

OPORTUNIDADES Y PREVENCIONES EN LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESPACIAL AVANZADO AL PROYECTO DE RESTAURO DEL PAISAJE CULTURAL

Rebeca Merino del Río

Departamento de Proyectos Arquitectónicos. Universidad de Sevilla

Resumen

Para analizar las posibilidades que ofrece el software basado en los SIG aplicado a la investigación teórica y práctica en materia de paisajes culturales en torno a los sitios arqueológicos, se procede a realizar un estudio sistemático de la literatura científica indexada en las bases de datos con mayor impacto internacional. Esta revisión nos permite percatarnos del estado de la cuestión, así como descubrir aquellas aplicaciones y estrategias que se emplean de manera generalizada para cada campo de investigación y finalidad perseguida. El conocimiento de los últimos avances en la materia puede resultar beneficioso para nuestra investigación por cuanto puede ser integrado en las distintas fases de un método para diseñar itinerarios culturales en un intento por aumentar su nivel de innovación tecnológica.

Palabras clave: revisión sistemática de literatura; SIG; análisis espacial avanzado; restauro; paisaje cultural.

Abstract

A systematic review of the scientific literature indexed in those databases with a wider international impact is elaborated in order to analyse the range of opportunities offered by GIS-based software in the area of theoretical and practical research on cultural landscapes around archaeological sites. This review allows us to determine the state of the art, as well as to discover those applications and strategies that are generally used for each research field or intended aim. Knowledge of the recent discussions on the matter can be useful in that it can be integrated into the different phases of a method for designing cultural itineraries in an attempt to increase its level of technological innovation.

Key words: *systematic literature review; GIS; advanced spatial analysis; restoration; cultural landscape.*

1. Innovación y nuevas tecnologías en la investigación teórica y aplicada sobre paisajes culturales

La revisión sistemática de literatura científica aquí recogida constituye uno de los episodios intermedios para avanzar en la definición de una metodología para un proyecto de itinerarios culturales capaz de restituir las dinámicas de formación del paisaje (Merino, 2020). La finalidad de esta revisión es la de sentar las bases de la incorporación de las tecnologías de la información en un método para proyectar el paisaje desde el patrimonio, que sirva de marco general para el proyecto de itinerarios culturales, de tal forma que se incremente su nivel de innovación tecnológica. Además, persigue demostrar la idoneidad de una investigación como la que se propone a la vista del estado de la cuestión en que se encuentra la investigación.

En las últimas décadas el uso de visores y de herramientas para realizar análisis espaciales avanzados basados en los Sistemas de Información Geográfica se ha generalizado entre los técnicos que operan sobre el territorio. Entre ellos se encuentran no solo aquellos dedicados al proyecto en el espacio, como arquitectos y urbanistas (Ball, 2002; Purdum, 1999; Thompson *et al.*, 2011), sino también geógrafos, economistas, ecologistas, estadistas, etc. Ello se debía a que, por su naturaleza compleja, el territorio venía siendo objeto de estudio de numerosas disciplinas. La aprobación del Convenio Europeo del Paisaje de 2000 marca el inicio de una nueva tendencia científica que pone el foco en el potencial uso de las nuevas tecnologías y de herramientas innovadoras en materia de protección, gestión y ordenación de los paisajes culturales. La propia naturaleza integradora del concepto de *paisaje* ha promovido no solo un incremento de estudios especializados, sino también reflexiones interdisciplinarias que aglutinan a profesionales y académicos de distintas disciplinas y que encuentran en la alta interpretabilidad del concepto un pretexto para forzar una respuesta compartida. La voluntad integradora del Convenio Europeo del Paisaje fuerza así una superación de los límites disciplinares sin precedentes en torno al concepto de paisaje. En este sentido, la comunidad científica ha encontrado en los SIG la herramienta más apropiada para canalizar estos estudios multi- e interdisciplinarios, pues entre otras funcionalidades permiten la visualización espacial simultánea de conjuntos de datos de naturalezas diversas o la realización de análisis multicriterio sobre un modelo de trabajo georreferenciado. Muestra del creciente interés por la aplicación de las nuevas tecnologías al estudio sobre el paisaje es el aumento de investigaciones que ponen el foco en el potencial de estas herramientas para trabajar sobre los distintos aspectos del *paisaje* que se aprecia en la última década.

Por la escala geográfica territorial a la que se refiere el proyecto de arquitectura del paisaje, así como por su clara disposición a integrar la dimensión paisajística en la proyectual —y por lo tanto a integrar un gran número de sensibilidades y connotaciones en el proyecto—, se considera que las aplicaciones basadas en los SIG pueden ser de gran utilidad para asistir al arquitecto durante el proceso de diseño. Se presupone así que los SIG pueden contribuir a la integración efectiva de diferentes estudios en el proyecto de arquitectura del paisaje, lo que fomentaría una mayor aproximación de nuestra propuesta al proyecto integrado de territorio en la medida en que se fomenta una aproximación multi- o interdisciplinar al problema que supone ordenar el territorio. Como ocurriera con otros aspectos de la metodología

que requieren de la consideración previa de distintos factores, antes de avanzar sobre una propuesta concreta para implementar los SIG en un protocolo para proyectar itinerarios culturales en clave territorialista se deben analizar las posibilidades concretas que ofrecen estos sistemas en relación con la investigación teórica y práctica sobre los paisajes culturales, la arqueología y los itinerarios. La selección de estas categorías responde a la inicial orientación de la investigación a la aplicación práctica de la metodología a las áreas de influencia de sitios arqueológicos donde la densidad de evidencias materiales con valor patrimonial es elevada. Si bien para la primera parte de la tesis, con un marcado carácter teórico y orientada a la configuración de una metodología exportable a distintas ubicaciones, la incorporación de la componente de la arqueología pudiera no resultar oportuna, se defiende que para la aplicación al caso práctico esta consideración es fundamental. Esta ampliación de la búsqueda nos permite observar las respuestas aportadas desde el ámbito científico al problema que supone proteger, gestionar y ordenar paisajes culturales en los que la componente arqueológica posee un peso específico.

