

# Introducción

Durante décadas, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han aplicado a problemas de gestión territorial y de recursos naturales, a cuestiones relacionados con el medioambiente, la logística militar o en contextos directamente vinculados con las ciencias de la Tierra, como la geografía, la geología, etc. Sólo recientemente se ha empezado a considerar el uso potencial de los SIG para otros campos y disciplinas relativamente inéditos<sup>1,2</sup> y en particular en la investigación en Ciencias Humanas y Sociales.

Los SIG han supuesto un cambio paradigmático *tecnológico e intelectual*<sup>3</sup>, fundamentalmente en el ámbito de las geociencias<sup>4</sup> y de la cartografía, este paradigma debe ser entendido como el conjunto de procedimientos técnicos y metodológicos que permiten: por un lado, tratar la espacialidad de los datos, y por otro, favorecer el estudio de la realidad desde enfoques multidimensionales e integrados, como son el tiempo, el espacio y las “personas” que interactúan con el territorio

---

1. Anne Kelly KNOWLES y Amy HILLIER, *Placing history: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*. Redlands, Calif.: ESRI Press, 2008.

2. Ian GREGORY y Paul S. ELL, *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2007.

3. Gustavo D. BUZAI y Claudia A. BAXENDALE, *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2006.

4. Las Ciencias de la Tierra o Geociencias son el conjunto de disciplinas que estudian la estructura, morfología, evolución y dinámica del planeta Tierra. [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencias\\_de\\_la\\_Tierra](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencias_de_la_Tierra).

en un momento determinado. Cuando las fuentes de información están debidamente vinculadas se posibilita la mejor comprensión de los temas específicos y objetos de estudio<sup>5</sup>.

Cualquier evento u objeto que pueda observarse en el territorio, puede ser representado cartográficamente referido a unas coordenadas espaciales y temporales. A menudo, el análisis y las formas de visualización de las relaciones espaciales de los objetos, añaden información que no sería visible de otra manera: “*explicita lo implícito de los datos*”. En este sentido, cabe señalar que la tecnología SIG permite la modelización matemática de las relaciones espaciales, incluyendo el análisis de redes, la regresión espacial, la determinación de caminos óptimos y otras formas de análisis espacio-temporales que pueden ser muy valiosas para los estudiosos de la Arqueología, la Antropología, el Arte, la Historia, la Lengua, la Música y otras Ciencias Humanas, por no mencionar las Ciencias Sociales; favoreciendo además la interdisciplinariedad en la investigación científica y posibilitando nuevas formas de trabajo en contextos más tecnificados e innovadores, en unas disciplinas tradicionalmente muy compartimentadas y acostumbradas a trabajar en áreas muy especializadas.

Por ello, el propósito de esta obra es adentrarse en la teoría y los fundamentos de los SIG desde la perspectiva de su aplicabilidad a las Ciencias Humanas y Sociales, intentando enfatizar en los temas más relevantes para estas disciplinas e incidir en los conceptos fundamentales, proporcionando a los investigadores las referencias necesarias y el substrato teórico y técnico básico que les capacite para tratar con la componente espacial en su temática concreta de estudio. En este libro se presentan, por tanto, los fundamentos necesarios para el diseño y el modelado de datos espaciales y para la generación de bases de datos georreferenciadas, se abordarán las funciones elementales de consulta y edición, análisis espacial y representación de la información por técnicas cartográficas, para terminar esbozando unas ideas muy generales en cuanto a la difusión y publicación de la información georreferenciada mediante tecnología SIG en Internet, a través de las denominadas Infra-

---

5. Jack B. OWENS, ‘Toward a Geographically-Integrated, Connected World History: Employing Geographic Information Systems (GIS)’, *History Compass*, 5 (2007).

estructuras de Datos Espaciales (IDE). A pesar de su aparente amplitud, es importante destacar que se trata de unos apuntes sobre los SIG y la investigación, y como tal, su objetivo es proporcionar una comprensión detallada de lo que es un SIG, cómo funcionan y cómo su aplicabilidad puede incidir favorablemente en las prácticas cotidianas de los investigadores. Con este fin, se ha tenido especial cuidado para asegurar que el enfoque de esta obra sea sobre la importancia de los SIG en las Ciencias Humanas y Sociales.

