

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Tecnologías SIG Open Source respondiendo a una necesidad social: vulnerabilidad de mujeres desplazadas en Colombia*

[Open Source GIS Technologies responding to a social need: vulnerability of displaced women in Colombia]

**LUZ MERY GÓMEZ-CONTRERAS¹, DIEGO RANDOLF PÉREZ-RINCÓN.²,
RICHARD IBARRA-NEGRETTE³**

RECIBO: 15.09.2010 - AJUSTE: 15.10.2010 - APROBACIÓN: 05.12.2010

Resumen

Este artículo trata sobre la implementación de los Sistemas de Información Geográfica, SIG, en Web, como una solución informática para el manejo de información espacial relacionada con problemáticas sociales. Presenta una descripción de las características principales de estos sistemas y las ventajas que surgen al trabajarlos con tecnologías Open Source. Hace un análisis sobre la incidencia de los SIG en la sociedad y sobre los aportes que potencialmente pueden lograrse en las temáticas sociales, para seguidamente, presentar una experiencia en la aplicación de estas

* Modelo para citación de este artículo:

GÓMEZ CONTRERAS, Luz Mery; PÉREZ RINCÓN, Diego Randolf e IBARRA NEGRETTE, Richard (2010). Tecnologías SIG Open Source respondiendo a una necesidad social: Vulnerabilidad de mujeres desplazadas en Colombia. En: Ventana Informática. No. 23 (jul.-dic., 2010). Manizales (Colombia): Universidad de Manizales. p. 71-91. ISSN: 0123-9678

- 1 Ingeniera Catastral y Geodesta. Máster en Geografía.
Profesional especializado Grupo SIG, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: lugomez@igac.gov.co
- 2 Ingeniero Geógrafo y Ambiental. Especialista en SIG.
Analista SIG, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: drperez@igac.gov.co
- 3 Ingeniero de Sistemas. Especialista en Ingeniería de Software.
Desarrollador SIG, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: ribane@hotmail.com

tecnologías en el tema de desplazamiento forzado, describiendo el Sistema de Información Geográfica. Vulnerabilidad de la Mujer Desplazada SIG-VMD, el cual permite ubicar espacialmente las situaciones de vulnerabilidad que afrontan las mujeres desplazadas en Colombia y se constituye en el producto final de un proyecto de investigación emprendido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en colaboración con la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional-Acción Social, que buscó dar respuesta a las solicitudes planteadas por las organizaciones de mujeres. Finalmente, se incluyen unas conclusiones sobre las temáticas, las tecnologías y las experiencias abordadas en el artículo.

Palabras clave: *Sistemas de Información Geográfica, Problemáticas sociales, Tecnologías Open Source*

Abstract

This article describes the implementation of the Geographic Information Systems, GIS, through the internet, as a software solution for managing spatial data related to social problems. It presents a description of the main characteristics of these systems and the benefits of working them through Open Source technologies. The software does an analysis on the impact of GIS on society and on the contributions that can potentially be achieved in social issues, to then present an experience in implementing these technologies on the issue of forced displacement, describing the Geographic Information Systems. Vulnerability of displaced women GIS-VMD, which allows spatializing the vulnerabilities faced by displaced women in Colombia, and it is the final product of a research project undertaken by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, in collaboration with the Presidential Agency for Social Action and International Cooperation-Acción Social, who seek to respond to the requests by women's organizations. Finally, some conclusions on the issues, technologies and experiences discussed in the article are included.

Keywords: *Geographic Information Systems, Social Problems, Open Source Technologies*

Introducción

«Las aplicaciones de conceptos espaciales en las ciencias sociales, generalmente integran múltiples conceptos simultáneamente, al abordar tipos generales de razonamiento espacial para: Detectar cambios en los usos y regionalización de espacios; Medir arreglos físicos y agrupamiento de fenómenos para identificar patrones espaciales; Documentar patrones espaciales sobre el tiempo para inferir procesos y Medir asociaciones espaciales (y espacio-temporales) para poner a prueba hipótesis» (Janelle, 2008, 7).

