

Índice

1. Resumen	1
2. Contextualización territorial	3
3. Justificación del trabajo e hipótesis.....	5
4. Objetivos y preguntas de investigación	6
5. Metodología general	7
6. Contenidos.....	8
7. Desarrollo de los contenidos	9
7.1. Estudio de cambios de usos del suelo (2005, 2009 y 2013).	9
7.1.1. Metodología y procedimientos específicos empleados	9
7.1.1.1. Obtención de datos	10
7.1.1.2. Tratamiento previo de los archivos de datos	10
7.1.1.3. Aplicación de la herramienta <i>Combine</i>	14
7.1.2. Resultados	17
7.2. Análisis de las Áreas de Oportunidad	21
7.2.1. Áreas de Oportunidad en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio	26
7.2.2. Estimación del aumento de superficie sellada.....	28
7.3. Impactos del aumento del sellado de suelo en las dinámicas hidrológicas	32
7.3.1. El caso del arroyo Riopudio	39
7.4. Los SUDS como instrumentos para la reducción de los impactos	47
8. Recapitulación y conclusiones	53
9. Fuentes y referencias.....	55

Anexo I, Cuestionarios de entrevistas

1. Resumen

El estudio comienza analizando la transformación de los usos del suelo en el espacio que comprende la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, en el Aljarafe sevillano, con especial atención a los nuevos usos de naturaleza urbana y la consiguiente impermeabilización de los suelos. Posteriormente se investiga acerca de las Áreas de Oportunidad que prevé el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla, llegando a nivel de detalle en las Áreas que se localizan total o parcialmente sobre la superficie delimitada para el estudio, con el fin de aproximarnos en la medida de lo posible al nuevo aumento de superficie sellada que conllevaría la ejecución de dichas figuras del planeamiento territorial. Para ello se aplican criterios y estándares urbanísticos contemplados en la legislación vigente. Se estudia también, de manera conceptual, de qué forma la expansión urbana desarrollada en nuestro territorio en las últimas décadas afecta a las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales a escala de cuenca, con el fin de poder trasladarlo posteriormente a nuestro caso de estudio y analizar de qué forma esos impactos se han desarrollado o no sobre el arroyo en cuestión. Finalmente, se propone la implantación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible como forma eficaz y eficiente de reducir los impactos que la impermeabilización del suelo genera sobre las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales y, en última instancia, el ciclo natural del agua.

Palabras-clave:

Ordenación del territorio, urbanismo, cuenca hidrográfica, cambios en los usos del suelo, impermeabilización del suelo, alteraciones en las dinámicas hidrológicas, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Abstract

The study begins by analyzing the transformation of land uses in the area that includes the hydrographic basin of the Riopudio watercourse, in the Aljarafe, province of Seville, with special attention to the new urban development processes and the subsequent sealing of soils. Then, we investigate about the so called ‘Opportunity Areas’ (OOAA) proposed by the Urban Agglomeration of Seville Land Use Plan; we focus specifically on the OOAA located totally or partially in the case study area, in order to evaluate the new increase in sealed surface that would entail the execution of the land use planning contents. For this purpose, the urban criteria and standards contemplated in current legislation are applied. This work also studies, in a conceptual way, how urban expansion developed in recent decades affects hydrological dynamics of fluvial systems at the basin scale, in order to transfer it later to our case study and analyze at what degree these impacts have occurred in this concrete river basin. Finally, the implementation of Urban Sustainable Drainage Systems is proposed as an effective and efficient way to reduce the impacts that soil impermeability generates on the hydrological dynamics of river systems and, ultimately, on the natural water cycle.

Key-words:

Land use planning, urbanism, river basin, land use changes, soil sealing, hydrological dynamics alterations, Urban Sustainable Drainage Systems.

2. Contextualización territorial

Nuestra zona de estudio comprende la superficie que ocupa la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, en la comarca del Aljarafe; localizada en la provincia de Sevilla, al oeste de la aglomeración urbana de la capital provincial.

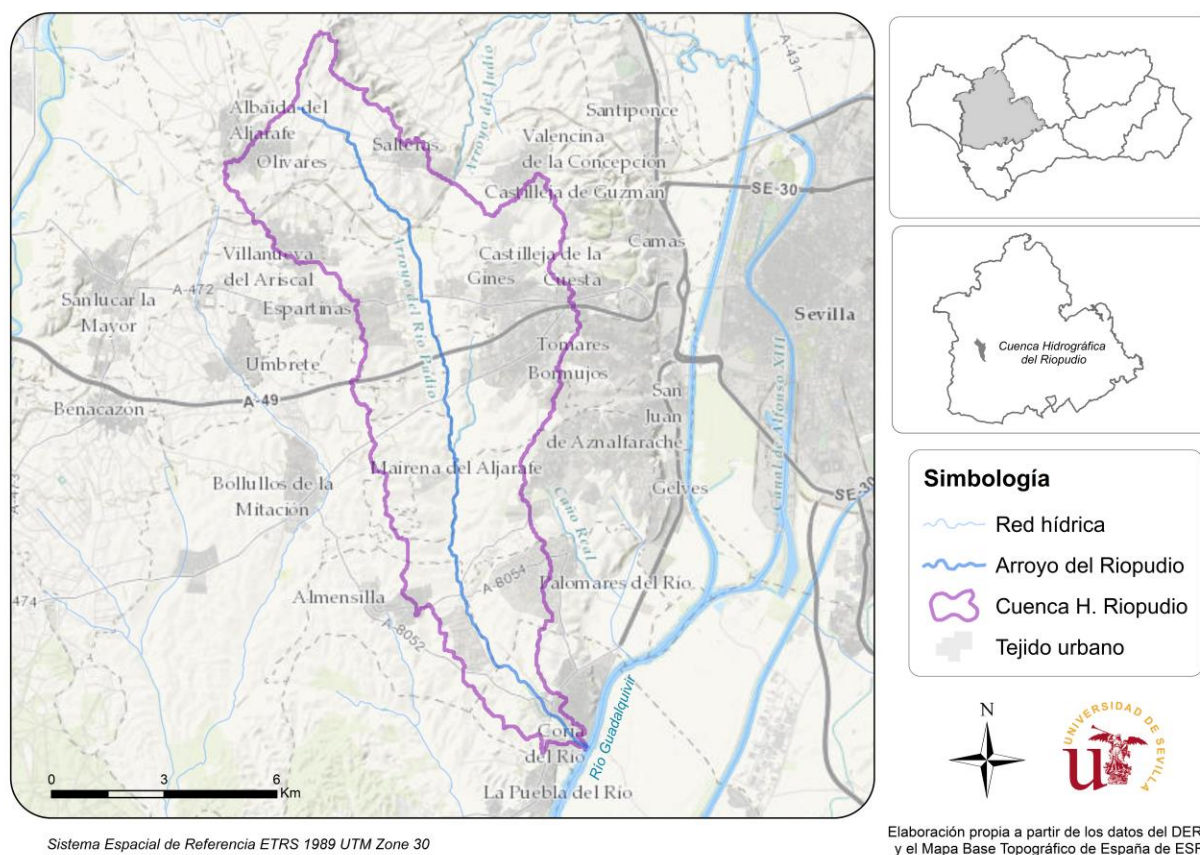


Figura 1: Localización y contextualización de la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio.

La cabecera de la cuenca de este arroyo, como podemos ver en la **Figura 1**, se sitúa en el término municipal de Olivares. Desemboca en el Río Guadalquivir, en Coria del Río, después de atravesar la comarca de norte a sur, formando una amplia vaguada entre los núcleos de población de Olivares y Salteras al norte; Valencina, Gines, Bormujos, Mairena del Ajarafe y Palomares del Río al este; Coria y Puebla del Río al sur y Almensilla, Bollullos de la Mitación, Espartinas y Villanueva del Ariscal al oeste.

El relieve de la comarca se refleja en la etimología del propio término Aljarafe, que en árabe significa “lugar elevado”. Al situarse a mayor altura que la vega del Guadalquivir y a su oeste, el Aljarafe disfruta de un clima más benigno (mayores precipitaciones y aire más fresco

del Atlántico). A esto se une la facilidad de obtención de agua y la calidad de sus suelos; aspectos que históricamente han atraído a numerosas civilizaciones, desde al menos el neolítico hasta la actualidad (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, 2014).

Las características de la meseta aljarafeña explican el desarrollo de las primeras actividades agrícolas; el uso tradicional más extendido durante toda su historia hasta que empezara la proliferación de segundas residencias de la clase pudiente sevillana (Batiste Triadó, 2000) con antecedentes en el siglo XVIII, pero con una intensidad mucho mayor y una nueva significación demográfica en las últimas décadas del siglo XX (Fernández Tabales y Cruz Mazo, 2011), en forma de urbanizaciones de tipo extensiva y viviendas unifamiliares (Cruz Villalón, 2003), lo que transformó tanto la configuración territorial como la estructura de la propia población (ADTA et al, 2005).

Como consecuencia de este proceso, desde la década de los años sesenta y hasta la actualidad esta comarca se encuentra fuertemente influenciada por las dinámicas socioeconómicas del área metropolitana de Sevilla, habiéndose convertido en una de las aglomeraciones urbanas de mayor expansión y crecimiento de toda Andalucía (ADTA et al, 2005). Este gran crecimiento urbano residencial de tipo extensivo se consagra como caso típico del llamado modelo de conurbación difusa (Naredo Pérez, 2004), que es precisamente uno de los factores más determinantes de los cambios de usos de suelo que estudiamos en este trabajo.

Es de destacar la importancia que tiene esta comarca para la configuración territorial del área metropolitana de Sevilla, además de las fuertes presiones que ese modelo de expansión urbana ejerce también sobre ciertos elementos naturales del territorio, como son las cuencas hidrográficas.

Debido a la importancia de estas dinámicas, que se han ido desarrollando especialmente en las últimas décadas, hemos creído interesante delimitar como zona de estudio la superficie que ocupa la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio ya que, como indicábamos anteriormente, proporciona una visión bastante integral y representativa del territorio aljarafeño al atravesarlo de norte a sur.

3. Justificación del trabajo e hipótesis

La urbanización del territorio drenante a la red fluvial produce cambios en los procesos hidrológicos referidos a los volúmenes, intensidades y ritmos de la escorrentía superficial, así como de las características del agua evacuada, debido a las modificaciones de los factores de intercepción, evaporación y transpiración, infiltración y escorrentía subterránea. Estas modificaciones en el normal funcionamiento de estos procesos hidrológicos, dependen de la magnitud espacial de los cambios de usos del suelo, de la naturaleza de los preexistentes con anterioridad a los cambios, y del tipo de los nuevos usos que se implanten.

En todo caso, la extensión creciente de las dinámicas de urbanización en las últimas décadas que antes comentamos ha hecho que los procesos de la denominada hidrología urbana hayan adquirido una presencia cada vez mayor y constituyan en la actualidad uno de los temas de la gestión del agua que recibe mayor atención.

Sobre la base de los conocimientos acumulados en la bibliografía internacional (Hollis, 1975, 1988) (Urrestarazu et al., 2011) y nacional (González del Tánago, 2010) (González Fustegueras et al., 2007) sobre la materia, así como de algunos avances ya realizados en nuestra propia área de estudio, partimos de la **hipótesis** de que buena parte de las transformaciones, frecuentemente de carácter negativo (pérdida de valores naturales, paisajísticos y culturales, así como incremento de riesgos de daños por inundación) se deben a la ausencia de conocimiento y tratamiento adecuado de las relaciones entre procesos de urbanización, planificados o fuera de ordenación, y factores hidrológicos e hidrográficos.

En términos más concretos, esta investigación parte de la **hipótesis** de que la materialización de las expectativas de urbanización creadas por las Áreas de Oportunidad (en adelante, AAOO) previstas en el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla (en adelante, POTAUS) elaborado por la Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio y publicado en el BOJA el día 10 de julio del año 2009 (Europa Press, 2009) y actualmente vigente, en caso de que se ejecutaran y sin adoptar además los nuevos criterios de intervención denominados Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), ocasionarían impactos indeseables, aún más profundos de los que de por sí ya produciría ese nuevo gran aumento de suelo urbano, similares a los ya conocidos y anteriormente mencionados.

4. Objetivos y preguntas de investigación

Por todo lo anterior, los **objetivos** que nos marcamos en este trabajo son los siguientes:

- Identificar los cambios de usos de suelo, cuantificando las diferentes categorías y específicamente el aumento de suelos urbanos en los cambios de usos del suelo producidos en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, entre los años 2005, 2009 y 2013.
- Reconocer, clasificar y precisar el nivel de desarrollo de las figuras del planeamiento territorial denominadas Áreas de Oportunidad (AAOO) previstas para el área metropolitana de Sevilla por el POTAUS.
- Estimar la superficie total implicada por las AAOO previstas por el POTAUS en nuestro ámbito de estudio y el potencial aumento de la superficie sellada por su ejecución.
- Reflexionar sobre la forma en que el aumento de suelo sellado afecta a las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales, y de qué forma lo hace en el caso de la cuenca hidrográfica del Riopudio.
- Analizar algunas medidas correctoras que pudiesen minimizar ese impacto sobre el funcionamiento hidrológico de la cuenca; más concretamente mediante la aplicación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (en adelante, SUDS).

Por su parte, las **preguntas de investigación** que nos hacemos, en base a los objetivos especificados, son:

- ¿En qué sentido han cambiado los usos del suelo, qué tipologías o categorías de usos se han visto más afectadas, en qué medida y con qué distribución espacial? ¿Cuánto ha aumentado la superficie dedicada a usos del suelo urbanos?
- ¿Cuánto aumentaría la superficie de usos del suelo urbanos de ejecutarse las AAOO previstas en el POTAUS? ¿Cuánto aumentaría la superficie sellada en la cuenca vertiente al Riopudio?

- ¿Cómo afecta el sellado y la consiguiente impermeabilización del suelo a los procesos hidrológicos? ¿Qué efectos ha tenido la expansión urbana en el caso concreto de la cuenca del Riopudio?
- ¿Es posible minimizar el impacto del aumento del sellado del suelo en las dinámicas hidrológicas? ¿Cómo?

5. Metodología general

En primer lugar, se ha procedido a una revisión de documentación que ha permitido identificar las determinaciones sobre las AAOO contenidas en la planificación (ordenación del territorio y planeamiento urbano), así como la situación actual de las mismas. A continuación, tanto para el estudio cronológico de cambios de usos del suelo como para la simulación de la situación de desarrollo completo de las AAOO que el POTAUS propone, se ha hecho uso de los Sistemas de Información Geográfica; concretamente, del software ArcGIS (Esri, 2014).

De esta forma, con diferentes herramientas que dicho software facilita, podremos tanto estimar las superficies de suelo que han sufrido cambios en sus usos en el periodo de tiempo establecido en la cuenca, como establecer a posteriori qué AAOO se localizan en la misma y, cuando se trata de Áreas que se localizan en los límites de la cuenca, qué parte se encontraría dentro de los límites de ésta y cuál no.

Tras esto, se realiza un trabajo de recopilación de los últimos datos disponibles referidos a la situación urbanística de cada una de las AAOO, así como los datos referidos a las superficies reservadas a espacios libres en cada una de ellas, ya que estas superficies las excluiríamos del cómputo posterior de estimación del aumento de superficie de suelo de sellado.

Para poder obtener dichos datos de superficies reservadas a espacios libres, nos encontramos con la dificultad de la escasez o inexistencia de los mismos respecto a las AAOO que hasta la fecha no han sido desarrolladas por sus respectivos planeamientos urbanísticos. En estos casos, se procede a extrapolar los datos que tenemos sobre otras Áreas que sí se encuentran desarrolladas por sus respectivos planeamientos urbanísticos.

Una vez aunado y establecido todos los datos sobre la superficie de las AAOO y la superficie de las mismas que previsiblemente serían reservadas a espacios libres (tanto por ser Sistemas Generales como por ser Dotaciones mínimas obligatorias o Sistemas Locales), estimaremos de cuanta superficie de sellado de suelo podríamos estar hablando.

Tras este dimensionado de la realidad de la expansión urbana en nuestro ámbito de estudio, relacionamos de manera general qué impactos en las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales conllevan los aumentos de superficie de suelo sellado, analizando posteriormente de qué forma se concreta esto en la cuenca del Riopudio.

Por último, reflexionaremos acerca de la utilidad de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible como instrumento para reducir los impactos que genera actualmente la expansión urbana en el contexto territorial en el que nos encontramos, basándonos para ello en las experiencias existentes y desarrolladas en otros ámbitos tanto nacionales como internacionales.

6. Contenidos

En base a todo lo expuesto en el apartado anterior, los contenidos concretos en los que se materializa la metodología general explicada, son los siguientes:

- Estudio cronológico de cambios de usos del suelo en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio (entre los años 2005, 2009 y 2013).
- Análisis de la propuesta y situación de desarrollo actual de las AAOO en el área metropolitana de Sevilla.
- Simulación de una situación de desarrollo completo de la totalidad de las AAOO previstas por el POTAUS en la citada cuenca; estimación del aumento de la superficie del suelo sellado.
- Análisis de los impactos de la expansión urbana sobre las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales y estudio del caso del arroyo Riopudio.
- Planteamiento de los SUDS como instrumentos para reducir el impacto producido por el aumento del sellado de suelo.
- Recapitulación, conclusiones y líneas de investigación futuras.

7. Desarrollo de los contenidos

Tal y como indica el título de este apartado, desarrollaremos los contenidos en dos fases diferenciadas con el fin de facilitar la comprensión de los mismos por el lector, siendo este apartado en el que se desarrollarán los contenidos relacionados con el estudio de cambios de usos del suelo previos a la actualidad, y el estudio de simulación de la situación de desarrollo completo de la totalidad de las AAOO previstas por el POTAUS; así como la estimación del aumento del sellado de suelo como consecuencia de esa hipotética situación futura.

7.1. Estudio de cambios de usos del suelo (2005, 2009 y 2013).¹

En primer lugar se pretende poder mostrar, de la forma más clara y concisa posible, cuáles han sido los cambios de usos de suelo desde uno de los momentos álgidos del llamado *boom urbanístico* (Fernández y Cruz Mazo, 2011) (concretamente tomado el año 2005) y como han evolucionado justo después de haber comenzado la última crisis financiera global (año 2009), y una vez estando ya totalmente inmersos en ella (año 2013); para poder observar de qué manera ésta ha podido afectar o no a las inercias socioeconómicas que anteriormente señalábamos para esta comarca. Así, además, estableceremos cuál es el escenario de partida actual sobre el que se proyecte la situación hipotética de desarrollo completo de la totalidad de las AAOO previstas en el POTAUS.

7.1.1. Metodología y procedimientos específicos empleados

La metodología empleada para poder desarrollar este análisis, ha sido en primer lugar señalar la zona concreta de estudio, tal y como apuntamos anteriormente y en función de dichos criterios a los que hicimos referencia, y posteriormente ajustar a dicha zona los datos con los que trabajaremos. Tras ello, desarrollamos los procedimientos técnicos oportunos para poder alcanzar los objetivos que nos hemos fijado, haciendo uso del software informático *ArcGIS*. A continuación, mostraremos con total detalle los pasos seguidos, por apartados procedimentales, ofreciendo al final un esquema gráfico de síntesis de dicho proceso.

¹ Se basa en la revisión, actualización y adaptación de un estudio realizado en la asignatura *SIG: Datos Ráster*, del 3º curso del Grado de Geografía y Gestión del Territorio; bajo la dirección del profesor Joaquín Márquez.

7.1.1.1. Obtención de datos

Para ello, hemos accedido al portal web de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM); y en concreto, a los productos relativos a la cartografía de usos del suelo por zonas geográficas y años, elaborados por el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE). Así, hemos tomado los archivos que cubren el cuadrante noroeste de Andalucía, para los años 2005, 2009 y 2013; por los motivos anteriormente señalados. En cuanto al archivo vectorial que contiene la digitalización de las AAOO, se trata de un *shapefile* de elaboración propia; desarrollado a partir de la información gráfica contenida en las *fichas* del Anexo del POTAUS relativo a éstas.