Para analizar las posibilidades que ofrece el *software* basado en los SIG en el campo de la investigación teórica y práctica sobre paisajes culturales en torno a los sitios arqueológicos se procede a realizar un estudio sistemático de la literatura científica indexada en las bases de datos con mayor impacto. Esta revisión nos permite conocer el estado de la cuestión, así como descubrir aquellas aplicaciones y estrategias que de manera generalizada se emplean para cada tipo de investigación y finalidad perseguida. El conocimiento de los últimos avances en la materia puede resultar beneficioso para nuestra investigación por cuanto pueden ser incorporados a las distintas fases del protocolo para el proyecto de itinerarios en un intento por aumentar su nivel de innovación tecnológica. De manera concreta, se atiende a las posibilidades de los SIG en relación con la ordenación de los paisajes culturales, aun cuando estos estudios veremos que no son mayoritarios y, por consiguiente, la muestra no es representativa.

2. Revisión sistemática de literatura científica: método

En primer lugar, se procede a extraer la muestra, para lo que es necesario determinar una serie de parámetros y elementos de obtención. La selección definitiva se realiza tras contrastar los resultados y reajustar los parámetros y elementos iniciales. Se considera una muestra válida aquella que, con más de cien elementos, posee una cierta heterogeneidad y es indicativa del estado de la cuestión constatado. La muestra es posteriormente examinada cuantitativa y cualitativamente. La revisión sistemática se realiza de acuerdo con la metodología propuesta por Gough, Oliver y Thomas (2012; 2013). Consta de diez pasos: 1) la verificación de la necesidad de una revisión de la literatura, 2) la definición de las preguntas, 3) la definición de los criterios de inclusión y de exclusión de las publicaciones para la obtención de la muestra, 4) la elección de las bases de datos para la búsqueda de publicaciones, 5) la monitorización del proceso, 6) la codificación y selección de información relevante de los estudios para responder a las preguntas del paso 2, 7) el mapeo, clasificación y categorización de la información de las publicaciones con vista a completarse en las fases 8 y 9, 8) la evaluación de la calidad y de la relevancia de los estudios, 9) la síntesis de los datos codificados para contestar a las preguntas, y 10) la difusión de los resultados.

Las bases de datos empleadas para realizar la revisión sistemática de la bibliografía son Web of Science y Scopus, las dos bases de referencia a nivel internacional. Al igual que hiciera Ferreira Lopes (2018), se opta por estas dos bases de datos puesto que en ellas se incluyen artículos de las publicaciones con mayor impacto internacional, como son Elsevier, Taylor y Francis, Sage, etc., así como importantes actas de congresos, entre ellas las del *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (ISPRS Archives) donde se compendian buena parte de las publicaciones sobre patrimonio y las tecnologías de la información. Se es consciente de que existe un reseñable número de publicaciones de calidad no indexadas o indexadas en bases de datos de menor impacto. Sin embargo, y dado que también se pretende contemplar el estado de la cuestión y ponderar la oportunidad del tema propuesto con la mirada puesta en la difusión de los resultados, se concluye que la muestra obtenida en estos catálogos es suficientemente significativa para subrayar la idoneidad o no del tema propuesto a nivel internacional y desvelar aquellas aplicaciones de los SIG más extendidas en relación con el movimiento en el territorio y la restitución de paisajes culturales.

En primer lugar, se ha llevado a cabo la determinación del número de palabras clave, un hecho que, si se desea obtener una muestra mínima válida, debe ser objeto de crítica y revisión (Merino, Tejedor y Linares, 2019). La restringida búsqueda inicial a tres términos se amplía a cuatro elementos, lo que nos permite atender más facetas de la investigación. Para que la búsqueda arroje una muestra suficientemente amplia, se opta por combinar los elementos en grupos de tres. La combinación de cuatro elementos de tres en tres da lugar a cuatro combinaciones distintas que serán las que se introduzcan en los campos de búsqueda. Se descarta la opción de realizar una búsqueda con cinco términos por el elevado número de combinaciones que resultan de agruparlos de tres en tres. La combinación en grupos de dos se descarta por el elevado número de resultados arrojados que, si bien son interesantes como complementos temáticos, se alejan en exceso del tema de la investigación.

La búsqueda definitiva se basa en la combinación en grupos de tres en tres de cuatro elementos. Estos cuatro elementos seleccionados son el término SIG, la componente *archaeo**, la operación (*route OR path*) y la conjunción *cultural landscape*. Se puede observar que para ampliar la búsqueda a los términos *archaeology* y *archaeological* en los campos de búsqueda se introduce el componente *archaeo* seguido del signo * que dilata la indagación a todos los términos que lo incluyen. Inicialmente la búsqueda se restringió en el tercer elemento al término *route*, lo que en adelante se consideró insuficiente. Así, se realizó una segunda búsqueda sustituyendo este término por *path*, el elevado número de entradas diferentes evidenció la idoneidad de esta decisión. Se procedió a eliminar los elementos repetidos, tal y como habría operado en el buscador de las bases de datos la operación (*route OR path*). El uso de los operadores AND y OR (comúnmente denominados booleanos) se emplea para que la búsqueda considere las cuatro combinaciones diferentes. Se debe reseñar la decisión de no incluir términos como *metodology* entre los elementos de búsqueda. El escaso número de entradas que arroja la búsqueda incluyendo este término han forzado esta decisión. Igualmente, el término *Itálica* se ha obviado por la inexistencia de artículos y comunicaciones que lo contienen en las bases de datos señaladas.

Dado que el objetivo de esta revisión sistemática de literatura es conocer tanto el tipo de estudio como identificar las funcionalidades SIG más extendidas en relación con el estudio de los paisajes culturales, las preguntas que estructuran el análisis de los resultados son las siguientes:

P1. ¿Desde qué rama de conocimiento se acomete el estudio? Cuatro categorías han sido consideradas: arquitectura e ingeniería, humanidades, ciencias y ciencias sociales.

P2. ¿Cuál es el campo de la investigación? Se establecen tres campos de investigación: la investigación documental, en innovación tecnológica y de desarrollo experimental.

P3. ¿Cuál es el campo de aplicación de los SIG? Se distinguen seis categorías: la difusión, la predicción y evaluación del impacto, del desarrollo de acciones de protección, gestión y ordenación, el análisis y la investigación, el inventariado y catalogación y, finalmente, las reflexiones de índole metodológica sobre el uso y posibilidades de los SIG.