Este artículo aborda la dimensión espacial y temporal de los aspectos sociales, profundizando en la vulnerabilidad de las mujeres desplazadas en Colombia, entendiendo la vulnerabilidad como «la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o a la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre» (International Strategy for Disaster Reduction, 2004). En el contexto del desplazamiento forzado, este concepto se traduce en las «inequidades, injusticias, discriminaciones, y exclusiones históricas que potencian las acciones de dominación y control que ejercen los actores armados y a través de las cuales vulneran los derechos de las mujeres en forma desproporcionada». (Corte Constitucional, 2008).

Los sistemas de información geográfica, al contar con diversas herramientas para manejar, analizar, operar y en general gestionar información de tipo espacial, permiten entender el comportamiento de las problemáticas sociales en su dimensión espacio-temporal, y específicamente, permiten ubicar espacialmente las situaciones que afronta la población desplazada, ayudando y complementando la gestión territorial y humanitaria.

Los SIG generalmente se asocian a las herramientas de *software* que tienen capacidades para el manejo de información espacial, pero estos son mucho más que eso, ya que se constituyen en sistemas que están estructurados de forma coherente y sistémica y los cuales están compuestos por personas, organizaciones, datos, métodos, conceptos, además del *hardware* y el *software* que los sustenta, lo cual posibilita una integración y un soporte organizacional para las estructuras sociales como empresas, instituciones estatales u organizaciones sociales.

En la era actual, la mayoría de la información está dispuesta a través de internet y las decisiones y acciones dependen de un conocimiento profundo de los hechos y fenómenos geográficos. Como respuesta a esto, los SIG han incursionado en internet, a través de herramientas que

posibilitan el intercambio remoto de información espacial entre diversos usuarios. En la actualidad, existe una amplia gama de soluciones que ofrecen funciones de SIG, dentro de las cuales se encuentran aquellos programas que pueden ser libremente distribuidos y modificados; pero también existen los llamados *propietarios*, que tienen restringido el acceso al código fuente. Este es un tema igualmente relevante a la hora de abordar las problemáticas sociales, pues la implementación de una tecnología depende de las necesidades temáticas e informáticas, pero también de las posibilidades económicas.

La estructura del artículo se compone de tres partes fundamentales. Un primer apartado titulado *sistemas de información geográfica en web y tecnologías Open Source*, en el que se describen y discuten sus cualidades y características. Posteriormente, se analizan las incidencias que han tenido los SIG en la sociedad y en las problemáticas sociales, así como las potencialidades de los SIG en el área de las ciencias sociales, además de su importancia y relevancia en la solución de los problemas sociales. Luego, se incluye un capítulo destinado a describir las experiencias logradas con el diseño, el desarrollo y la implementación del aplicativo *SIG-VMD. Vulnerabilidad de la mujer desplazada*, el cual se constituye en una herramienta para ubicar las situaciones de vulnerabilidad que afrontan las mujeres desplazadas en Colombia. Finalmente, se incluyen unas conclusiones sobre las temáticas, las tecnologías y las experiencias abordadas en el artículo.

1. Marco teórico

1.1 Sistemas de información geográfica en web y tecnologías Open Source

Los Sistemas de Información Geográfica se constituyen en un «Conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer, y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos». (IGAC, 1995). En términos generales, el uso de los SIG tiene que ver con el inventario y apoyo a las decisiones, utilizando una gama de métodos de consulta y análisis, así como funciones necesarias para visualizar los datos geográficos de manera útil. Por lo que son tecnologías «que proveen funcionalidades de almacenamiento, visualización y consulta de información espacial, orientados principalmente a la gestión» (Goodchild, 2008, 32-36); con capacidades para

analizar, predecir, diseñar, monitorear y hacer seguimiento, acciones éstas que involucran la generación de escenarios y la evaluación de alternativas en temas particulares.