7.1.1.2. Tratamiento previo de los archivos de datos

De los archivos descargados, tomamos y añadimos al documento de trabajo de *ArcGis* los *shapefiles* (en formato vectorial) contenidos en la carpeta de *Información Geográfica*, de los respectivos años, para poder efectuar sobre dichas capas vectoriales un *Clip*, con el fin de poder reducir a nuestra zona de estudio delimitada (contenida en otra capa en formato vectorial también, y usada en este caso como “capa recortadora” para ejecutar dicha herramienta) la vasta cantidad de información contenida en los *shapefiles* originales, y poder facilitar así la ejecución del proceso a seguir. Tras esto, obtenemos de manera resultante otros tres *shapefiles* que contienen la información de los tipos de usos de suelo para cada año correspondiente, y limitado efectivamente a nuestra zona de estudio.

Llegados a este punto, es necesario indicar que nos encontramos con ciertos obstáculos en cuanto a los niveles de desagregación de los tipos de usos de suelo empleados en los años anteriores a 2013, ya que en los años 2005 y 2009 solo se ofrecía el Código de Ocupación, equivalente a un nivel de desagregación máximo en la descripción de la tipología de uso de suelo, mientras que en el año 2013 se ofrecía, además del Código de Ocupación presente también en los anteriores años, tres niveles de desagregación de los tipos de usos.

En este caso, el Código Nivel 1 refiere un nivel básico descriptivo, mientras que el Código Nivel 3, ofrece un nivel de detalle muy alto que en este caso quedaba fuera de nuestras posibilidades para la utilización del mismo en este estudio, al generar una cantidad de registros demasiado elevada para desarrollar un análisis provechoso y certero, por lo que decidimos hacer uso del Código Nivel 2, de desagregación media, que sí aparecía en la tabla de atributos de los usos de suelo del año 2013.

Por ello, al convertir los tres *shapefiles*, ya “clipeados”, a formato *raster* mediante la herramienta *Polygon To Raster*, de cara a poder ejecutar las siguientes herramientas necesarias para el análisis, para los usos de suelo de los años 2005 y 2009, se utilizó como campo de conversión del Código de Ocupación, que además comprobamos que fuese empleado de la misma forma en los tres años. Mientras, para el caso del *shapefile* del año 2013, usamos directamente como campo de conversión el del Código Nivel 2, ya que es el nivel de desagregación que establecimos que usaríamos finalmente, y que se encontraba presente en los usos de suelo de dicho año.

Así, una vez realizadas las conversiones a formato raster usando los correspondientes campos en cada caso, para los años 2005 y 2009 fue necesario tener que aplicar una “reclasificación” (con la herramienta *Reclassify*) de los datos de dicho campo usado para la conversión y que, a posteriori de ésta, quedaron bajo un nuevo campo llamado *Value*.

En concreto, esta reclasificación se realizó de manera manual para el año 2005, otorgándole a cada código de uso del suelo (ya bajo el campo *Value*) su equivalente en el nivel de desagregación 2, observando y comparando las tablas contenidas en la carpeta de *Información Alfanumérica* de los años 2005 y 2009 con respecto a las del año 2013, en las que sí aparece el nivel de desagregación que señalábamos (como se puede observar en la **Figura 2**) y su relación con los demás niveles y los Códigos de Ocupación comunes a los tres años.

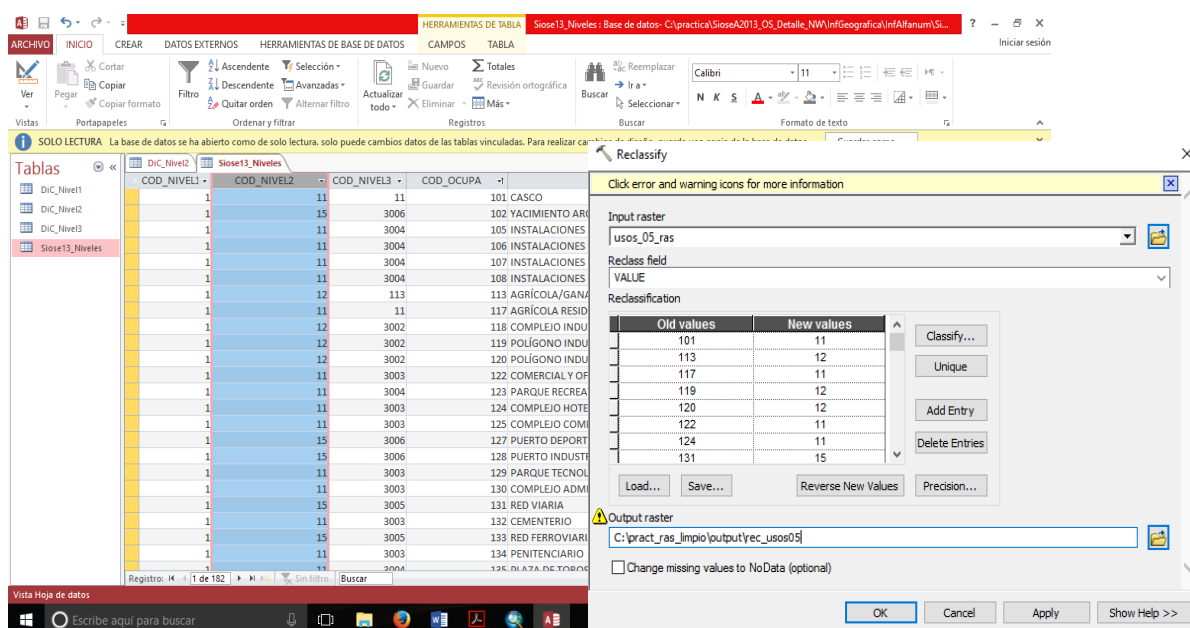


Figura 2: Reclasificación de los códigos de ocupación de los años 2005 y 2009 en base a los niveles de desagregación contenidos en las carpetas de información alfanuméricas de los usos del suelo de ambos años.

Posteriormente, esa configuración manual de dichas equivalencias de códigos hecha para el año 2005, se guardó y se cargó para la reclasificación del año 2009, al haber comprobado previamente que coincidían. Solo fue necesario añadir (tras haber cargado el modelo de configuración manual creado para reclasificar los códigos del año 2005) al nuevo nivel 11 del nivel de desagregación 2 (*Urbano Mixto*) el tipo de suelo bajo el Código de Ocupación 138 (*Instalaciones de Fútbol*), ya que en el año 2005 este tipo de uso de suelo era inexistente.

Como resultado, obtenemos tres *grids* cuyas tablas de atributos contienen en el campo *Value* una codificación de tipo de usos de suelo equivalente; además se puede observar en la **Figura 3** que los tipos de usos de suelo (y la cantidad de usos de suelo diferentes; 14 registros en las tres tablas) a dicho nivel de desagregación, son los mismos para los tres años seleccionados, independientemente de que varíen en extensión de superficie de unos años a otros.

rec_usos05

Rowid	VALUE	COUNT
0	11	10538
1	12	925
2	14	42
3	15	1764
4	16	130
5	21	10035
6	22	1
7	23	24390
8	35	730
9	41	211
10	42	25
11	46	19
12	47	1750
13	51	335

Rec_usos09

Rowid	VALUE	COUNT
0	11	11884
1	12	968
2	14	64
3	15	1688
4	16	135
5	21	9742
6	22	1
7	23	23542
8	35	699
9	41	193
10	42	25
11	46	20
12	47	1588
13	51	346

usos_13_ras

Rowid	VALUE	COUNT
0	11	12102
1	12	995
2	14	33
3	15	2709
4	16	126
5	21	10558
6	22	1
7	23	21456
8	35	793
9	41	174
10	42	25
11	46	16
12	47	1561
13	51	346

Figura 3: Tablas de atributos de los *grids* de usos del suelo de los tres años estudiados, mostrando codificaciones de tipos de usos del suelo equivalentes.

Tras esto, ya estarían totalmente preparadas para aplicarles la herramienta *Combine*, la cual permite obtener una relación de la evolución de los usos de suelo en un mismo espacio determinado, a lo largo de un periodo temporal. No obstante, aún no se habría finalizado con el proceso de tratamiento y adecuación de los archivos de datos que tenemos para realizar el estudio; antes de efectuar la herramienta que hemos comentado, tendríamos que aplicar el mismo procedimiento descrito al *shapefile* con el que se digitalizaron y cartografiaron las AAOO que anteriormente señalamos.

Por tanto, a dicho *shapefile* se le ha aplicado también la herramienta *Clip*, usando de nuevo la capa vectorial de la cuenca hidrográfica del arroyo como *Clip Feature* para poder

obtener así un archivo resultante que contenga solo la superficie de las AAOO que queden incluidas dentro de lo que sería la cuenca hidrográfica señalada.

Posteriormente, al igual que en los archivos de usos de suelo anteriores, se procede a convertir el *shapefile* a *grid* (formato raster), usando en este caso el campo *Nombre* para ejecutar la conversión, ya que este nos permitirá conocer la tipología de cada AAOO de cara a la posterior aplicación de la herramienta *Reclassify*.

Tal y como acabamos de apuntar, siguiendo con el proceso tomado anteriormente para la preparación de los demás archivos de datos, en este caso se procede a ejecutar también la herramienta señalada, tras haber convertido el archivo a formato raster.

En este caso, la reclasificación hará transformar todos los códigos presentes en el campo *Nombre*, al código 11 del Nivel 2 de desagregación, correspondiente a suelos *urbanos mixtos*, ya que se tratan de AAOO de tipo residencial, empresarial, y terciario; atendiendo a las categorías presentes en la desagregación (Nivel 3 de desagregación) del tipo de uso de suelo *urbano mixto*, ya que dentro de este tipo de uso de suelo se engloban algunos como *ensanche* (donde se encuadrarían las Áreas de tipo residencial), *complejo comercial y/o de ocio* o la propia tipología de *área de servicios* (para las Áreas de tipo de usos terciarios) y, por último, el tipo de uso *parque tecnológico/empresarial* (en el que se encuadrarían las Áreas de tipo empresarial). A los valores que originalmente se clasificaban como *NoData*, procedemos a transformarlo en valor 0 en la reclasificación, para que de esta forma, todas las celdillas de la zona de estudio (en el *grid* de AAOO) que no formen parte de una de estas Áreas, pueda aparecer posteriormente (tras aplicar el *Combine*) como 0 en los registros de cambio de uso de suelo en los que no aparezcan Áreas de ningún tipo.

De esta forma, obtendríamos como resultado un *grid* en el cual las AAOO estarían agrupadas en un mismo registro bajo el valor 11, mientras que el resto de la superficie, estaría agrupada en otro mismo registro bajo el valor 0.

Así, ya estarían completamente preparados los 4 *grid* para aplicarles un *Combine* (seleccionando los 4 a la vez) con el fin de obtener así los usos de suelo predominantes, la evolución de los cambios de usos de suelo acontecidos, y la proyección futura de ejecutarse lo previsto por el planeamiento territorial vigente.

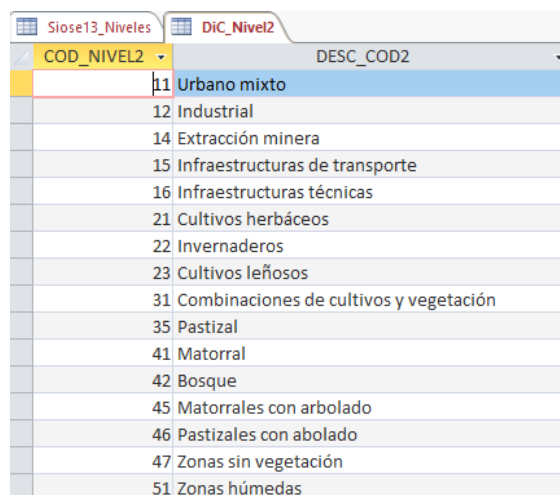
7.1.1.3. Aplicación de la herramienta *Combine*

Llegados a este punto del proceso, simplemente quedaría ejecutar la herramienta *Combine*, que como ya apuntamos anteriormente, nos permite obtener en una misma tabla de atributos de un mismo *grid*, los usos de suelo predominantes y todos los cambios de usos de suelo acontecidos desde el año 2005 hasta el año 2013, pasando por el año 2009, pudiendo establecer por ello cuales han sido los cambios más significativos en este periodo de tiempo señalado, además de mostrar también de qué manera evolucionaría en el caso hipotético de ejecución de la totalidad de las AAOO propuestas por el planeamiento territorial. De esta forma, el producto resultante de aplicar dicha herramienta a los 4 *grids* a la vez, sería el que podemos ver a continuación:

Rowid	VALUE	COUNT	REC USOS05	REC USOS09	USOS 13 RAS	REC AREAS
0	1	19811	23	23	23	0
12	13	10246	11	11	11	0
3	4	8658	21	21	21	0
27	28	1592	23	23	23	11
1	2	1465	15	15	15	0
19	20	851	23	23	15	0
4	5	800	12	12	12	0
26	27	781	21	21	21	11
5	6	755	47	47	47	0
13	14	665	47	11	11	0
6	7	478	35	35	35	0
8	9	443	23	23	21	0
7	8	353	23	23	47	0
14	15	323	51	51	51	0
23	24	304	21	11	11	0
53	54	303	23	47	21	0
31	32	238	23	11	11	0
37	38	218	11	11	11	11
21	22	167	41	41	41	0
44	45	139	23	23	21	11
32	33	121	15	15	15	11
34	35	121	15	11	11	0
9	10	111	23	47	47	0
41	42	110	23	23	47	11
10	11	109	16	16	16	0
11	12	94	47	47	35	0
62	63	93	21	21	15	0
28	29	88	23	21	21	0
30	31	87	12	12	12	11
70	71	86	23	23	35	0
86	87	85	35	35	21	0
73	74	84	47	47	11	0
61	62	82	23	23	11	0
65	66	74	47	47	47	11
43	44	73	35	35	35	11
81	82	55	23	15	15	0
109	110	49	21	21	47	0
2	3	45	21	47	47	0
123	124	42	35	35	11	0
40	41	38	23	47	47	11
118	119	27	47	47	12	0
20	21	25	12	11	11	0

Figura 4: Tabla de atributos del *layer* generado tras aplicar la herramienta *Combine*.

No obstante, para poder interpretar dichos resultados (de cara al análisis de los mismos en el siguiente apartado), es indispensable hacer uso de la tabla de leyenda que se encuentra en los propios archivos que descargamos referentes a los usos del suelo del año 2013 (recordemos que era en el único en el que sí se hacía una desagregación por niveles, de la tipología de usos de suelo), en la carpeta de Información Alfanumérica, como ya expusimos también anteriormente y como podemos ver en la **Figura 5**.



COD_NIVEL2	DESC_COD2
11	Urbano mixto
12	Industrial
14	Extracción minera
15	Infraestructuras de transporte
16	Infraestructuras técnicas
21	Cultivos herbáceos
22	Invernaderos
23	Cultivos leñosos
31	Combinaciones de cultivos y vegetación
35	Pastizal
41	Matorral
42	Bosque
45	Matorrales con arbolado
46	Pastizales con arbolado
47	Zonas sin vegetación
51	Zonas húmedas

Figura 5: Desagregación de tipología de usos del suelo; Nivel 2 (año 2013).

Como ya se pudo haber visto anteriormente al mostrar los usos de suelo presentes en nuestra zona de estudio, bajo esta codificación y nomenclatura, los únicos tipos de usos de suelo que no se desarrollan en nuestro caso, son *Combinaciones de cultivos y vegetación* (código 31) y *Pastizales con arbolado* (código 45).

Aunque con los datos del número de celdillas de cada registro, y sabiendo también que el tamaño de las celdillas es de 39 metros por 39 metros (*properties; source*) podría calcularse manualmente la superficie que ocupan en hectáreas, hemos preferido aplicar la herramienta *Zonal Geometry as Table* para generar una tabla que nos lo indique de forma automática. Para mostrar en hectáreas los datos, hemos tenido que aplicar a su vez la herramienta *Calculate Field* sobre el campo *Area* generado por la herramienta *Zonal* indicada, dividiendo dicho campo entre 10.000 para visualizar los datos en hectáreas (ya que los datos se encontraban expresados en metros cuadrados).

De esta forma, para desarrollar el análisis, solo tendríamos que observar simultáneamente la tabla resultante de la última operación señalada y la tabla de atributos del *grid* resultante de aplicar la herramienta *Combine* (como se puede ver en la **Figura 6**) apoyándonos también para ello en la herramienta *Select by Attributes*.

Por último, tal y como anunciamos al comienzo de este apartado mostraremos a continuación el esquema de todo el proceso realizado, que hemos ido explicando. Este esquema es resultado de haber desarrollado dicho proceso haciendo uso de la propia herramienta *Model Builder* (véase la **Figura 7**).

Rowid	VALUE	COUNT	REC USOS05	REC USOS09	USOS 13 RAS	REC AREAS
0	1	19811	23	23	23	0
12	13	10246	11	11	11	0
3	4	8658	21	21	21	0
27	28	1592	23	23	23	11
1	2	1465	15	15	15	0
19	20	851	23	23	15	0
4	5	800	12	12	12	0
26	27	781	21	21	21	11
5	6	755	47	47	47	0
13	14	665	47	11	11	0
6	7	478	35	35	35	0
8	9	443	23	23	21	0
7	8	353	23	23	47	0
14	15	323	51	51	51	0
23	24	304	21	11	11	0
53	54	303	23	47	21	0
31	32	238	23	11	11	0
37	38	218	11	11	11	11
21	22	167	41	41	41	0
44	45	139	23	23	21	11
32	33	121	15	15	15	11
34	35	121	15	11	11	0
9	10	111	23	47	47	0
41	42	110	23	23	47	11
10	11	109	16	16	16	0
11	12	94	47	47	35	0
62	63	93	21	21	15	0
28	29	88	23	21	21	0
30	31	87	12	12	12	11
70	71	86	23	23	35	0
86	87	85	35	35	21	0
73	74	84	47	47	11	0
61	62	82	23	23	11	0
65	66	74	47	47	47	11
43	44	73	35	35	35	11
81	82	55	23	15	15	0
109	110	49	21	21	47	0
2	3	45	21	47	47	0
123	124	42	35	35	11	0
40	41	38	23	47	47	11
118	119	27	47	47	12	0
20	21	25	12	11	11	0

Figura 6: Observación simultánea de la tabla resultante de aplicar la herramienta *Combine* (drcha.) y la de aplicar la herramienta *Zonal Geometry as Table* (izq.; superficie de cada grupo de celdillas establecidos por la herramienta *Combine*).

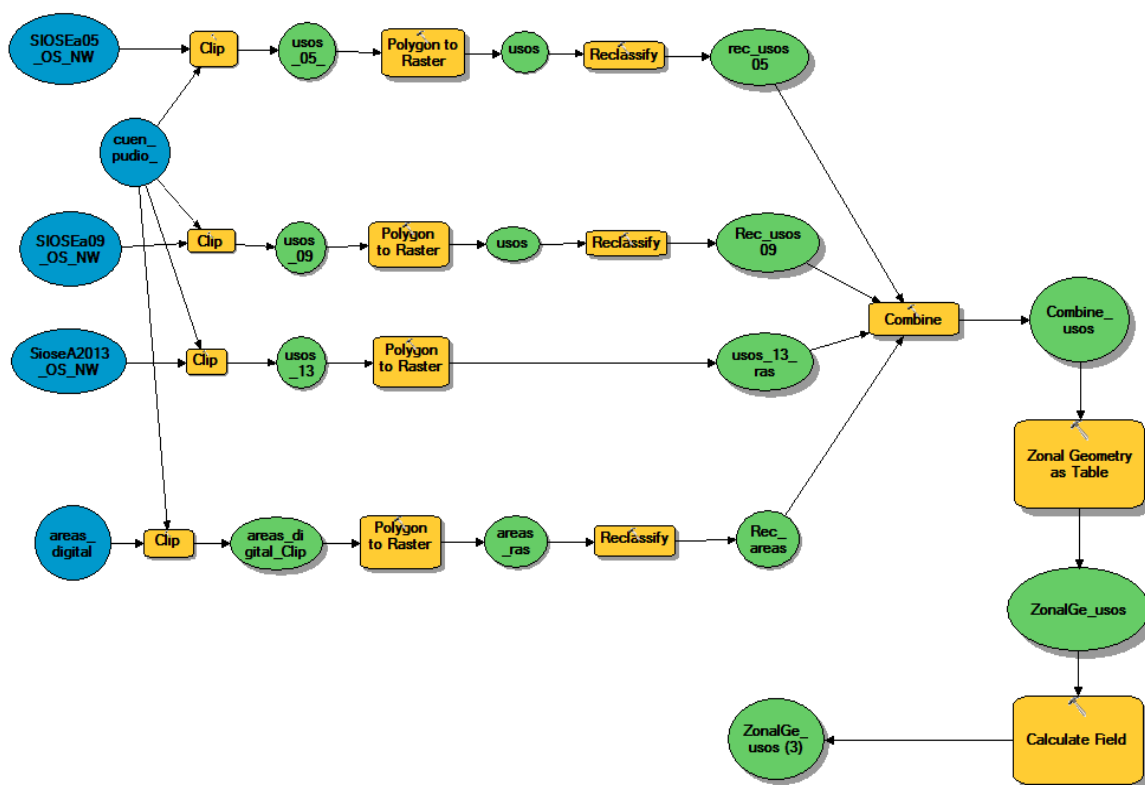


Figura 7: Diagrama de flujos de las operaciones realizadas con el software

7.1.2. Resultados

Nuestro ámbito de estudio (la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio) cuenta con un total de **7.741 ha** de las cuales, hemos podido estimar que unas **769 ha** han sufrido cambios en el periodo temporal que discurre desde el año 2005 hasta el año 2013 (un 10% del total de las mismas).

