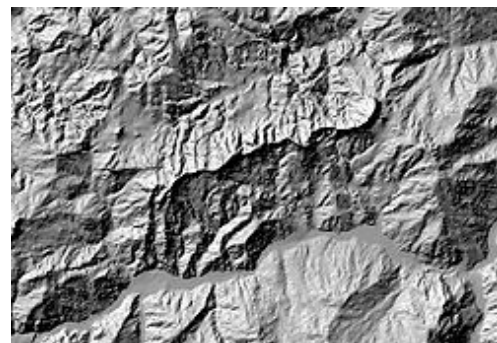


Cuando se miden los fenómenos, los métodos de observación dictan la exactitud de cualquier análisis posterior. Debido a la naturaleza de los datos (por ejemplo, los patrones de tráfico en un entorno urbano, las pautas meteorológicas en el océano, etc.), grado de precisión constante o dinámico se pierde siempre en la medición. Esta pérdida de precisión se determina a partir de la escala y la distribución de los datos recogidos. Los SIG disponen de herramientas que ayudan a realizar estos análisis, destacando la generación de modelos de interpolación espacial.



Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un Del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de una zona de los Apeninos (Italia)

## Geocodificación



Geocodificación mediante SIG. Por un lado existen unos números de policía conocidos y por otro líneas discontinuas entre esos números de portal presupuestos, las cuales representan los tramos en los cuales se aplica el método de interpolación.

Geocodificación es el proceso de asignar coordenadas geográficas (latitud-longitud) a puntos del mapa (direcciones, puntos de interés, etc.). Uno de los usos más comunes es la georreferenciación de direcciones postales. Para ello se requiere una cartografía base sobre la que referenciar los códigos geográficos. Esta capa base puede ser, por ejemplo, un tramero de ejes de calles con nombres de calles y números de policía. Las direcciones concretas que se desean georreferenciar en el mapa, que suelen proceder de tablas tabuladas, se posicionan mediante interpolación o estimación. El SIG a continuación localiza en la capa de ejes de calles el punto en el lugar más aproximado a la realidad según los algoritmos de geocodificación que utiliza.

La geocodificación puede realizarse también con datos reales más precisos (por ejemplo, cartografía catastral). En este caso el resultado de la codificación geográfica se ajustará en mayor medida a la realizada, prevaleciendo sobre el método de

interpolación.

En el caso de la geocodificación inversa el proceso sería al revés. Se asignaría una dirección de calle estimada con su número de portal a unas coordenadas  $x,y$  determinadas. Por ejemplo, un usuario podría hacer clic sobre una capa que representa los ejes de vía de una ciudad y obtendría la información sobre la dirección postal con el número de policía de un edificio. Este número de portal es calculado de forma estimada por el SIG mediante interpolación a partir de unos números ya presupuestos. Si el usuario hace clic en el punto medio de un segmento que comienza en el portal 1 y termina con el 100, el valor devuelto para el lugar seleccionado será próximo al 50. Hay que tener en cuenta que la geocodificación inversa no devuelve las direcciones reales, sino sólo estimaciones de lo que debería existir basándose en datos ya conocidos.

## Software SIG

La información geográfica puede ser consultada, transferida, transformada, superpuesta, procesada y mostradas utilizando numerosas aplicaciones de software. Dentro de la industria empresas comerciales como ESRI, Intergraph, MapInfo, Bentley Systems, Autodesk o Smallworld son algunas de las compañías más importantes, con mucha experiencia en el ámbito de geoprocesamiento y que ofrecen

aplicaciones propietarias en este campo. Por otro lado el software libre ha entrado con fuerza en la última década en el sector, captando una importante masa de usuarios y desarrolladores y siendo una opción cada vez más elegida por empresas y administraciones públicas. Bajo el paraguas de la fundación OSGeo se agrupan muchos de los mejores y más relevantes proyectos de software libre de este tipo existentes hoy en día.

El manejo de este tipo de sistemas son llevados a cabo generalmente por profesionales de diversos campos del conocimiento con experiencia en sistemas de información geográfica (cartografía, geografía, topografía, etc.), ya que el uso de estas herramientas requiere un aprendizaje previo que necesita de conocer las bases metodológicas sobre las que se fundamentan. Aunque existen herramientas gratuitas para ver información geográfica, el acceso del público en general a los geodatos está dominado por los recursos en línea, como Google Earth y otros basados en tecnología web mapping.

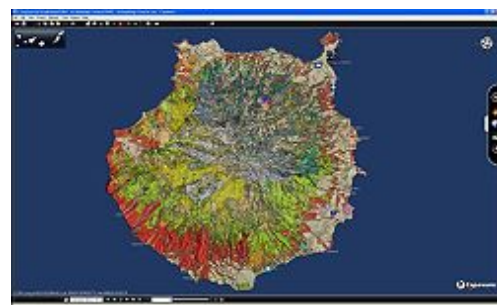
Originalmente hasta finales de los 90, cuando los datos del SIG se localizaban principalmente en grandes ordenadores y se utilizan para mantener registros internos, el software era un producto independiente. Sin embargo con el cada vez mayor acceso a Internet/Intranet y a la demanda de datos geográficos distribuidos, el software SIG ha cambiado gradualmente su perspectiva hacia la distribución de datos a través de redes. Los SIG que en la actualidad se comercializan son combinaciones de varias aplicaciones interoperables y APIs.