P4. ¿Qué funcionalidad SIG destaca predominantemente? No se establecen categoría prefijadas, pues existe un gran número de variables.

Se procede a la definición de los criterios de inclusión y de exclusión que serán los que condicionen la muestra de estudio. Se consideran aquellos artículos o comunicaciones que tienen en los que al menos tres de los cuatro elementos de búsqueda articulan el título o resumen (CI1). El filtrado de los resultados obtenidos no se ha limitado a aquellos artículos publicados o en prensa, sino que se ha ampliado a las comunicaciones presentadas a congresos, por estimarse que dicha producción también puede resultar de interés (CI2). Se opta por realizar la búsqueda en inglés, por cuanto la mayor parte de las entradas en dichas bases de datos están en este idioma —al menos el título, el resumen y las palabras claves— aunque el contenido principal no sea consistente. Se consideran para su evaluación aquellas aportaciones en las que el contenido principal está redactado en inglés o español (CI3). La búsqueda no se limita temporalmente, habiéndose decidido incluir aquellos trabajos publicados hasta 2018 (CI4). En un primer filtrado de las entradas, se elimina el contenido que está duplicado por recogerse en ambas bases de datos (CE1). Tras la lectura superficial de los títulos y resúmenes disponibles, se procede a excluir aquellas entradas que se alejan de la temática principal objeto de estudio (CE2). No se ha restringido la búsqueda solo a aquellas entradas en las que el texto completo se encuentra disponible, puesto que se observa que numerosos resultados que no se engloban dentro de esta selección, sí que se encuentran disponibles gracias a las suscripciones provistas por la Universidad de Sevilla. Será fruto de un filtrado posterior, la sustracción de aquellas entradas inaccesibles con los medios existentes o cuyo contenido resulte ininteligible por cuestión de idioma (CE3). En último lugar, como resultado de una revisión cualitativa que implica una lectura del texto completo, se eliminan aquellas entradas que, por no incluir reflexión alguna sobre la aplicación de los SIG al estudio de paisajes culturales, se alejan del objeto de esta revisión (CE4). Esta exclusión podía haberse satisfecho eliminando la operación de búsqueda que obviaba el elemento GIS de los criterios de búsqueda, si bien habida cuenta del interés tangencial que suscitan

estas entradas, se considera acertada la decisión de incorporar la operación, a pesar de que mayoritariamente las entradas arrojadas son eliminadas en este último paso.

La búsqueda en Web of Science arroja un total de 165 resultados, de los cuales 32 entradas se encuentran repetidas, 12 son inaccesibles desde la Universidad de Sevilla y 26 no son considerados porque la temática se aleja en exceso del tema. Para ello se ha contrastado el contenido de los resúmenes disponibles en las bases de datos. Ello resulta en un total de 95 artículos y comunicaciones considerados para un análisis posterior procedentes de Web of Science. La búsqueda en Scopus arroja un total de

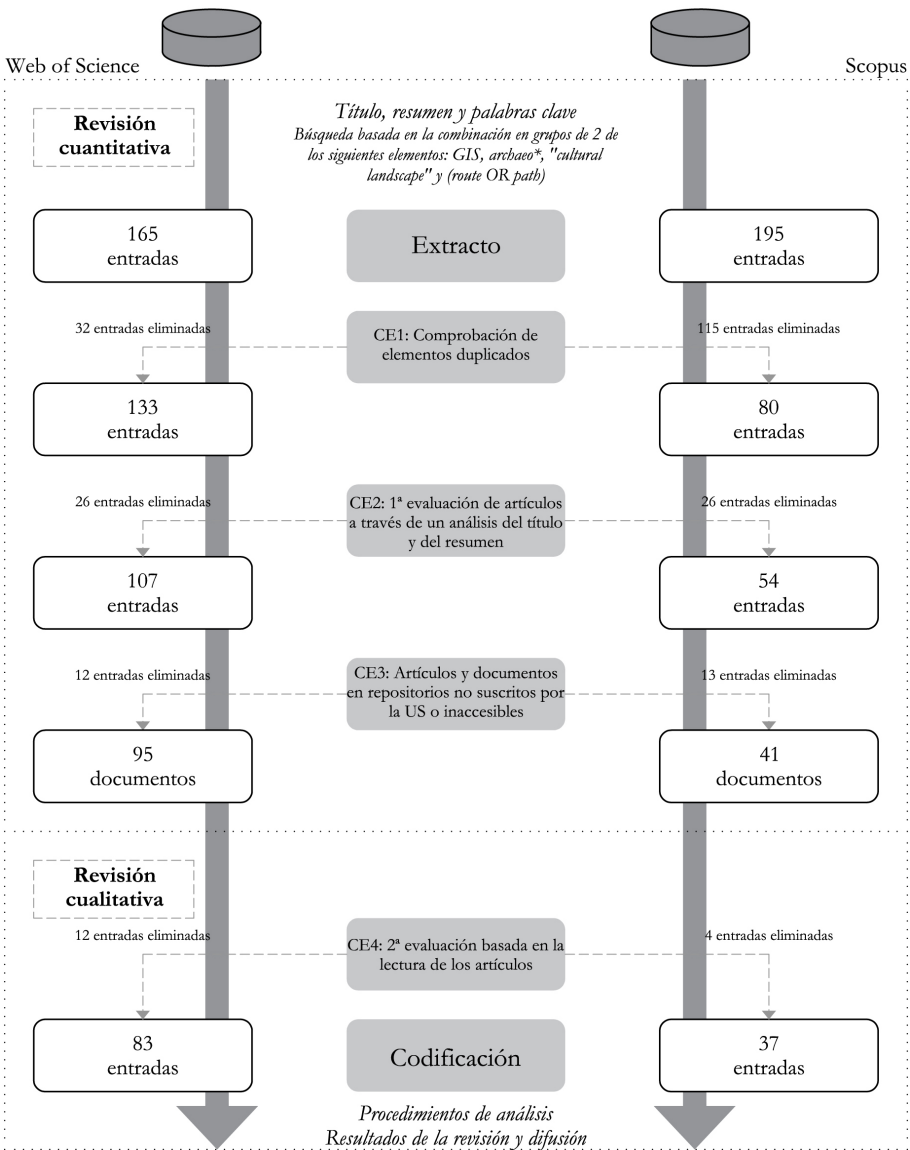


Figura 1. Flujo del proceso de revisión. Elaboración propia.