#### EJEMPLOS DE SIG EN CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES.

No podemos hablar de los SIG en Humanidades y Ciencias Sociales sin empezar mencionando el *Center for Spatially Integrated Social Sciences (CSISS)*<sup>6</sup>. La integración de la perspectiva espacial en las teorías y prácticas de las Ciencias Sociales surgen, de hecho, a raíz de los trabajos desarrollados por este centro, donde la adopción de conceptos como distancia, ubicación, vecindad, proximidad, etc., y el uso de las tecnologías geoespaciales analíticas y la información geográficamente referenciada sirven de eje para abordar cuestiones fundamentales en estas disciplinas en el marco de la investigación, la gestión o la docencia<sup>7</sup>.

La Arqueología y la Antropología son ciencias pioneras en la utilización de las tecnologías de información geográfica<sup>8</sup> (fundamentalmente los SIG y la Teledetección). De este modo, aplicados a estudios etnográficos, se encuentran algunos ejemplos de interés como los realizados en degradación de suelos y deforestación del Amazonas<sup>9,10</sup>. En cuanto a

6. CSISS fue creado en 1999 y financiado por la *National Science Foundation* americana (NSF BCS 9978058). Se encuentra ubicado en California, en la Universidad de Santa Bárbara. ([www.csiss.org](http://www.csiss.org)).

7. Michael F. GOODCHILD y Donald G. JANELLE, *Spatially integrated social science*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

8. David WHEATLEY y Mark GILLINGS, *Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS*. New York: Taylor & Francis, 2002.

9. Mark S. ALDENDERFER y Herbert D. G. MASCHNER, *Anthropology, space, and geographic information systems*. New York: Oxford University Press, 1996.

10. Stephen D. McCracken et al., 'Remote Sensing and GIS at Farm Property Level: Demography and Deforestation in the Brazilian Amazon', *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65 (1999) pp. (1311-1320).

los SIG y su aplicación a la Arqueología, la literatura científica es muy extensa<sup>11,12</sup>, con casos de uso que van desde su utilización en la gestión de los recursos arqueológicos y la generación de grandes bases de datos geográficas, o el uso de las mismas en las propias excavaciones o en Arqueología del Paisaje, hasta su uso para generar diferentes tipos de simulaciones y modelos espaciales de análisis<sup>13</sup> de gran utilidad para arqueólogos en la interpretación del pasado, los cuales pueden ser combinados, además, con técnicas de geovisualización punteras e innovadoras como las de la realidad virtual o la modelización tridimensional<sup>14</sup>.

Términos como “estadística espacial” o “econometría espacial” están empezando a utilizarse habitualmente en el campo de otras ciencias sociales como la economía<sup>15</sup>, con aplicaciones sobre el crecimiento económico, las externalidades del conocimiento, la economía ambiental, el uso de la tierra, etc. Del mismo modo, para estudios de distribución de población, fertilidad, planificación familiar y otros temas relacionados con la demografía, la utilización de los datos espacialmente referenciados está abriendo nuevos campos de conocimiento<sup>16,17</sup> donde, por ejemplo, la utilización de los SIG y la generación de bases de datos georreferenciadas a partir de los censos de población y vivienda son una línea de gran interés para el *Department of Economic and Social Affairs* de Naciones Unidas<sup>18</sup>.

---

11. Gary R. LOCK, *Beyond the map: Archaeology and spatial technologies*. Washington, DC: IOS Press, 2000.

12. Kathleen M. S. ALLEN, Stanton W. GREEN y Ezra B. W. ZUBROW, *Interpreting space: GIS and archaeology*. London; New York: Taylor & Francis, 1990.

13. James CONOLLY y Mark LAKE, *Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología*. Barcelona: Edicions Bellaterra, 2009.

14. Jun LIU y Guo-hua GENG, ‘3D Reality-based Modeling and Virtual Exhibition Technology for Culture Archaeological Sites’, *Computer Engineering*, 2010 pp. (286-90).

15. Luc ANSELIN, Raymond J. G. M. FLORAX y Sergio J. REY, *Advances in spatial econometrics: methodology, tools and applications*. Berlin (Germany): Springer-Verlag, 2004.

16. Chi-Chuan CHEN, U. Sunday TIM y Sarah STRATTON, ‘Application of GIS in environmental epidemiology: assessment of progress and future trends’, *GIS/LIS’96 Annual Conference and Exposition Proceedings/GIS/LIS’96 Annual Conference and Exposition Proceedings*, 1996 pp. (853-869).