Hoy por hoy dentro del software SIG se distingue a menudo siete grandes tipos de programas informáticos:

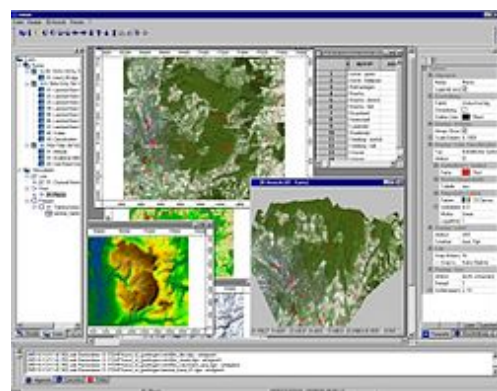
- **SIG de escritorio.** Son aquellos que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos. A veces se clasifican en tres subcategorías según su funcionalidad:
  - *Visor SIG.* Suelen ser software sencillos que permiten desplegar información geográfica a través de una ventana que funciona como visor y donde se pueden agregar varias capas de información.
  - *Editor SIG.* Es aquel software SIG orientado principalmente al tratamiento previo de la información geográfica para su posterior análisis. Antes de introducir datos a un SIG es necesario prepararlos para su uso en este tipo de sistemas. Se requiere transformar datos en bruto o heredados de otros sistemas en un formato utilizable por el software SIG. Por ejemplo, puede que una fotografía aérea necesite ser ortorrectificada mediante fotogrametría de modo tal que todos sus píxeles sean corregidos digitalmente para que la imagen represente una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva y en una misma escala. Este tipo de transformaciones se pueden distinguir de las que puede llevar a cabo un SIG por el hecho de que, en este último caso, la labor suele ser más compleja y con un mayor consumo de tiempo. Por lo tanto es común que para estos casos se suela utilizar un tipo de software especializado en estas tareas.



Editando una capa vectorial de polígonos con el sistema de información geográfica de código libre gvSIG.



Visualizando capas WMS con el SIG 2.5D de código abierto Capaware.



SIG SAGA abriendo diferentes tipo de datos y una vista en 2.5D

- **SIG de análisis.** Disponen de funcionalidades de análisis espacial y modelización cartográfica de procesos.
- **Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficas** (SGBD espacial). Se emplean para almacenar la información geográfica, pero a menudo también proporcionan la funcionalidad de análisis y manipulación de los datos. Una base de datos geográfica o espacial es una base de datos con extensiones que dan soporte de objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocesamiento, el principal beneficio de estas se centra en la capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos especialmente georreferenciados. Algunas de estas capacidades incluyen un fácil acceso a este tipo de información mediante el uso de estándares de acceso a bases de datos como los controladores ODBC, la capacidad de unir o vincular fácilmente tablas de datos o la posibilidad de generar una indexación y agrupación de datos espaciales, por ejemplo.
- **Servidores cartográficos.** Se utilizan para distribuir mapas a través de Internet (véase también los estándares de normas Open Geospatial Consortium WFS y WMS).
- **Servidores SIG.** Proporcionan básicamente la misma funcionalidad que los SIG de escritorio pero permiten acceder a estas utilidades de geoprocesamiento a través de una red informática.
- **Cientes web SIG.** Permiten la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta de servidores SIG a través de Internet o intranet. Generalmente se distingue entre cliente ligero y pesado. Los clientes ligeros (por ejemplo, un navegador web para visualizar mapas de Google) sólo proporcionan una funcionalidad de visualización y consulta, mientras que los clientes pesados (por ejemplo, Google Earth o un SIG de escritorio) a menudo proporcionan herramientas adicionales para la edición de datos, análisis y visualización.
- **Bibliotecas y extensiones espaciales.** Proporcionan características adicionales que no forman parte fundamental del programa ya que pueden no ser requeridas por un usuario medio de este tipo de software. Estas nuevas funcionalidades pueden ser herramientas para el análisis espacial (por ejemplo, SEXTANTE), herramientas para la lectura de formatos de datos específicos (por ejemplo, GDAL), herramientas para la correcta visualización cartográfica de los datos geográficos (por ejemplo, PROJ4), herramientas para funciones geométricas fundamentales (JTS), o para la implementación de las especificaciones del Open Geospatial Consortium (por ejemplo, GeoTools).
- **SIG móviles.** Se usan para la recogida de datos en campo a través de dispositivos móviles (PDA, teléfonos inteligentes, tabletas, etc.). Con la adopción generalizada por parte de estos de dispositivos de localización GPS integrados, el software SIG permite utilizarlos para la captura y manejo de datos en campo. En el pasado la recogida de datos en campo destinados a sistemas de información geográfica se realizaba mediante la señalización de la información geográfica en un mapa de papel y, a continuación, se volcaba esa información a formato digital una vez de vuelta frente al ordenador. Hoy en día a través de la utilización de dispositivos móviles los datos geográficos pueden ser capturados directamente mediante levantamientos de información en trabajo de campo.