195 resultados, de los que, tras contrastarlos entre sí y con los resultados procedentes de Web of Science, se han eliminado 115 por estar duplicados, 13 por ser inaccesibles y 26 porque la temática se aleja del tema. Se aíslan para un análisis posterior un total de 41 artículos y comunicaciones procedentes de Scopus. Esta muestra se somete posteriormente a revisión cualitativa lo que fuerza la sustracción adicional de 16 entradas que, por no considerar la aplicación de los SIG al estudio de los paisajes culturales, se estima que no arrojan información codificable de acuerdo con los objetivos establecidos. En la figura 1 se puede observar el flujo del proceso de revisión.

Para realizar la evaluación de los resultados de la muestra de los 136 documentos que resultan de sucesivos procesos de descarte tras la revisión cuantitativa, se diseña una base de datos en la que para cada documento se incorporan cuatro columnas en las que se sistematiza la información que responde a las cuatro preguntas a las que nos referíamos anteriormente. Ello facilita el proceso de codificación, así como el de descarte de índole cualitativa de aquellas entradas (16) que, por no arrojar datos en las dos últimas columnas, se considera que no aportan información codificable de acuerdo con las preguntas propuestas. A continuación, se presenta la muestra objeto de codificación extraída en los primeros meses de 2019, momento en el que la tesis aún se encontraba en un estadio inicial y en el que la revisión de la literatura científica contribuyó a centrar el objeto de la investigación.

3. Revisión sistemática de literatura científica: resultados de la revisión

De la revisión sistemática de los resúmenes resulta no solo la extracción de la muestra de aquellos resultados duplicados, inaccesibles o que poseen una temática claramente dispar, sino también la realización de una codificación de la información del texto completo de acuerdo con cuatro categorías que responden a las cuatro preguntas que postulábamos más arriba.

Tras la revisión cualitativa de los resúmenes se procede con un primer inventariado de los artículos y comunicaciones de acuerdo con las ramas de conocimiento donde se engloba la investigación y el tipo de estudio predominante en cada una. Ello nos permite, por un lado, detectar aquellas ramas en las que hay un mayor número de investigaciones relacionadas con el tema propuesto y, por otro, valorar qué tipos de estudios son mayoritarios para cada una de ellas.

La distribución de los documentos por la rama de conocimiento es la siguiente: 22 entradas pertenecen a la disciplina de la arquitectura e ingeniería, 91 al área de las humanidades, tres a las ciencias sociales y cuatro a las ciencias naturales. La mayor parte de resultados son, por lo tanto, estudios que se engloban dentro del campo de las humanidades, perteneciente en su mayoría a las disciplinas de la arqueología, la historia o la geografía. Aunque con menor peso, destacan las entradas de disciplinas como la arquitectura, el urbanismo o la ingeniería civil.

La segunda categoría objeto de revisión cuantitativa constata el tipo de estudio que se organiza en tres categorías: los estudios de innovación tecnológica que suman 21 documentos, aquellos de investigación de desarrollo experimental

que comprenden 22 documentos y aquellos de investigación documental con un total de 77 documentos. La distribución de los resultados al considerar estas dos variables, la rama de conocimiento y el tipo de estudio, nos permite comprobar que mayoritariamente el uso de los SIG en los estudios pertenecientes a la rama de las humanidades persigue un desarrollo de la capacidad crítica y de reflexión a través del análisis, la interpretación y la confrontación de la información recopilada. De los 91 documentos de humanidades, 75 desarrollan una investigación de índole documental. Fundamentalmente este tipo de investigaciones consigue resultados originales que son de interés para la disciplina del investigador. Por su lado, dentro de los artículos y comunicaciones englobados dentro en la rama de la arquitectura y la ingeniería, destacan aquellos en los que la investigación persigue la innovación tecnológica. De los 22 documentos pertenecientes a esta rama, 14 persiguen poner en práctica una idea, concepto o conocimiento en forma de nuevos productos, procesos o servicios. Deben reseñarse a este respecto aquellos documentos que dentro de la rama de la arquitectura y la ingeniería desarrollan investigaciones de desarrollo experimental. Aunque minoritarios, en comparación con el número de entradas de la misma rama de conocimiento, suponen una proporción que debe ser reseñada. La exploración de los límites de la tecnología aplicada al estudio de paisajes culturales y de nuevos procedimientos o métodos, como por ejemplo la combinación de software o la incorporación de nuevos instrumentos o algoritmos para lograr un mayor provecho y precisión de los resultados, son los objetivos perseguidos por estas entradas.

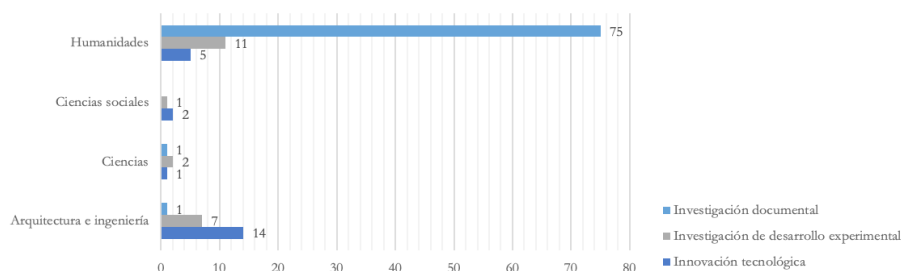


Figura 2. Distribución gráfica de los documentos por la rama de conocimiento y tipo de estudio. Elaboración propia.

