

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. UNA REVISIÓN

The geographical information systems. A review

Dixon Fabián Flórez-Delgado^{1*} y Deisy Katherine Fernández-García²

¹Zootecnista. Mg. Sistemas Sostenibles de Producción. Docente Universidad de Pamplona.
²Ingeniera Agrónoma. Docente Universidad de Pamplona.



Recibido 15 de enero de 2017.
 Aceptado 3 de marzo de 2017.

Autor para Correspondencia*:
 dixonfllorez@gmail.com

Como citar:

FLÓREZ-DELGADO, D.F. y FERNÁNDEZ-GARCÍA, D.K. 2017. Los sistemas de información geográfica. una revisión. Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. 9(1). Pp. 11-16

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica SIG, son una herramienta para el manejo de información geográfica, fundamental para trabajar hoy en día con todo tipo de información georreferenciada. Un SIG es un sistema compuesto por cinco componentes principales: datos, tecnología (hardware y software), análisis, procedimientos y personal. Cada una de ellas cumple una función determinada dentro del sistema SIG, el cual se caracteriza fundamentalmente por su naturaleza integradora. La principal ventaja de los SIG, radica en su capacidad de procesar gran cantidad de información proveniente de diversas fuentes, facilitando su consulta y análisis de forma rápida, directa y veraz. Gracias a esto, los SIG se han convertido en una gran herramienta en la actualidad para la toma de decisiones y desarrollo de planes de actuación frente a diversas situaciones.

Palabras clave: Análisis, componentes, medio ambiente, SIG.

Abstract

The GIS (Geographic Information Systems) is a tool for the management of geographic information, fundamental for working with all types of geo-referenced information. A GIS is a system composed by five main components: data, technology (hardware and software), analysis, procedures and a workforce. Each one of them fulfills a determined function within the GIS system, which is fundamentally characterized by its integrating nature. The main advantage of GIS is in its ability to process a large amount of information from various sources, facilitating its consultation and analysis quickly, directly and truthfully. Thanks to this, GIS has become a great tool for decision-making and the development of action plans in front of different situations.

Key words: Analysis, components, environment, SIG.

Introducción

El término Sistemas de Información Geográfica SIG, es de compleja definición, dadas sus capacidades técnicas, analíticas y su carácter multipropósito. En la actualidad está ampliamente difundido tanto en la geografía como en otras ciencias, en especial en aquellas vinculadas con la planificación territorial y la resolución de problemas sociales, económicos, productivos y ambientales (López, *et al.*, 1997).

Durante los últimos años, los SIG han sido una de las más grandes herramientas de trabajo para investigadores, planificadores, analistas y todo el personal que tiene que ver con el uso del territorio. Aunque los SIG tienen una gran capacidad de análisis, no pueden existir y funcionar por sí solos; requieren de una organización, personal, recursos y equipamiento para su implementación, sostenimiento y cumplimiento de su objetivo (IGAC, 2007), pudiendo representar situaciones reales o escenarios simulados de gran utilidad (CEBRIAN, 1988), aspectos que facilitan la toma de decisiones (Sieber, 2006; Vílchez, 2000).

Historia y evolución de los SIG

Para algunos autores, el origen de los SIG, está relacionado con la aparición de las técnicas cartográficas (Ruiz, 1995). Sin embargo, se puede afirmar que el inicio de los SIG, tiene estrecha relación con el propio desarrollo de la informática en los años 60, especialmente con los aspectos

de software, hardware (Brown y Lomolino, 1998) y el cambio del formato analógico (topografía convencional) al digital (Sitjar, 2008). En la Tabla 1, se describe la historia de los SIG.

Numerosos factores externos, han influenciado rápidamente en la evolución de los SIG, recorriendo estos una serie de etapas en el tiempo hasta la actualidad (Figura 1).