En primer lugar, vamos a analizar cuáles son los tipos de usos de suelo predominantes que además no hayan sufrido cambios en el periodo establecido y, posteriormente, analizaremos tanto la tipología de los cambios en los usos del suelo, como la forma en que repercutiría la hipotética ejecución de la totalidad de las AAOO en la propia configuración actual de los usos del suelo en nuestro ámbito de estudio.

De esta forma, y según podemos ver en el diagrama de sectores de la **Figura 8**, en lo referido a las **6.972 ha** totales que no han sufrido cambios en los usos de suelo en el periodo temporal establecido (es decir, se han mantenido), el tipo de uso predominante es el **cultivo leñoso**, que en este caso, atendiendo al contexto en el que nos encontramos, quedan entendidos como principalmente olivares (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2015a), con un total de **3.245 ha**; constituyendo así prácticamente la mitad de la extensión de los suelos que no han sufrido cambios (un 47%, como podemos ver en el diagrama de sectores).

Seguidamente, se encontrarían los usos **urbanos mixtos**, con un total de **1.591 ha**; una extensión que supone más o menos la mitad de lo que ocupan los campos de olivos, ya que acumulan un 23% del total de superficie cuyos usos de suelo se han mantenido inalterados. Estos datos ponen de manifiesto lo que veníamos comentando sobre la fuerte presión urbana que sufre este ámbito; presión que veremos cómo supone ser aún mayor si tenemos en cuenta, que además de los suelos considerados urbanos en sí mismos, el cuarto tipo de uso de suelo más extendido son las **infraestructuras del transporte**, con unas **241 ha**. Posteriormente veremos cómo se acentúa esta situación, al analizar los datos de los cambios de usos de suelo que se han desarrollado.

Retomando el orden que estábamos siguiendo, en cuanto al tercer tipo de uso de suelo más extendido y que no ha sufrido modificaciones en el periodo temporal estudiado, se encuentran los **cultivos herbáceos**, que en este caso lo consideraríamos principalmente como cultivos de trigo y girasol, si volvemos a tener en cuenta el ámbito territorial concreto en el

que nos situamos (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2015a). Éstos, aúnan unas **1.435 ha** del total de superficie a la que nos venimos refiriendo en este caso.

Llegados a este punto, es necesario realizar una vista con mayor perspectiva histórica para entender la situación en la que se encuentra esta comarca en cuanto a ocupación del suelo refiere, con el fin de enriquecer los datos con los que contamos.

Así, si atendemos también a la información incluida al respecto en el capítulo de *El Aljarafe y El Campo*, que forma parte del proyecto *Catálogos de Paisajes de Andalucía* (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, 2014), entre los años 1956 y 2007, indican que los tipos de usos del suelo que más han crecido de manera clara, en dicha comarca en general, son los *cultivos herbáceos en regadío* (aumentando en 6 puntos; en detrimento de los cultivos herbáceos de secano tradicionales en la Comarca; como el trigo), los frutales y otros *cultivos leñosos en regadío* (aumentando en 5 puntos; en detrimento de los cultivos leñosos de secano, como vienen a ser principalmente los olivares) y, además de los *arrozales y marismas transformadas* que en este caso no nos afectaría a nuestra zona concreta de estudio al ser una zona en la que no se encuentran éstas presentes, destaca el aumento de los *paisajes de dominante urbana* (con un aumento de 4 puntos); lo cual resulta ser lógico si atendemos a las dinámicas acaecidas en esta comarca a partir de los años 60 precisamente que explicamos en el apartado introductorio, y observándose la fuerte presión que actualmente los usos urbanos ejercen sobre este territorio como resultado de dichas dinámicas y procesos.

Centrándonos ya en los principales tipos de uso del suelo desarrollados en el año 2005, el año 2009 y, a su vez, el año 2013, de las **769 ha** que **han sufrido transformaciones**, destacan:

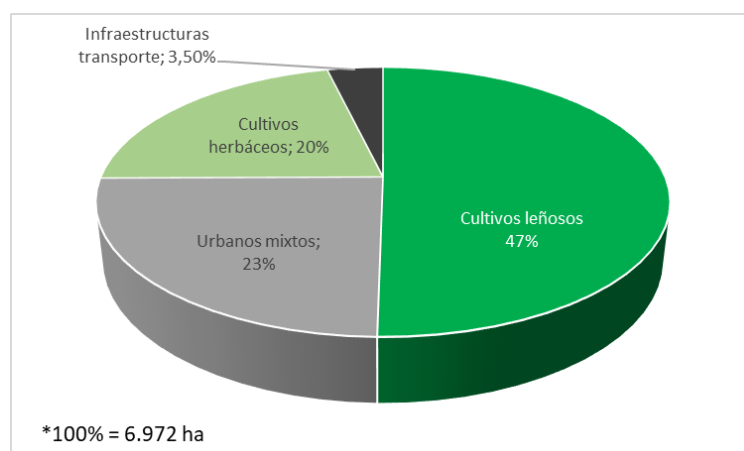


Figura 8: Diagrama de sectores del peso de los tipos de usos del suelo que no han presentado cambios en el periodo de tiempo estudiado.

En primer lugar, los **cultivos leñosos** (olivares principalmente) con unas **454 ha** transformadas desde 2005 (el 60% de la superficie total que ha sido transformada, como podemos ver en la **Figura 9**). Si atendemos a cuáles son los tipos de usos del suelo a los que se ha transformado principalmente (ya sea la transformación desde el registro del año 2009 hasta el de 2013, como en este último directamente), encontramos:

La transformación de unas **150 ha** a **cultivos herbáceos** (un 33% del total de este tipo de superficie transformada; en gran medida de regadío), generalmente debido a la búsqueda de una mayor rentabilidad de las tierras cultivables, por parte de los agricultores.

La transformación de **142 ha** a **infraestructuras del transporte** (un 31% del total) a causa principalmente del comienzo de la ejecución del proyecto de la SE-40, que recorre buena parte del trazado longitudinal de nuestro ámbito de estudio.

La transformación de **93 ha** a **zonas sin vegetación** (un 21% del total de este tipo de superficie transformada), frecuentemente debido al abandono de las tierras o bien por la poca rentabilidad que la explotación olivarera produce actualmente en esta comarca, o bien como paso previo a una transformación futura de otro tipo (al menos, posterior al año 2013) que esté prevista en cada caso.

La transformación de **49 ha** a suelos **urbanos mixtos**, (un 11% del total de este tipo de superficie transformada), por las dinámicas urbanísticas expansivas ya comentadas.

En segundo lugar, las **zonas sin vegetación**, con unas **140 ha** transformadas desde 2005 (el 18% de la superficie total que ha sido transformada). En este caso, la transformación ha sido mayoritariamente hacia suelos **urbanos mixtos** (unas **114 ha**; un 81% del total de este tipo de superficie transformada). En un segundo plano, comparativamente, se encuentran las **14 ha** que han sido transformadas a **pastizal** (un 10% del total de este tipo de superficie transformada). Y con un carácter más residual, las **6 ha** transformadas a suelos de uso **industrial** (un 4% solo).

Y en tercer lugar, el otro tipo de uso de suelo que ha sufrido una mayor transformación, son los **cultivos herbáceos**, principalmente los de secano, como el trigo, como ya apuntamos anteriormente en referencia al estudio realizado por el Centro de Estudios Paisaje y Territorio. Así, suman un total de **91 ha** transformadas desde 2005 (un 12% de la superficie total que ha sido transformada).

En este caso, el tipo de transformación principal vuelve a ser hacia suelos **urbanos mixtos** (unas **49 ha**; un 54% del total de este tipo de superficie transformada). Tras ello, están las transformaciones a **zonas sin vegetación** y las transformadas a **infraestructuras del transporte**, suponiendo cada tipo unas **15 ha** y unas **14 ha**, respectivamente (un 16'5% y un 14'4%; del total de este tipo de superficie transformada).

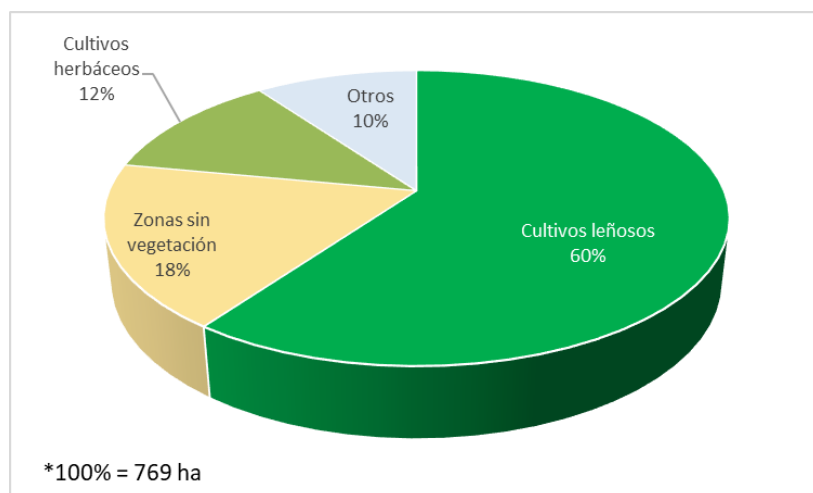


Figura 9: Diagrama de sectores del peso de los tipos de usos del suelo que si han presentado cambios en el periodo de tiempo estudiado.

En total, la superficie que ocupaban estos tres tipos de usos de suelo que han sufrido transformaciones, ascendía a un total de **685 ha**, de las **769 ha** totales. Esto supone casi un 90% de las mismas. De esta manera, de ese 90% del total de la superficie de tipos de usos de suelo que han sufrido transformaciones, se puede extraer aún más información, que además en este caso serán muy esclarecedora:

Si observamos de manera conjunta los datos expuestos sobre los principales tipos de usos, en los que se han producido dichas transformaciones, podemos apreciar como el principal de ellos resulta ser el uso de suelo **urbano mixto** al sumar unas **212 ha** nuevas desde el año 2005 (como podemos ver en la **Figura 10**, un tercio de ese 90% del total de la superficie de usos del suelo que han sido transformados).

En segundo lugar, las transformaciones a usos de suelo de **infraestructuras del transporte** (como no podía ser de otra forma, para poder soportar ese fuerte aumento de usos de suelo urbano) con unas **156 ha** (un 23% de la superficie tenida en cuenta).

Le siguen los **cultivos herbáceos**, con unas **150 has** (aproximadamente un 22%); principalmente de regadío, como indicamos anteriormente, al observar las dinámicas

evolutivas de los usos de suelo, previas al periodo de tiempo que hemos establecido para este estudio concreto.

Por último, las **zonas sin vegetación**, que suman unas **108 ha** (un 16% del total de la superficie tomada en cuenta). Resulta llamativo esto ya que, si atendemos a los propios datos analizados y las dinámicas que se vienen desarrollando desde hace algunas décadas (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, 2014), éstas poseen una alta probabilidad de volver a ser

transformadas en un futuro próximo a nuevos usos del suelo; muy probablemente, **urbanos mixtos** también o relacionados con este, como las **infraestructuras del transporte**.

Así, en el **2013** estaríamos hablando de un porcentaje total de casi el **30%** (2.218 ha) de **superficie de la cuenca ocupada por usos urbanos y derivados** (infraestructuras viarias).

7.2. Análisis de las Áreas de Oportunidad²

El 9 de junio del año 2009, el Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía aprobaba el POTAUS (Europa Press, 2009), publicado en el BOJA el día 10 de julio de ese mismo año y actualmente vigente, en el cual se establece como objetivo “reforzar a la aglomeración urbana de Sevilla como centro regional de primer nivel y favorecer el mantenimiento del sistema de asentamientos de tipo polinuclear”, según reza la Descripción de la Ordenación, en la Memoria del citado Plan (Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, 2009 pp. 68-69).

Así, una de las herramientas que formula el Plan para conseguir dicho objetivo, es el desarrollo de las AAOO, las cuales son constituidas por “aquellos suelos de interés

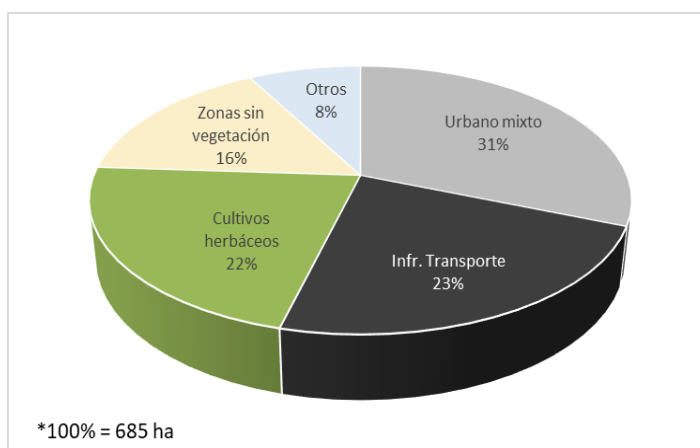


Figura 10: Diagrama de sectores del peso de los tipos de usos del suelo que si han presentado cambios en el periodo de tiempo estudiado.

² La información aportada sobre las Áreas de Oportunidad (AAOO) propuestas en el POTAUS (2009) se basa en un estudio realizado durante las Prácticas Externas desarrolladas durante el 4º curso del Grado en Geografía y Gestión del Territorio bajo la dirección de Juan Antonio Morales, presidente de la Asociación en Defensa del Territorio del Aljarafe, y la codirección de Leandro del Moral, profesor del Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Sevilla.

metropolitano que tienen como objeto contribuir a la recualificación territorial y a la mejora de la organización y estructuración interna de la aglomeración urbana” (CVOT, 2009, p. 100). De esta forma, el Plan establece cinco tipos diferentes de AAOO, emplazadas en un total de **6.512 ha**:

- **Área de carácter tecnológico** (ocho, en **855 ha**; un 13% del total) destinadas preferentemente a la implantación de actividades relacionadas con la investigación y desarrollo en sectores estratégicos.
- **Áreas de carácter logístico** (cinco, en **725 ha**; un 11% del total) destinadas preferentemente a la implantación de actividades relacionadas con el tráfico de mercancías y los servicios asociados.
- **Áreas de carácter empresarial** (veinticinco, en **3.218 ha**; un 49% del total) destinadas a la implantación de actividades industriales y los servicios vinculados al desarrollo y funcionalidad de las mismas.
- **Áreas de carácter residencial** (veintidós, en **1.210 ha**; un 19% del total) destinadas a la implantación de usos residenciales de relevancia metropolitana.
- **Áreas de carácter terciarios** (nueve, en **504 ha**; un 8% del total) destinadas a la implantación de actividades comerciales, de ocio y turísticas, y a la prestación de servicios metropolitanos.

Por otro lado, las localizaciones propuestas por el Plan, según el **artículo 15** del mismo, son además de “carácter vinculante, debiendo el planeamiento urbanístico o el Proyecto de Actuación en su caso, delimitar con precisión el suelo afectado que definitivamente corresponda a cada Área, con los condicionantes establecidos en la ficha correspondiente a cada Área de Oportunidad”.

No obstante, si efectuamos un balance del desarrollo de estas AAOO tras los nueve años que han transcurrido desde la entrada en vigor del POTAUS, observamos que no se han desarrollado de igual forma; pudiendo encontrar diversas situaciones que van desde la inexistencia de mención si quiera de algunas Áreas en el planeamiento urbanístico de sus respectivos municipios, como son el caso de las de tipo residencial de Palomares del Río o Salteras, hasta las que se encuentran ya urbanizadas como el Área tecnológica Ciudad del Conocimiento, en Dos Hermanas; encontrando entre medio diversos niveles de desarrollo como las Áreas cuyos suelos ya cuentan con una ordenación detallada, aunque pendiente de ejecutar, como es el caso del Parque Empresarial del Aljarafe, en el municipio de Umbrete.

CAMBIOS DE USOS DEL SUELO Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD EN LA CUENCA DEL RIOPUDIO
(SEVILLA). EVOLUCIÓN E IMPACTOS HIDROLÓGICOS POTENCIALES.

A continuación, en la **Tabla 1**, podemos ver concretamente cual es la situación urbanística de cada una de las AAOO que se establecen en el POTAUS:

TÉRMINO MUNICIPAL	DENOMINACIÓN	SITUACIÓN URBANÍSTICA
ALCALÁ DE GUADÁIRA	T1 Parque Tecnológico Alcalá de Guadaira	Sin desarrollar
CARRIÓN DE LOS CÉSPEDES	T2 Ciudad del Agua	Sin desarrollar
CASTILLEJA DEL CAMPO	T3 Parque Tecnológico	En proceso de ordenación urbanística
DOS HERMANAS	T4 Ciudad del Conocimiento	Ejecutado
LOS PALACIOS Y VILLAFRANCA	T5 Parque Tecnológico Agroalimentario (AGROPOLIS)	Proceso de ordenación finalizado; sin ejecutar
LA RINCONADA	T6 Parque Tecnológico y Aeronáutico Andalucía AERÓPOLIS (ampliación)	En proceso de ordenación urbanística
SANLUCAR LA MAYOR	T7 Parque Científico y Tecnológico de Energía Solar	Proceso de ordenación finalizado; sin ejecutar
SEVILLA	T8 Villanueva del Pítamo	Sin desarrollar
ALCALÁ DE GUADÁIRA	L1 Plataforma Logística	Sin desarrollar
CARMONA	L2 Parque Logístico de Carmona (ampliación)	En proceso de ordenación urbanística
SEVILLA	L3 Zona Actividades Logísticas Puerto de Sevilla	Sin desarrollar
SEVILLA Y LA RINCONADA	L4 Centro de Transporte de Mercancías (Majarabique)	Sin desarrollar
UTRERA	L5 Centro Logístico	Sin desarrollar
OLIVARES-ALBAIDA	E1 Parque Agroindustrial	Sin desarrollar
ALCALÁ DE GUADÁIRA	E2 Parque Empresarial Puerta de los Alcores	Sin desarrollar
LA ALGABA	E3 Ciudad Jóvenes Empresarios (Mixta Res-Prod) Inundable	En proceso de ordenación urbanística
LA ALGABA	E4 Parque Empresarial La Algaba	En proceso de ordenación urbanística
ALMENSILLA	E5 Campus de Actividades Empresariales y Servicios del Aljarafe Sur	En proceso de ordenación urbanística
AZNALCÓLLAR	E6 Parque de Actividades Medioambientales de Andalucía (PAMA)	Sin desarrollar
BOLLULLOS	E7 Centro Empresarial	Sin desarrollar
BOLLULLOS	E8 PIBO (ampliación) Mixta Res-Prod	Sin desarrollar
CARMONA	E9 Parque Empresarial Autovía	En proceso de ordenación urbanística
CORIA DEL RÍO	E10 Polígono Industrial La Estrella (ampliación)	Sin desarrollar
DOS HERMANAS	E11 Polígono Industrial La Isla	Proceso de ordenación finalizado; sin ejecutar
BORMUJOS, ESPARTINAS, GINES	E12 Parque Empresarial "El Pétalo"	Ejecutado (Bormujos y Gines) / En proceso de ordenación urbanística (Espartinas)
GUILLENA	E13 El Esparragal (ampliación)	En proceso de ordenación urbanística
HUEVAR-BENACAZON	E14 Parque Empresarial	En proceso de ordenación urbanística
MAIRENA – EL VISO	E15 Parque Empresarial	Sin desarrollar
OLIVARES-VILLANUEVA	E16 Parque Empresarial	Sin desarrollar
PALOMARES DEL RÍO	E17 Parque Empresarial (inundable)	Sin desarrollar
PILAS	E18 Parque Empresarial La Pila	Sin desarrollar
LA RINCONADA	E19 Polígono Industrial Los Espartales	En proceso de ordenación urbanística
SALTERAS	E20 Polígono Industrial Los Llanos	Sin desarrollar
SEVILLA	E21 San Nicolás	Sin desarrollar
SEVILLA	E22 Heineken, Santa Bárbara y Peromingo	Sin desarrollar
UMBRETE	E23 Parque Empresarial del Aljarafe	Proceso de ordenación finalizado; sin ejecutar
VALENCINA DE LA CONCEPCION	E24 Parque Logístico de la Vega	En proceso de ordenación urbanística
VILLAMANRIQUE DE LA CONDESA	E25 Parque Industrial y Logístico (Agromures)	Sin desarrollar
ALCALÁ DE GUADÁIRA	R1. El Zacatín	Sin desarrollar
ALCALÁ DE GUADÁIRA	R2. Residencial Alcalá de Guadaira Sur	Sin desarrollar
ALCALÁ DEL RÍO	R3. Residencial Alcalá del Río.	Sin desarrollar
LA ALGABA	R4. Residencial El Aral	En proceso de ordenación urbanística
ALMENSILLA	R5. Zona de Oportunidad Residencial	Sin desarrollar
BENACAZÓN	R6. Residencial Cercanías	Sin desarrollar
BORMUJOS	R7. Residencial "Arco Oeste"	En proceso de ordenación urbanística
CARMONA	R8. Zona de Oportunidad Residencial	En proceso de ordenación urbanística
CORIA DEL RÍO	R9. Zona de Oportunidad Residencial	Sin desarrollar
DOS HERMANAS	R10. Residencial Dos Hermanas	Sin desarrollar
GERENA	R11. Residencial en Gerena.	En proceso de ordenación urbanística
GUILLENA	R12. El Molinillo	En proceso de ordenación urbanística
HUEVAR	R13 Residencial Huévar	En proceso de ordenación urbanística
MAIRENA DEL ALJARAFA	R14. Residencial Mairena	Sin desarrollar
LOS PALACIOS Y VILLAFRANCA	R15. Residencial Los Palacios.	Sin desarrollar
PALOMARES DEL RÍO	R16. Residencial Palomares	Sin desarrollar
LA RINCONADA	R17. Pago del Medio	En proceso de ordenación urbanística
SALTERAS	R18. Tierras Blancas	Sin desarrollar
SANLUCAR LA MAYOR	R19. Residencial Sanlúcar	Sin desarrollar
SEVILLA Y DOS HERMANAS	R20. Cortijo del Cuarto	Sin desarrollar
UMBRETE	R21. Sector San Cristobal.	En proceso de ordenación urbanística
MAIRENA – EL VISO	R22. Residencial Mairena - El Viso	Sin desarrollar
ALCALÁ DE GUADÁIRA	TS1. Centro Comercial y de Ocio Alcalá Sur	Sin desarrollar
AZNALCÁZAR	TS2. Area Deportiva Turística "Las Minas"	Sin desarrollar
BORMUJOS	TS3. Area de Servicios Culturales y Empresariales	En proceso de ordenación urbanística
CASTILLEJA GUZMÁN	TS4. Complejo Hotelero	En proceso de ordenación urbanística
ESPARTINAS	TS5. Centro Comercial (APROCOM)	En proceso de ordenación urbanística
LA PUEBLA DEL RÍO	TS6. Complejo "La Guardia"	Sin desarrollar
LA RINCONADA	TS7. Centro Comercial y de Ocio "La Caridad"	En proceso de ordenación urbanística
SEVILLA	TS8. Zona dotacional "Ciudad de la Justicia"	Sin desarrollar
VILLAMANRIQUE DE LA CONDESA	TS9. Ciudad del Caballo	Sin desarrollar

Tabla 1: Estado de desarrollo de las Áreas de Oportunidad previstas por el POTAUS. Elaboración propia a partir de los datos facilitados por ADTA.

De esta forma, si atendemos a la tabla anterior, podemos sintetizar que, de todas las AAOO contempladas por el Plan (a excepción del Área E12, analizada de forma independiente a continuación), un 58% no están desarrolladas por sus respectivos planeamientos urbanísticos; lo que supone más de la mitad del total. Le sigue el grupo de las Áreas que, en un estado más o menos avanzado según el caso, se encuentran en un proceso de ordenación urbanística ya comenzado; sumando un 33,3% de los casos. Tras este último grupo, de forma más minoritaria con casi un 6% del total, se sitúan las Áreas cuyos suelos ya gozan de una ordenación pormenorizada y el Plan de desarrollo que recoge dicha ordenación ya ha sido aprobado de forma definitiva por el organismo competente para ello (dependiendo de la naturaleza del planeamiento de desarrollo). Por último, solo se da un caso en el que la totalidad del planeamiento urbano de un AAOO se encuentra ejecutado, siendo este el caso del Área tecnológica situada en Dos Hermanas, como ya comentamos anteriormente; sin llegar a suponer si quiera un 2% del total.

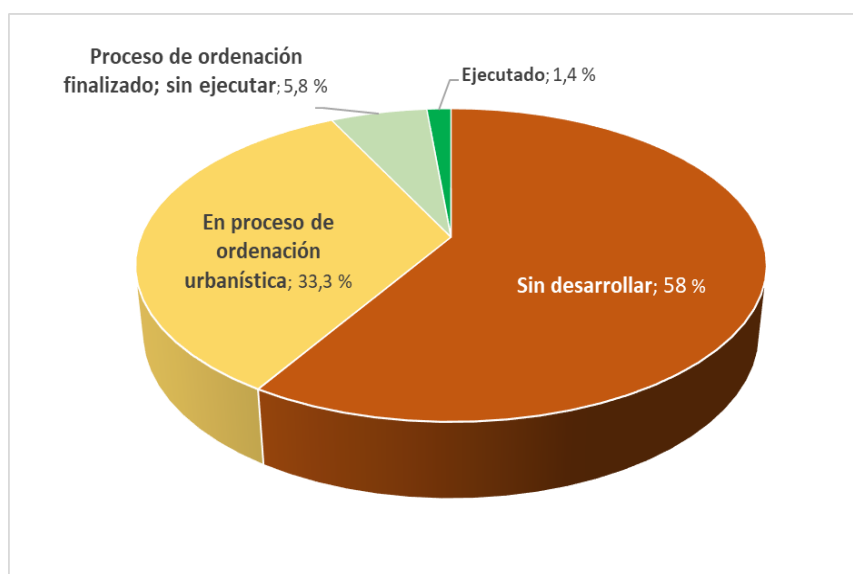


Figura 11: Peso porcentual de las diferentes agrupaciones de Áreas de Oportunidad, según el estado de desarrollo de las mismas.

No obstante se da un caso de carácter excepcional, el cual no hemos incluido en el análisis anterior debido a que aglutina diferentes estados de desarrollo, ya que se trata de un Área de Oportunidad intermunicipal y la ordenación urbanística efectuada por cada uno de los municipios que lo componen no se viene dando de manera coordinada. Concretamente se trata del AAOO empresarial El Pétalo (E12) que, con un total de 113 ha, se encuentra ubicado entre los municipios de Bormujos, Espartinas y Gines.

Así, mientras que Gines y Bormujos tienen ya ejecutados sus 3 y 33 hectáreas respectivas, la parte correspondiente a Espartinas se encuentra en una situación de dos estados de desarrollo distintos ya que, por un lado las casi 63 has que suman los Sectores A y B (30 y 33 ha, respectivamente) están aún en proceso de ordenación urbanística (actualmente aprobada una Modificación Puntual del Plan Parcial, en el año 2014), mientras que la ampliación de 15 hectáreas adicionales previstas, se encuentran sin desarrollar.

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las AAOO en base a su situación urbanística, en la **Figura 12** podemos observar cómo a grandes rasgos, en el caso de las Áreas en proceso de ordenación urbanística, se localizan en torno a infraestructuras viarias de transporte de alta capacidad como la autovía A-49, A-4 o la futura SE-40.

De esta forma, se podría interpretar que hasta ahora, el avance en la ordenación urbanística de los suelos de las AAOO podría estar ligado en cierta forma a la presencia de estas dotaciones, incluso cuando estas aún no se han terminado de desarrollar. Respecto a esto último, un caso paradigmático es el del Área de Oportunidad Empresarial de Almensilla (E5),

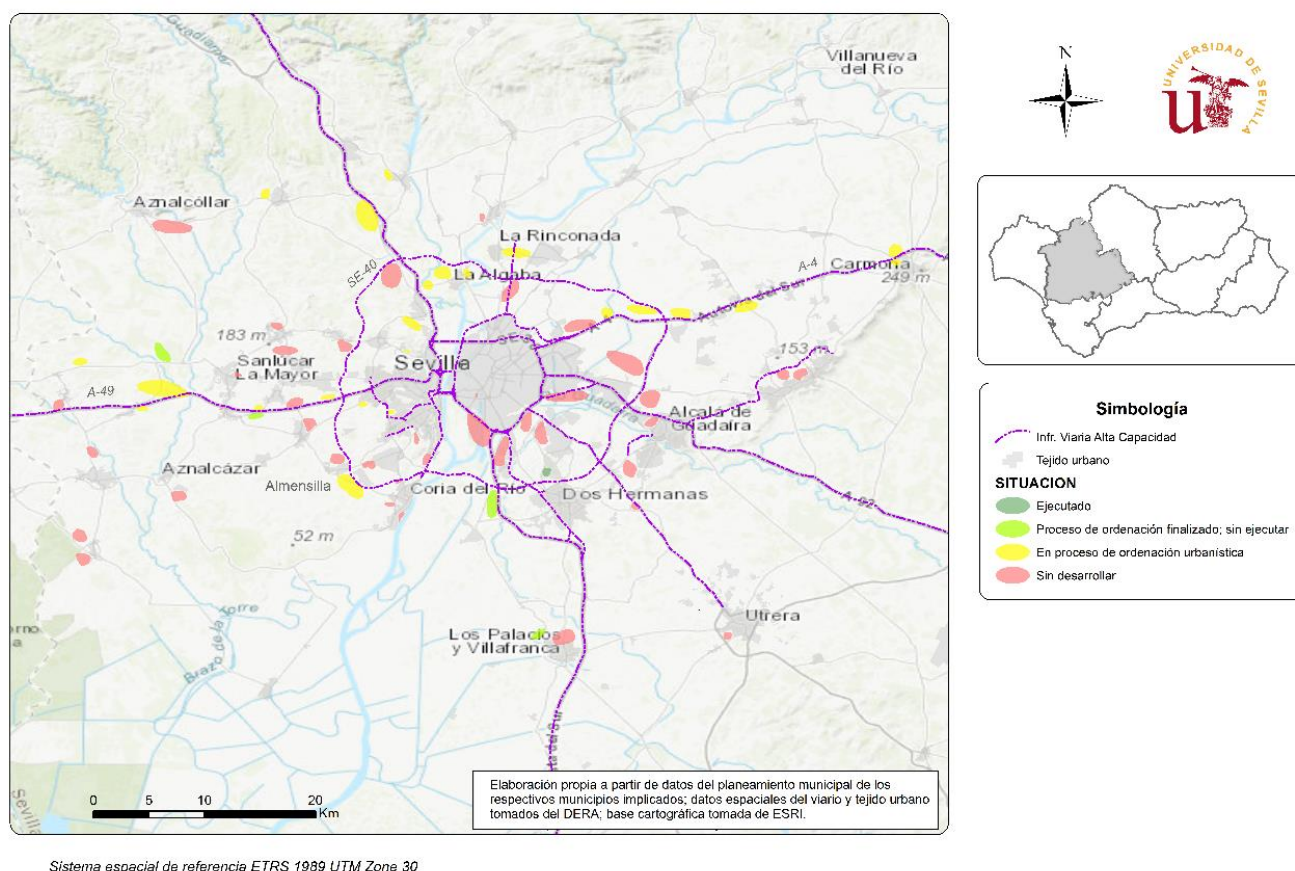


Figura 12: Situación urbanística y ubicación de las Áreas de Oportunidad previstas en el POTAUS.

para el cuál el planeamiento municipal ha dado comienzo a la ordenación de dichos suelos, a través de una Modificación del Planeamiento General del municipio planteada en el año 2009, aun no estando finalizada la construcción de la SE-40 en ese tramo y siendo la presencia de dicha infraestructura uno de los elementos justificativos para el establecimiento de esta Área por parte de su respectiva ficha propositiva contenida en el POTAUS.

7.2.1. Áreas de Oportunidad en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio

En nuestra zona de estudio se emplazan un total de 9 AAOO, de las cuales 4 lo hacen de forma parcial y 5 de manera completa. Esto implica que, como podemos ver en la **Tabla 2**, de las 378 ha que suman en total, si le aplicamos la herramienta *Clip* de *ArcGIS* al shapefile digitalizado para las AAOO, ajustándolo al área que ocupa la cuenca (Ver **Figura 13**), realmente resultarían **360 ha** en el territorio de la cuenca hidrográfica del arroyo en cuestión.

Área de Oportunidad	Estado de Desarrollo	Emplazamiento	Superficie total (has)	Sup. en cuenca (has)
R16. Residencial (Palomares del Río)	Sin desarrollar	Completo	45	45
R5. Residencial (Almensilla)	Sin desarrollar	Parcial	20	4,6
TS3. Área de Servicios Culturales y Empresariales (Bormujos)	En proceso de ordenación urbanística	Parcial	10	8,89
R7. Residencial Arco Oeste (Bormujos)	En proceso de ordenación urbanística	Completo	42,86	42,86
TS5. Centro Comercial APROCOM (Espartinas)	En proceso de ordenación urbanística	Completo	23,05	23,05
R18. Tierras Blancas (Salteras)	Sin desarrollar	Completo	36	36
R9. Residencial (Coria del Río)	Sin desarrollar	Parcial	20	19,9
E12. "El Pétalo"	-	Completo	113	113
Bormujos	Ejecutado	-	-	32,69
Espartinas	En proceso de ordenación urbanística	-	-	77,66
Gines	Ejecutado	-	-	3,02
E16. Parque Empresarial	Sin desarrollar	Parcial	68	65,9
Olivares	-	-	19,7	18
Villanueva	-	-	48,3	48
TOTAL			378	360

Tabla 2: Estado de desarrollo y superficies que ocupan cada Área de Oportunidad en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio. Elaboración propia a partir de los datos de los respectivos planeamientos urbanísticos y de los datos del POTAUS.

De esta forma, de las **360 ha** que ocuparían las AAOO en nuestra zona de estudio, unas **304 ha** (un 85% del total) serían en suelos que no han sufrido transformaciones en sus usos, en el periodo de tiempo estudiado. De estos suelos en los que se emplazarían dicha extensión de las Áreas, de nuevo destacan principalmente en primer lugar los **cultivos leñosos**; con unas **187 ha** (un 62% del total de este tipo de superficie que no había sufrido transformaciones en los usos del suelo). En segundo lugar, los **cultivos herbáceos**; con unas **65 ha** (un 21%).

Por otro lado, de las **31 ha** restantes de suelos que sí han sufrido transformaciones en sus usos en el periodo de tiempo estudiado (previo a la hipotética ejecución del total de las AAOO), destacan las **23 ha** (casi un 75%) que en 2005 eran **cultivos leñosos**, pasando a

transformarse en **zonas sin vegetación** en 2013; y en menor medida, las **3 ha** de **cultivos leñosos** transformados en **cultivos herbáceos** (apenas un 10%), entre los años 2005 y 2013.

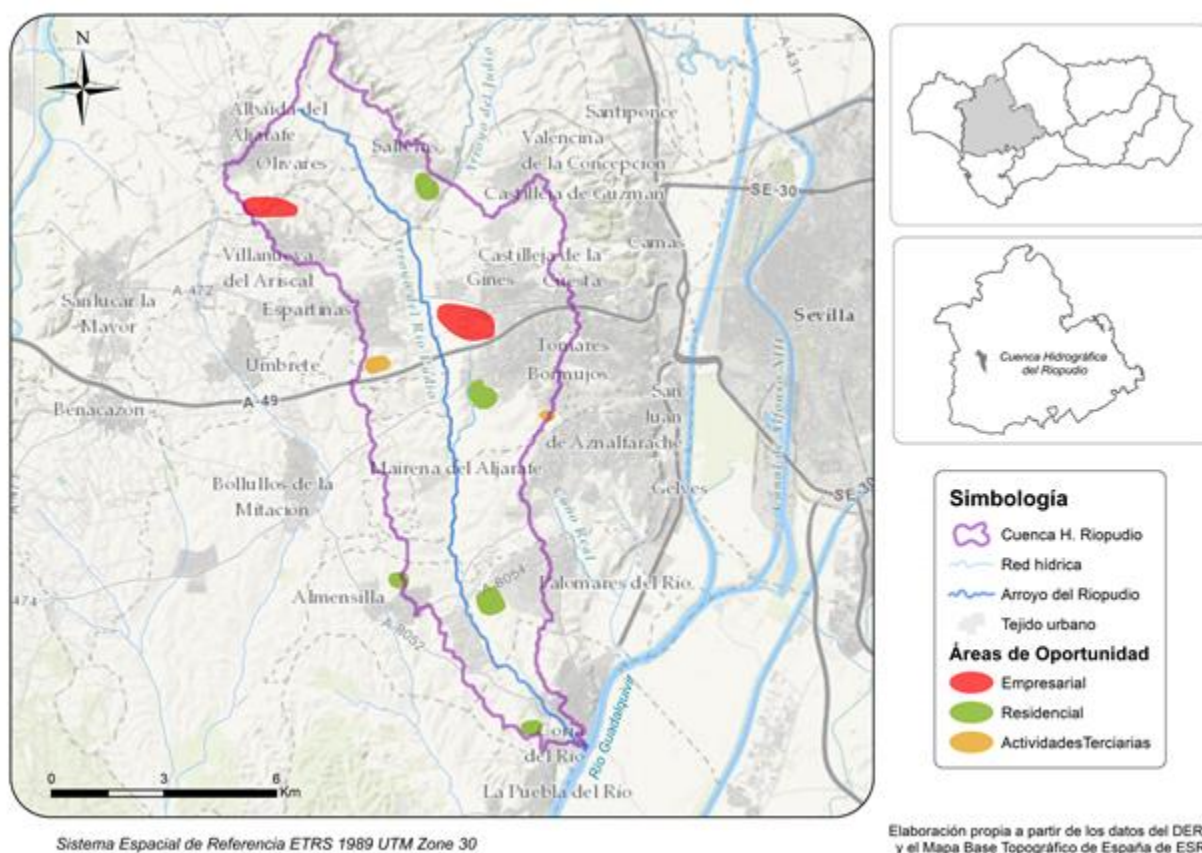


Figura 13: Tipología y ubicación de las Áreas de Oportunidad en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio.

Por ello, las **769 ha de suelo que han sufrido transformaciones de usos en el periodo de tiempo estudiado, aumentarían hasta 1.129 ha de superficie**, de ejecutarse las AAOO (excluyendo de ese computo las Áreas de Oportunidad situados en suelos que previamente ya han experimentado transformaciones en sus usos).

De esta forma, se puede decir que la mayor parte de la superficie sobre la que se ejecutarían las Áreas de Oportunidad previstas en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, sería sobre suelos que al menos en el año 2013, eran principalmente **olivares y diversos tipos de cultivos herbáceos como trigo o girasol**.

Además, si atendemos a la finalidad fijada por el POTAUS para las AAOO, orientándolas al desarrollo de nuevos suelos urbanos de diversos usos, también podemos establecer el crecimiento de dicho tipo de suelo que acaecería al ejecutarse esto. Así, las **1.558'4 ha** (20% de la superficie total de la zona de estudio) de suelo de uso *urbano mixto*

existente en el año 2013 en toda la cuenca hidrográfica, aumentarían hasta **1.918'4 ha**; lo que supondría un **aumento de un 23% de los suelos urbanos**.