En relación con la tercera pregunta, en la que poníamos el foco en el campo de aplicación concreto de los SIG al estudio considerado, se obtiene la siguiente distribución: en 62 de las entradas la aplicación de los SIG se orienta al análisis e investigación de los paisajes culturales y la movilidad a través del territorio; en once se orienta al desarrollo de acciones de protección, gestión y ordenación de los paisajes culturales y la movilidad; en diez de las entradas la aplicación de estos sistemas persigue la predicción y evaluación, en ocho casos el uso de los SIG persigue el inventariado y catalogación y solo en un caso la aplicación claramente persigue la difusión de los resultados. En tres de los documentos se lleva a cabo una reflexión metodológica sobre la aplicación de los SIG al estudio de la movilidad en relación con la construcción de los paisajes culturales.

Se observa el uso mayoritario de los SIG para realizar análisis, fundamentalmente en investigaciones de índole documental que como veíamos anteriormente son predominantes en los estudios del área de las humanidades. En 72 de las 77 entradas

englobadas en estudios de índole documental se aprecia un uso analítico y orientado a la investigación de las herramientas. En segundo lugar, observamos un notable uso de los SIG tanto para el desarrollo de acciones de protección, gestión u ordenación, como para la realización de inventariados y catálogos o para la predicción y evaluación. El reparto de los resultados entre estos campos de aplicación de los SIG es equitativo, con apenas uno o dos resultados de diferencia. No obstante, se produce una clara polarización de los resultados por tipo de estudio. Mientras que la aplicación de los SIG a la protección, gestión y ordenación y al inventariado y catalogación son mayoritarios en los estudios de innovación tecnológica, aquellos en los que el uso se orienta a la predicción y evaluación son mayoritarios en los estudios de desarrollo experimental.

En respuesta a la cuarta pregunta la revisión cualitativa del texto completo de los artículos y comunicaciones nos permite aislar una serie de herramientas de análisis predominantes en 91 de las 120 entradas. Las 29 entradas para las que no se ha sido capaz de identificar un valor predominante se refieren mayoritariamente a aquellos estudios en los que las herramientas SIG se orientan al inventariado y la catalogación, a la difusión o a las acciones de protección, gestión y ordenación. En estos casos se observa que los SIG se utilizan para incorporar información georreferenciada a un modelo espacial por medio del uso de tablas de atributos o para poner en valor determinados elementos gracias al uso de filtros y de la manipulación gráfica.

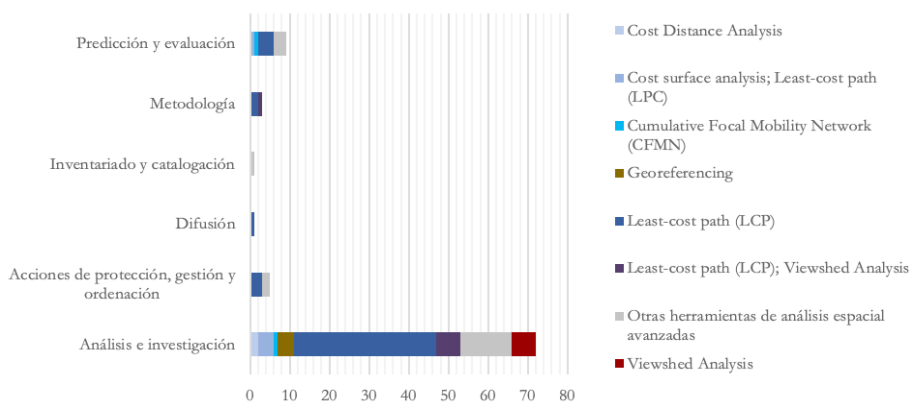


Figura 3. Distribución de resultados por campo de aplicación de los SIG y herramientas de análisis predominantes. Elaboración propia.

En 58 de las entradas se emplea el cálculo de rutas óptimas *Least-cost path (LCP)* entre las distintas herramientas de análisis que ofrece el *software* basado en los SIG. En aquellos casos en los que, antes del cálculo de la ruta óptima, se desarrollan ampliamente otras herramientas emparentadas, como la de *Cost Surface analysis*, ambas se incluyen en la base de datos. La otra herramienta que se emplea en 13 de las 91 entradas es la del análisis de visibilidad *Viewshed*. Estas cifras se refieren tanto a los estudios en los que el uso de la herramienta de análisis es aislado como a aquellos casos en los que se emplean varias herramientas. Como se observa en el gráfico de distribución de los resultados por campo de aplicación de los SIG y la herramienta de análisis predominante (figura 3), aquellas herramientas relacionadas con los cálculos lineales (sombreadas con distintas tonalidades de azul) predominan

en los estudios en los que el campo de aplicación está relacionado con la predicción y la evaluación, la revisión metodológica y el análisis e investigación. La herramienta de cálculo de visibilidad se emplea en aquellas investigaciones de índole documental, sola o en combinación con otras herramientas, como el cálculo de rutas óptimas. Aunque puntual, se debe destacar también el uso de la georreferenciación en artículos y comunicaciones donde el campo de aplicación de los SIG es el análisis. Los artículos de corte metodológico tratan de avanzar hacia un uso más preciso de la funcionalidad para calcular rutas óptimas. Los resultados obtenidos, más allá de ser representativos de las herramientas predominantes, no dejan de responder a los criterios de búsqueda introducidos, en los que la componente (*route OR path*) atrae a aquellos estudios en los que las principales herramientas del entorno SIG tienen que ver con cálculos longitudinales o de distancias.

4. Revisión sistemática de literatura científica: discusión

Mayoritariamente la muestra recoge artículos y comunicaciones propios de estudios pertenecientes a la rama de la arqueología o la historia. La significativa, pero relativamente escasa, colección de artículos que podrían englobarse en las disciplinas de la arquitectura o la ingeniería civil, puede deberse, entre otras razones, a que el número de revistas temáticas indexadas en estas bases de datos es menor y aún se está consolidando la incorporación de estas materias al mundo de las publicaciones científicas, especialmente de la arquitectura. Entre los artículos descartados por poseer una temática demasiado dispar tras la primera revisión cuantitativa, se encuentran un gran número de estudios perteneciente a las ciencias de la naturaleza que tratan de analizar la evolución de ciertos paisajes culturales, pero en los que la presencia humana no es determinante. El reducido número de entradas de la rama de arquitectura y de la ingeniería civil se defiende que es indicativo de que aún existe un notable campo de investigación para estas disciplinas en relación con los paisajes culturales. Además, permite constatar la oportunidad de investigar sobre la incorporación de las funcionalidades basadas en los SIG al desarrollo de estrategias innovadoras de protección, gestión y ordenación de los paisajes culturales.