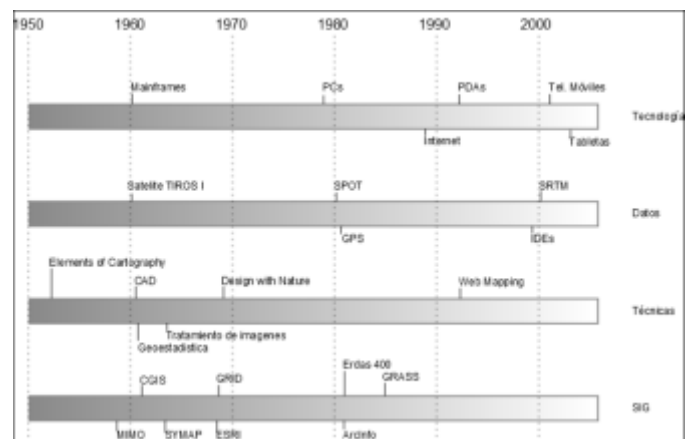


Figura 1. Esquema de la evolución de los SIG. **Fuente:** Tomado de Olaya, 2014.

El rumbo de los SIG, ha sido condicionado a su vez, por la



Tabla 1. Historia de los Sistemas de Información Geográfica -SIG.

Años	Tecnologías	Usuarios	Aplicaciones
1950	✓ Primeros ordenadores electrónicos	✓ Ejército	✓ Militares ✓ Atlas of the British Flora
1960	✓ Mesas de digitalización ✓ Miniordenadores 16 bits ✓ Plotters ✓ Uso de estructuras raster en SIG	✓ LCG ✓ CGIS ✓ Universidades EEUU	✓ Investigación y educación ✓ Planeamiento urbano ✓ Gestión y análisis de recursos naturales
1970	✓ Miniordenadores 32 bits ✓ Uso de estructuras vectoriales en SIG	✓ ING	✓ Investigación y educación ✓ Censos ✓ Atlas Nacional de España
1980	✓ Ordenadores personales PC ✓ SIG para PC ✓ Extensión uso escáners	✓ Universidades españolas ✓ Institu Cartografic de Catalunya ✓ Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria	✓ Investigación y educación ✓ Sistema de Información Geográfica ✓ Sistema de información territorial ✓ SIG Catastral
1990	✓ Integración SIG/GPS/Teledetección ✓ Sistemas multimedia ✓ Ordenadores proceso paralelo ✓ Integración raster/vectorial	✓ Ayuntamientos ✓ Administraciones Autonómicas	✓ Investigación y educación ✓ Aplicaciones globales ✓ Digital Chart of the world

Fuente: Adaptado de Comas y Ruíz, 1993

evolución de todos estos factores, pudiendo reconocer cuatro escenarios a saber, que se presentan en la tabla 2.

Definición de SIG

Existen muchas y variadas definiciones acerca de qué son los Sistemas de Información Geográfica (Gutiérrez y Gould, 1994). Así, mientras que para algunos los SIG son simplemente el medio para la elaboración de mapas, para otros esta aplicación está asociada para la solución de problemas geográficos y el soporte a la toma de decisiones (Longley, 2005).

Siendo así, una definición clásica es la de Tomlin (1990), para quien un SIG es un elemento que permite “analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre”. El mismo autor argumenta, que “esta es una definición muy amplia, y habitualmente se emplea otra más concreta. En palabras habituales, un SIG es un conjunto de

software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos”.

Para Sastre (2010), un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, cuyo objetivo es capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Por su parte, (Burrough, 1986) considera los SIG como un poderoso grupo de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos. Bocco *et al.*, (1991) definen a un SIG como un conjunto de programas y equipo de computación que permite el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) provenientes de varias

Tabla 2. Escenarios de evolución de los Sistemas de Información Geográfica -SIG.

Escenario	Nombre	Características
Escenario 1	La evolución de los SIG como disciplina o herramienta	✓ Relación con otras disciplinas. ✓ Fundación de la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI). ✓ SIG hace parte de currículos universitarios. ✓ Aparece el primer SIG libre, Geographic Resources Analysis Support System (GRASS).
Escenario 2	La evolución de la tecnología	✓ Salidas gráficas ✓ Almacenamiento y acceso de datos ✓ Entrada de datos ✓ Computadores personales ✓ Aparece Google Maps
Escenario 3	La evolución de los datos	✓ Se funda SPOT ✓ Imágenes satelitales ✓ Operatividad del sistema GPS ✓ Infraestructura de datos espaciales IDE
Escenario 4	La evolución de las técnicas y formulaciones	✓ Cartografía cuantitativa ✓ Superposición y combinación de mapas ✓ Geoestadística ✓ Diseños asistidos por computador CAD

Fuente: Adaptado de CIAF.

fuentes, temporal y espacialmente diferentes.