En la actualidad, existe gran cantidad de *software* que cuenta con funcionalidades SIG enfocadas a múltiples usuarios, dentro de los cuales hay tres grandes tendencias, el *software libre*, el *software Open Source* y el *software propietario*. Según la Free Software Foundation (2010), el *software libre* se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el *software* otorgando cuatro libertades: uso para cualquier propósito, acceso y adaptación del código fuente, distribución de copias y modificación y publicación de mejoras al código fuente. Por su parte, el *software Open Source*, se fundamenta en 10 principios equivalentes a las libertades del *software libre*, con lo cual otorga acceso al código fuente, permite su modificación y distribución, pero tiene un enfoque más técnico y menos filosófico que el primero, regulando de forma más detallada los métodos de desarrollo. «El *software Open Source* busca mejor calidad, mayor fiabilidad, más flexibilidad, menor costo, y el fin de los proveedores abusivos *lock-in*» (Open Source Initiative, 2010). Por último, el *software propietario*, que a diferencia de los anteriores, restringe la distribución, el acceso al código fuente y con ello su modificación y publicación.

En el mundo de las tecnologías *geoespaciales* se ha consolidado una fuerte comunidad que desarrolla e implementa *software libre* y *software Open Source*. Es así como existe la fundación para el Código Abierto Geoespacial –OSgeo-, la cual se define como «una organización sin ánimo de lucro cuyo objetivo principal es apoyar y promocionar el desarrollo abierto y colaborativo de los datos y las tecnologías geoespaciales» (OSgeo, 2010). Iniciativas como ésta, sumada a otras emprendidas por organizaciones, universidades y empresas, han permitido que se construyan herramientas informáticas, que no tienen nada que envidiarle al *software propietario*. Entre ellas se pueden citar *Udig*, *Kosmos*, *GvSIG*, *Qgis* para el caso de *software* de escritorio; *Openlayer*, *Fusion*, *Chameleon* como clientes ligeros; *Mapserver* y *Geoserver* como servidores de mapas, y *PostgreSQL + PostGIS* como sistema manejador de bases de datos espaciales, entre los más destacados y los cuales están soportados y desarrollados cumpliendo con los estándares de la *Open Geospatial Consortium Inc*, (OGC), una asociación integrada por compañías, agencias gubernamentales y universidades que define estándares y especificaciones internacionales en el tema de *geoprocesamiento*.

Hasta aquí se ha hablado de las características de los SIG, pero no de su funcionalidad en *web*, pues bien, la diferencia simplemente esta en que estos últimos funcionan a través de servidores *web*, que posibilitan el manejo e intercambio de información espacial entre varios usuarios. Para que un SIG pueda funcionar en un ambiente *web*, requiere como mínimo de un servidor *web*, un servidor de mapas, un cliente ligero para SIG (opcional), unas fuentes de información alfanumérica y espacial (que pueden ser bases de datos, servicios *web* o archivos locales de escritorio), y, finalmente, un navegador *web*, a través del cual el usuario solicitará información al servidor de aplicaciones, manteniendo una comunicación cliente-servidor en la que se ejecutan solicitudes y respuestas. Con estos elementos, que además deben ser estructurados bajo cualquier lenguaje de programación (como *java* o *php*), pueden construirse aplicaciones *web* con capacidades geoespaciales, que serán transparentes para un usuario común, quien simplemente accederá a través del navegador *web* de su computador y de acuerdo a sus roles o intereses, podrá acceder a funcionalidades específicas de visualización, administración, navegación, análisis ó salida gráfica, entre otras, configuradas internamente en la aplicación. Cabe resaltar que los tiempos de respuesta dependerán del ancho de banda y de las cualidades y capacidades de los servidores y equipos en los cuales se aloja la información fuente, la aplicación en sí, y el navegador con el cual ingrese el usuario.