7.2.2. Estimación del aumento de superficie sellada

Tras haber concretado la cantidad de superficie de AAOO que se ubicaría en la cuenca, procedemos a la elaboración de algunos trabajos de investigación urbanística, revisando el planeamiento urbanístico de los municipios en los que se ubican dichas AAOO, con el fin de poder aproximarnos a la cantidad de superficie que iría destinada a espacios libres (ya sea por Sistemas Generales o bien por Sistemas Locales) y, así, poder estimar cual sería la superficie de sellado de suelo al restar dicha superficie de espacios libres a las 360 has totales que ocuparían las AAOO.

Sin embargo, la complejidad que presenta el escenario tan diverso y variado con el que nos encontramos para cada AAOO, además del escaso desarrollo urbanístico que estas presentan (como podemos observar en la **Tabla 2**, con 5 AAOO sin desarrollar su respectiva ordenación si quiera), nos hace partir de una situación de escasez de datos considerable.

Por ello, para poder generar ese escenario hipotético de ejecución de la totalidad de las AAOO (véase la **Tabla 3**) del que anteriormente hemos hablado, en cuanto a las superficies de **Sistemas Generales de Espacios Libres** (en adelante, SGEL), hemos tenido que recurrir a realizar diversas aproximaciones y extrapolaciones de estándares en las AAOO de las que disponíamos menos información, basándonos para ello en la experiencia que aportan las AAOO que sí se encuentran más desarrolladas y presentan datos de ordenación urbanística más concretos; así como aplicar directamente en algunos casos los **estándares urbanísticos**

Área de Oportunidad	Superficie (has)	Estándar urb. SGEL (m2/hab)	Habitantes (AO residenciales)	Sup. SGEL (has)	Sup. SLEL (has)
R16. Residencial (Palomares del Río)	45	9,18	2.400	2,20	4,50
R5. Residencial (Almensilla)	4,6	10	2.400	2,64	2,00
TS3. Área de Servicios Culturales y Empresariales (Bormujos)	8,89	-	-	-	0,89
R7. Residencial Arco Oeste (Bormujos)	42,86	9,01	4.320	3,89	4,29
TS5. Centro Comercial APROCOM (Espartinas)	23,05	-	-	0,74	2,31
R18. Tierras Blancas (Salteras)	36	10	2.880	2,88	3,60
R9. Residencial (Coria del Río)	19,9	5,09	2.400	1,22	2,00
E12. "El Pétalo"					
Bormujos	32,69	-	-	1,19	4,71
Espartinas	77,66	-	-	-	7,60
Gines	3,02	-	-	-	0,40
E16. Parque Empresarial					
Olivares	18	-	-	-	1,8
Villanueva	48	-	-	-	4,8
TOTAL	360			14,76	38,89

Tabla 3: Superficies estimadas de SGEL y SLEL para cada Área de Oportunidad en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio. Elaboración propia a partir de los datos de los respectivos planeamientos urbanísticos y de los datos del POTAUS.

de Espacios Libres establecidos por el planeamiento general urbanístico del municipio en cuestión, por lo que cada AAOO ha presentado sus propias particularidades.

Es necesario indicar también que esto último mencionado sobre la estimación de superficie de espacio libre mediante la aplicación de los estándares urbanísticos, solo se ha podido aplicar en los casos de AAOO de tipo residencial, ya que estos estándares se expresan en m²/hab, por lo que el resto de AAOO que no contemplan los usos residenciales, no permiten la aplicación de éstos, además de no estar especificado por la Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía (en adelante, LOUA) que los sectores de usos no residenciales tengan que establecer obligatoriamente alguna superficie mínima reservada para SGEL, por lo que solo sería obligatoria la aplicación a éstos de la “cesión mínima del 10% del total de superficie ordenada cualquiera que sea el uso a que se destinen los terrenos y la edificación”, según se puede leer literalmente en el artículo 45.1.c) del Reglamento de Planeamiento, que formarían parte así de los Sistemas Locales de Espacios Libres (en adelante, SLEL). Por ello, en las AAOO que no son de tipo residencial y que además no especifican ninguna dotación de superficie destinada a SGEL, solo se ha tenido en cuenta el cálculo de superficie de cesión obligatoria para los SLEL. Así, explicaremos primero los datos de superficie destinadas a SGEL que hemos establecido para cada AAOO, señalando también los casos en los que no se ha podido determinar superficie alguna relativa a este aspecto por los motivos antes explicados.

De esta forma, y siguiendo el mismo orden que podemos ver en la **Tabla 3**, el **AAOO residencial de Palomares del Río** al no estar desarrollado por el planeamiento urbanístico, tuvimos que aplicar el estándar de espacios libres de 9,18 m²/hab que queda establecido en la página 66 de la memoria descriptiva y justificativa de la Ordenación del Planeamiento General de Ordenación Urbanística (en adelante, PGOU) vigente. Si tenemos en cuenta que, según señala la ficha de este AAOO contenida en el POTAUS, el número de viviendas sería de unas 1.000, y si consideramos una media de habitabilidad de 2,4 hab/viv, estaríamos hablando de un total de 2.400 habitantes; lo que aplicándose el estándar urbanístico antes señalado, supondría unas **2,2 ha** de superficie reservada para SGEL.

En cuanto al **AAOO residencial de Almensilla**, nos encontramos con el mismo caso que el de Palomares del Río, ya que se encuentra también sin desarrollar, por lo que fue necesaria la aplicación del respectivo estándar urbanístico de espacios libres establecido en la página 53 del documento de Avance del PGOU; siendo en este caso el máximo permitido por

la LOUA, la cual establece la horquilla entre 5 y 10 m²/hab en su artículo 10.1.A.c.1). Si tenemos en cuenta que, según señala la ficha de este AAOO contenida en el POTAUS, el número de viviendas sería también de unas 1.000, y volviendo a considerar la media de habitabilidad antes señalada, volvería a estimarse un total de 2.400 habitantes; lo que aplicándose el estándar urbanístico antes señalado, supondría unas **2,64 ha** de superficie reservada para SGEL.

Por su parte, el **AAOO de Servicios Culturales y Empresariales de Bormujos**, al no presentar aún la ordenación pormenorizada y al no tener establecido tampoco nada relativo a superficies reservadas a SGEL, no lo hemos considerado para el cómputo de espacios libres de esta tipología en cuestión.

En lo referido al **AAOO residencial Arco Oeste de Bormujos**, al no presentar ordenación pormenorizada, fue necesario aplicar de nuevo el estándar urbanístico del planeamiento general que, según se especifica en la página 51 de la memoria de Ordenación de la Revisión del PGOU del municipio en cuestión, se cifra en 9,01 m²/hab. Si tenemos en cuenta que, según señala la ficha de este AAOO contenida en el POTAUS, el número de viviendas sería de unas 1.800, y volviendo a considerar la media de habitabilidad antes señalada, se estimaría un total de 4.320 habitantes; lo que aplicándose el estándar urbanístico antes señalado, supondría casi **3,9 ha** de superficie reservada para SGEL.

Respecto al **AAOO Centro Comercial APROCOM de Espartinas**, aunque el Plan Parcial, definitivamente aprobado en el año 2012, fue anulado en noviembre de 2016 por el Tribunal Superior de Justicia de Andalucía (STSJA 8839/2016, de 10 de octubre), si atendemos a los datos presentados en la publicación de Aprobación Definitiva del BOJA número 47, del día 8 de marzo de 2013, en este caso pese a tener una tipología de usos terciarios, establece una superficie para SGEL de **0,74 ha**.

En el caso del **AAOO residencia Tierras Blancas de Salteras**, encontrándose en la misma situación que las AAOO residenciales de Palomares del Río y Almensilla, se ha aplicado un estándar urbanístico de 10 m²/hab que, pese a no ser un dato oficial debido a que en el documento de Avance del PGOU no se establece aún nada al respecto, la arquitecta municipal Teresa Abato, en el marco de una entrevista que realizamos el día 26 de diciembre de 2017, nos facilitó dicho estándar aproximado previsto. Así, Si tenemos en cuenta que, según señala la ficha de este AAOO contenida en el POTAUS, el número de viviendas sería de unas 1.200, y si consideramos la media de habitabilidad de 2,4 hab/viv, estaríamos

hablando de un total de 2.880 habitantes; lo que aplicándose el estándar urbanístico antes señalado, supondría unas **2,88 ha** de superficie reservada para SGEL.

En cuanto al **AAOO residencial de Coria del Río**, volvemos a encontrarnos con el caso típico de la inexistencia de desarrollo urbanístico respecto a este AAOO, volviendo a aplicar en este caso el estándar para el SGEL de 5,09 m²/hab fijado en el planeamiento general del municipio que, en este caso, se trata de unas Normas Subsidiarias (en adelante, NNSS) aprobadas en el año 2001. De nuevo, si tenemos en cuenta que, según señala la ficha de este AAOO contenida en el POTAUS, el número de viviendas sería de unas 1.000 (igual que para los casos de las AAOO residenciales de Palomares del Río y Almensilla), y si consideramos la media de habitabilidad de 2,4 hab/viv, estaríamos hablando de nuevo un total de 2.400 habitantes; lo que aplicándose el estándar urbanístico antes señalado, supondría unas **1,22 ha** de superficie reservada para SGEL.

Por su parte, el **AAOO empresarial El Pétalo**, situado entre los municipios de **Bormujos, Espartinas y Gines**, presenta la peculiaridad de que, al no ser de uso residencial, solo el primero de estos establece en su ordenación pormenorizada una superficie destinada a SGEL; concretamente **1,19 ha**.

Por último, el **AAOO empresarial de Olivares y Villanueva del Ariscal**, al no presentar tampoco ningún tipo de desarrollo urbanístico, no hemos considerado ninguna cantidad de superficie destinada a SGEL.

Llegados a este punto, si hacemos un cómputo de toda la superficie reservada para los SGEL en los casos en que esto sí se ha dado, se contaría con un total de **14,76 ha** de espacios libres.

Por otro lado, como ya adelantamos también anteriormente respecto a lo establecido en el artículo 45.1.c) del Reglamento de Planeamiento Urbanístico del año 1978, independientemente de la superficie reservada para espacios libres en concepto de SGEL, hemos calculado para todas las AAOO cuál sería el 10% de la superficie total de cada una en la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, que correspondería a esa superficie mínima de cesión obligatoria señalada en el citado Reglamento, y destinada en este caso a los SLEL. Con la salvedad de los sectores del AAOO El Pétalo correspondientes a Bormujos y Gines, ya que en ambos casos la ordenación pormenorizada indica unas dotaciones de SLEL superiores al 10% mínimo exigido (véase la **Tabla 3**).

Así, como podemos apreciar en la misma **Tabla 3**, la suma total de todas estas cantidades de superficies en concepto de los SLEL, sería de casi **39 ha**.

Por todo lo anterior, aun sabiendo que aunque se traten de espacios libres no significa que necesariamente sean suelos libres de sellado (lo cual no ha sido tenido en cuenta en este estudio debido a la evidente falta de datos), si hacemos un cómputo global de las cifras calculadas podríamos estimar al final que, **de las 360 has totales de AAOO que se desarrollarían en la superficie de la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio, unas 53,8 ha de las mismas no implicarían un sellado del suelo.**

O lo que es lo mismo, **la hipotética ejecución de la totalidad de estas AAOO, podría suponer un aumento del sellado del suelo en una superficie estimada en unas 306,2 ha** en la cuenca hidrográfica en cuestión.

7.3. Impactos del aumento del sellado de suelo en las dinámicas hidrológicas

Como hemos podido ver, en nuestro ámbito de estudio han sido constantes los aumentos de superficies de suelos de tipo urbanos en todo este tiempo pasado y, lejos de estabilizarse, se prevé otro nuevo aumento de llegar a materializarse las AAOO previstas por el POTAUS. Por otro lado, es necesario tener en cuenta que “las áreas urbanas consolidadas son impermeables en gran medida por el alto porcentaje de pavimentación y edificación, impidiendo la infiltración, la recarga de acuíferos y la escorrentía natural de los cauces fluviales” (González Fustegueras et al., 2007, p. 13). Como hemos podido comprobar, el estudio de estimación de áreas de zonas libres (superficies en un principio libres de sellado) frente a las zonas presumiblemente edificadas (en un principio impermeabilizadas), indica una proporción no mayor de 1/7 parte de superficie libres de sellado respecto a unas 6/7 partes del total de superficie de la zona de estudio que sí lo estaría.

Si tenemos en cuenta que las áreas edificadas pueden llegar a ser hasta cuatro veces más impermeables que las zonas verdes o las parcelas sin edificar (Technische Commissie Bodem, 2010), este aumento de la superficie de suelo sellado como consecuencia de la expansión urbana ha generado y genera impactos muy significativos en el medio ambiente, como son la pérdida de biodiversidad de los hábitats naturales, la destrucción de suelos agrícolas y forestales, o la pérdida y degradación del paisaje. Más concretamente, se ha

podido constatar alteraciones importantes sobre las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales como son por ejemplo la reducción de la capacidad natural de filtración del suelo, provocando que la *contaminación difusa* (aceites, residuos, gasolinas, etc.) afecte al sistema hidrológico local degradando las masas de agua (Rodríguez-Rojas et al., 2017), o la disminución de la capacidad recarga de acuíferos y la escorrentía natural de los cauces fluviales (de la Lastra Valdor, 2018, comunicación personal) (véase la **Figura 14**).

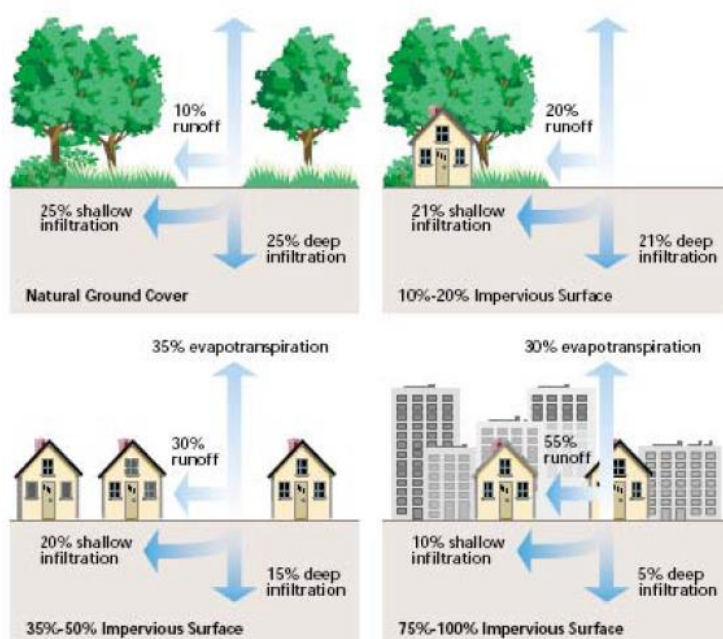


Figura 14. Relación entre la superficie impermeabilizada y el ciclo hidrológico urbano.
Fuente: FISRWG, 1998.

Frecuentemente estos impactos que vamos a comentar son agravados cuando el sistema de saneamiento es de colectores unitarios (diseñado para el transporte conjunto de las aguas residuales y pluviales), basado en el término higienista francés *tout à l'égout* de finales del siglo XIX, aunque de origen romano, que consiste en el transporte del agua a la alcantarilla en el menor tiempo posible (Direction de l'Urbanisme et des Paysages, 1982).

Así, cuando confluyen la presencia de este tipo de sistema de colectores, la impermeabilización del suelo y la disminución de la capacidad de retención del mismo, se produce un aumento de la cantidad de escorrentía superficial generada y la velocidad de la misma que, en episodios de precipitaciones abundantes, se aceleran los tiempos de respuestas (véase la **Figura 15**) y terminan por desbordar dichos sistemas de colectores generando así importantes inundaciones (Hollis, 1975).

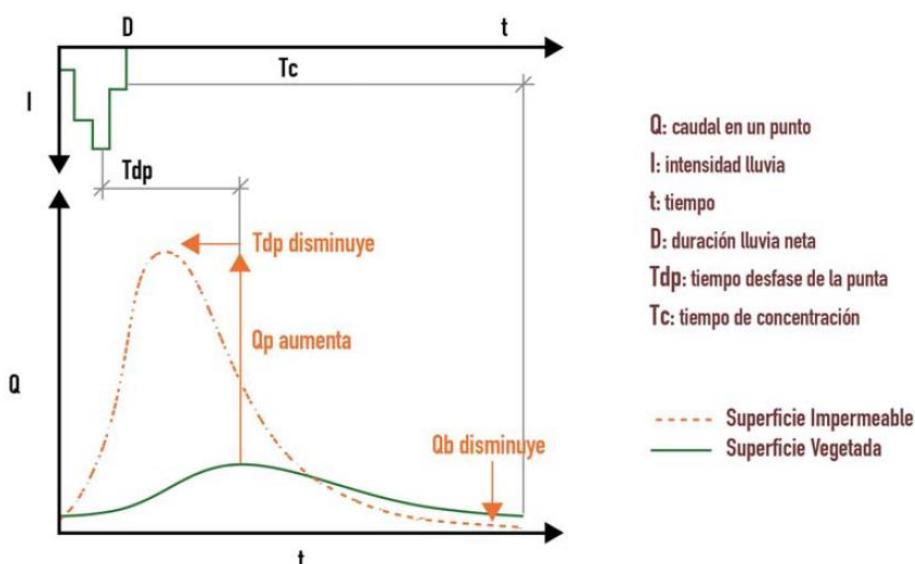


Figura 15. Cambios inducidos por el desarrollo urbano en la transformación lluvia-escorrentía.
Fuente: Perales Momparler et al., 2007.

Esto es aún más preocupante si tenemos en cuenta el previsible empeoramiento de esta situación que diversos estudios, como el *The anthropogenic sealing of soils in urban areas* (Samadeni-Davies et al., 2009), advierten que, en el marco del modelo de **cambio climático**, acontecerán cada vez con más frecuencia precipitaciones capaces de producir un incremento de los caudales de escorrentía de entre el 20% y el 40%.

Esa impermeabilización de superficies considerables de suelo de la que venimos hablando, agravado por el empleo de **sistemas de colectores unitarios**, produce también **impactos en el nivel freático** al disminuir la cantidad de agua presente en el subsuelo en estos tipos de espacios, lo cual normalmente acaba derivando en un descenso de la recarga de los acuíferos de la cuenca-vertiente (Geohábitat, 2002), dificultando de esta forma el mantenimiento del caudal mínimo de base de los cursos fluviales en época de estiaje, al carecer del aporte gradual de agua que debería ser acumulada en los acuíferos durante las épocas de lluvias del año. Sin embargo esta situación de escasez de caudal, se contrapone con las numerosas avenidas fluviales que frecuentemente acontecen cuando se registran episodios de precipitaciones más o menos considerables (Hollis and Ovenden, 1988); lo cual supone finalmente una situación de irregularidad muy acuciante en lo referido a la cantidad de caudal circulante por los cauces fluviales afectados por las presiones urbanas a las que nos hemos venido refiriendo.

Estos impactos generados sobre el régimen hidrológico de los cursos fluviales, acaba repercutiendo a su vez de manera determinante sobre la **biodiversidad** presente en los

ecosistemas fluviales ya que, por ejemplo en lo referido al aumento de irregularidad de caudales, la composición de las especies acuáticas (tanto de flora como de fauna) en estos espacios se muestran bastante sensibles a los continuos cambios en las cantidades de agua presentes en el sistema fluvial, por lo que en los hábitats en los que la presencia de mayor o menor cantidad de agua se da con una mayor irregularidad (más irregularidad cuanto mayor es el nivel de presión urbana), la diversidad de especies es bastante inferior a los hábitats en los que los regímenes hidrológicos tienen un carácter más natural. Además, debido al descenso del nivel de caudal de base que antes hemos comentado también, se produce por un lado la concentración de los organismos acuáticos y por otro un aumento del estrés fisiológico en las especies vegetales propias de la ribera (González Fustegueras et al., 2007).

Además de estos aspectos de afección sobre el régimen hidrológico de los cursos fluviales, es importante apuntar también los impactos que la impermeabilización del suelo provoca sobre la hidromorfología de estos, redundando de igual forma en una degradación del medio ambiente como la que ya venimos comentando.