## Comparativa de software SIG

Listado incompleto de los principales programas SIG existentes en el sector y los sistemas operativos en los que pueden funcionar sin emulación,<sup>14</sup> así como su tipo de licencia.

<b>Software SIG</b>	<b>Windows</b>	<b>Mac OS X</b>	<b>GNU/Linux</b>	<b>BSD</b>	<b>Unix</b>	<b>Entorno Web</b>	<b>Licencia de software</b>
<b><u>ABACO DbMAP</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>Java</u>	<u>Software no libre</u>
<b><u>ArcGIS</u></b>	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>Autodesk Map</u></b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>Bentley Map</u></b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>Capaware</u></b>	Sí (C++)	No	Sí	No	No	No	<u>Libre: GNU GPL</u>
<b><u>Caris</u></b>	Sí	No	No	No	si	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>CartaLinx</u></b>	Sí	No	si	No	No	No	<u>Software no libre</u>
<b><u>El Suri</u></b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	No	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>Fisotec</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>Libre</u>
<b><u>Geomedia</u></b>	Sí	No	No	No	Sí	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>GeoPista</u></b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	Sí	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>GestorProject - PDAPProject</u></b>	Sí	No	No	No	No	<u>Java</u>	<u>Software no libre</u>
<b><u>GeoServer</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>Java</u>	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>GRASS</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Mediante <u>pyWPS (http://pywps.wald.intevation.org/)</u>	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>gvSIG</u></b>	Sí, <u>Java</u>	Sí, <u>Java</u>	Sí, <u>Java</u>	Sí, <u>Java</u>	Sí, <u>Java</u>	Sí	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>IDRISI</u></b>	Sí	No	No	No	No	No	<u>Software no libre</u>
<b><u>ILWIS</u></b>	Sí	No	No	No	No	No	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>Generic Mapping Tools</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>JUMP</u></b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	No	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>Kosmo</u></b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	En desarrollo	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>LocalGIS</u></b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	Sí	<u>Libre: GNU</u>
<b><u>LatinoGis</u></b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>Manifold</u></b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b><u>MapGuide</u></b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>LAMP/WAMP</u>	<u>Libre:</u>

<b>Software SIG</b>	<b>Windows</b>	<b>Mac OS X</b>	<b>GNU/Linux</b>	<b>BSD</b>	<b>Unix</b>	<b>Entorno Web</b>	<b>Licencia de software</b>
<b>Open Source</b>							<u>LGNU</u>
<b>MapInfo</b>	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>MapServer</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>LAMP/WAMP</u>	<u>Libre: BSD</u>
<b>Maptitude</b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>MapWindow GIS</b>	Sí ( <u>ActiveX</u> )	No	No	No	No	No	<u>Libre: MPL</u>
<b>MiraMon</b>	Sí (C)	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>ortoSky</b>	Sí (C++)	No	No	No	No	No	<u>Software no libre</u>
<b>QGIS</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	<u>Libre: GNU</u>
<b>SAGA GIS</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	<u>Libre: GNU</u>
<b>GE Smallworld</b>	Sí	?	Sí	?	Sí	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>SavGIS</b>	Sí	No	No	No	No	<u>Integración con Google Maps</u>	<u>Software no libre: Freeware</u>
<b>SEXTANTE</b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	No	<u>Libre: GNU</u>
<b>SITAL</b>	Sí	No	No	No	No	<u>Integración con Google Maps</u>	<u>Software no libre</u>
<b>SPRING</b>	Sí	No	Sí	No	<u>Solaris</u>	No	<u>Software no libre: Freeware</u>
<b>SuperGIS</b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>TatukGIS</b>	Sí	No	No	No	No	?	<u>Software no libre</u>
<b>TNTMips</b>	Sí	No	No	No	Sí	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>TransCAD</b>	Sí	No	No	No	No	Sí	<u>Software no libre</u>
<b>uDIG</b>	Sí	Sí	Sí	No	No	No	<u>Libre: LGNU</u>
<b>GeoStratum</b>	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	Sí ( <u>Flex/Java</u> )	<u>Software no libre</u>
<b>ASINELSA SIDAC</b>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	<u>Java</u>	Sí	<u>Software no libre</u>

## El futuro de los SIG

Muchas disciplinas y especializaciones se han beneficiado de la tecnología subyacente en los SIG. El activo mercado de los sistemas de información geográfica se ha traducido en una reducción de costes y mejoras continuas en los componentes de hardware y software de los sistemas. Esto ha provocado que el uso de esta tecnología haya sido asimilada por universidades, gobiernos, empresas e instituciones que lo han aplicado a sectores como los bienes raíces, la salud pública, la criminología, la defensa nacional, el desarrollo sostenible, los recursos naturales, la arqueología, la ordenación del territorio, el urbanismo, el transporte, la sociología, el turismo sostenible e inteligente o la logística entre otros.