1.2 Incidencia de los SIG en la sociedad y en la solución de problemáticas sociales

Las relaciones sociales que se dan entre los individuos de una comunidad entretejen patrones espaciales ó formas de ocupación que reflejan las características y dinámicas de una sociedad, son un reflejo de las lógicas que organizan el espacio geográfico, ya que cualquier actividad humana está íntimamente relacionada y es interdependiente del contexto ambiental en el que se sitúe, de los recursos naturales y de las cualidades biofísicas que éste posea. El dinamismo social crea territorios, deja huellas sobre el espacio, distribuye la población, y sus infraestructuras económicas, políticas, culturales, etc. Al mismo tiempo el territorio deja una huella sobre las personas, evidenciada no solo en aspectos psicológicos y culturales, sino también en aspectos jurídicos, económicos y sociales, ya que el ser humano logra entablar vínculos muy profundos con el espacio que ocupa, pues funciona como un escenario en el cual las personas actúan asumiendo diferentes roles que lo vinculan a él. Es decir, hay una huella social sobre el territorio, pero también hay una territorialidad en cada persona.

En la era actual, las relaciones sociales y los problemas humanitarios y ecológicos que surgen, se manifiestan a escala global y dependen de grandes flujos de información, de energías, de materias, de organismos y de personas. Por lo que presentan una alta complejidad, ya que ningún territorio puede considerarse aislado o incomunicado, pues el auge de las tecnologías de la comunicación y el transporte, permiten una interconexión social mucho más amplia. En este sentido, se hace también importante, que a la hora de entender los comportamientos espaciales de los hechos y fenómenos sociales, se asuman estrategias y se empleen herramientas que permitan ese manejo complejo y sistémico de la información referida a estos fenómenos, y que sobre todo permitan interrelacionarlos en sus diferencias y cualidades, teniendo en cuenta su comportamiento espacial y temporal, pues la toma de decisiones y la formulación de estrategias de solución para los grandes problemas de la humanidad, como la pobreza, el desplazamiento o el desabastecimiento de agua, requieren que sus factores, causas y efectos sean localizados en el espacio, asociándolos a la situación geográfica y social de las personas que los afrontan.

La incorporación de los SIG en las ciencias sociales se plantea por Goodchild y Janelle (2004), cuando manifiestan que, paralelo a la ofensiva de la computación en las ciencias, la sociedad seguirá siendo testigo de un giro espacial en las ciencias sociales. Los SIG, la cartografía en general y la visualización, en particular, jugarán un papel fundamental en la emergente integración de *lo espacial* en las ciencias sociales. Esto se evidencia actualmente, pues los conceptos y métodos espaciales basados en SIG se están extendiendo rápidamente hacia el campo de las ciencias sociales como lo manifiesta Voss (2007); cada vez es más importante interpretar patrones y comprender los comportamientos espaciales asociados a temas sociales; allí un elemento importante es la visualización de la información, ya que esto motiva otras preguntas acerca de la conformación de los patrones (Logan 2010). Elwood (2009) por ejemplo, mostró cómo los integrantes de una comunidad utilizan los SIG para realizar una interpretación flexible de los datos locales procedentes del gobierno local, utilizando estas re-lecturas de los datos oficiales para promover sus propias explicaciones acerca de las necesidades y condiciones locales. Así, cobra también importancia la participación que pueden tener los actores directamente afectados en el entendimiento y la solución de sus problemas.

Hoy en día, con el desarrollo y la aplicación de la tecnología; computadoras, redes, bases de datos y el avance en el tema de telecomunica-

ciones, los SIG presentan nuevas tendencias y características, una de las cuales es la disposición de datos basada en Internet, los SIG *Web*. Dichas características hacen perfectamente posible la inclusión de componentes *Web* en los SIG, donde casi todas las operaciones pueden ser realiza a través de un navegador (Zheng and Gu, citado por Liu, 2010); como resultado, estas tecnologías serán cada vez más accesibles y se ampliará en gran medida el número de usuarios no expertos, haciendo de los SIG *Web* una herramienta práctica (Ganapati, 2010).