Así, en primer lugar, es posible presenciar un tipo de impacto peculiar por el hecho del cambio en la naturaleza del mismo. Hablamos del **aumento o descenso del aporte de sedimentos** desde la cuenca hacia el cauce fluvial. Esto es debido a que en una primera fase de construcción para ese aumento del suelo urbano, se suele generar una gran cantidad de sedimentos (tierras, arenas, lodos, gravas, etc.) que en episodios de precipitaciones irán a parar al cauce pudiendo producir en algunos casos una excesiva acumulación de estos que acaben conllevando el aterramiento en algunos puntos del lecho, generando así una reducción de la sección hidráulica (de la Lastra Valdor, 2018, comunicación personal).

No obstante, una vez superado ese proceso inicial en el desarrollo de nuevos suelos de usos urbanos, se produce el efecto contrario; debido al aumento de superficie sellada tras las nuevas expansiones urbanas, la impermeabilización de ese suelo que ya hemos explicado anteriormente conlleva a largo plazo un descenso considerable del aporte de sedimentos al cauce que, junto con el aumento de escorrentía por ese mismo sellado del suelo que también ya hemos comentado, acaba derivando en un **aumento en la incisión** de dicho cauce debido a que las aguas generadas en esa escorrentía circulan libres de sedimentos hasta llegar al medio receptor, lo que les confiere una gran energía y capacidad de erosión. Este aumento de incisión afecta en primer lugar a la profundización de los lechos y, tras ello, en un ensanchamiento de estos al producir la desestabilización de las orillas; habiéndose podido

comprobar que en esta tipología de casos los cauces pueden llegar a aumentar su anchura hasta ocho veces la inicial (González Fustegueras et al., 2007).

Pero estas afecciones generan a su vez otros impactos que consisten en la limitación de la movilidad lateral del cauce, lo que dificulta la conectividad entre este y la llanura de inundación; lo que significa la disminución del aporte de agua a la vegetación de ribereña, con todas las consecuencias que ello a su vez genera. Además, la incisión estimula el aumento súbito de caudal que se registra en los cauces fluviales a causa de los grandes volúmenes de escorrentía superficial generados en episodios de precipitaciones que ya hemos comentado anteriormente; una cuestión que produce a su vez la eliminación de los rápidos y remansos de los sistemas fluviales que tan importantes son para las comunidades bióticas de los mismos (de la Lastra Valdor, 2018, comunicación personal).

Si a todo esto añadimos aquellas situaciones en las que la expansión urbana ha ocupado la propia llanura de inundación de estos espacios fluviales e, incluso en algunos casos, modificando el propio cauce, a parte de los riesgos que ello conlleva para la propia población asentada *in situ*, se termina afectando de una manera muy importante a, entre otras cosas, la propia movilidad lateral del cauce provocando la desconexión de éste con su llanura de inundación y el consiguiente deterioro de la vegetación ribereña.

Por otro lado, como ya adelantamos al comienzo del presente apartado, también son importantes los impactos que la expansión urbana genera sobre la **calidad del agua** en los sistemas fluviales. Además del mencionado aumento de la contaminación difusa, el caso arquetípico de este tipo de impactos son los vertidos urbanos e industriales en ausencia de estaciones de depuración de aguas, aunque también es cierto (y es el caso más frecuente en nuestro ámbito de estudio) que aun existiendo estas estaciones de depuración, se producen igualmente determinados vertidos. Estos vertidos acontecen precisamente en episodios de precipitaciones abundantes en las que se producen crecidas que los colectores no son capaces de asumir debido a un dimensionado insuficiente para la evacuación de las elevadas cantidades de agua precipitadas en esos episodios punta. Por ello, las aguas de precipitación mezcladas con las aguas negras o residuales son redirigidas hacia los aliviaderos que terminan vertiendo sobre los cauces fluviales sin depuración previa, con las consecuencias de contaminación que ello implica (Matutano Cuenca, 2018, comunicación personal).

Sin embargo, en muchas ocasiones, los vertidos no son efluentes de aguas contaminadas, sino escombros o residuos sólidos urbanos que se arrojan de forma directa a

los cursos fluviales (Tragacete, 2017). Bien es cierto que se han multiplicado los esfuerzos, por parte de las administraciones competentes en la materia, para poder ejercer un mayor control y persecución de estas prácticas (Arrazola, 2015); pero aun así, siguen siendo muchas voces las que denuncian que aún queda mucho por hacer y que no se trata ni mucho menos de una problemática solucionada, puesto que incluso no pocas de las plantas de depuración de aguas residuales existentes en Andalucía, no cumplen la normativa vigente (Amarillo, 2018), siendo los efectos que estas producen sobre las aguas receptoras, la proliferación de agentes patógenos que pueden llegar a comprometer la salud de las personas que habitan el espacio afectado.

No obstante, se dan otros tipos de contaminación de las masas de agua, de forma no tan directa como la anterior sino de **carácter difuso**, por consistir en la movilización, por parte de las escorrentías superficiales cuando estas son generadas en episodios de tormentas, de contaminantes urbanos (como son los residuos de la combustión de hidrocarburos y los aceites vertidos por automóviles, fertilizantes, detergentes, etc.) depositados y acumulados sobre las superficies urbanas durante los periodos de tiempo en los que las precipitaciones han estado ausentes; fenómeno que se conceptualiza en el término *shock pollution* (entendiéndose como *contaminación súbita*). Esto se acaba traduciendo en la mortandad de considerables poblaciones fluviales debido a un aumento de la concentración de algunos contaminantes en el medio hídrico receptor o a un incremento drástico de la demanda biológica o química de oxígeno (Matutano Cuenca, 2018, comunicación personal).

Por su parte, de acuerdo con los autores que venimos empleando como referencia, no debemos pasar por alto la incidencia que ejercen las obras hidráulicas sobre las dinámicas hidrológicas de los sistemas en cuestión que, de manera más llamativa, afecta muy notablemente a procesos propios del cauce como los geomorfológicos, derivando entre otras cosas en la incapacidad de regeneración natural de las comunidades biológicas que lo habitan.

Así, en el citado estudio de González Fustegueras y De la Lastra se insiste en la amenaza que supone concretamente las actuaciones de canalización de los cauces fluviales a su paso por entornos urbanos, asegurando que “producen a corto o medio plazo efectos de incisión en el fondo del lecho, debido al aumento de energía hidráulica por el aumento de la pendiente longitudinal, y en consecuencia, por las dificultades para liberar esa energía mediante erosión lateral” (González Fustegueras et al., 2007, p. 16); y es que a pesar de que aunque en los países de nuestro entorno se ha extendido considerablemente la certeza de que

este tipo de actuaciones producen incluso un aumento del riesgo hidrológico de las poblaciones y sus consecuencias económicas, aún siguen siendo frecuentes y terminan derivando en procesos como la incisión del lecho por el aumento de la capacidad de carga de los caudales circulante, generando este hecho toda una serie de impactos de todo tipo que ya hemos tenido oportunidad de comentar anteriormente.

No obstante, además de las canalizaciones, son frecuentes la presencia de otro tipo de infraestructuras asociadas a la expansión urbana como son los viaductos, que afectan de forma muy notable a las dinámicas hidrológicas en tanto en cuanto que suponen una obstaculización transversal al cauce tanto para la continuidad de organismos bióticos de todo tipo tanto de fauna como de flora (por ejemplo, fragmentando los corredores ribereños), como para la alteración de los procesos locales de erosión y sedimentación, aumentando la inestabilidad de las orillas y las propias infraestructuras, en aquellos casos en los cuales la implantación de dichos elementos no se han diseñado de forma que se respeten la orientación de los flujos de caudal; así como aquellos casos en los que la anchura de paso del caudal en los puentes es insuficiente, actuando en algunos casos de crecidas como unas especies de represas que pueden llegar a provocar incluso el colapso de las mismas (González del Tánago, 2010).

Además de lo explicado, la expansión de las áreas selladas por usos urbanos afectan también a la calidad de las aguas en cuanto que **alteran su régimen térmico** en la medida en que queda mermada la cantidad y densidad de la vegetación de ribera como consecuencia de todos los demás impactos que venimos comentando, disminuyendo así la sombra proyectada por esta sobre el cauce y, por tanto, sobre todo en época estival, aumentando la insolación sobre las aguas y el consiguiente aumento de temperatura de las mismas (de la Lastra Valdor, 2018, comunicación personal).

Por añadidura, también se influye sobre el régimen térmico de las aguas de los sistemas fluviales en la medida en que se provoca el ensanchamiento de los cauces (como consecuencia de los procesos de incisión y posterior desprendimiento de orillas que anteriormente hemos comentado). Esto es debido a que, tal y como queda recogido en el estudio *La urbanización y su efecto sobre los ríos* (González Fustegueras et al., 2007) ya referenciado en diferentes ocasiones, al aumentar la superficie de insolación sobre las aguas se incrementa a su vez las ganancias y pérdidas de energía térmica, lo cual conlleva una ampliación del rango de temperatura que se puede registrar en las aguas fluviales (más frías en invierno y más cálidas en verano).

Además de este factor, en el mismo estudio también queda recogido cómo la escorrentía que llega al medio receptor lo hace generalmente a una temperatura mayor como consecuencia de paso por superficies más calientes, como el asfalto de los viarios, constituyendo un nuevo aporte de agua caliente al cauce fluvial.

De esta forma, nuevamente, se señala en el propio estudio como estos aspectos acaban volviendo a repercutir sobre la biodiversidad de los ecosistemas fluviales al “alterar las tasas de crecimiento y las etapas de la vida de los organismos acuáticos, así como la definición del hábitat de los peces” (González Fustegueras et al., 2007, p. 17).

Pero las consecuencias de la expansión urbana y el consecuente aumento del sellado del suelo, no solo acaban afectando al medio natural, sino que también genera impactos en las propias poblaciones humanas que habitan en ese territorio. Así, son especialmente relevantes las afecciones generadas sobre el clima urbano de esas mismas áreas de expansión, siendo muy conocido el llamado **efecto Isla de Calor** consistente, entre otros factores, en el incremento de la temperatura en las áreas urbanas debido a la destrucción de la capacidad del suelo de refrigeración natural, o la absorción de energía calorífica solar por las superficies techadas y de los asfaltos que constituyen las vías de transporte (Arnfield, 2003), lo cual provoca consecuencias como son los cambios en la humedad y velocidad del viento, que se traducen en una falta de renovación del aire y acumulación de contaminantes, junto con una considerable **pérdida de confort térmico** y el consecuente **incremento de la demanda energética** para mitigarlo en los hogares (Rodríguez-Rojas et al., 2017).

7.3.1. El caso del arroyo Riopudio

El 6 de julio de 2001, tuvo lugar la publicación del *Plan Hidrológico Nacional* en el Boletín Oficial del Estado número 161 de dicho año, aunque no entrando en vigor hasta el día 26 del mismo mes. Si bien, la importancia de este Plan radica en el contenido de las actuaciones establecidas por el *Plan Hidrológico-Forestal, de protección y regeneración de enclaves naturales*; recogido en el apartado *Cuenca del Guadalquivir* del Anexo II de la citada Ley, ya que en dicho Plan se señalaban las actuaciones que servirían de marco y soporte para que en el año 2006 la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir publicase el *Proyecto de restauración ambiental del arroyo Riopudio*, mediante el cual se otorgaba oficialidad a la intención de revertir la cada vez más complicada situación ambiental en la que dicho sistema fluvial se encontraba. En este documento se señala de manera explícita

precisamente el elevado crecimiento urbano en la cuenca del arroyo como causa principal de esa complicada situación ambiental en la que se encontraba (González del Tánago, 2010).

De esta forma veremos cómo el arroyo en cuestión y su cuenca hidrográfica que hemos establecido como área de estudio, constituyen un claro ejemplo concreto de todos aquellos aspectos que hemos expuesto anteriormente. Por ello, nos centraremos ahora principalmente en mostrar de qué forma esos impactos sobre las dinámicas hidrológicas comentados anteriormente se han materializado de manera específica en nuestro caso.

Para poder contextualizar la realidad del arroyo que nos atañe en este momento, es importante referirnos a sus magnitudes y dimensiones que presenta el mismo, ya que estos aspectos resultan determinantes en cuanto a la capacidad por parte del sistema fluvial de poder generar mecanismos de compensación (de la Lastra Valdor, 2018, comunicación personal) frente a las amenazas que todas las vertientes de la expansión urbana que hemos comentado ejercen sobre el sistema fluvial. De esta forma, nuestro arroyo y su cuenca hidrográfica en cuestión, con unos 23 kilómetros de longitud y una superficie de 77,41 Km² (7.741 has), respectivamente, así como un caudal medio de poco más de 300 litros por segundo (ADTA, 2002), evidencian una potencial vulnerabilidad en los términos a los que nos acabamos de referir, compartiendo algunas características con el arroyo Rohgraben, en Hannover, que según el estudio contenido en *Manual de diseño para la ciudad sostenible* de Geohábitat (2002), muestra una considerable vulnerabilidad ante los cambios (como los que estamos tratando) en su cuenca al presentar un caudal escaso en la época estival, que se ve aumentado súbitamente con regularidad en periodos de precipitaciones.

Dicho esto, adentrándonos en las problemáticas concretas que presenta el arroyo y su cuenca como objetos de estudio, nos basaremos en el análisis que en el año 2010 realizó la ingeniera de montes Marta González del Tánago sobre el estado medioambiental del propio arroyo Riopudio, que ya hemos citado en ocasiones anteriores. En el mismo, se destacan los fuertes crecimientos urbanos acaecidos a lo largo de las últimas décadas en ambas márgenes del arroyo Riopudio (véanse las imágenes de la **Figura 17**) que, como consecuencia de los impactos que esa expansión urbana provoca sobre las dinámicas hidrológicas de la cuenca, se provocan a su vez alteraciones como la modificación de la morfología de cauce natural a una muy poco sinuosa y con un fuerte encajonamiento del canal fluvial (véase la imagen de la **Figura 19**), degradación de la vegetación de ribera (véase la **Figura 20**), y el deterioro del paisaje fluvial (véase la **Figura 22**); los cuales comentaremos con un poco más de detalle a

continuación, no sin antes contextualizar esa expansión urbana que constituye el factor explicativo fundamental de los diferentes impactos en cuestión.

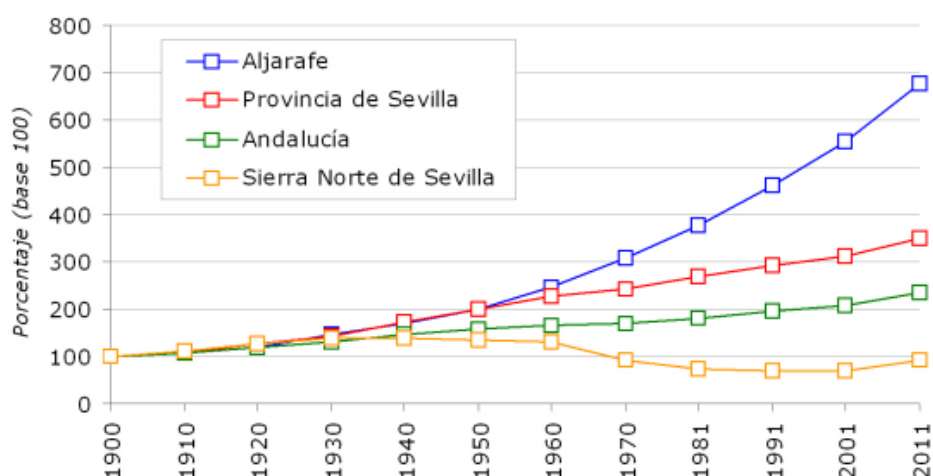


Figura 16. Crecimiento relativo de la población del Aljarafe con respecto a su entorno territorial, durante el siglo XX y principios del XXI. Fuente: García Martín, 2014

De esta forma, para poder comprender este fuerte crecimiento, es conveniente contextualizarlo en el marco de las fuertes presiones demográficas que se han registrado en la comarca. Así, en el año 2011 se cifraba la población del Aljarafe en unos 320.000 habitantes; un tamaño poblacional que equivale a la población de otras ciudades andaluzas como Córdoba, con unos 328.000 habitantes, que es la tercera capital de provincia andaluza con más población (García Martín, 2014). Dicha cifra tan elevada tuvo su origen en el impresionante crecimiento demográfico experimentado a partir de la década de los 60 y 70 del pasado siglo, ya que a diferencia de lo ocurrido en su contexto, en el cual también se registró un crecimiento pero de forma más moderada, en el Aljarafe el crecimiento se produjo a ritmos exponenciales (véase la **Figura 16**); por ejemplo, sólo entre los años 1991 y 2003, el aumento de población en la comarca fue de casi un 25% (ADTA et al., 2005).

Ya mostrado el marco del importante crecimiento demográfico en el que se contextualiza la expansión urbana de finales del siglo XX y principios del XXI, y teniendo en cuenta lo comentado en el apartado *Contextualización territorial* respecto a los motivos y las formas de ese incremento de superficie urbana (Cruz Villalón, 2003) (Fernández Tabales y Cruz Mazo, 2011), es fácil comprender cómo ha sido posible que solo durante la década de los años 90 del pasado siglo, se haya incrementado el número de viviendas entre un 15% y un 35%, dependiendo del municipio del que se trate, siendo estos porcentajes más elevados en la **primera corona metropolitana** que en la **segunda** y **tercera corona metropolitana**. De una

forma u otra, solo en esa década se registraron un total de unas 25.000 viviendas nuevas en todo el territorio del Aljarafe.

Estos hechos, como es lógico pensar y si atendemos a la tipología residencial predominantemente extensiva que ya apuntaron Cruz Villalón (2003) y ADTA et al (2005) así como todas las infraestructuras viarias asociadas a ello, han implicado un aumento importante de las hectáreas de superficie de nuevos usos urbano-residenciales que además es fácilmente observable mediante la comparación de ortofotos sobre diferentes tramos del recorrido del arroyo, en diferentes espacios temporales (véase la **Figura 17**).



Figura 17. Vistas de la cuenca del Riopudio en distintos tramos de su recorrido, mostrando el crecimiento urbanístico desde 1956 (fotografías en blanco y negro) hasta el 2007 (fotografías en color). Fuente: González del Tánago, 2010.

Esta expansión urbana conlleva numerosos impactos sobre las dinámicas hidrológicas de los sistemas fluviales afectados, así como sobre sus ecosistemas asociados (como ya hemos podido comentar de forma amplia anteriormente); que se han concretado, en nuestro caso de estudio, de unas formas no muy distintas a lo descrito por la literatura especializada en esta materia.

Así, por un lado, destacan las escorrentías urbanas que llegan al cauce con regularidad, principalmente a través de aliviaderos, cunetas de las carreteras (véase la **Figura 18**) y demás sistemas de evacuación de aguas convencionales, en cuanto se producen episodios de precipitaciones más o menos intensas. Estas escorrentías, como ya comentamos en el apartado anterior, transportan gran cantidad de residuos y desechos urbanos procedentes de las viviendas sin que pasen por su respectivo proceso depurativo en las EDAR.



Figura 18. Entrada al arroyo Riopudio del drenaje de la cuneta de la carretera a Salteras, e inicio del proceso de encajonamiento del cauce, que atraviesa dicha carretera y recibe a poca distancia el aliviadero de este municipio. Fuente propia.

Tan es así que, precisamente en el arroyo Sequillo (uno de los afluentes del arroyo Riopudio en su tramo medio), se han registrado con relativa frecuencia estos episodios a los que nos venimos refiriendo. Y es que, por ejemplo, tras precipitaciones abundantes por las cuales se producen crecidas en el mencionado arroyo, se observan una gran cantidad de toallitas húmedas entre la vegetación del cauce (véase la **Figura 19**) que, según el especialista entrevistado (Matutano Cuenca, 2018, comunicación personal), se debe a que esas toallitas que las personas vierten al inodoro en momentos de fuertes precipitaciones, acaban llegando al cauce a causa de lo que anteriormente hemos comentado; añadiendo que la consecuencia final es un **estado de salud fluvial altamente deficiente**.



Figura 19. Toallitas húmedas filtradas por la vegetación del cauce durante episodios de crecidas. Fuente: Juan Matutano Cuenca.