17. G. William SKINNER, Mark HENDERSON y Yuan JIANHUA, ‘China’s fertility transition through regional space - Using GIS and census data for a spatial analysis of historical demography’, *Social Science History*, 24 (2000) pp. (613-652).

18. UNITED NATIONS. STATISTICAL DIVISION., *Handbook on geospatial infrastructure in support of census activities*. New York: United Nations, 2009.

En el contexto de la geografía humana se atribuye una importancia fundamental a la perspectiva espacial, tanto en los estudios de los seres humanos y su interacción con el medio que les rodea (*visión ecológica*) como en los de la diferenciación de áreas distintas sobre el territorio (*visión corológica*). Para cualquiera de estos dos enfoques, los SIG brindan la posibilidad de establecer correlaciones y asociaciones espaciales, favorecidas por la peculiar visión digital del mundo que proporcionan y sus posteriores tratamientos y análisis por medios informáticos<sup>19</sup>. Las aplicaciones son muchas y los casos de uso muy numerosos, desde estudios de paisaje, movimientos migratorios<sup>20</sup>, temas relacionados con el cambio climático<sup>21</sup>, geopolítica, planeamiento territorial, o en líneas más novedosas como las recientes aproximaciones a los SIG espacio-temporales para la representación tridimensional y el análisis de actividades humanas en espacios físicos y virtuales<sup>22</sup>.

Otra aplicación interesante es la de los SIG como herramientas de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito de las ciencias políticas<sup>23</sup>; en investigación en salud pública<sup>24</sup>; o en criminología, donde conceptos como la modelización espacial y los análisis de patrones que interrelacionan fenómenos sociales, económicos o ambientales con ocurrencias de delitos<sup>25</sup>, están íntimamente ligados; o en sociología, con una larga tradición en la utilización de la componente geográfica<sup>26</sup>, aquí la configuración espacial del territorio tiene especial importancia ya que afecta

---

19. Eric SHEPPARD, 'Quantitative geography: representations, practices, and possibilities', *Environment and Planning D-Society & Space*, 19 (2001) pp. (535-554).

20. David ROBINSON, 'The neighbourhood effects of new immigration', *Environment and Planning A*, 42 (2010) pp. (2451-2466).

21. Clionadh RALEIGH y Henrik URDAL, 'Climate change, environmental degradation and armed conflict', *Political Geography*, 26 (2007) pp. (674-694).

22. Hongbo Yu y Shih-Lung SHAW, 'Exploring potential human activities in physical and virtual spaces: a spatio-temporal GIS approach', *International Journal of Geographical Information Science*, 22 (2008) pp. (409-430).

23. Christopher THOMAS y Nancy SAPPINGTON, *GIS for decision support and public policy making*. Redlands, Calif.: ESRI Press, 2009.

24. Ellen K. CROMLEY, 'Spatial analysis, GIS, and remote sensing applications in the health sciences', *Professional Geographer*, 54 (2002) pp. (289-291).

25. Jacqueline COHEN, Wilpen L. GORR y Andreas M. OLLIGSCHLAEGER, 'Leading indicators and spatial interactions: A crime-forecasting model for proactive police deployment', *Geographical Analysis*, 39 (2007) pp. (105-127).

26. Ann R. TICKAMYER, 'Space matters! Spatial inequality in future sociology', *Contemporary Sociology-a Journal of Reviews*, 29 (2000) pp. (805-813).

de forma muy decisiva en los comportamientos de los individuos y de los grupos que lo habitan y hace que las técnicas geoespaciales de modelado y análisis favorezcan, de manera muy eficiente, la comprensión de las conductas sociológicas y su investigación científica.

Cada vez es mayor el número de historiadores que se muestran interesados en el uso de los SIG<sup>27,28</sup> debido a la potencialidad que ofrecen las técnicas geoespaciales para el análisis y representación de los sistemas complejos —como los que tienen lugar en investigación histórica—, casi siempre dinámicos y a menudo no lineales<sup>29</sup>, con la consiguiente demanda de herramientas que permitan organizar un gran número de variables e identificar las implicadas, como más probables, en la estabilidad y la transformación de tales sistemas. La combinación interdisciplinar entre SIG e investigación histórica es lo que se ha contextualizado, en términos generales, con el nombre de “SIG Históricos”<sup>30</sup>.