En la actualidad los SIG están teniendo una fuerte implantación en los llamados Servicios Basados en la Localización (LBS) debido al abaratamiento y masificación de la tecnología GPS integrada en dispositivos móviles de consumo (teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles). Los LBS permiten a los dispositivos móviles con GPS mostrar su ubicación respecto a puntos de interés fijos (restaurantes, gasolineras, cajeros, hidrantes, etc. más cercanos), móviles (amigos, hijos, autobuses, coches de policía) o para transmitir su posición a un servidor central para su visualización u otro tipo de tratamiento.

Otra de las líneas a destacar dentro de la rama de especialización de análisis de datos espaciales es el auge de las modelizaciones cartográficas. Gracias a ellas podemos modelizar y evaluar tanto aspectos o escenarios actuales como los futuribles con base en variables que les concretemos. Es una gran herramienta de predicción y evaluación y nos permiten evaluar casuísticas que reflejen el comportamiento por ejemplo de las zonas con mayor vulnerabilidad frente a determinados riesgos; la distribución potencial de especies o la dispersión de contaminantes por la atmósfera.<sup>15</sup>

## Cartografía en entornos web

Por otro lado el mundo de los SIG ha asistido en los últimos años a una explosión de aplicaciones destinadas a mostrar y editar cartografía en entornos web como Google Maps, Bing Maps u OpenStreetMap entre otros. Estos sitios web dan al público acceso a enormes cantidades de datos geográficos. Algunos de ellos utilizan software que, a través de una API, permiten a los usuarios crear aplicaciones personalizadas. Estos servicios ofrecen por lo general callejeros, imágenes aéreas o de satélite, geocodificación, búsquedas en nomenclátors o funcionalidades de enrutamiento.

El desarrollo de Internet y las redes de comunicación, así como el surgimiento de estándares OGC que facilitan la interoperabilidad de los datos espaciales, ha impulsado la tecnología web mapping, con el surgimiento de numerosas aplicaciones que permiten la publicación de información geográfica en la web. De hecho este tipo de servicios web mapping basado en servidores de mapas que se acceden a través del propio navegador han comenzado a adoptar las características más comunes en los SIG tradicionales, lo que ha propiciado que la línea que separa ambos tipos de software se difumine cada vez más.

## La tercera dimensión

Los sistemas existentes en la actualidad en el mercado están básicamente sustentados en la gestión y análisis en dos dimensiones de los datos, con las limitaciones que esto supone. Existen sistemas híbridos a medio camino entre el 2D y el 3D que poseen capacidades, fundamentalmente de visualización, denominadas *de dos dimensiones y media (2.5D)* o *falso 3D*.

No obstante hoy en día cada vez más se requieren aplicaciones avanzadas con funcionalidades capaces de gestionar conjuntos de datos complejos tal y como se perciben en el mundo real por el usuario, es decir, en tres dimensiones. Este entorno proporciona un conocimiento mucho mejor de los fenómenos

y patrones geospaciales, ya sea a pequeña o gran escala, por ejemplo en la planificación urbana, la geología, la minería, la gestión de redes de abastecimiento, etc.<sup>16</sup>

Las dificultades con que se enfrenta un SIG completamente 3D son grandes y van desde la gestión de geometrías 3D y su topología hasta su visualización de una manera sencilla, pasando por el análisis y geoprocesado de la información.

Actualmente el Open Geospatial Consortium trabaja en cómo abordar la combinación de los diferentes tipos de modelados resultantes de las distintas tecnologías SIG, CIM, CAD y BIM de la forma más íntegra posible. La interoperabilidad de estos formatos y modelos de datos constituye el primer paso hacia la creación de modelos 3D inteligentes a diferentes escalas.<sup>17</sup>

## Semántica y SIG

Las herramientas y tecnologías emergentes desde la *W3C Semantic Web Activity* están resultando útiles para los problemas de integración de datos en los sistemas de información. De igual forma, esas tecnologías se han propuesto como un medio para facilitar la interoperabilidad y la reutilización de datos entre aplicaciones SIG<sup>18 19</sup> y también para permitir nuevos mecanismos de análisis.<sup>20</sup> En suma la incorporación de cierta inteligencia artificial que dote a estos sistemas de nuevas funcionalidades de aprendizaje automático, tales como la recuperación selectiva de información, el análisis estadístico, la generalización automática de mapas o la interpretación automática de imágenes geospaciales.<sup>21</sup>

Las ontologías son un componente clave de este enfoque semántico, ya que facilitan una legibilidad por parte de las máquinas de conceptos y relaciones en un dominio dado. Esto a su vez permite al SIG centrarse en el significado de los datos en lugar de su sintaxis o estructura. Por ejemplo, podemos razonar que un tipo de cobertura del suelo clasificada como *bosques de frondosas caducifolias* son un conjunto de datos detallados de una capa sobre cubiertas vegetales de tipo forestal con una clasificación menos minuciosa, lo que podría ayudar a un SIG a fusionar automáticamente ambos conjuntos de datos en una capa más general de clasificación de la cubierta vegetal terrestre.