Los aportes de agua por escorrentías con esa alta capacidad erosiva al caudal, suponen el motor del proceso de encajonamiento del cauce que antes ya mencionamos también, y que se manifiesta con especial intensidad en este caso al llegar a generar una erosión tal que ha dado lugar a taludes de incluso más de 4 metros de altura en algunos casos (véase la **Figura 20** y **21**); siendo este un aspecto que ha propiciado el encajonamiento del cauce y la disminución de la sinuosidad a la que nos referíamos antes. Lo cual conlleva una serie de impactos asociados que ya hemos comentado en el apartado anterior, como por ejemplo la desconexión del cauce con las márgenes y las riberas; impidiendo que lleguen a estas tanto la humedad que aporta el cauce a los sustratos próximos, como evitando también que dichas márgenes y riberas puedan ser inundadas y regeneradas en los episodios de crecidas que, en situación natural desborda el cauce con facilidad hacia éstas.



Figura 20. Punto del cauce aguas abajo del Puente Romano, con unos taludes laterales de elevada altura y pronunciada pendiente. Fuente propia.



Figura 21. Tipo de morfología predominante en el cauce de este arroyo; que responde a procesos de encajonamiento. Fuente: González del Tánago, 2010.

Esto que acabamos de comentar junto con la invasión del dominio público hidráulico y las zonas inundables, bien por emplazamiento de elementos de usos antrópicos junto al cauce (véase la **Figura 22**) o bien por la canalización directa del mismo (véase la **Figura 23**), acaban derivando en la degradación o desaparición total (en los casos más extremos, como el del tramo canalizado en la desembocadura del arroyo en el municipio de Coria del Río), respectivamente, de la vegetación de ribera y todas las cualidades ecosistémicas y paisajísticas asociadas que ya tuvimos ocasión de comentar en el apartado anterior; habiendo provocado, entre otras cosas, que no exista un corredor ripario como tal en torno al cauce. Por el contrario, sí son abundantes los cañaverales a lo largo de gran parte del cauce del arroyo (véase la **Figura 20**), siendo esto posible por la destrucción previa de la vegetación natural de ribera originaria que acabamos de comentar; lo cual evidencia una vez más el mal estado ecológico que presentan en este caso los ecosistemas asociados a este sistema fluvial (Matutano Cuenca, 2018, comunicación personal). Por ello, si tenemos en cuenta que “la eliminación de la vegetación de ribera incrementa los riesgos en los fenómenos de avenidas fluviales” (Del Moral et al., 2017, p. 55) es fácil entender el derrumbe del puente que conecta Palomares y Almensilla sobre el Riopudio, debido a lo que acabamos de apuntar, acontecido en enero del año 2010 (El Mundo, 2010).

Figura 22. Emplazamiento de un polvero junto al cauce del arroyo Riopudio en Salteras. Fuente: ADTA, 2011a.



Figura 23. Canalización del tramo de desembocadura, en el municipio de Coria del Río. Fuente propia.

Por su parte, en lo referido al aumento del sellado de suelo generado por las infraestructuras viarias, que van asociadas a los crecimientos urbanos que estamos tratando, ADTA, la Asociación Empresarial del Aljarafe y otras asociaciones ciudadanas y ecologistas han denunciado la implantación de sistemas de evacuación de aguas convencionales (véase la **Figura 24**) en los tramos de la futura (y actualmente en construcción) autovía de circunvalación de Sevilla SE-40 (véase la **Figura 25**). Este tipo de infraestructura, además de la interrupción y fragmentación de las riberas cuando atraviesan el cauce, agudizarán los impactos que generan la “presencia de cunetas hormigonadas y la concentración de escorrentías en determinados puntos” (ADTA, 2011a). Se trata, pues, de un ejemplo de la continuación de las estrategias convencionales de drenaje de suelos impermeabilizados por grandes infraestructuras viarias o por procesos de urbanización extensiva.



Figura 24. Implantación de cunetas hormigonadas en la futura SE-40, en su trazado paralelo al Riopudio. Fuente: Leandro del Moral Ituarte



Figura 25. Vista aérea del trazado de la futura SE-40 paralelo al Riopudio. Fuente: ADTA, 2011b.

Es necesario indicar que en la actualidad se encuentra en marcha el proyecto de restauración ambiental mediante la creación de un corredor verde para el citado arroyo; tal y como ya indicamos al comienzo de este apartado. Sin embargo, aun habiéndose logrado muchos avances, no se cuestiona el largo camino que aún queda por recorrer (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2015b).

Por todo ello, la ejecución de los proyectos de AAOO previstos por el POTAUS, y a los que a lo largo de este estudio nos hemos estado refiriendo, implicarían un agravamiento de todos los problemas hidrológicos y ambientales que de por sí ya hemos visto que presenta el arroyo Riopudio; provocando un impacto aún más intenso si se ejecutaran sin adoptar e integrar SUDS en ellos que en cierta medida puedan reducir el empeoramiento de la ya difícil situación en la que se encuentra. Recordemos que según los estudios de diagnóstico contenidos en el Anejo 7 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir para los años 2015-2021 (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2015c), actualmente vigente, el **estado ecológico de la masa de agua** que constituye la totalidad de este arroyo, es **deficiente**.

7.4. Los SUDS como instrumentos para la reducción de los impactos

Con el fin de adaptarse a los nuevos mandatos que establece la Directiva 2000/60/CE (conocida como Directiva Marco del Agua; en adelante, DMA), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas y cuyo objetivo último es la consecución del *buen estado ecológico* de las masas de agua, son numerosos los estudios (Del Moral et al., 2015; Rodríguez-Rojas et al., 2017; Geohábitat, 2002; Perales Momparler et al., 2007; Soriano Martínez, 2012; Urrestarazu et al., 2011) que analizan y explican la utilidad que suponen los SUDS para la gestión de las escorrentías urbanas (gestionadas actualmente por las redes unitarias de saneamiento convencionales), consecuentes de la impermeabilización del suelo en el marco de la expansión urbana producida en las últimas décadas; con el fin de contrarrestar los impactos que ello genera en las dinámicas hidrológicas y los ecosistemas asociados, tal y como hemos venido explicando anteriormente.

Así en las últimas décadas, principalmente motivado por el problema que acarrea la generación de numerosas inundaciones a causa de ese descontrolado aumento del sellado del suelo, se ha apostado por estos tipos de sistemas que “recogen el agua de la lluvia, la retienen durante el máximo tiempo posible con objeto de ralentizarla, y después la infiltran y reutilizan

en usos no consuntivos o para la recarga de los acuíferos” (Rodríguez-Rojas, et al., 2017, p.10), con el fin de lograr adaptar los efectos generados por el sellado del suelo, intentando reproducir así las dinámicas propias del ciclo natural del agua (Lara García, 2018, comunicación personal), tal y como se muestra en la **Figura 26**, con una serie de beneficios para el medio ambiente (tanto natural como urbano) de gran valor en el contexto de excesiva antropización del medio en el que nos encontramos, optimizando así la gestión del agua.

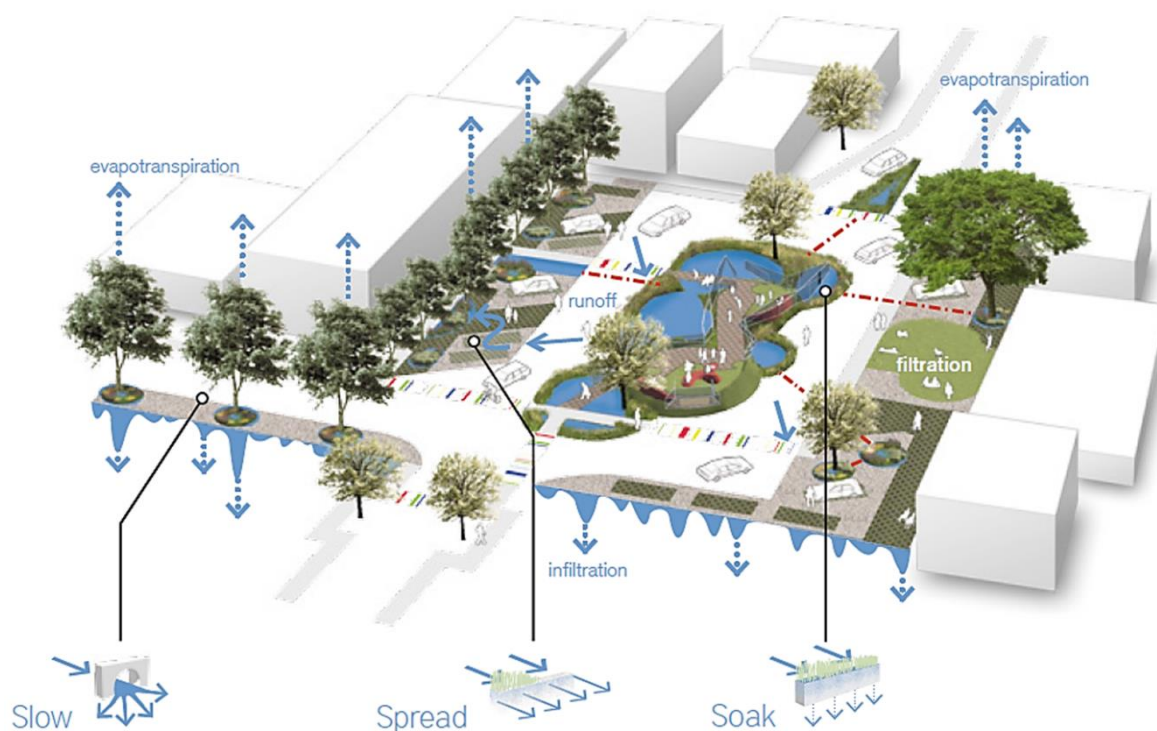


Figura 26. Naturaleza y utilidades de los SUDS. Fuente: Lara García, 2018.

Por ello, en un contexto en el que sigue predominando el uso de sistemas de saneamiento y drenaje convencionales, y además generalmente también con colectores de tipo unitarios, para la intercepción de las aguas pluviales (Lara García, 2018, comunicación personal), con todos los impactos que ya hemos podido ver que generan sobre el medio fluvial receptor, se hace especialmente necesaria la integración de los SUDS en el planeamiento urbanístico y así poder ir aproximándonos más al concepto de **Ciudad Sensible al Agua**; el cual proyecta la ciudad considerando el ciclo hidrológico natural como la piedra angular de ésta (Department of Environment, Water, and Natural Resources, 2013).

Son numerosos los casos en los que estos sistemas alternativos han sido aplicados; como son los del barrio barcelonés de Trinitat Nova, el proyecto *Ekostanden Augustenborg* en Suecia, o la aplicación del *Sistema Mulden-Rigolen* en la planificación del distrito urbano de Kronsberg en Hannover (Alemania). Por ejemplo, en este último caso, el citado sistema consiste en la “implantación de una red de cunetas capaces de acumular y filtrar el agua de escorrentía de todos los viales públicos” (Geohábitat, 2002, p. 117) que, de acuerdo con los autores del citado manual, se basa en el principio de **retención descentralizada**; referido al mantenimiento de la mayor cantidad de aguas pluviales posibles en espacios habilitados tanto públicos como privados, para su posterior infiltración. Así como el concepto recientemente acuñado de **gestión eco-integradora y participativa del ciclo urbano del agua** (CUA) integrando el fenómeno agua al completo en el espacio urbano y estimulando la participación de los ciudadanos como actores clave en la configuración de su propio hábitat (Del Moral et al., 2015), que fue aplicado en la barriada Las Huertas en Sevilla.

De acuerdo con estos principios, los proyectos a los que hemos hecho referencia han puesto en práctica una serie de SUDS cuyos denominadores comunes en cuanto a las medidas estructurales suelen ser la consecución de las funciones de retención, filtración e infiltración, principalmente, de muy diversas fisionomías en función de la adaptabilidad al entorno inmediato en el que se vaya a implantar. Así, por citar algunos de ellos, podemos encontrar **zanjas filtrantes** (véase la **Figura 27**) que consisten en “superficies de suelo vegetadas, anchas y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento, y/o evacuación o infiltración); propiciando la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y disminución de la escorrentía” (Perales Momparler et al., 2007, p. 7).

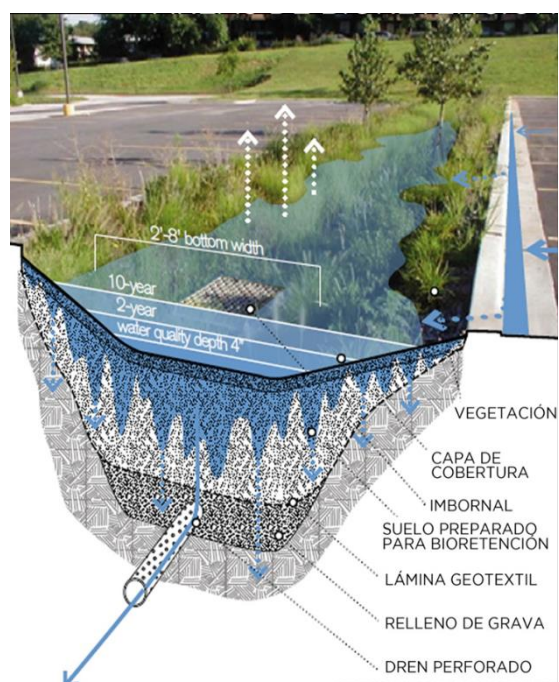


Figura 27. Ejemplo de diseño de zanja filtrante. Fuente: Lara García, 2018.

Por otro lado, suelen ser frecuentes también los usos de **cunetas verdes** (véase la **Figura 28**), que además en este caso en concreto resultaría especialmente útil para nuestro

caso de estudio si recordamos lo que comentamos respecto a la llegada al cauce de la escorrentía urbana en gran medida a través de las cunetas de los viarios. Estas consisten en “estructuras lineales vegetadas de base ancha y talud tendido diseñadas para almacenar y transportar superficialmente a baja velocidad la escorrentía, permitiendo la sedimentación de las partículas y su posterior eliminación de contaminantes, llegando a permitir también en algunos casos la infiltración a capas inferiores” (Perales Momparler et al., 2007, p. 7). Esta técnica, por ejemplo, fue especialmente usada en el caso del proyecto del distrito urbano de Kronsberg que anteriormente hemos citado.

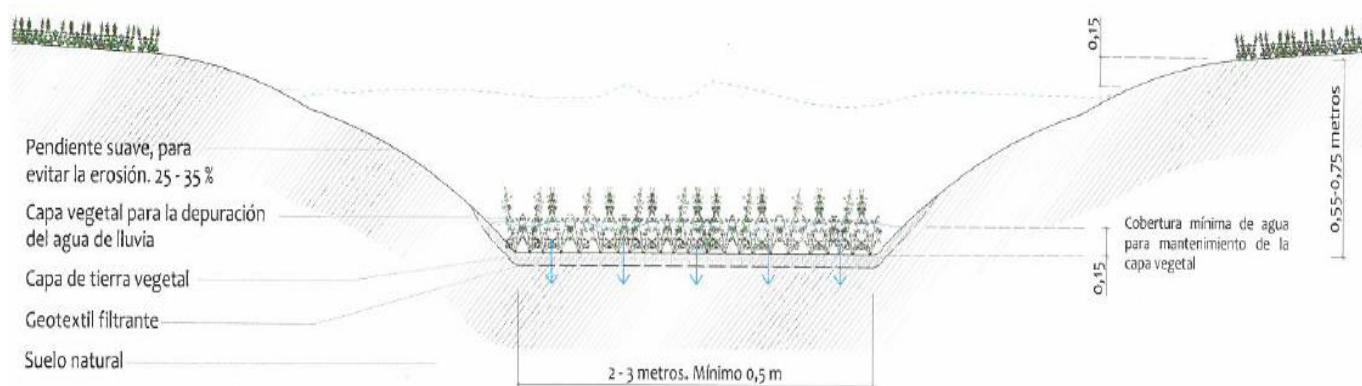


Figura 28. Ejemplo de diseño de cuneta verde. Fuente: Rodríguez-Rojas et al., 2017.

Por añadir otro ejemplo más, suele ser también frecuente el uso de **pavimentos adoquinados o modulares** (véase la **Figura 29**), que consisten en “superficies de pavimentos que permiten el paso del agua a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización o evacuación” (Perales Momparler et al., 2007, p. 6). Lo cual, ha sido usado por ejemplo en la misma ciudad de Sevilla; en concreto, en el espacio de la Alameda de Hércules.

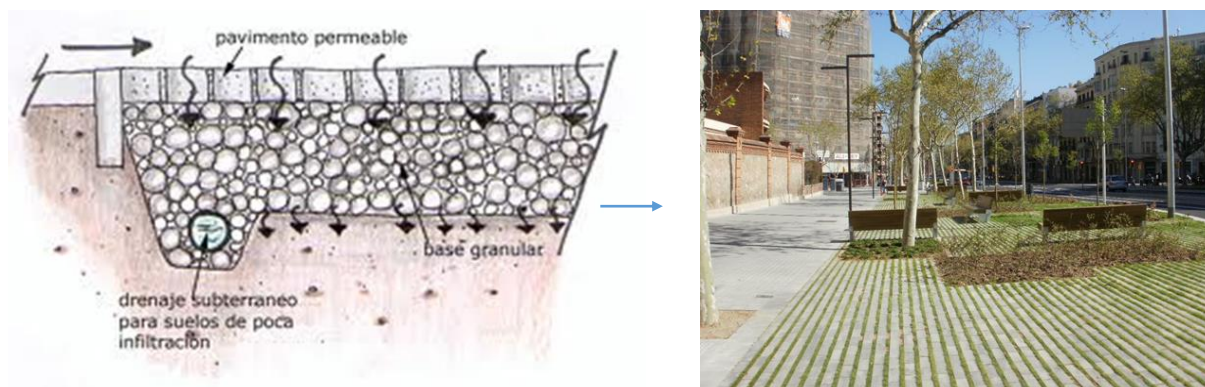


Figura 29. Ejemplo de diseño de pavimentos permeables y resultado real; a la izq. y drcha., respectivamente. Fuente: Lara García, 2018.

Por otro lado, esta misma técnica suele ser usada también, de manera similar, para las calzadas de los viarios; lo cual, en su conjunto, puede resultar especialmente útil si tenemos en cuenta la amplia superficie en la que estaríamos disminuyendo considerablemente la impermeabilización por el sellado del suelo. Así, combinado además con otros SUDS como el que acabamos de comentar antes sobre las **cunetas verdes**, podría generar resultados muy óptimos sea cuales fuesen los contextos geográficos en los que nos encontrásemos.

Por añadidura, se parte de la ventaja de que existen proyectos que ya han sido ejecutados en su totalidad y sus resultados debidamente publicados. Tal es así, por ejemplo, el caso ya citado del distrito urbano de Kronsberg, que dio lugar a la elaboración del *Manual de diseño de la ciudad sostenible* (Geohábitat, 2002), permitiendo dar a conocer el éxito del resultado obtenido y ofreciendo datos económicos simultáneamente, que reforzaban el carácter de viabilidad y eficiencia en todos sus aspectos para lo cual fue diseñado. Tal es así que, según concluye el documento, el sistema alternativo implantado con el planeamiento urbano para todo el distrito, “mostró un ahorro del 17% comparado con los sistemas convencionales de drenaje” (Geohábitat, 2002, p. 125), tratándose de unos 2.200.000 euros de diferencia (10.422.173 euros frente a 12.606.412 euros, respectivamente).

Por otro lado, en el proyecto realizado en la barriada sevillana Las Huertas (Del Moral et al., 2015), que ocupa una superficie de 7,8 ha, se propuso la implementación de SUDS para el tratamiento e infiltración de la escorrentía generada por la impermeabilización de los suelos. Así, según el citado proyecto, estas infraestructuras verdes aportan un **potencial de reducción media de dicha escorrentía de un 46%** (véase la **Figura 30**), con un volumen medio de infiltración de 7.880 m³/año.