Se concluye del análisis de la distribución de los resultados de las dos primeras categorías que el campo de investigación con un mayor índice de probabilidades de publicación para el campo de la arquitectura y las ingenierías civiles es aquel relativo a la innovación tecnológica. Es decir, aquel orientado a la incorporación de herramientas tecnológicas a la definición de modelos novedosos de protección, gestión y ordenación de los paisajes culturales. Puesto que la investigación documental también posee un cierto peso, y dado que la disciplina arquitectónica tiene la capacidad de aunar la vertiente tecnológica y humanística, se defiende que una incorporación de los SIG al protocolo para proyectar itinerarios culturales que atienda a la investigación documental y persiga la innovación tecnológica es una opción idónea.

Habiendo puesto el punto de mira en los estudios orientados a la innovación tecnológica, por ser aquellos mayoritarios para las disciplinas de la arquitectura y las ingenierías civiles, la revisión de literatura permite concluir que el campo de

aplicación de los SIG debe ser orientarse bien el desarrollo de acciones de protección, gestión y ordenación o bien el inventariado y catalogación. Aunque minoritaria, la aplicación de los SIG al análisis y la investigación debe ser considerada si lo que se persigue es una respuesta multi- o interdisciplinar al problema de proteger, ordenar y planificar paisajes culturales, pues se fuerza así la incorporación de estudios de otras disciplinas al proyecto y por consiguiente el método y usos característicos que se hacen de los SIG y las herramientas de análisis.

Los artículos analizados han resultado de gran utilidad para esbozar una posible metodología de trabajo, así como para prevenirnos de tomar caminos aparentemente novedosos que, sin embargo, pueden carecer de científicidad o se alejan en exceso de los objetivos propuestos. Así, algunas entradas prometedoras, como la de Marichela Sepe, que presenta los *experiential paths* como una posible solución a la falta de contextualización urbana del conjunto arqueológico de Pompeya (Sepe, 2015), mayormente se trata de una caracterización de las principales vías de acceso en busca de una mayor diversificación de la actividad turística. Por otro lado, resulta especialmente interesante la lectura en profundidad de aquellas entradas en las que se analizan las posibilidades técnicas y metodológicas que ofrecen los SIG en relación con los paisajes culturales o la arqueología puesto que proporciona una base sólida de manejo de las herramientas (Herzog, 2014: 36; White, 2015). No obstante, se debe ser consciente que este no es un campo de investigación predominante para el área de la arquitectura y las ingenierías civiles.

Un elevado número de los documentos analizados toman como casos de estudio yacimientos arqueológicos muy distantes del ámbito físico de nuestra propuesta. Solo diez de las entradas son estudios de caso en distintos puntos de la península Ibérica. Lejos de interpretarse como una oportunidad, la escasa presencia de artículos en los que el caso de estudio se limite al ámbito nacional se puede deber a la notable dificultad para publicar en lengua inglesa.

En un elevado número de entradas se trata de plantear hipótesis sobre los esquemas pretéritos de ordenación territorial. Ello requiere, especialmente cuando se trabaja con fases de territorialización pretéritas, una labor de reconstrucción, pues el número de evidencias materiales que atestiguan la existencia de los elementos patrimoniales suele ser muy reducido y encontrarse fragmentado. Se observa que, en muchos de los estudios de caso, el análisis espacial avanzado a través de software basado en los SIG trata de completar los cuadros cognitivos esbozados a partir de las evidencias materiales y de las investigaciones teóricas. Este tipo de investigación documental, desarrollada habitualmente por arqueólogos, geógrafos e historiadores, podría ser incorporada a la metodología, lo que revertiría en un aumento de la interdisciplinariedad. Concretamente, en la muestra objeto de esta revisión sistemática de la literatura son numerosos los artículos en los que las herramientas basadas en los SIG se emplean para perfeccionar y demostrar hipótesis sobre la movilidad en época romana (Abou Diwan and Doumit, 2017; Güimil-Fariña y Parcero-Oubiña, 2015; Orengo y Livarda, 2016; Pazout, 2017; Verbrugghe, Clercq and Eetvelde, 2017; Volkmann, 2017). En los estudios mencionados, la utilización de los SIG viene a facilitar la comprensión de fenómenos relacionados con el movimiento en el territorio. Las distintas utilidades del software se emplean

para recrear los posibles desplazamientos, contrastándose esta información con la existente hasta fecha, refutándose o aceptándose teorías existentes.

Ninguno de los artículos o comunicaciones orientados hacia la innovación tecnológica en los que el campo de aplicación de los SIG es la protección, gestión y ordenación de los paisajes culturales (Batista, Mascarenhas y Mendes, 2015; Bruno y Perrotta, 2012; Cirillo *et al.*, 2014; Fuschi y Meda, 2013; Huyzendveld *et al.*, 2012; Innocenti, 2017; Meini *et al.*, 2014; Ruíz, Rodríguez y Coronado, 2017; Spanò *et al.*, 2016) se centra en el proyecto de itinerarios como una estrategia de arquitectura del paisaje capaz de contribuir a una ordenación ecológica del territorio. Tampoco se aprecia en ninguna de estas entradas una labor de conceptualización o de definición metodológica capaz de guiar el proyecto de los itinerarios culturales. Ello nos permite verificar la oportunidad de una investigación como la que se propone en la que los SIG y concretamente el uso de sus herramientas de análisis asisten al arquitecto en aquellos casos en los que el diseño trata de restaurar las dinámicas de formación del paisaje cultural.

5. Herramientas de análisis espacial basadas en los SIG para el proyecto de arquitectura en el paisaje

Después de extraer las principales herramientas de análisis basadas en los SIG que pueden contribuir al proyecto de itinerarios culturales y de haber evaluado de qué forma se distribuyen por área de conocimiento, campo de investigación y ámbito de aplicación de los SIG, se está en disposición de plantear una posible hipótesis sobre su incorporación al método en tres fases para un proyecto de itinerarios culturales como estrategia de restauración de las dinámicas de formación del paisaje. Para que el diseño se oriente a esta restauración se toma como referencia un marco de trabajo intermedio basado en la metodología analítica para la proyección identitaria del territorio.