Algunas de las manifestaciones originales de mayor envergadura han sido la creación de SIG históricos en países como Gran Bretaña<sup>31</sup> y Estados Unidos, ligados fundamentalmente a los límites administrativos, a la cartografía catastral y a la información de los censos antiguos.

Existen un gran número de preguntas en el ámbito de la investigación histórica: ¿qué pueden aportar los SIG en el contexto histórico?, ¿cómo se pueden utilizar los mapas antiguos en un marco analítico actual?, ¿qué papel juega la geovisualización en la transmisión de información a través del tiempo?, lo cierto es que las tecnologías geoespaciales permiten vincular el espacio geográfico con los acontecimientos históricos y moverse más allá de la cartografía estática para explorar las representaciones dinámicas, para pasar de sistemas pasivos a sistemas

---

27. Anne Kelly KNOWLES, *Past time, past place: GIS for history*. Redlands, Calif.: ESRI Press, 2002.

28. Ian GREGORY y Paul S. ELL., *op. cit.*

29. Jack B. OWENS et al., ‘Visualizing Historical Narratives: Geographically-Integrated History and Dynamics GIS’ presentado en Workshop on Visualizing the Past, 2009-02-20/ 2009-02-21., Richmond, Virginia (USA): University of Richmond, 2009.

30. Existe una red europea interesada en la aplicación de los SIG a la investigación histórica: “The Historical GIS Research Network”: <http://www.hgis.org.uk/index.htm>

31. Ian GREGORY et al., ‘Building a historical GIS for the British Isles’, *AGI Conference at GIS 98. Profiting from Collaboration/AGI Conference at GIS 98. Profiting from Collaboration*, 1998 pp. (209-216).

interactivos, de las dos dimensiones a las representaciones multidimensionales, y trabajar en geovisualización, análisis exploratorio de datos geográficos y realidad virtual.

En el Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), se están llevando a cabo proyectos de investigación donde se están aplicando los SIG para abrir nuevos campos de conocimiento en estas disciplinas<sup>32</sup>, algunos de los cuales se mencionan a continuación debido a su especial relevancia.

### *Caso de estudio 1: SIG e Historia*

El proyecto DynCoopNet (*Dynamic Complexity of Cooperation-Based Self-Organizing Commercial Networks in the First Global Age*) forma parte del Programa EUROCORES, y fue aprobado tras su presentación a la convocatoria TECT (*"The evolution of cooperation and Trading"*) de la ESF (*European Science Foundation*)<sup>33</sup>.

En el mismo participa un equipo internacional e interdisciplinar interesado en el estudio de la evolución de las redes de comercio auto-organizativas de los siglos XV al XVIII. El estudio introduce una novedad de carácter tecnológico, el uso de los SIG en la investigación histórica como motor de integración de datos y herramienta de visualización y análisis; el proyecto en sí supone un reto para las ciencias de la información geográfica por la dificultad que implica analizar y geovisualizar un sistema muy dinámico basado en las redes sociales colaborativas de gran complejidad, que dieron lugar a la primera economía mundial.

El SIG integra bases de datos históricas heterogéneas, dándolas significado global, con el objeto de establecer modelos de análisis his-

32. En la página web: <http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/sig/> existe información adicional de algunos proyectos SIG en Ciencias Humanas y Sociales.

33. Liderado por Ana CRESPO SOLANA del IH (CCHS-CSIC). Referencias ESF: FP: 004DynCoopNet y Acciones Complementarias del Ministerio de Ciencia e Innovación: SEJ2007-29226. Este proyecto también está siendo financiado por el Programa Macro-Grupos de la Comunidad de Madrid: Red de investigación: "Sólo Madrid es Corte. La construcción de la Corte de la Monarquía Católica", Programa MacroGrupos de la Comunidad de Madrid. Referencia CAM: HUM2007-29143-E/HIST.

tórico-comparativos (entre sistemas o procesos), econométricos (o de cuantificación) y de descripciones cualitativas de determinados fenómenos históricos<sup>34</sup>. Además, proporciona herramientas de geovisualización que ayudan a comprender la dinámica de este complejo sistema y la interacción social que dejó rastro en las fuentes documentales. En definitiva, permite realizar análisis encaminados a responder cuestiones acerca de la evolución de la cooperación de las redes comerciales auto-organizativas de la Primera Edad Global.