Componentes de un SIG

Los SIG son sistemas complejos que integran una serie de distintos elementos interrelacionados (Rosete y Bocco, 2003). El estudio de cada uno de estos elementos es la base para la comprensión global de los Sistemas de Información Geográfica teniendo en cuenta las características de cada elemento para entender las relaciones entre ellos. Los componentes de un SIG, se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Componentes de un SIG

Componente	Descripción
Personal	Capacitado en los temas de aplicación y en el manejo de las herramientas SIG.
Organización	Estructura funcional y organización del personal para la ejecución de actividades.
Información geográfica	Ubicada espacialmente, actualizada, completa y útil para las aplicaciones.
Normas, procedimientos y metodologías	Con suficiente detalle y probadas.
Software	De acuerdo a los tres puntos anteriores.
Hardware	Además de lo anterior, según el volumen de datos.

Fuente: Adaptado de INEGI, 2014; Meneses y Cárdenas, 2011

Funcionalidades de un SIG

Para Olaya (2014), una manera de entender las funcionalidades de los SIG, es dividirlo en tres subsistemas fundamentales (figura 2):

- Subsistema de datos:* Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- Subsistema de visualización y creación cartográfica:* Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- Subsistema de análisis:* Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

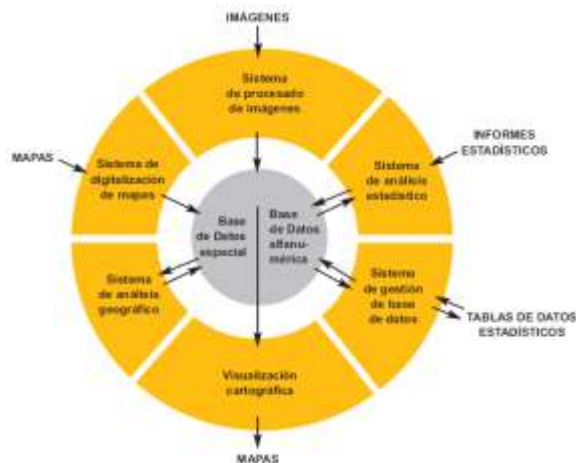


Figura 2. Funcionalidades de un SIG. **Fuente:** Eastman, 1999.

Aplicaciones de los SIG

Las aplicaciones informáticas que forman parte del ámbito SIG son muy diversas, y su evolución es constante. Todos estos tipos de aplicaciones no son elementos aislados, sino que se relacionan entre sí y dependen en muchos casos los unos de los otros para cobrar sentido como herramientas útiles (Olaya, 2014).

A continuación se presentan las principales aplicaciones de los SIG:

- Planificación hidrológica:* Los SIG se han convertido en una potente herramienta para planificar y gestionar los recursos hídricos gracias a que disponen de múltiples opciones para su análisis y evaluación. Entre otras muchas opciones, mediante el uso de los SIG se pueden manejar y crear Modelos de Elevación Digital, delimitación y caracterización de cuencas, estudiar y analizar la distribución espacial de los recursos hídricos o evaluar la pérdida de suelo mediante modelos de erosión (Benayas, 2014).
- Agricultura y medio ambiente:* Permite optimizar los recursos suelo y agua, así como la planificación de los sistemas de producción (Bronsveld, *et al.*, 1994), incluyendo el manejo de áreas protegidas (Gómez, 1992), áreas forestales (Sánchez, *et al.*, 1999), monitoreo de ecosistemas (Gordon, 2008; Fregoso, *et al.*, 2001; Bocco, *et al.*, 2001) y áreas pesqueras (Selvaraj, *et al.*, 2009). Además, tiene en cuenta aspectos del uso y de la conservación de diversidad tanto biológica (Moreira, 1996), como física y cultural (Velázquez, *et al.*, 2001).
- Geomarketing:* La base de datos de los clientes potenciales de determinado producto o servicio relacionada con la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing (Bravo, 2000) o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, anuncios espectaculares y publicidad (Cornejo, 2011).
- Administración territorial:* Asistencia en la elaboración de planes de ordenamiento territorial (Santovenia, *et al.*, 2009), planificación de políticas territoriales mediante el uso de información sobre la localización y distribución de las actividades económicas, turismo (Giordano, 2009), servicios públicos, infraestructura vial (Zapata y Cardona, 2012), recursos naturales (Del Bosque, *et al.*, 2012), uso del suelo e impacto ambiental (Segrelles, 2002; Castellanos, 2010). En las últimas dos décadas, los SIG, se han convertido en la herramienta más importante y confiable para analistas, planificadores e investigadores, en todo lo relacionado con el manejo, procesamiento y análisis de información espacial y territorial (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006).
- Planes de emergencia:* Elaboración en tiempo real de mapas de actuación en caso de incendios forestales, inundaciones y cualquier tipo de emergencia (Zapata y Bieres, 2013).

-*Estudios sociodemográficos:* Determinación de la estructura de una población para prever las necesidades de equipamiento (colegios, centros de salud, escenarios deportivos), zonas susceptibles a amenazas por enfermedades y estudios con fines electorales (AGER, 2013).

-*Educación e investigación:* Los SIG son una poderosa herramienta para incentivar en los estudiantes el pensamiento geográfico (Nieto, 2010), la investigación y la comprensión de la interrelación de los factores naturales (Solano, 2012), productivos y culturales de la sociedad (Segrelles, 2002). Así mismo, estimula el desarrollo cognitivo (Formiga, 2008), la inteligencia lingüística, lógica, espacial y la capacidad de comunicación (Boix, *et al.*, 2009)

-*Sector salud:* En este sector, los SIG permiten hacer un estudio y análisis epidemiológico especialmente a escala local sobre los servicios de salud ofertados en una región en particular. Así mismo, se puede observar el comportamiento, distribución y factores de riesgo de un fenómeno de salud (Loyola, *et al.*, 2002).

-*Telecomunicaciones:* Los SIG, permiten diseñar esquemas y flujos de información actualizada de la red (Sosa y Martínez, 2009). Mejora la planeación, administración de redes de telecomunicaciones, brindando mejor atención a los clientes, además de reducir los costos de operación (Araya, 1999).

Por su parte, los SIG pueden responder los siguientes interrogantes (Tabla 3):

Conclusiones

La utilización de cartografía ha dado un vuelco radical en el plazo de unas décadas, permitiendo nuevas posibilidades y acercando la información cartográfica como herramienta de primer orden a un público amplio y diverso. La

elaboración misma de cartografía ha pasado de ser terreno exclusivo de profesionales del sector a ser una labor abierta donde las nuevas tecnologías, especialmente las de corte colaborativo, han permitido que otro tipo de usuarios desarrollen y compartan información cartográfica.

La mayor parte de la información que manejamos en cualquier tipo de disciplina está georreferenciada. Es decir, que se trata de información a la cual puede asignarse una posición geográfica, y es por tanto información que viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización.

Este tipo de sistemas sirve especialmente para dar solución a problemas o preguntas sobre planificación, gestión y distribución territorial o de recursos. Son utilizados en investigaciones científicas, en arqueología, estudios ambientales, cartografía, sociología, historia, marketing y logística, entre otros campos.

En una sociedad donde la información y la tecnología son dos de los pilares fundamentales, los SIG son, sin lugar a dudas, la tecnología estandarte para el manejo de información geográfica, y los elementos básicos que canalizan la gestión de todo aquello que, de un modo u otro, presente una componente geográfica susceptible de ser aprovechada.