Por el carácter analítico de los estudios que deben ser tenidos en cuenta en la elaboración de las *descripciones estructurales de síntesis*, en la primera fase nos interesan aquellas aplicaciones de los SIG que se refieren al análisis y la interpretación, y al inventariado y catalogación. Dentro de las descripciones estructurales destaca en nuestro caso el análisis de los procesos de territorialización. Este análisis consiste fundamentalmente en un estudio comparado de los distintos esquemas de ordenación territorial que han caracterizado cada fase de territorialización en que se ha sistematizado el estudio. A tal fin, el uso de herramientas de análisis espacial avanzado como *Least-cost path*, *Georeferencing* o *Viewshed* ha demostrado ser de utilidad para completar la información georreferenciada de acceso público o procedente de otros estudios especializados. Cuando los cuadros cognitivos resultasen incompletos —incluso después de incorporarse la información procedente de la literatura científica donde se hace un uso de las herramientas de análisis espacial avanzado aplicado al caso de estudio—, se puede promover desde la metodología el uso del *software* basado en los SIG para completar los esquemas de ordenación territorial.

Si bien en la primera fase del marco de trabajo la aplicación de las distintas herramientas de análisis espacial avanzado resulta beneficiosa —pues asiste al arquitecto en la elaboración y el perfeccionamiento de los distintos cuadros cognitivos sobre la evolución del patrimonio territorial para el área de estudio—, se defiende que en la segunda fase el uso de estas herramientas no debe favorecerse, al menos desde un punto de vista metodológico. Ello no significa que el recurso de los SIG se agote en esta fase, al contrario, se sostiene que su uso como herramienta de visualización y representación es fundamental, pues permite la manipulación y la percepción simultáneas de distintos conjuntos de datos georreferenciados que apoyan la labor de síntesis que caracteriza la segunda fase de *interpretación identitaria y estatutaria*. Por el elevado número de variables que deben ser cuidadosamente consideradas y el carácter subjetivo con el que necesariamente deben realizarse la interpretación y el filtrado necesarios para identificar el patrimonio territorial como parte constituyente de las cuatro invariantes estructurales, la actividad del arquitecto no puede descansar sobre el resultado abstracto de un análisis a través de las herramientas basadas en los SIG. Lo mismo ocurre con la extracción de las reglas de reproducibilidad, un proceso de síntesis subjetivo en el que los SIG básicamente asisten al arquitecto en la medida en que permiten ver la evolución de un determinado fenómeno a través de distintas capas superpuestas. Si bien la incorporación de algoritmos complejos permite obtener resultados más precisos que atienden a distintas variables cuantificables, en ningún caso el proyecto de arquitectura del paisaje debe constreñirse por sus resultados, pues los aspectos identitarios que han determinado la formación del paisaje cultural difícilmente pueden codificarse.

En la tercera fase de *definición del escenario estratégico*, en la que se establecen una serie de objetivos de calidad y se desarrolla propiamente el proyecto de itinerarios culturales, la incorporación de herramientas de análisis espacial avanzado debe subsumirse, como ocurriera en la anterior fase, a la necesaria interpretación que el arquitecto debe hacer de las necesidades de cada lugar atendiendo a las conclusiones subjetivas extraídas de la primera y la segunda fase. Herramientas como *Least-cost path* o *Viewshed* podrían ser aplicadas para apoyar una determinada decisión de proyecto con fines prácticos, como por ejemplo para la elaboración de un tramo viario o para justificar la localización de un mirador con base en el elenco de visuales que se perciben desde un punto concreto. Entre las herramientas y métodos de análisis no considerados destacan los modelos de localización óptima. Su uso en relación con los paisajes culturales no está extendido entre la comunidad de arquitectos y urbanistas investigadores, tal y como lo atestigua la revisión sistemática de literatura. La aplicación de estos modelos —mayormente empleados en estudios económicos orientados a la optimización del uso de los recursos— a la disciplina arquitectónica como modelos de asistencia al arquitecto en la parte estratégica de un método para ordenar el paisaje en clave territorialista, se estima que es un campo de estudio que presenta un enorme potencial.

Tras una revisión en profundidad de la literatura científica, se concluye que el éxito y la eficiencia del método depende de un cuidado equilibrio entre la interpretación del diseñador/arquitecto y el ámbito de aplicación de las tecnologías de la información. En ningún caso se defiende que el resultado automatizado de la aplicación de las tecnologías de información pueda suplir la necesaria labor interpretativa del

arquitecto que trata de restituir las dinámicas de formación de los paisajes culturales por medio del proyecto de los itinerarios culturales. Como cualquier operación de restauración, esta restitución es subjetiva por cuanto comporta una revisión del pasado que necesariamente ha de ser interpretativa. Así, se desaconseja el uso de modelos predictivos basados en la aplicación de algoritmos en las fases interpretativas por la complejidad histórico-estructural asociada a la construcción del territorio y el paisaje. El manifiesto recelo a basar la metodología en la introducción de las tecnologías de la información estriba también en el hecho de que los mayores niveles de eficiencia se cree que se obtienen poniendo el foco en la innovación metodológica y no en la tecnológica. Giuliano Volpe señala que este es un desafío generalizado en un artículo reciente. En relación con la introducción de estas herramientas a la arqueología de la territorialidad, advierte: “cuando se enriquece del uso de las tecnologías avanzadas, cierta arqueología corre el riesgo de permanecer ligada al tecnicismo, al tecnologismo, al descriptivismo, confundiendo la innovación tecnológica con la innovación metodológica” (Volpe, 2017: 27). La metodología debe guiar y condicionar el uso de las herramientas tecnológicas y no al contrario. En esta aproximación, la medida incorporación de las herramientas de análisis basadas en los SIG en las distintas fases del método persigue fundamentalmente facilitar la labor de comprensión y de visualización de fenómenos espaciales complejos que tienen lugar en el territorio y siempre se subsume a la labor de interpretación del arquitecto.