Algunas de las cuestiones que el SIG aborda son:

- Análisis del proceso evolutivo a lo largo del tiempo de las redes del sistema: modo de organización espacial de las redes colaborativas, modelos de cooperación entre agentes (relaciones de confianza, parentesco, reputación, proximidad geográfica, etc.).
- Identificación de las áreas del sistema que presentan mayor conectividad, e importancia de las diferentes zonas económicas en el conjunto del sistema (ej.: volumen comercial por puertos, distribución de agentes emisores-receptores en las relaciones epistolares,...).
- Análisis de mercados y su evolución histórica, comprobando sus diferencias espaciales, así como los métodos de las redes de mercaderes para asegurarse las vías de intercambio (rutas), negociar asientos o contratos, promocionar el oligopolio, o cómo funcionaban (en caso de poderse visualizar) los mercados de crédito y cómo se interconectaban geográficamente, estableciendo una jerarquía de las plazas financieras de forma paralela a la articulación de las redes mercantiles.
- Ejemplificar círculos de negocios con el fin de aplicar modelos matemáticos para modelar la naturaleza de los negocios (por ejemplo, el “viaje” espacio-temporal de una letra de cambio o de los contratos de seguros marítimos).

---

34. Esther PÉREZ et al., ‘Integración de bases de datos históricas en una IDE. Comercio mundial y redes de cooperación en la primera Edad Global (1400-1800)’, *VI Jornadas Técnicas sobre la Infraestructuras de Datos Espaciales de España (JIDEE 09)*, CD-Digital (2010) pp. (15).



- Análisis de la evolución de la percepción espacial e influencia de la cartografía en la emergencia de nuevas formas de cooperación humana.
- Comparaciones entre sistemas (Atlántico vs. Indopacífico) y visión del sistema único de la Primera Edad Global en conjunto. Estos sistemas podrían ser analizados y geovisualizados desde la perspectiva teórica y metodológica de los ‘*complex systems*’ o método de las redes complejas, tradicionalmente empleado en otras disciplinas como la inteligencia artificial o la biología evolutiva, y que también se puede aplicar a la ciencia histórica desde el momento en que los procesos históricos analizados teleológicamente pueden considerarse sistemas complejos. Es el ejemplo de la formación de las denominadas “comunidades mercantiles”, o la consolidación de lo que los historiadores llaman “economía-mundo”, y que ha sido objeto de debate también en la geografía histórica. Ello servirá también para teorizar sobre qué es un sistema histórico.
- Comparación entre la actividad comercial generada por socios particulares (mercaderes) frente a la de los grandes sistemas de monopolio estatales.

### *Caso de estudio 2: SIG y Geolingüística*

El Atlas Lingüístico de la Península Ibérica (ALPI) es un valioso documento en los archivos del CSIC, ya que supone un hito como atlas fonético de gran dominio peninsular, concebido por el equipo del filólogo e historiador Ramón Menéndez Pidal en el Centro de Estudios Históricos de la JAE y dirigido por su discípulo el lingüista español Tomás Navarro Tomás en los años treinta<sup>35</sup>.

---

35. En el 2009, el CSIC retoma la publicación de la obra y lidera un macroproyecto –coordinado por Pilar García Mouton del ILLA (CCHS-CSIC)- que permita a la comunidad científica el acceso al ALPI completo, con todas las posibilidades de almacenamiento y búsqueda que las herramientas electrónicas permiten actualmente. Proyecto Intramural de referencia: 200410E604.

El SIG se está aplicando para la visualización de los datos lingüísticos en un entorno geográficamente referenciado, es decir, como nexo de conexión de la base de datos temática con una base de datos espacial, posibilitando no sólo el cartografiado automático a través de diferentes tipos de representaciones —centradas en la compartimentación del espacio mediante teselación voronoi o en la delimitación de unidades lingüísticas mediante isoglosas—, sino también la realización de búsquedas complejas en el corpus completo geolingüístico y etnográfico del ALPI.

Las tecnologías de información geográfica se usan también en este proyecto para generar una aplicación interactiva en Internet, a través de un geoportal con servicios Web basados en localización geográfica, de acuerdo a los estándares del *Open Geospatial Consortium* (OGC)<sup>36</sup> y combinados con búsquedas sobre la base de datos temática. La tecnología IDE, que apuesta por el acceso abierto a los datos y la implementación de servicios de acuerdo a los estándares del OGC, permitirá la interoperabilidad con otro tipo de información geográfica, aplicaciones y/o plataformas.