Todo este auge en las tecnologías SIG orientadas a la *web*, es un reflejo de las nuevas necesidades que surgen en el contexto de la globalización, así lo expresa Liu (2010); estas tecnologías amplían el universo de acción que puede tener una persona, y posibilita a los organismos estatales, a las empresas y a las organizaciones sociales, tener un control más eficiente de las actividades que ejercen sobre el territorio. Los SIG *Web* no sólo se utilizan para el manejo de los recursos naturales, el medio ambiente y las otras áreas de administración, sino también es la promoción de navegación para vehículos, servicios móviles de localización, transporte, prevención y atención de desastres, planeación urbana, redes de servicios, y otros desarrollos que están estrechamente relacionados con la vida de las personas.

Desafortunadamente, la aplicación de estas tecnologías en las temáticas sociales ha sido bastante reducida, y se ha enfocado más en las áreas catastrales, de transporte, medio ambientales o *geomarketing*, enfocándose a la ubicación de servicios comerciales y turísticos entre otros, y no a la consolidación de sistemas que ubiquen espacialmente y caractericen los grupos de población que están siendo afectados día a día por diferentes flagelos como el desplazamiento forzado. Sin embargo, tampoco puede decirse que los SIG no han incursionado dicha temática, pues se encuentran aplicaciones para criminología, disparidades económicas, segregación residencial, entre otras, de interés en las ciencias sociales; también se han desarrollado algunas enfocadas al análisis de conflictos donde predomina la combinación de SIG con técnicas cuantitativas como la estadística espacial para producir nuevos conocimientos acerca de los patrones espaciales; en fin el uso de los SIG en este campo tiene una tendencia significativa hacia el uso de tecnologías *geoespaciales* (Cioffi-Revilla, 2010).

Una de las principales ventajas de utilizar estas tecnologías es el aspecto económico, si se considera que el costo del servicio de Internet se ha convertido en asequible para los usuarios, mientras que la velocidad de acceso ha aumentado considerablemente, además de la eficiente

provisión y mantenimiento de datos SIG. Una vez que los datos del SIG están en el servidor, varios usuarios pueden acceder a su visualización y consulta, los datos pueden transferirse fácilmente y se actualizan en un corto tiempo. Pero, como plantea Goodchild (2008), esto exige un gran esfuerzo para obtener y mantener el interés del público, lo cual será difícil con mapas estáticos; es justo por lo que enfatiza en la necesidad de incorporar la dimensión temporal, advirtiendo que esto es un desafío fundamental para los SIG.

Otra ventaja de los SIG en la *Web* es la inclusión de una variedad de tecnologías interactivas que permiten a los usuarios realizar consultas, seleccionar, recuperar, analizar datos, además de crear gráficos y representaciones cartográficas (Meng y Malczewski, 2009). Así, las aplicaciones SIG en Internet proporcionan un sistema que potencialmente puede cerrar la brecha entre el público en general y los expertos. Dentro de este contexto, Jankowski (2009) plantea que los SIG *Web* contribuyen a la democratización de los datos espaciales y al proceso de toma de decisiones, ofreciendo un acceso abierto y una eficaz distribución de la información *geoespacial*. Es aquí donde las tecnologías *Open Source* cobran mucho valor, pues el desarrollo de estas infraestructuras implica la implementación de herramientas especializadas que si se realizan en *software* propietario se incurre en altos costos por la adquisición y mantenimiento de las licencias, con lo cual se comprometen el sostenimiento y la evolución de estas aplicaciones.