Pero el desarrollo futuro de los SIG con la inclusión de la semántica en la gestión no solo permitiría la generalización o cofilación de datos geospaciales con cierta similitud, sino que, por ejemplo, facilitaría la generación automatizada o semiasistida de una tarea tradicionalmente considerada como tediosa y poco gratificante como es la creación de metadatos para las diferentes capas de información geográfica.<sup>22</sup>

Ontologías muy profundas y exhaustivas han sido desarrolladas en áreas relacionadas con el uso de los SIG, como por ejemplo la *Ontología de Hidrología* desarrollada por el Ordnance Survey en el Reino Unido, la ontología geopolítica de la FAO,<sup>23</sup> las ontologías OWL hydrOntology y *Ontología GML* y las ontologías *SWEET* llevadas a cabo por el Laboratorio de Propulsión a Reacción de la NASA.

## Los SIG temporales

Una de las principales fronteras a las que se enfrenta los sistemas de información geográfica es la de agregar el elemento tiempo a los datos geospaciales. Los SIG temporales incorporan las tres dimensiones espaciales (X, Y y Z) añadiendo además el tiempo en una representación 4D que se asemeja más a la realidad. La temporalidad en los SIG recoge los procesos dinámicos de los elementos representados. Por ejemplo, imaginémosnos las posibilidades que ofrecería un sistema de información

geográfica que permita ralentizar y acelerar el tiempo de los procesos geomorfológicos que en él se modelizan y analizar las diferentes secuencias morfológicas de un determinado relieve terrestre; o modelizar el desarrollo urbano de una área determinada a lo largo de un período dado.<sup>17</sup>

Dentro de la gestión de archivos ráster, el factor tiempo también juega un papel importante. Por ejemplo a la hora de visualizar cambios en la superficie terrestre. Con la apertura de las imágenes satélite de manera gratuita desde plataformas como Land Viewer, es posible disponer de un amplio repertorio de imágenes satélite a través de las cuales realizar timelapses (<https://earthengine.google.com/timelapse/>) y ver la evolución de la información en el tiempo.

## Los SIG y las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)

El crecimiento exponencial de los Sistemas de Información Geográfica, de sus herramientas y de la facilidad de acceso a las mismas, ha producido un efecto no deseado en los organismos de gobierno que es la excesiva dispersión y divergencia de la información, así como la escasa normalización de los datos. Para solventar este problema y lograr una información unificada, de calidad, normalizada, sustentable y de acceso público se han venido desarrollando las denominadas Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) locales y regionales. Mediante estas se persigue obtener una convergencia de los esfuerzos sobre la gestión de la información pública, así como también de la que corresponde a organismos de investigación <sup>[*cita requerida*]</sup>

## Los SIG educativos

A finales del siglo xx los SIG empezaron a ser reconocidos como herramientas que favorecían el aprendizaje, fundamentalmente mediante la investigación, el constructivismo y el aprendizaje basado en problemas. Los beneficios de los SIG parecen enfocados en desarrollar el llamado pensamiento espacial, pero no existe suficiente bibliografía o datos estadísticos que muestren el alcance concreto del uso de los SIG en la educación alrededor del mundo, aunque en aquellos países donde el currículum los menciona su expansión ha sido más rápida.<sup>24</sup>

Los SIG parece que proporcionan muchas ventajas en la enseñanza de la Geografía porque permiten un análisis veraz basado en datos geográficos reales y también plantear muchas preguntas de investigación por parte de los profesores y los alumnos en las aulas, así como contribuir a la mejora en el aprendizaje desarrollando el pensamiento espacial y geográfico y, en muchos casos, la motivación del alumnado.<sup>25</sup>

## Los SIG y las tecnologías

La tecnología ha evolucionado de la mano de los Sistemas de Información Geográfica siendo los SIG, en muchas ocasiones, un complemento adicional a la propia información geográfica. Ejemplo de ello lo encontramos con la llegada de herramientas como la Realidad Aumentada o la incorporación de los drones dentro de nuestras vidas. El manejo de la Realidad Aumentada ha permitido la comprensión de los SIG y ha supuesto una herramienta adicional en la gestión del territorio además de una herramienta educativa. Como ejemplo de encontramos Sand Box (<https://www.youtube.com/watch?v=y5Iowzg9QI>



U). Otras tecnologías como los vehículos aéreos no tripulados, o drones, han permitido mapear el territorio obteniendo imágenes de alta resolución que pueden ser tomadas en cualquier momento sin necesidad de realizar vuelos en avionetas o el empleo de satélites.

## Catastro y SIGPAC: la escala, la precisión, las coordenadas UTM y las cifras significativas.

---

El análisis de las propiedades métricas de los SIG nos descubre que inducen a apreciaciones, valoraciones y conclusiones erróneas. Estos errores tienen su origen al considerar los SIG el concepto de ampliación, zum o acercamiento como sinónimo de escala. Este error lleva a dar una precisión imposible a escala 1:5.000 (escala de realización del plano) a: la georreferenciación, la medición de distancias, la superficie de recintos y la representación gráfica. En el SIG de las Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y el SIG de Catastro (SIGCA), se puede llegar a visualizar a pseudoescala (ampliación) 1:400, obtener coordenadas UTM y realizar mediciones con precisión de un centímetro, en un plano y una ortofotografía a escala 1:5.000. Todo esto es incorrecto, carece de rigor técnico.