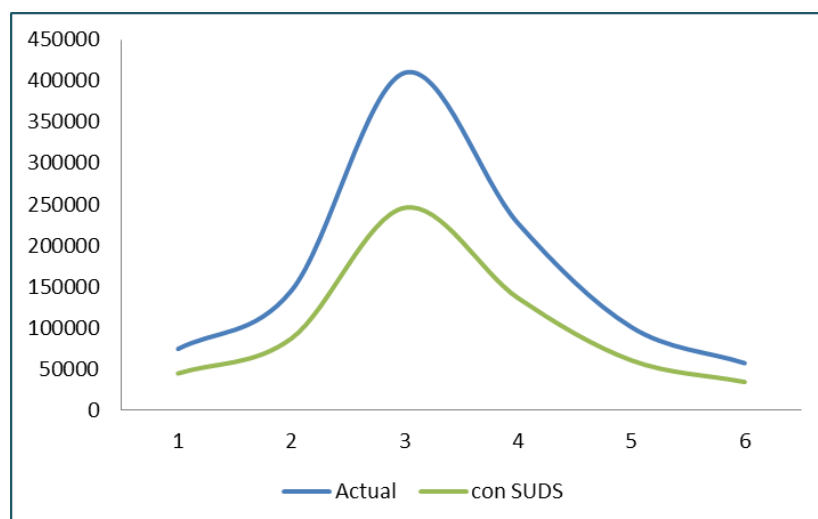


Figura 30. Diagrama de escorrentía con y sin SUDS, para Las Huertas. Fuente: Del Moral et al., 2015.

Si consideramos que el entorno en el que este proyecto se desarrolla comparte considerables similitudes territoriales con el espacio aljarafeño debido a la proximidad geográfica, estos resultados potenciales medios de reducción de la escorrentía y aumento de la infiltración que hemos apuntado, podrían ser aplicables de manera orientativa a nuestra zona de estudio; pudiendo asumir así en nuestro caso también esa media potencial de reducción de la escorrentía.

Además, y para terminar, se cuenta también con algunos avances en lo referido al respaldo de estas prácticas por parte de los cuerpos normativos y legislativos, ya que por ejemplo se encuentra en vigor desde el año 2006 la *Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid* (Ayuntamiento de Madrid, 2006); la cual determina en su Artículo 8 que “en todas las actuaciones de urbanización, incluidos los proyectos de urbanización de planeamiento, los proyectos de obra de urbanización de espacios libres públicos y los proyectos de edificación que incluyan el tratamiento de espacios libres de parcela, deberán utilizarse superficies permeables, minimizándose la cuantía de pavimentación u ocupación impermeable a aquellas superficies en las que sea estrictamente necesario [...] Todo ello con objeto de favorecer la infiltración...”. Esto supone un avance cualitativo importante al reconocerse y determinarse de forma explícita y oficial la necesidad e importancia de integrar, en definitiva, los SUDS en las nuevas actuaciones urbanísticas.

Por su parte, aunque no lo haga de forma tan directa y explícita como en la Ordenanza anterior, es cierto, y valioso por ello, que también aparecen estos contenidos en el propio POTAUS que ya hemos tratado anteriormente en este estudio y que, precisamente, resulta de aplicación directa en este caso a las AAOO previstas por el mismo. Concretamente, en su Artículo 68, indica que “los instrumentos de planeamiento general analizarán las repercusiones del modelo urbano previsto y de las transformaciones de usos propuestas sobre la red de drenaje; los cauces, riberas y márgenes, y sus funciones de evacuación de avenidas deben estar amparados por una definición de usos que garantice la persistencia de sus condiciones de evacuación; además, las infraestructuras de drenaje evitarán los embovedados y encauzamientos cerrados, favoreciendo la pervivencia de la identidad territorial, la función natural de los cauces y la conservación y mejora de la biodiversidad acuática y de las especies asociadas”.

8. Recapitulación y conclusiones

A lo largo del estudio realizado hemos podido constatar la expansión de los usos urbanos en nuestra zona de estudio, que en el año 2013 cubrían el 20% (1.558´4 ha) del total de la cuenca hidrográfica del arroyo Riopudio; sin contar con la superficie cubierta por las llamadas infraestructuras del transporte, con la cuál ascendería a una superficie de casi el 30% de la cuenca. Superficie de suelos urbanos que, de desarrollarse las Áreas de Oportunidad previstas en el planeamiento territorial vigente (POTAUS, 2009), podría llegar a aumentar en un 23% (360 ha más, hasta un total de 1.918´4 ha de usos urbanos), sin tener en cuenta en estos cálculos las propias previsiones de crecimiento de los PGOU. En la mayor parte de los casos, ese aumento de suelos urbanos se ha desarrollado en detrimento de las superficies de olivar, además de otros cultivos; principalmente cereales.

Por otro lado, hemos estudiado la relación que existe entre el fenómeno urbanístico y la degradación de los sistema fluviales en la actualidad; degradación que encarna el Riopudio, en el cual pudimos observar *in situ* la evidencia de esa marcada incidencia antrópica en sus dinámicas hidrológicas.

Numerosos expertos han venido constatando desde hace años estos hechos y su relación con la salud ecosistémica del arroyo, consiguiendo impulsar, a través de asociaciones ciudadanas como ADTA principalmente, la propuesta de un Corredor Verde a lo largo del cauce que vertebré el territorio metropolitano aljarafeño, restaurando sus valores patrimoniales de carácter natural y cultural y recuperando su función social (ADTA, 2002).

El papel que juegan los suelos urbanos, tanto los existentes como los que en un futuro se puedan desarrollar, es vital para esa restauración ambiental y territorial que precisa el Riopudio. Por ello, no solo hemos abordado la problemática derivada de los impactos que genera la expansión urbana sino que hemos incluido también el estudio de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), mostrando la utilidad que pueden presentar como instrumentos para reducir dichos efectos.

Como hemos podido apreciar en el apartado referido a ellos, los SUDS han sido implantados ya en numerosas ciudades y entornos urbanos, reportando hasta ahora considerables beneficios tanto económicos como medioambientales y sociales (Geohábitat, 2002).

Así, podemos concluir que estamos ante un problema de manifiesta índole territorial, que debe abordarse teniendo en cuenta el conocimiento acumulado sobre las dinámicas

hidrológicas de los sistemas fluviales y los impactos que la expansión urbana ejerce sobre ellos, evitando volver a repetir los errores cometidos en etapas anteriores.

En un contexto de resurgimiento de la “actividad del ladrillo” en el que parece que volvemos a encontrarnos (Fernández Tabales, 2018) deberíamos tener en cuenta que, además de los impactos que han venido generando los métodos convencionales de gestión de las aguas en entornos urbanos, la expansión urbana sobre la que hemos trabajado ha estado basada, en muchas ocasiones, en unos crecimientos no ajustados a la realidad socio-demográfica. Por ello, no solo es necesario realizar una reflexión sobre la forma en la que diseñar el crecimiento urbano sobre el territorio, sino analizar si esos nuevos crecimientos son necesarios en cada caso. Con esta cuestión queremos señalar que a pesar de las bondades que presentan los SUDS, es importante garantizar que ese crecimiento urbano sea estrictamente necesario.

En este sentido, cabría preguntarse: ¿Es realmente necesaria la expansión de esas nuevas 360 ha de suelo urbano que prevé el POTAUS para la cuenca del Riopudio? ¿Se ha tenido en cuenta las necesidades reales del territorio?

Por último, tras los resultados obtenidos en el presente estudio, es interesante presentar unas **líneas de investigación futuras** que tomen estos resultados como base para ampliar los conocimientos sobre la materia y llegar a un nivel de detalle superior en algunos aspectos.

Así, destacaríamos por un lado la intención de seguir desarrollando investigaciones que pudiesen ayudar a esclarecer de manera más específica las necesidades reales de crecimiento actual en el ámbito de estudio frente a la oferta de suelo existente y la nueva prevista. Por otro lado, sería necesario complementar los resultados de este trabajo con la realización de análisis más detallados sobre los impactos concretos que conllevarían esos nuevos aumentos de suelo, con una evaluación *ex ante* y *ex post*, precisando los datos y los cálculos referidos a las diferentes variables hidrológicas requeridas: niveles actuales de aportación a la cuenca, capacidad de infiltración, intensidades de precipitación, concentración y volumen de escorrentía en función de diferentes escenarios de impermeabilización, etc.).

La razón de lo propuesto se debe a la amenaza que supone la actual reactivación del sector de la construcción, frente a la cual intentaríamos aportar los estudios comentados, con el fin de mostrar los riesgos a los que potencialmente nos volvemos a enfrentar.

9. Fuentes y referencias

Bibliografía y webgrafía

Amarillo, A. (2018). “Saneamiento y depuración en Andalucía: Estudio de las muestras analíticas del año 2016. Evolución desde el 2013”. Ecologistas en Acción Andalucía. Sevilla. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/article35762.html>. Consultado el 20/03/2018.

Arnfield, A. (2003). “Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island”. International Journal of Climatology, 1, pp. 1-26. Disponible en: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.859>. Consultado el 16/03/2018.

Arrazola, C. (2015). “El control de los vertidos de las aguas residuales”. Blog *iAgua*, Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/carlos-arrazola/control-vertidos-aguas-residuales>. Consultado el 14/03/2018.

Asociación en Defensa del Territorio del Aljarafe (ADTA), Asociación Empresarial Aljarafe (AEA) et al. (2005). “Estrategia Territorial para el desarrollo económico del Aljarafe”. Disponible en: <http://www.adta.es/documentos/otrosdocumentos/2005%2003%2001%20LibroBlancoAljarafe.pdf>. Consultado el 14/10/2017.

Asociación en Defensa del Territorio del Aljarafe (2002). “Riopudio; corredor verde del Aljarafe”. Disponible en: <http://www.adta.es/actuaciones/riopudio/riopudio.html>. Consultado el 22/03/2018.

Asociación en Defensa del Territorio del Aljarafe (2011).

- “Segundo Informe sobre los cauces del Aljarafe” (2011a). Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B72YmtqnrxdxhZHFTWkl1WjR1QjQ/edit>. Consultado el 24/03/2018.
- “Documento de alegaciones a la «Propuesta de proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir»” (2011b). Disponible en:

<http://www.adta.es/actuaciones/agua/2011%2006%2015%20PHG-AlegacionesV3.pdf>.

Consultado el 4/04/2018.

Batiste Triadó, A. (2000). “El papel del municipio en el contexto comarcal y metropolitano”, en Plan General de Ordenación Urbana de Palomares del Río. Ayuntamiento de Palomares del Río, pp. 24-29.

Centro de Estudios Paisaje y Territorio (2014). “El Aljarafe y el Campo”, en Catálogo de Paisajes de Andalucía; Catálogo de Paisajes de la Provincia de Sevilla, Sevilla. pp. 141-149. Disponible en: http://paisajeyterritorio.es/assets/capa_sevilla.pdf. Consultado el 14/10/2017.

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2015);

- “Guía Ambiental del Arroyo Riopudio, Sevilla” (2015a).
- “Proyecto de Restauración Ambiental del Arroyo Riopudio, Sevilla” (2015b).
- “Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (2015-2021)” (2015c).

Cruz Villalón, J. (2003). “Características del desarrollo urbano reciente en Andalucía. El siglo XX”, en López Ontiveros, A. (coord.) Geografía de Andalucía, Ed. Ariel, Barcelona, pp. 433-462.

Del Moral, L., et al. (2015). “Sistemas de gestión sostenible del ciclo del agua en la rehabilitación integral de barriadas en Andalucía”, Proyecto Aqua-Riba. Sevilla.

Del Moral, L. y Ecotono (2017). “Participación y sensibilización ambiental para la conservación de los ríos de Andalucía”, Informe Andarriós. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Sevilla.

Department of Environment, Water, and Natural Resources (2013). “Creating more liveable and water sensitive cities in South Australia”. Government of South Australia, pp. 1-20. Disponible en : <http://www.environment.sa.gov.au/files/516f3ac2-16ff-43fd-b078-a26900b99a81/water-sensitive-urban-design-policy-gen.pdf>. Consultado el 21/03/2018.

Direction de l’urbanisme et des paysages (1982). “La maîtrise du ruissellement des eaux pluviales. Ministère de L’Urbanisme et du Logement”. Paris. Disponible en:

<https://www.oieau.fr/eaudoc/eaudoc/notice/LA-MAITRISE-DU-RUISSELLEMENT-DES-EAUX-PLUVIALES-0>. Consultado el 09/03/2018.

Fernández Tabales, A. (2018). Contenido teórico inédito de la asignatura Desarrollo Regional y Turismo en Andalucía. Universidad de Sevilla. Curso 2017/2018.

Fernández Tabales, A. y Cruz Mazo, E. (2011). “Territorio y actividad constructora: del «Tsunami» a la crisis. Factores explicativos y propuesta de indicadores a escala municipal en Andalucía”. Sevilla. Boletín Oficial de la Asociación de Geógrafos Españoles Núm. 56, pp. 79-110.

FISRWG (1998). “Stream corridor restoration; Principles, processes, and practices”. Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG). Iowa, USA: Soil and Water Conservation Society. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf. Consultado el 11/03/2018.

García Martín, M. (2014). “Transformaciones recientes en el Aljarafe Sevillano: de la vocación rural a la integración metropolitana”. Cuadernos Geográficos 53(2), pp. 25-53. Universidad de Granada. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17132953002>. Consultado el 21/03/2018.

Geohábitat © (2002). “Manual de diseño; la ciudad sostenible”. Ministerio de Economía. Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, pp. 1-166.

González del Tánago, M (2010). “Informe al proyecto de rehabilitación del arroyo Riopudio”. E.T.S. Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.

González Fustegueras, M. A. y De La Lastra Valdor, I. (2007). “La urbanización y su efecto en los ríos”. En González del Tánago, M. (coord.) Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Mesa de Trabajo de Urbanismo. Madrid, pp.1-42.

Hollis, GE. (1975). “The effect of urbanization on floods of different recurrence interval”. Water Resources Research 11(3), pp. 431–435.

Hollis, GE. and Ovenden, JC. (1988). “The quantity of stormwater runoff from ten stretches of road, a car park and eight roofs in Hertfordshire, England during 1983”. Hydrological Processes 2(3), pp. 227–243.

- Lara García, A. (2018). “Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible”. Documento no publicado facilitado personalmente por la autora.
- Naredo Pérez, J.M. (2004). “Desarrollo sostenible y territorio”, Urbanismo para un desarrollo más sostenible. Equilibrio territorio. Hacia una utilización más responsable del territorio, Colegio Oficial de Arquitectos, Illes Balears, Palma de Mallorca, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, pp. 17-31.
- Perales Momparler, S. y Andrés-Doménech, I. (2007). “Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia”. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rodríguez-Rojas, M. I., et al. (2017). “Guía para la integración de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en el proyecto urbano”. Edit. Editorial Universidad de Granada. Universidad de Granada
- Scalenghe, R. y Ajmonte Marsan, F. (2009). “The anthropogenic sealing of soils in urban areas”. Landscapes an Urban Planning, 90, pp.1-10. Disponible en: <http://course.bnu.edu.cn/course/hjdx/JXZY/dixuewenxian/1.pdf>. Consultado el 11/03/2018.
- Soriano Martínez, L. (2012): “El agua en el medio urbano”, en Guía de la Nueva Cultura del Agua. Disponible en: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/>. Consultado el 03/05/2018.
- Technische Commissie Bodem (2010). Advisory report on general conditions for soil sealing in urban areas. TCB A063, The Hague and references therein. Disponible en: <https://www.tcbodem.nl/english/publications/315-a063-2010-advisory-report-on-general-conditions-for-soil-sealing-in-urban-areas/file>. Consultado el 11/03/2018.
- Urrestarazu, S., Hayde, L., Pathirana, A. and De Fraiture, C. (2011). “Sustainable drainage systems as ecosystem services; Urban catchment in the city of Montevideo, Uruguay”. Sustainable Water Action (SWAN). Department of Water Science and Engineering, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.

Instrumentos de ordenación urbanística y territorial

- Ayuntamiento de Almensilla (2017). Avance Plan General de Ordenación Urbanística de Almensilla. Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 218, de 20 de septiembre de 2017, p. 18.

Ayuntamiento de Bormujos. Documentos de planeamiento urbanístico municipal:

- Memoria de Ordenación de Revisión del PGOU (2014). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 230, de 24 de noviembre de 2014, pp. 139-156.
- Plan Parcial de Ordenación sector Z-2; Parque Empresarial (2011). Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 51, de 2 de marzo de 2012, p. 32.

Ayuntamiento de Coria del Río (2001). Revisión de las Normas Subsidiarias de Planeamiento. Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 146, de 26 de junio de 2001, pp. 7.591-7.592.

Ayuntamiento de Espartinas. Documentos de planeamiento urbanístico municipal:

- Modificación del Plan Parcial del sector Pétalo-A (2014). Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 249, de 27 de octubre de 2014, p.83.
- Modificación Parcial del PGOU, creación sector Aprocom (2013) (anulado). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 47, de 8 de marzo de 2013, pp. 279-295.

Ayuntamiento de Gines (2012). Plan Parcial de Ordenación del sector Marchalomar. Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 249, de 25 de octubre de 2012, pp. 35-36.

Ayuntamiento de Madrid (2006).Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid. Boletín Oficial del Ayuntamiento de Madrid, núm. 5709, de 22 de junio de 2006, pp. 2410-2443.

Ayuntamiento de Palomares del Río (2000). Plan General de Ordenación Urbanística de Palomares del Río.

Ayuntamiento de Salteras (2009). Memoria de Avance del PGOU. Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla, núm. 229, de 2 de octubre de 2010, p. 47.

Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio (2009). Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla (POTAUS). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 132, de 6 de julio de 2009, pp. 68, 69, 100, 114, 115.

Normativas y resoluciones judiciales

Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 132, de 6 de julio de 2009, pp. 114-115.

Decreto 267/2009, de 9 de junio, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de la aglomeración urbana de Sevilla y se crea su Comisión de Seguimiento.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial nº L 327 de 22 de diciembre de 2000, pp. 1-73.

España. Tribunal Superior de Justicia de Andalucía (Sala de lo contencioso administrativo, Sección 2ª). Sentencia núm. 8839/2016, de 10 de octubre.

Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 154, de 31 de diciembre de 2002, pp. 25.084-25.145.

Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. Boletín Oficial del Estado, núm. 161, de 6 de julio de 2001, pp. 24228-24250.

Real Decreto 2159/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento para el desarrollo y aplicación de la Ley sobre régimen del Suelo y Ordenación Urbana. Boletín Oficial del Estado, núm. 221, de 15 de septiembre de 1978, pp. 21.592-21.606.

Datos espaciales y software

Esri (2014). ArcGIS, versión 10.2.2. [Software]. Esri Inc.

Instituto Cartográfico y Estadístico de Andalucía (2017). Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia./DERA/index.html>.
Consultado el 29/09/2017.

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2017). “Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo”, Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=ca74d2aa40504210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=7b3ba7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextfmt=rediamConsultado> el 29/09/2017.

Hemeroteca

Europa Press (09/07/2009). “Entra mañana en vigor el POTAUS tras su publicación en el BOJA”. Disponible en <http://www.europapress.es/andalucia/sevilla-00357/noticia-entra-manana-vigor-potaus-publicacion-boja-20090709184549.html>. Consultado el 25/10/2017.

El Mundo (25/01/2010). “Un puente se derrumba parcialmente sobre el río Pudio en Palomares”. Disponible en http://www.elmundo.es/elmundo/2010/01/25/andalucia_sevilla/1264428806.html Consultado el 24/04/2018.

Tragacete, M. (31/12/2017). “La Unidad Verde alerta de la proliferación de vertidos en las riberas y montes de la capital”. En Heraldo de Aragón. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza-provincia/zaragoza/2017/12/31/la-unidad-verde-alerta-proliferacion-vertidos-las-riberas-montes-capital-1216617-301.html>. Consultado el 12/03/2018.

Personas entrevistadas

Teresa Abato. Entrevista sobre el Área de Oportunidad Tierras Blancas (Salteras), impermeabilización de suelos y gestión de las aguas pluviales. Diciembre de 2017.

Indalecio De la Lastra Valdor. Los efectos de la expansión urbana sobre los sistemas fluviales y el papel de los SUDS. Abril de 2018.

Ángela Lara García. El papel y alcance de los SUDS en los impactos de la expansión urbana sobre el ciclo urbano del agua. Abril de 2018.

Juan Matutano Cuenca. Los impactos de la expansión urbana en la calidad de los ecosistemas fluviales. Mayo de 2018.

Juan Antonio Morales González. La Ordenación del Territorio en la comarca del Aljarafe. Octubre de 2017.