En síntesis, los SIG tienen un futuro muy promisorio en el área de las ciencias sociales, ya que, como plantean Knigge y Cope (2009), estos sistemas pueden ser útiles tanto para la visualización de datos espaciales, fotografías, dibujos, entrevistas y documentos de archivo; como para la construcción de teorías a partir de datos etnográficos. Estos autores, fundamentados en la visualización y la integración, muestran cómo las representaciones visuales de los SIG y otras fuentes pueden ser analizadas inductivamente para explorar significados interpretativos, comprender y explicar los procesos y generar teoría a partir de datos etnográficos. Este enfoque es especialmente prometedor, donde usuarios no expertos en SIG, pueden ejecutar algunas de las funciones más simples, como las consultas de exploración y cartografía temática. Pero además está la posición de autores como Elwood y Cope (2009), quienes hacen un llamado a concebir los datos espaciales y las *geotecnologías* no como un medio fijo de análisis o de representación, sino más bien, como una opción de explorar saberes múltiples, y participar de las contradicciones entre las distintas formas de saber.

2. Aplicativo SIG-VMD

(Sistema de Información Geográfica: Vulnerabilidad de la Mujer Desplazada)

SIG-VMD surgió como respuesta a las solicitudes realizadas por las organizaciones de mujeres en los *autos de seguimiento* 092 y 236 proferidos por la Corte Constitucional de Colombia en el año 2008, los cuales buscan proteger los derechos fundamentales de las mujeres afectadas por el desplazamiento forzado y ordena al Estado colombiano crear trece programas de atención, entre los que se encuentra el *Programa de Prevención del impacto de género Desproporcionado del Desplazamiento Forzado*, complementado por los «Lineamientos para un Plan Integral de Prevención y Protección del Impacto Desproporcionado y Diferencial del Desplazamiento Forzado sobre las mujeres colombianas». Este programa ubica el componente de protección como prevención del despojo y plantea la necesidad de ubicar espacialmente las situaciones de vulnerabilidad que enfrentan las mujeres en situación de desplazamiento, a través de la generación de «*cartografía de vulnerabilidad por tenencia y cartografía de vulnerabilidad personal*».

A partir de la identificación de las anteriores necesidades, se construyó un aplicativo que funciona vía *web*, el cual permite la consulta y visualización de mapas de vulnerabilidad de las mujeres desplazadas en afectaciones relativas a tierras y territorios, con cubrimiento departamental y municipal para todo el territorio colombiano, proporcionando acceso abierto y de fácil utilización a través de Internet, con el propósito de complementar el manejo de información estratégica y los procesos de toma de decisiones que ejercen las instituciones y organismos con competencia en el tema de desplazamiento forzado, y para el conocimiento de las organizaciones de mujeres desplazadas y la sociedad civil en general.

2.1 Metodología

El aplicativo SIG-VMD. se construyó a través de un trabajo conjunto entre el Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica, CIAF del IGAC, y el proyecto Protección de Tierras y Patrimonio de la Población Desplazada de Acción Social. Inició con un análisis de contexto en el que se abordó la problemática del desplazamiento forzado en Colombia, se identificaron los sistemas de información oficial que registran las situaciones de esta población y a partir de ello, se definieron las variables a ubicar espacialmente en el aplicativo. Trabajo realizado a través de variadas entrevistas y talleres en las que participó un grupo

interdisciplinario de personas pertenecientes a ambas entidades. Estas actividades constituyeron la base conceptual sobre la cual se consolidó el proyecto de investigación, orientado a construir un aplicativo en ambiente *Web*, intuitivo y que permitiera la ubicación espacial de las vulnerabilidades que afrontan las mujeres desplazadas.

2.1.1 Metodología de desarrollo de software. La construcción del aplicativo SIG-VMD se realizó basándose en la Metodología de Desarrollo de *Software* –MDS– del IGAC (2010a), la cual diferencia cuatro fases fundamentales: Análisis/viabilidad, Diseño, Desarrollo/construcción e Implementación. Las dos primeras fases se realizaron apoyándose en el lenguaje unificado de modelado *UML* y la fase de desarrollo fue realizada empleando el lenguaje de programación *php*.

