos del suelo.** De hecho, los resultados de las modelizaciones y los mapas de riesgo de inundación mostrados en esta investigación **se han incorporado al** “*Plan de Actuación Municipal del Riesgo de Inundación de la ciudad de Alicante*” (PAMRI, 2019) desarrollado por el Departamento Técnico de Protección Civil y Gestión de Emergencias del Ayuntamiento de Alicante. **Por último, se debe insistir en la necesidad de ampliar los análisis de episodios de inundación históricos (proxy data) para mejorar el ajuste de los cálculos probabilísticos (períodos de retorno) es los estudios hidrológicos.**

5.-Conclusiones

Las medidas estructurales han demostrado ser costosas e ineficientes en el transcurso del tiempo. Son numerosos los casos en los que se han visto **sobrepasados** por atender a cálculos probabilísticos basados en los periodos de retorno. Además, en caso de que falle alguna obra de control las consecuencias negativas de las inundaciones se agravan tanto económica como socialmente.

Hay que apostar por las medidas de tipo no estructural. Desde los sistemas de alerta (AEMET y SAIH) hasta una racional ordenación del territorio basada en la elaboración de cartografía de riesgos naturales. **La Directiva Europea de inundaciones 60/2007/CE y la legislación del suelo y ordenación del territorio (escalas estatal y regional) ratifican la importancia y el peso que deben tener los mapas de riesgos para la prevención y mitigación de efectos de los episodios de inundación. Por tanto, hay que insistir en la cartografía de riesgo como herramienta eficaz de reducción del riesgo, sobre todo teniendo en cuenta que los mapas se pueden ir actualizando.** Este hecho es de vital importancia de cara a la adaptación del peligro natural en el presente y de los previstos escenarios futuros sobre el cambio climático.

Los resultados obtenidos en esta investigación han demostrado que a lo largo del barranco de las Ovejas existe un riesgo de inundación elevado y que en el barrio de San Gabriel, a pesar de la canalización, el cauce se desborda generando un importante **anegamiento** en este sector urbano; hecho que demuestra que en el caso de que se

produzca un episodio como el del 20 de octubre de 1982 con un caudal de 475 m³/s el barrio de San Gabriel volvería a quedarse inundado.

Si se cumplen los escenarios futuros de cambio climático e incrementan los eventos de rangos atmosféricos extremos, se producirán inundaciones más frecuentes (AEMET, 2019). Por tanto, hay que ir preparando los territorios a la nueva realidad climática que ya se experimenta en nuestro país y especialmente en el litoral mediterráneo donde se dan circunstancias especiales de efecto del calentamiento climático (mar Mediterráneo) con efectos en la modificación del régimen pluviométrico (Olcina y Biener, 2019).

Es por ello que hay que apostar por la cartografía de riesgo como principal herramienta de prevención, reducción y mitigación de las inundaciones de cara a la ordenación territorial. De esta manera, se cumple una doble finalidad: conocer los espacios de riesgos y ser el punto de partida para la ordenación territorial. Esta cartografía debe estar presente en la toma de decisiones de las administraciones con competencias en materia de ordenación del territorio. Además, estos mapas deben cumplir unos requisitos máximos de rigor científico y deben realizarse de manera correcta en la escala necesaria para la planificación.

Por último, se debe realizar una gestión de los aspectos positivos de las inundaciones (recarga de acuíferos, fertilidad del suelo, protección de los humedales y medios fluviales, etc), convirtiendo la “amenaza” de la inundación en una “oportunidad” de aprovechamiento del recurso agua.

Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2019). Proyecciones climáticas para el siglo XXI en España. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat [Última consulta: 25/10/2019] [En Línea].

Biron, P. M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.A., Oullet, M.A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C. and Eyquem, J. (2014). Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience”, *Environmental Management*, Vol. 54, nº 5, pp 1056-1073.

Conselleria de Obras Públicas y Ayuntamiento (1997). Plan Integral contra Inundaciones en Alicante: Plan anti inundaciones de la ciudad de Alicante. *Memoria*.

Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte. (1992): Canalización del Barranco de las Ovejas en Alicante. *Memoria y planos*.

Departamento de Estadística del Excelentísimo Ayuntamiento de Alicante. *Padrón de habitantes (1980-2019)*. Ayuntamiento de Alicante.

Diario Información. Hemeroteca. (1950-2019)

Directiva 60/2007/CE, de 23 de octubre de 2007, relativa a la Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación.

Doménech Zueco, S., Ollero Ojeda, A., & Sánchez Fabre, M. (2015). Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: Diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio. *Geographica*, nº 54, pp. 17-44.
doi: https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2008541095.

European Spatial Planning Observation Network (ESPON) (2008): *Workshop Report, Towards Territorial Indicators and Indices, 2 April 2008*, Esch-sur-Alzette.

Generalitat Valenciana (2015). Plan de Acción Territorial del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA). Revisión. Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. *Normativa y Memoria*. Disponible en: <http://visor.gva.es/visor/> [Última consulta: 25/10/2019] [En Línea].

Gil Olcina, A (1983). Lluvias torrenciales e inundaciones en Alicante, *Lluvias excepcionales en la noche del 19 y 20 de octubre de 1982 y riada en el barranco de las Ovejas*. Universidad de Alicante, pp. 5-24.

Gil Olcina, A. et al. (1986). *Inundaciones en la ciudad y término de Alicante*. Instituto Universitario de Geografía y Ayuntamiento de Alicante, pp. 179.

Gil Olcina, A., Olcina Cantos, J. & Rico Amorós, A.M. (Eds) (2004). *Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas alicantinas*. Universidad de Alicante, pp. 735.

Guha-Sapir, R. and Hoyois, P.H. (2015). “EM-DAT: International Disaster Database EM-DAT”. Disponible en: www.emdat.be/ [Última consulta: 25/10/2019] [En línea].