La llamamos pseudoescala por:

- Visualizar bajo el rótulo de escala, cuando se hace a pseudoescala mayor a 1:5.000 (escala de realización del plano), es incorrecto, son ampliaciones (no mejora la métrica).
- La simbología utilizada en un plano, características de los elementos de representación (sección de los trazados de líneas de linde, el tamaño de los números de parcelas y el resto de la simbología del plano) debían de aumentar de tamaño con la ampliación.
- Asignar una precisión numérica imposible a escala 1:5.000 a: la métrica, las coordenadas UTM y la representación gráfica, carece del mínimo rigor técnico.

El origen del error puede estar en la metodología digital (virtual) del SIG sin referencias analógicas y distante (el monitor y la ortofotografía), que no ha sido probado (calibrado).

Todo es muy fácil e intuitivo, no requiere conocimientos técnicos. Llegamos a pensar que todo puede hacerse desde el monitor y con precisión de un cm., mejor que con un levantamiento topográfico. En conclusión, los SIG actuales necesitan una revisión que incluya: informar sobre la escala, ajustar las cifras significativas, dar distinto tratamiento a los elementos de la simbología cuando realizamos ampliaciones de acuerdo con la misma,..., hasta ese momento extremar la cautela con los datos numéricos y la información visual (cuando superponemos el plano sobre ortofotografía).<sup>26</sup>

## Véase también

---

- [Ciencias de la Tierra](#)
- [Geomática](#)
- [Geotecnología](#)
- [Neogeografía](#)
- [Servicio basado en localización](#)

## Notas y referencias

---

1. «Integrating GIS with SAP--The Imperative - ArcNews Spring 2009 Issue» ([http://www.esri.com/news/arcnews/spring09articles/integrating-](http://www.esri.com/news/arcnews/spring09articles/integrating-gis.html)

[gis.html](http://www.esri.com/news/arcnews/spring09articles/integrating-gis.html)). *www.esri.com*. Consultado el 13 de julio de 2016.

2. «Geodesy—Wolfram Language Documentation» (<http://reference.wolfram.com/language/guide/Geodesy.html>). *reference.wolfram.com*. Consultado el 13 de julio de 2016.
3. Benner, Steve. «Integrating GIS with SAP—The Imperative» (<https://web.archive.org/web/20091022085822/http://www.esri.com/news/arcnews/spring09articles/integrating-gis.html>). Archivado desde el original (<http://www.esri.com/news/arcnews/spring09articles/integrating-gis.html>) el 22 de octubre de 2009. Consultado el 28 de marzo de 2017.
4. «Lascaux Cave» (<https://web.archive.org/web/20030601143347/http://www.culture.fr/culture/arcnat/lascaux/en/>). Ministerio de Cultura francés. Archivado desde el original (<http://www.culture.fr/culture/arcnat/lascaux/en/>) el 1 de junio de 2003. Consultado el 13 de febrero de 2008.
5. Curtis, Gregory. *The Cave Painters: Probing the Mysteries of the World's First Artists* (<http://archive.org/details/cavepaintersprob00curt>). NY, USA: Knopf. ISBN 1-4000-4348-4.
6. Dr David Whitehouse. «Ice Age star map discovered» (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/871930.stm>). BBC. Consultado el 9 de junio de 2007.
7. Cerda Lorca, Jaime; Gonzalo Valdivia C. (13 de julio de 2007). «John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna» (<http://www.scielo.cl/pdf/rci/v24n4/art14.pdf>) (pdf). Consultado el 20 de septiembre de 2013.
8. «John Snow's Cholera Map» ([http://www.york.ac.uk/depts/maths/histstat/snow\\_map.htm](http://www.york.ac.uk/depts/maths/histstat/snow_map.htm)). York University. Consultado el 9 de junio de 2007.
9. Joseph H. Fitzgerald. «Map Printing Methods» (<https://web.archive.org/web/20070604194024/http://www.broward.org/library/bienes/lii14009.htm>). Archivado desde el original (<http://www.broward.org/library/bienes/lii14009.htm>) el 4 de junio de 2007. Consultado el 9 de junio de 2007.
10. «GIS Hall of Fame - Roger Tomlinson» (<https://web.archive.org/web/20070714083049/http://www.urisa.org/node/395>). URISA. Archivado desde el original (<http://www.urisa.org/node/395>) el 14 de julio de 2007. Consultado el 9 de junio de 2007.
11. Lucia Lovison-Golob. «Howard T. Fisher» ([http://www.gis.dce.harvard.edu/fisher/HTFisher.htm](http://web.archive.org/web/20071213234339/http://www.gis.dce.harvard.edu/fisher/HTFisher.htm)). Harvard University. Archivado desde el original (<http://www.gis.dce.harvard.edu/fisher/HTFisher.htm>) el 13 de diciembre de 2007. Consultado el 9 de junio de 2007.
12. Es común en el ámbito de los sistemas de información geográfica referirse a estos elementos gráficos que representan elementos del mapa con su denominación inglesa *feature*. Su traducción oficial y normalizada en España es la de «objeto geográfico».[1] (<http://blog-ide.e.blogspot.com.es/2013/12/del-fenomeno-al-objeto-geografico.html>)
13. Líneas de múltiples nodos, también denominadas multilíneas.
14. Nótese que aquellos productos en los que existen versiones para Unix y/o Linux, la disponibilidad para MacOS X y BSD es también muy factible dado que el sobrecoste de su compilación es escaso para el desarrollador, especialmente cuando el código fuente es público. Las aplicaciones Java funciona en todas las plataformas en cuyas versiones existen una Máquina Virtual de Java o un compilador de Java (en estos momentos Windows, MacOS X, Linux y Solaris).
15. Matellanes Ferreras, Roberto (2014). «Guía de orientación formativa y laboral en SIG ¿En qué especializarse y para qué?» (<http://geoinnova.org/cursos/wp-content/uploads/2013/11/Guía-laboral-y-formación-SIG.pdf>). *Asociación Geoinnova* (Asociación Geoinnova): 24. Consultado el 16 de febrero de 2016.
16. 3D and Beyond. «Alias Abdul Rahman» (<http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/mm022pf.htm>) (en inglés). Consultado el 19 de abril de 2011.
17. Matt Ball (2009). «What are some of the technological frontiers for GIS advancement?» (<http://www.vector1media.com/dialogue/perspectives/6312-what-are-some-of-the-technological-frontiers-for-gis-advancement>) (en inglés). Consultado el 2 de febrero de 2009.
18. Federico Fonseca y Amit Sheth (2002). «The Geospatial Semantic Web» (<http://www.personal.psu.edu/faculty/f/u/fuf1/Fonseca-Sheth.pdf>) (en inglés). Consultado el 18 de octubre de 2008.
19. Federico Fonseca y Max Egenhofer (1999). «Ontology-Driven Geographic Information Systems» (<https://web.archive.org/web/20140409024534/http://www.library.umaine.edu/theses/pdf/FonsecaFT2001.pdf>) (en inglés).