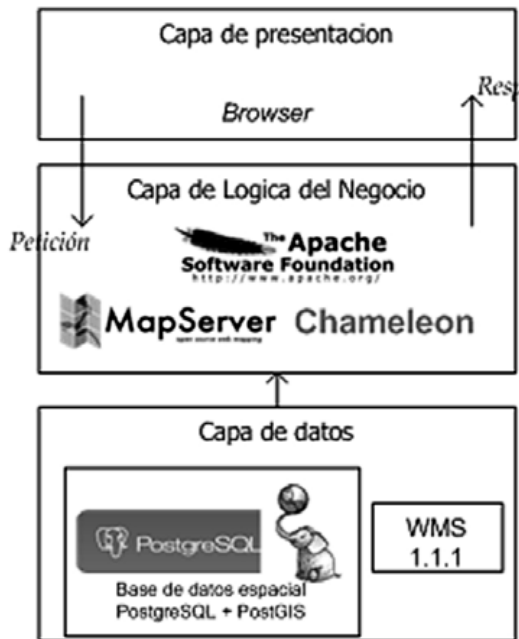
A continuación se presenta una síntesis de las actividades que, según la MDS del IGAC, deben emprenderse para construir un *software*:

- **Análisis/Viabilidad.** El propósito de esta fase es proporcionar la información necesaria para llevar a cabo las fases subsiguientes. Es decir, definir el Alcance, las funcionalidades que se deben incluir y un diseño preliminar de la interfaz de usuario.
- **Diseño.** En este punto se evalúa la información obtenida en la fase anterior y se determina el trabajo que falta por realizar (refinamiento de la fase de análisis). Una vez se refinan los requerimientos del cliente, se define un diseño de arquitectura con base en las características del proyecto, una plataforma tecnológica específica, un procedimiento de operación y administración del sistema y una propuesta de seguridad y control de la arquitectura.
- **Desarrollo/construcción.** La fase de construcción busca construir la arquitectura planteada y desarrollar las funcionalidades del sistema.
- **Implementación/lanzamiento:** La fase de lanzamiento contempla la planeación de la forma en que se direccionarán los distintos lanzamientos de las versiones del producto de *software*; está compuesta por diferentes versiones que describen la estabilidad de una pieza de *software*, y la cantidad de desarrollo que ésta requiere antes del lanzamiento final. Esta fase termina con una actividad de soporte en la que se da el apoyo necesario a los usuarios finales del sistema producido, de tal manera que se facilite su uso y administración.

2.2 Resultados y discusión

2.2.1 Arquitectura y fuentes de información. El aplicativo SIG-VMD está estructurado totalmente en una plataforma tecnológica *Open*

Source. Que implementa *PostgreSQL 8.4* con la extensión espacial *PostGIS 1.5*, como sistema manejador de base de datos. *Apache tomcat* y *Mapserver* como servidor *web* y servidor de mapas respectivamente. El primero permite la interacción entre la aplicación y el *browser*, y el segundo crea un mapa a partir de los datos espaciales en formato digital



y posteriormente los publica en Internet usando *Apache*.

Mapserver en sí mismo es un ambiente de desarrollo para aplicaciones SIG web, pero en el proyecto SIG-VMD fue implementado en conjunto con el cliente ligero *Chameleon*, ya que este último ofrece una amplia variedad de funciones para la creación de aplicaciones web orientadas a la cartografía, además de que es altamente configurable. En la figura 1 se muestra un esquema de la plataforma tecnológica utilizada.

Figura 1. Plataforma tecnológica SIG-VMD

Para soportar esta plataforma se implementó un modelo cliente-servidor que sigue un patrón modelo, vista, controlador de tres capas, el cual se caracteriza por separar la presentación de la información al cliente, de la lógica del sistema y del modelo de datos. Para ello se dispuso un nodo de clientes, un servidor de aplicaciones, un servidor de datos y una conexión a servicios web geográficos, tal como aparece en la figura 2.