Instituto Cartográfico Valenciano. *Fototeca*. Vuelo Americano Serie B (1956). Vuelo del Instituto Cartográfico Valenciano-Comunidad Valenciana (2018)

Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013-2014): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2018): Special Report on *Global Warming of 1.5°C*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5). Disponible en: <https://www.ipcc.ch/sr15/>

IPCC (2019): *Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report

of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5) Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>

Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación, Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunidad Valenciana (LOTUP, 2014).

Ley 1/2019, de 5 de febrero, de modificación de la Ley de Ordenación, Territorio, Urbanismo y Paisaje (LOTUP, 2019).

Mateu, J. (2000). El contexto geomorfológico en las inundaciones de la Ribera del Júcar. Cuadernos de Geografía, nº 67/68, pp. 242-259.

Ministerio para la Transición Ecológica (2018). *Evaluación preliminar de riesgos de inundación*. Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ).

Morales Gil, A., Box Amorós, M. & Bru Ronda, C. (1983). Las crecidas en los barrancos de las Ovejas y del Agua Amarga. Alicante, octubre 1982. *Estudios Geográficos*, vol. 41, nº 154, pp. 143-170.

Morales Gil, A., Bru Ronda, C. & Box Amorós, M. (1983). Lluvias torrenciales e inundaciones en Alicante, *Condiciones morfológicas y chubascos de fuerte intensidad horaria en la cuenca vertiente del Barranco de las Ovejas*. Universidad de Alicante pp. 25-72.

Morales Gil, A & Box Amorós, M. (1986). El aprovechamiento del agua en un dominio semiárido: la cuenca del barranco Blanco. Agost (Alicante). *Investigaciones geográficas*, nº 4, pp. 7-24.

Morales Gil, A & Box Amorós (1993). Barrancos y ramblas: su incorporación al entramado urbano en el sureste peninsular. *Investigaciones geográficas*, nº 11, pp. 153-170.

Olcina Cantos, J. (Ed.) (1994). *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp. 317.

Olcina Cantos, J (2009). Cambio climático y riesgos climático en España. *Investigaciones Geográficas*, nº 49, pp. 197-220. Doi: <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.10>

Olcina Cantos, J. (2012). Adaptación a los riesgos climáticos en España. Algunas experiencias. *Nimbus*, nº 29-30, pp. 461-474.

Olcina, J., Saurí, D., Ribas, A., Hernández, M. (2016). Flood policy in Spain: a review for the period 1983-2013”, *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, nº 25/1, pp. 41-58.

Olcina Cantos, J. y Biener Camacho, S. (2019) "¿Está cambiando el clima valenciano? Realidades e incertidumbres ", en *Climas y tiempos del País Valenciano* (Olcina, J. y Moltó, E. (Eds.)), Publicaciones de la Universidad de Alicante, Col. L'Ordit, Alicante, pp.162-170.

Oliva Cañizares, A. (2019). *Riesgo de inundación y gestión del agua pluvial del barranco de las Ovejas*. Universidad de Alicante, Alicante. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/95902>

Ollero Ojeda, A. (2011). Los cauces fluviales como indicadores de cambio global: propuesta metodológica. *Zubía. Monográfico*, nº 23, pp. 187-200.

Ollero Ojeda, A., Ibasete, A., Acín, V., Ballarín, D., Besne, P., Díaz, E.,... & Sánchez, I. (2014). Geomorfología y restauración fluvial: seguimiento del derribo de presas en Guipuzkoa. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, nº40 (1), pp. 67-88.

Ollero, A (2015). Un necesario cambio de visión y de estrategia en la gestión de las inundaciones. *Tecnoaqua*, nº 12, pp. 122-124.

Perles Roselló, M. J., Olcina Cantos, J. & Mérida Rodríguez, M. (2018). Balance de las políticas de gestión del riesgo de inundaciones en España: de las acciones estructurales a la ordenación territorial. *Ciudad y territorio, estudios territoriales*, vol. L, nº 197, pp. 417-438.

Plan General Municipal de Ordenación Urbana de la ciudad de Alicante de 1987. (PGMOU, 1987). *Memoria*. Ayuntamiento de Alicante. Disponible en: <https://www.alicante.es/es/contenidos/pgmoa-1987> [Última consulta: 25/10/2019] [En Línea].

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (DPH).

Real Decreto Ley 2/2008, de 20 de junio, del texto refundido de la Ley del Suelo.

Real Decreto 903/2010, del 9 de julio, de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación.

Real Decreto Ley 7/2015, del 30 de octubre, se aprueba la Ley del Suelo y Rehabilitación Urbana.

Ribas Palom, A.; Sauri Pujol, D.; Olcina Cantos, J. (2017) "Sustainable Land Use Planning in Areas Exposed to Flooding: Some International Experiences", in *Floods. Volume 2. Risk Management*, Editorial Elsevier Science, pp. 103-118.

Rosenzweig, BR., McPhillips, L., Chang, H., Cheng, C., Welty, C., Matsler, M., Davidson, C. I. et al. (2018), "Pluvial flood risk and opportunities for resilience", *WIREs Water*, Vol. 5, No.6, e1302.

Senciales, J. M. y Ruíz Sinoga, J.D. (2013). Análisis espacio-temporal de las lluvias torrenciales en la ciudad de Málaga. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 61, pp. 7-24.

Serra-Llobet, A., Conrad, E., and Schaefer, K. (2016). Integrated water resource and flood risk management: comparing the US and the EU. *E3S Web of Conferences*. 7. 20006. 10.1051/e3sconf/20160720006.

White, G.F. (1945). *Human Adjustments to Floods*. University of Chicago, Department of Geography, Chicago, IL