Lo novedoso del geoportal ALPI se refiere tanto a la componente temática —no hay referencias de IDE lingüísticas— como a la implementación de herramientas para la generación de cartografía temática *online* (mapas analíticos, léxicos, fonéticos y sintácticos) como resultado de la ejecución de consultas definidas por el propio usuario.

### *Caso de estudio 3: SIG y Arqueología*

Durante años, un equipo de investigadores del CCHS-CSIC ha mantenido un proyecto interdisciplinar junto con colegas rusos en la zona de Kargaly (oblast de Orenburg), situada al sur de los Urales en la estepa rusa. El equipo español<sup>37</sup> se ha encargado de la caracterización

---

36. El *Open Geospatial Consortium* (OGC) es un consorcio internacional de más de 400 compañías, agencias gubernamentales y universidades que participan en un proceso de consenso para desarrollar estándares de interfaces de productos y servicios geográficos con criterios de interoperabilidad: <http://www.opengeospatial.org/ogc>.

37. La participación española ha sido dirigida por M<sup>a</sup> Isabel Martínez Navarrete del IH (CCHS-CSIC) y financiada por los proyectos PS95-0031 (1996-1999), PB98-0653- (1999-2002) y BHA2003-08575(2003-2006).

paleoambiental de esta zona rica en mineral de cobre, objeto de una fuerte explotación en época prehistórica, entre el IV y II milenio cal. BC.

Los objetos de cobre procedentes de Kargaly tuvieron una gran difusión durante el período denominado Srubnaya, a finales de la Edad del Bronce, pero la evidencia arqueológica en cuanto a asentamientos y lugares funerarios no difiere sustancialmente de lo habitual para otros yacimientos de la misma cronología. Nos encontramos así ante una región en la que los trabajos mineros llevaron a la extracción de 150.000 toneladas de cobre<sup>38</sup>, pero sin evidencias claras de su procesado.

Ante esta situación, los investigadores plantearon un acercamiento centrado en la Arqueología del Paisaje: en una zona mayoritariamente de estepa donde la principal fuente de combustible para los trabajos metalúrgicos se encuentra en bosques distribuidos en pequeñas manchas a lo largo de los ríos, las actividades metalúrgicas han de poder rastrearse en función de la evolución de dichos bosques.

De este modo, los SIG y la teledetección se convierten en la pieza central que articula los trabajos arqueológicos. La metodología desarrollada consistió en comparar la relación entre la lluvia polínica subactual y el paisaje moderno, con la lluvia polínica de la Edad del Bronce recogida a través de muestreos en turberas y zonas mineras, y datada por técnicas de carbono 14. Este acercamiento permitió evaluar la evolución histórica de las especies arbóreas más interesantes por su capacidad calorífica, como son el abedul y el roble, estableciendo una evolución diferencial provocada por la presencia de trabajos mineros en la zona norte de Kargaly frente a la zona sur<sup>39</sup>, que muestra un desarrollo autónomo más relacionado con el impacto provocado por el pastoreo nómada.

---

38. Evgenij N. CHERNYKH, 'Kargaly: le plus grand ancien complexe minier et de métallurgie à la frontière de l'Europe et de l'Asie', ed por Marie-Chantal FRÈRE-SAUTOT, *Monographies instrumentum* Montignac: Editions Monique Mergoïl, 1998, v, pp. (71-76).

39. Juan M. VICENT GARCÍA et al., 'Impacto medioambiental de la minería y la metalurgia del cobre durante la Edad del Bronce en Kargaly (región de Orenburgo, Rusia)', *Trabajos de Prehistoria*, 67 (2010) pp. (511-544).

Mediante un flujo de trabajo propio del ámbito de los SIG y la Teledetección, se generó el documento temático de cobertura del suelo necesario para cartografiar la presencia actual de las especies de interés y establecer la relación con la lluvia polínica en función de un mapa de distancias a bosques. De este modo, se pudo afirmar que en el entorno de los trabajos mineros existía un bosque de robles hoy desaparecido y que en general las muestras paleopolínicas recogían un porcentaje mayor de taxones relacionados con especies arbóreas que las muestras actuales, independientemente de su cercanía a los actuales bosques.