Literatura citada

AGER. Los Sistemas de Información Geográfica: características y aplicaciones generales. 2013. 11 p.
 ARAYA, F. "El SIG de Entel-CHILE". Geoinformación, (5): 31-33. Mayo-junio, 1999.
 BENAYAS, R. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión Hidrológica. 2014.
 BOCCO, G., MENDOZA, M. y VELÁZQUEZ, A. Remote

Tabla 3. Preguntas que puede responder un Sistema de Información Geográfica -SIG.

Preguntas de...	Descripción
Localización	¿Qué hay en...? Siempre se consulta en un mapa o en una base de datos digital donde está un objeto. Ejemplo: ¿Qué hay en el polígono seleccionado?
Condición	¿Dónde sucede que? Ejemplo: ¿dónde se ubican las escuelas rurales de un municipio?
Evolución	¿Qué ha cambiado desde? El análisis a través del tiempo permite pronosticar lo que sucederá en el futuro
Patrones	¿Qué patrones espaciales existen en? Los fenómenos repetitivos son manejables por este tipo de sistemas, Cada vez que existe algo que se repite, es porque siempre existe una causa. Ejemplo: ¿Dónde y a qué hora existe alta congestión vehicular?
Modelamiento	¿Qué ocurriría si? Planteamiento de posibles escenarios modificando variables.
Rutas	¿Cuál es el camino óptimo? (El más corto, más barato, más rápido) entre dos puntos a través de una red.

Fuente. Adaptado de Maguire, 1991; INEGI, 2014

- sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology*, 39:211-219. 2001.
- BOCCO, G., PALACIO, J. y VALENZUELA, C. Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y Desarrollo*, XVII (97): 79-88. 1991.
- BOIX, G., OLIVELLA, R. y SITJAR, J. “Los Sistemas de Información Geográfica en las aulas de Educación Secundaria”. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, (1): 17-36. 2009.
- BRAVO, J. Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Madrid: Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas “CIEMAT”. 2000. 38 p.
- BRONSVELD, K., HUIZING, H. y OMAKUPT, M. Improving land evaluation and land use planning. *ITC Journal*, (4): 359-365. 1994
- BROWN, J. H. y LOMOLINO, M. V. *Biogeography*, 136(4): 691. 1998.
- BURROUGH, P. Principles of geographic information systems for land resource assessment. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1(2). 1987
- CASTELLANO, D. Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. *Ventana Informática*, (22): 39-53. Enero–junio, 2010.
- CEBRAN, J. A. "Sistemas de Información Geográfica", Aplicaciones de la Informática a la Geografía y a las Ciencias Sociales. Madrid: Síntesis, 1988. p. 125 - 140.
- COMAS, D. y RUIZ, E. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Barcelona: Ariel Geográfica, 1993. 295 p.
- CORNEJO, J. Geomarketing, otra aplicación del GIS. España: Instituto Superior del Medio Ambiente, 2011.
- DEL BOSQUE, I. et al. Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales, 2012. 147 p.
- EASTMAN, J. Multi-criteria evaluation and GIS, in *Geographical Information Systems*. Nueva York: John Wiley and Sons, Ltd. 1999.
- FORMIGA, N. Sistemas de Información Geográfica y cartografía temática: Métodos y técnicas para el trabajo en el aula. *Revista Universitaria de Geografía*, 17(1): 339-341. 2008
- FREGOSO, A. et al. El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Investigaciones Geográficas*, 46: 58-77. 2001.
- GIORDANO, N. Sistemas GIS: GIS aplicado al turismo. Universidad ORT Uruguay. Facultad de Ingeniería. 2009. 14 pp.
- GÓMEZ, F. Los sistemas de información geográfica. Su importancia y su utilidad en los estudios medioambientales. *Cuadernos de Sección. Historia* 20. 1992 p. 455-465.
- GORDON, C. Plataformas GIS. Evolución tecnológica, de los entornos corporativos a la experiencia del usuario final. 2008. 31 pp.
- GUTIERREZ, J. y GOULD, M. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Síntesis. 1994. 251 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Los Sistemas de Información Geográfica. *Geoenseñanza*, 11(1): 107-116. Enero-junio, 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. Sistema de Información Geográfica. México: INEGI, 2014. 60 p.
- MAGUIRE, D. An overview on definition of GIS. In: Maguire, D.; Goodchild, M. and Rhind, D. *Geographic Information Systems: Principles and Applications*, 1: 9-20. 1991.
- MENESES, JOSE y CARDENAS, JHONNY. Diseño e implementación de un sistema de información geográfica (SIG) sobre software libre para la Secretaría de Planeación del municipio de Guadalajara de Buga. Santiago de Cali: Universidad del Valle. Programa de Ingeniería Topográfica. 2011. 71 p.
- MOREIRA, A. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ambiente y Desarrollo*, XII(2): 80–86. 1996.
- NIETO, A. El uso didáctico de los sistemas de información geográfica en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Rev Tejuelo*, (9): 136-161. 2010.
- LONGLEY, P. et al. *Geographic Information Systems and Science*. 2 ed. John Wiley and Sons, Ltd. 2005.
- LÓPEZ, E., POSADA, C. y MORENO, J. Los Sistemas de Información Geográfica. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI. Sevilla España: Universidad de Sevilla, 1997. p 789-803.
- LOYOLA, E. et al. Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud. *Rev Panam Salud Publica*, 12(6):415-428. 2002.
- OLAYA, Sistemas de Información Geográfica. España. 2014. 854 pp.
- ROSETE, F. y BOCCO, G. Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales. *Gaceta Ecológica*, (68): 43-54. Julio-septiembre, 2003.
- RUIZ, M. Sistemas de información geográfica y análisis espacial, en *Prácticas de Análisis espacial*. Barcelona: Oikostau, 1995. p. 249 - 373.
- SANCHEZ, M.; FERNÁNDEZ, A. e ILLERA, P. Los sistemas de información geográfica en la gestión forestal. TELEDETECCIÓN. Avances y Aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete, España, 1999. p. 96-99.
- SANTOVENIA, D., TARRAGÓ, M. y CAÑEDO, A. Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. ACIMED [en línea]. 2009. [Consultado el