- Archivado desde el original (<http://www.library.umaine.edu/theses/pdf/FonsecaFT2001.pdf>) el 9 de abril de 2014. Consultado el 18 de octubre de 2008.
20. Perry, Matthew; Hakimpour, Farshad; Sheth, Amit (2006), «Analyzing Theme, Space and Time: an Ontology-based Approach» ([http://knosis.wright.edu/library/download/ACM-GIS\\_06\\_Perry.pdf](http://knosis.wright.edu/library/download/ACM-GIS_06_Perry.pdf)) (PDF), *Proc. ACM International Symposium on Geographic Information Systems*, pp. 147-154.
  21. Mónica Medina (2011). «Cambio de paradigma: Sistemas de Información Geográfica gobernados por ontologías» (<https://web.archive.org/web/20120206155717/http://www.directionsmag.es/articulos/cambio-de-paradigma-sistemas-de-informacion-geografica-gobernados-por-/210748>). Archivado desde el original (<http://www.directionsmag.es/articulos/cambio-de-paradigma-sistemas-de-informacion-geografica-gobernados-por-/210748>) el 6 de febrero de 2012. Consultado el 20 de noviembre de 2011.
  22. Rafael Oliva-Santos, Leonid Mendoza-Robaina, Cynthia Costales-Llerandi<sup>3</sup>, Eduardo Garea-Llano y Francisco Maciá Pérez (2009). «Modelo de anotación semántica para Sistemas de Información Geográfica» ([http://cenatav.co.cu/doc/papersgarea/2009/04\\_2009.pdf](http://cenatav.co.cu/doc/papersgarea/2009/04_2009.pdf)). Consultado el 6 de octubre de 2012. A. Beltran Fonollosa, C. Granell Canut y J. Huerta Guijarro (2011). «Descripción de recursos multimedia georreferenciados» (<http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre/uploads/articulos/art42.pdf>). Consultado el 6 de octubre de 2012.
  23. «FAO Country Profiles| Geopolitical ontology» (<https://web.archive.org/web/20120516020454/http://www.fao.org/countryprofiles/geoinfo.asp?lang=es>). *www.fao.org* (en inglés). Archivado desde el original (<http://www.fao.org/countryprofiles/geoinfo.asp?lang=es>) el 16 de mayo de 2012. Consultado el 20 de febrero de 2017.
  24. Nieto Barbero, Gustavo (2016). *Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la Geografía de la educación secundaria* (<http://www.tesisenred.net/handle/10803/400097>). Universidad de Barcelona. p. 36. Consultado el 9 de mayo de 2017.
  25. Nieto Barbero, Gustavo (2016). *Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la Geografía de la educación secundaria* (<http://www.tesisenred.net/handle/10803/400097>). Universidad de Barcelona. p. 38. Consultado el 9 de mayo de 2017.
  26. Martín de Eugenio Sánchez, Luis (marzo-abril 2017). «Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) inducen a apreciaciones, valoraciones y conclusiones erróneas.» (<https://drive.google.com/file/d/0B1PxxI0E2WABZXV6d0dZWG0zd2FfM2o4c0lpb1ZnMllkd184/view?usp=sharing>). *Revista MAPPING*.