El proceso de trabajo requirió del concurso de otros métodos o tecnologías geoespaciales como el GPS (*Global Positioning System*) para georreferenciar las muestras de campo, el procesado de una imagen del sensor de teledetección ASTER para generar un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), la clasificación digital de imagen satélite para obtener el mapa de coberturas del terreno o el cálculo de las distancias de todas las muestras a los bosques, entre otros.

#### *Caso de estudio 4: SIG y Demografía*

El proyecto de investigación desarrollado en el CCHS del CSIC pretende medir desde una perspectiva histórica un doble efecto sobre la demografía urbana<sup>40</sup>: el efecto de los flujos migratorios en una ciudad como Madrid, por un lado cómo los movimientos migratorios de cualquier índole pueden afectar a las variables demográficas (fecundidad, nupcialidad y mortalidad) en una gran ciudad y, por otro lado, el efecto de la afluencia de migrantes a instituciones de salud y caridad y cómo estas influyen en la mortalidad general y en otros indicadores demográficos de la capital. Para realizar los análisis, se ha escogido el periodo de años que va de 1896 a 1905, en el que se produjeron intensos movimientos migratorios hacia Madrid.

La información demográfica está vinculada a una base de datos cartográfica histórica adecuada (*“Plano de Madrid y pueblos colindan-*

---

40. Este es un proyecto de investigación del Plan Nacional I+D denominado *“La población de una gran ciudad: Madrid 1890-1935”* y liderado por Diego Ramiro Fariñas del IEGD (CCHS-CSIC). MICINN, CSO2008-06130/SOCI.

tes” de Facundo Cañada López del año 1902), de tal modo que permita representar las variables socio-demográficas de estudio a suficiente nivel de detalle, así como los posteriores trabajos de análisis geoespacial<sup>41</sup>.

En un extremo del espectro, a través del SIG se puede representar toda una serie de variables demográficas a través de mapas temáticos (en indicadores como tasas de natalidad, nupcialidad, mortalidad por causas específicas, etc.) para unidades agregadas, como barrios o distritos. El nivel de detalle de la cartografía no obstante, permite el cálculo y la representación de esos mismos indicadores a nivel de manzana, permitiendo mapas mucho más completos de la diversidad demográfica madrileña. Dada la información padronal disponible, además, se pueden representar otros indicadores relacionados con la densidad, precio de las viviendas, ocupación, estatus socio-económico y demás variables asociadas a las manzanas urbanas.

Más allá de las explotaciones meramente descriptivas, se pueden realizar toda una serie de tipos de análisis geoespacial sobre la distribución de los eventos o variables en la demografía madrileña, relacionadas con otros factores, así como análisis geoestadísticos, como por ejemplo la detección de concentraciones de unidades con características similares, pautas de segregación espacial, evolución de epidemias en la geografía urbana, etc.

### *Caso de estudio 5: SIG y Ciencia Política*

El proyecto EXTERSIAL<sup>42</sup> tiene como principal objetivo el desarrollo de metodologías de análisis y valoración de intangibles territoriales, destinados a ser empleados en el diseño de políticas públicas, que integran enfoques tanto de oferta como de demanda de externalidades y

---

41. Isabel DEL BOSQUE GONZÁLEZ et al., ‘Cartografía y demografía histórica en una IDE. WMS del plano de Madrid de «Facundo Cañada»’, *Revista Catalana de Geografia IV època*, 2010 <<http://www.rcg.cat/articles.php?id=180>> [accedido 26 Agosto 2011].

42. “*Externalidades territoriales en sistemas agroalimentarios locales: Desarrollo rural, paisajes y bienes públicos en denominaciones de origen de aceite de oliva*”. El Investigador principal del mismo es Javier SANZ CAÑADA del IEGD (CCHS-CSIC). MICINN. Proyecto del Plan Nacional de I+D+i: CSO2009-08154.

se caracterizan por incorporar dos fuentes de innovación: i) tener como objeto de estudio los Sistemas Agroalimentarios Locales (SIAL), frente al predominio, casi exclusivo en la bibliografía, de los sistemas agrarios; ii) incorporar al análisis de las externalidades medioambientales, las externalidades vinculadas al capital institucional, al capital social o al patrimonio cultural, así como otros factores inherentes a la gobernanza territorial de los SIAL. El sector objeto de estudio es el aceite de oliva. Las dos zonas de trabajo escogidas para la realización del análisis empírico son las Denominaciones de Origen Protegidas de Estepa (Sevilla) y de Sierra de Segura (Jaén).