Bibliografía

- ABOU DIWAN, G. y DOUMIT, J., 2017. The Berytus-Heliopolis Baalbak Road in the Roman Period: A Least Cost Path Analysis, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 17(3), pp. 225-241.
- BALL, J., 2002. Towards a Methodology for Mapping 'Regions for Sustainability' Using PPGIS, *Progress in Planning*, 58, pp. 81-140.
- BATISTA, T., MASCARENHAS, J.M. de y MENDES, P., 2015. Guidelines for the Integration of Biological and Cultural Values in a Landscape Interpretation Centre: Application in Southern Portugal, *Biodiversity Conservation*, 24(13), pp. 3367-3386.
- BRUNO, D.E. y PERROTTA, P., 2012. A Geotouristic Proposal for Amendolara Territory (Northern Ionic Sector of Calabria, Italy), *Geoheritage*, 4(3), pp. 139-151.
- CIRILLO, C., ZANNINI, U., SCARPA, L., ACAMPORA, G. y RUSSO, M., 2014. The Appian Way: Enhancement of the Landscape between Nature and Culture from Rome to Capua. En: M. Piscitelli, ed. *Best Practices in Heritage Conservation and Management: from the World to Pompeii*. Nápoles: La Scuola di Pitagora, pp. 269-275.
- FERREIRA LOPES, P., 2018. Achieving the State of Research Pertaining to GIS Applications for Cultural Heritage by a Systematic Literature Review, *ISPRS Archives*, XLII-4, pp. 169-175.
- FUSCHI, M. y MEDA, A., 2013. La rete tratturale in Abruzzo tra retaggio storico, recupero culturale e valorizzazione territoriale. En: *Society, Integration, Education: Utopias and Dystopias in Landscape and Cultural Mosaic*, Vol. VI, pp. 203-213.
- GOUGH, D., OLIVER, S. y THOMAS, J., 2012. *An Introduction to Systematic Reviews*. Londres: SAGE Publications.
- GOUGH, D., OLIVER, S. y THOMAS, J., 2013. *Learning from Research: Systematic Reviews for Informing Policy Decisions: A Quick Guide*. Londres: Nesta.

- GÜIMIL-FARIÑA, A. y PARCERO-OUBIÑA, C., 2015. "Dotting the Joins": A Non-Reconstructive Use of Least Cost Paths to Approach Ancient Roads. The Case of the Roman Roads in the NW Iberian Peninsula, *Journal of Archaeological Science*, 54, pp. 31-44.
- HERZOG, I., 2014. Least-Cost Paths — Some Methodological Issues, *Internet Archaeology*, 0(36).
- HUYZENDVELD, A.A., IOIA, M. di, FERDANI, D., PALOMBINI, A., SANNA, V., ZANNI, S. y PIETRONI, E., 2012. The Virtual Museum of the Tiber Valley Project, *Virtual Archaeology Review*, 3(7), pp. 97-101.
- INNOCENTI, A., 2017. Database and Geographic Information System (GIS) for the Via Francigena: A New Way to Read Sigeric's Itinerary, *Almatourism Journal of Tourism, Culture and Territorial Development*, 8(16), pp. 167-190.
- MEINI, M., ADDUCCHIO, D., CILIBERTI, D. y FELICE, G. di., 2014. Landscape Conservation and Valorization by Satellite Imagery and Historic Maps. The Case of Italian Transhumance Routes, *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), pp. 375-387.
- MERINO, R., TEJEDOR, A. y LINARES, M., 2019. Aplicaciones basadas en los SIG para el diseño de itinerarios culturales en paisajes con valores patrimoniales difusos. En: *Actas del International Seminar on Urban Form Hispanic III* ISUF-H 2019. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 33-40.
- MERINO, R., 2020. Criteria for Designing Cultural Itineraries as a Strategy for Restoring the Dynamics of Cultural Landscape Formation, *Ri-vista: Research for Landscape Architecture*, 18(1), pp. 238-263.
- ORENGO, H.A. y LIVARDA, A., 2016. The Seeds of Commerce, *Journal of Archaeological Science*, 66, pp. 21-35.
- PAZOUT, A., 2017. The Roman Road System in the Golan: Highways, Paths and Tracks in Quotidian Life, *Journal of Landscape Ecology*, 10(3), pp. 11-24.
- PURDUM, G.E., 1999. GIS in Site Design: New Tools for Design Professionals, *Landscape Journal*, 18(1), pp. 107-108.
- RUÍZ, R., RODRÍGUEZ, J. y CORONADO, J.M., 2017. Modern Roads as UNESCO World Heritage Sites: Framework and Proposals, *International Journal of Heritage Studies*, 23(4), pp. 362-374.
- SEPE, M., 2015. Improving Sustainable Enhancement of Cultural Heritage: Smart Placemaking for Experiential Paths in Pompeii, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10(5), pp. 713-733.
- SPANÒ, A., CHIABRANDO, F., DEZZANI, L. y PRENCIPE, A., 2016. Digital Segusio: From Models Generation to Urban Reconstruction, *VAR*, 7(15), pp. 87-97.
- THOMPSON, A.W., STALKER Prokopy, L., FLORESS, K. y WEINKAUF, D.C., 2011. A Method for Incorporating Community Priorities into GIS: Challenges, Choices, and Directions for Landscape Planners, *Landscape Journal*, 30(2), pp. 299-312.
- VERBRUGGHE, G., CLERCQ, W. de y EETVELDE, V. van., 2017. Routes across the Civitas Menapiorum: Using Least Cost Paths and GIS to Locate the Roman Roads of Sandy Flanders, *Journal of Historical Geography*, 57, pp. 76-88.
- VOLKMANN, A., 2017. Perspectives for Network Analysis: Roman Roads, Barbarian Paths and Settlement Patterns in the Borderlands at the Limes Germanicus in the Main River Region, *Open Archaeology*, 3, pp. 123-138.
- VOLPE, G., 2017. Alcune brevi riflessioni su archeologia, territori, contesti, persone. En: *Scienze del Territorio*, 0(5), pp. 26-30.
- WHITE, D.A., 2015. The Basics of Least Cost Analysis for Archaeological Applications, *Advances in Archaeological Practice*, 3(4), pp. 407-414.