## Bibliografía

- Berry, J.K. (1993) *Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS*. Fort Collins, CO: GIS World Books.
- Bolstad, P. (2005) *GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition*. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.
- Bosque Sendra, J. (1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. Madrid.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998) *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, Oxford, 327 pp.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2011) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 1: Perspectiva Científica / temáticas de base raster*. Buenos Aires, Lugar Editorial, 302 pp.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2012) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 2: Ordenamiento territorial / temáticas de base vectorial*. Buenos Aires, Lugar Editorial, 315 pp.
- Calvo, M. (1992) *Sistemas de Información Geográfica Digitales: Sistemas geomáticos*. IVAP-EUSKOIKER, Oñati, 616 pp.
- Calvo, M. (2012) "Geo-conceptualización y modelado del espacio geográfico". EAE. Saarbrücken, 492 pp.
- Chang, K. (2007) *Introduction to Geographic Information System, 4th Edition*. McGraw Hill.

- Coulman, Ross (2001 - present) Numerous GIS White Papers
- de Smith M J, Goodchild M F, Longley P A (2007) *Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*", 2nd edition, Troubador, UK available free online at: [2] (<http://www.spatialanalysisonline.com>)
- Elangovan, K (2006) "GIS: Fundamentals, Applications and Implementations", New India Publishing Agency, New Delhi"208 pp.
- Harvey, Francis(2008) *A Primer of GIS, Fundamental geographic and cartographic concepts*. The Guilford Press, 31 pp.
- Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2006) *An Introduction to Geographical Information Systems*. Prentice Hall. 3rd edition.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2005) *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2nd edition.
- Maguire, D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W. (1997) "Geographic Information Systems: principles, and applications" Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Martín de Eugenio Sánchez, Luis (2017). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) inducen a apreciaciones, valoraciones y conclusiones erróneas. Revista MAPPING
- Matellanes, R., (2014) "Guía de orientación formativa y laboran en los Sistemas de Información Geográfica ¿En qué especializarse y por qué?" Asociación Geoinnova, 24 pp.
- Moreno Jiménez, A. (coord.); Gómez García, N., Vidal Domínguez, M. J., Rodríguez Esteban, J. A., Martínez Suárez, P., Prieto Flores, M. E., Cervera Cruañes, B. y Fernández García, F. (2008): *Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de auto-aprendizaje con ArcGIS*, Madrid, Ra-Ma, 2.ª ed., 940 pp.
- Nieto Barbero, G. (2016): *Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la Geografía de la Educación Secundaria*. Barcelona: Universidad de Barcelona (Tesis doctoral). Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/400097>
- Ott, T. and Swiaczny, F. (2001) *Time-integrative GIS. Management and analysis of spatio-temporal data*, Berlin / Heidelberg / New York: Springer.
- Olaya, V., (2012) *Sistemas de Información Geográfica* (<http://volaya.github.io/libro-sig/index.html>). Víctor Olaya. 877 pp. (Creative Common Atribución BY 3.0).
- Thurston, J., Poiker, T.K. and J. Patrick Moore. (2003) *Integrated Geospatial Technologies: A Guide to GPS, GIS, and Data Logging*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Tomlin, C.Dana (1991) *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. Prentice Hall. New Jersey.
- Tomlinson, R.F., (2005) *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. ESRI Press. 328 pp.
- Wise, S. (2002) *GIS Basics*. London: Taylor & Francis.
- Worboys, Michael, and Matt Duckham. (2004) *GIS: a computing perspective*. Boca Ratón: CRC Press.
- Wheatley, David and Gillings, Mark (2002) *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Application of GIS*. London, New York, Taylor & Francis.

## Enlaces externos

---

- Comparativa sobre características y funcionalidades de los SIG de código libre ([http://www.geo.uzh.ch/~sstein/manuscripts/sstein\\_foss\\_desktop\\_gis\\_overview.pdf](http://www.geo.uzh.ch/~sstein/manuscripts/sstein_foss_desktop_gis_overview.pdf)) Archivado ([https://web.archive.org/web/20170808092009/http://www.geo.uzh.ch/~sstein/manuscripts/sstein\\_foss\\_desktop\\_gis\\_overview.pdf](https://web.archive.org/web/20170808092009/http://www.geo.uzh.ch/~sstein/manuscripts/sstein_foss_desktop_gis_overview.pdf)) el 8 de agosto de 2017 en [Wayback Machine](#)..
- Forrest, Matt (10 de enero de 2022). «What is Modern GIS?» (<https://forrest.nyc/what-is-modern-gis/>) (en inglés). Modern GIS and Geospatial Ideas and Guides.