- 17 de marzo de 2017]. Disponible en: http://http://goo.gl/YBTMrKcontent_copy
- SASTRE, P. Sistemas de Información Geográfica (SIG). Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. Instituto Geológico y Minero de España. 2010. 58 pp.
- SEGRELLES, J. Fundamentos, Métodos y Conceptos de Geografía Humana. Departamento de Geografía Humana. Universidad de Alicante. 2002. 268 pp.
- SELVARAJ, J., MAYA, R. y GUZMÁN, A. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica y sensores remotos al manejo de pesquerías marinas y desafíos para su desarrollo en Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost., 38 (1). Jan.-June. 2009.
- SIEBER, R. Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework. Annals of the Association of American Geographers. 96 (3): 491-507. 2006.
- SOLANO, M. El uso de sistemas de información geográfica libre en Costa Rica. Revista Geográfica de América Central, (48): 61-74. I Semestre, 2012.
- SOSA, J. y MARTÍNEZ, F. Los sistemas de información geográfica y su aplicación. Enlaces de comunicaciones Científica, 13(1): 27-34. Enero-marzo, 2009.
- SITJAR, J. Los Sistemas de Información Geográfica al servicio de la sociedad. Girona España: Universidad de Girona, 2008. 9 p.
- TOMLIN. C. Geographic information systems and cartographic modelling. Prentice Hall. 1990.
- VELÁZQUEZ, A., BOCCO, G. y TORRES, A. Turning scientific approaches into practical conservation actions: The case of comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. Environmental Management, 27(5): 655-665. 2001.
- VÍLCHEZ, J. Introducción a los sistemas de información geoespacial. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad de los Andes, Talleres Gráficos Universitarios, Mérida. 2000. 203 p.
- ZAPATA, N. y BIERES, R. Herramienta SIG de apoyo a la gestión de emergencias de protección civil en el municipio de Sant Boi. Universidad Politécnica de Cataluña, España. 2013. 33 pp.
- ZAPATA, J. y CARDONA, G. Aplicación de los sistemas de información geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín. Ingenierías. USBMed, 3(2): 70-84. Julio-Diciembre, 2012.