Desde el punto de vista de la *oferta de externalidades territoriales*, el proyecto se centra en el análisis de externalidades agroambientales, patrimonio natural y paisajes agrarios, así como de las externalidades de tipo socioeconómico y cultural.

La aportación de la tecnología SIG, para ello, es muy evidente:

- Caracterización del medio físico y su respectivo grado de adecuación para el cultivo del olivar. Con la generación de modelos digitales del terreno; geodatabases a partir de ortofotos, imágenes de satélite, mapas topográficos, geomorfológicos, edafológicos e información climática; generación de mapas de pendiente, de orientación del suelo, de índices y variables climatológicas, etc.
- Caracterización del medio natural: definición de mapas de usos y cubiertas del suelo, series de vegetación, indicadores de diversidad paisajística de los agroecosistemas, existencia de olivos singulares, parámetros e índices que evalúan el grado y el estado de la cubierta vegetal (índice de área foliar, el de vegetación de diferencia normalizada, el de radiación fotosintética activa, etc.).
- Caracterización de los agrosistemas de olivar: algunos indicadores se obtienen mediante cartografía, otros mediante información estadística georreferenciada y otros a partir de las encuestas a las explotaciones olivícolas.

Mediante técnicas SIG, también se obtienen diferentes tipos de *indicadores territoriales de síntesis*: grado de marginalidad física, mediante la capacidad de uso o aptitud del medio físico para el cultivo de olivar; grado de marginalidad económica, a partir del cálculo de la estructura de costes; si existe correlación espacial, y en qué grado, entre los fenómenos de marginalidad física y económica, potencialidad de erosión, colonización vegetal, configuración espacial del paisaje, análisis de las correlaciones espaciales e interrelaciones causales entre los indicadores de síntesis mediante procedimientos geoestadísticos, etc.

#### *Caso de estudio 6: Geoportales y servicios Web basados en localizaciones geográficas*

Aunque la aparición de las IDE es un fenómeno relativamente nuevo, la rápida proliferación de geoportales Web ha supuesto un “*punto de inflexión*” en la concepción de algunos de los principios fundamentales sobre los que se apoyaba la cartografía y la información geográfica hasta el momento, en cuanto a la adaptación de nuevas metodologías, sistemas organizativos y formas de trabajo en contextos innovadores, y un desarrollo, sin precedentes, de los mecanismos de difusión y utilización de los datos geoespaciales.

La creciente necesidad y el derecho de los ciudadanos al acceso a los datos y servicios geográficos de referencia, junto con iniciativas globalizadoras como la de *open access* y *open source* que posibilitan compartir información y desarrollos tecnológicos, unidos a la potencialidad de la Red en sí misma, y a importantes directivas europeas como INSPIRE<sup>43</sup> han permitido que las IDE se conviertan en importantes sistemas telemáticos para el desarrollo de la “*Sociedad de la Información*”, además de ser herramientas estratégicas en la formulación de un amplio abanico de políticas públicas.

INSPIRE propone un modelo de IDE como la solución tecnológica adecuada para compartir y publicar todo tipo de información georre-

---

43. Directiva Europea 2007/2/EC para el establecimiento de una *IN*frastructure for *SP*atial *IN*foRmation in the *EU*ropean Community, disponible en <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

ferenciada en plataformas digitales, permitiendo a cualquier usuario el descubrimiento, acceso y uso generalizado a los datos geoespaciales, a través de Internet, por medio de motores de búsqueda como son los catálogos estandarizados de metadatos.

En el CCHS del CSIC se han abordado, de forma pionera, IDE científicas en el contexto de las Ciencias Humanas y Sociales. Se encuentran, totalmente operativas, la “*IDE sobre recursos sociales en España*” (<http://www.sigmayores.csic.es>), diseñada y desarrollada como apoyo a una de la líneas prioritarias del CSIC (envejecimiento y calidad de vida) y algunos de los geoportales de patrimonio cultural más significativos, como IDEZAM: *IDE de paisajes culturales de la zona de “Las Médulas”* (<http://www.idezam.es/>) o SILEX: *IDE del yacimiento arqueológico de “Casa Montero”* (disponible en <http://www.casamontero.org>); por otro lado, se encuentran en fase avanzada de desarrollo, una IDE sobre cartografía y demografía histórica de la ciudad de Madrid o la edición digital e interactiva del ALPI.