• **Servidor de aplicaciones.** Está situado en las instalaciones del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica, CIAF, del IGAC. Tiene un sistema operativo *Windows server 2003*, que alberga la aplicación desarrollada en *php*, la cual funciona por medio del servidor web *Apache* y el servidor de mapas *Mapserver*. La aplicación consta de un conjunto de páginas *PHP* y librerías *JavaScript* que se encuentran integradas en la pagina principal, la cual, por un lado, usa la clase *Chameleon* como cliente para realizar todas las operaciones cartográficas y, por otro lado, configura un archivo *.map* en el que se definen las características de representación, la proyección cartográfica

y las fuentes de información espacial. La base de datos que alberga toda la información alfanumérica y espacial, que reside en este mismo servidor de aplicaciones, esta estructurada en el motor *PostgreSQL 8.4 + PostGIS 1.5*.

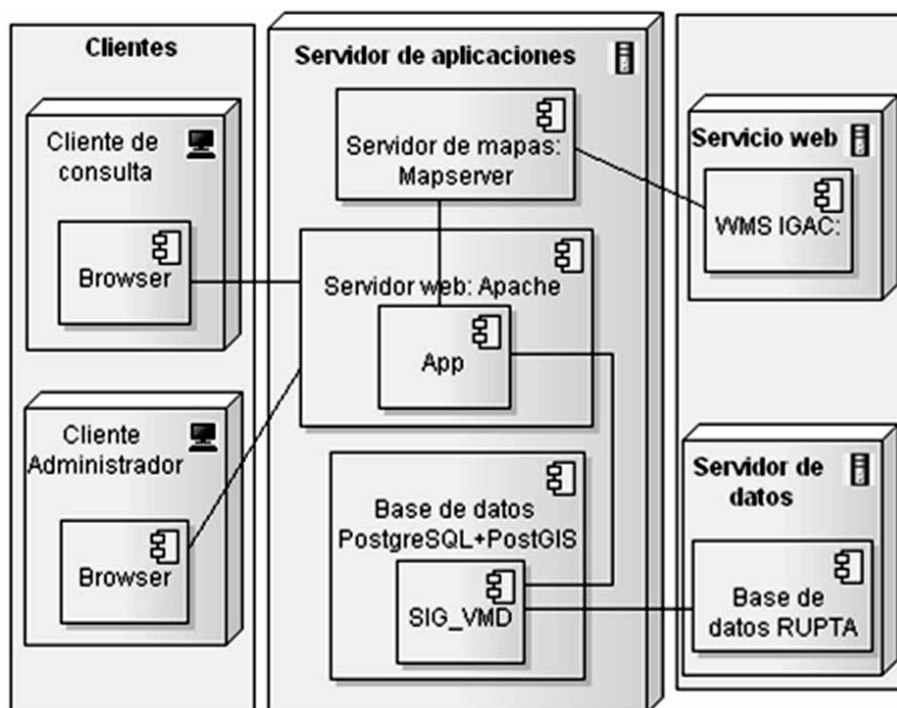


Figura 2. Diagrama de despliegue

- **Servidor de datos.** Corresponde a los servidores externos que contienen los datos fuente con los que se alimenta el sistema. En esta primera fase, el SIG-VMD se está alimentando del *RUPTA (Registro Único de Predios y Territorios Abandonados)*, a través de un archivo de datos consolidado en *formato.csv*, el cual es cargado en la base de datos SIG-VMD por un usuario administrador.
- **Servicio web.** A través del *WMS⁴* del IGAC se accede a la cartografía básica del IGAC, la cual es cargada en la aplicación para que el usuario tenga una referencia espacial y se ubique más fácilmente.
- **Nodo de clientes.** se constituye en la infraestructura tecnológica con que el usuario accede a la interfaz a través de un *browser*.

⁴ *Web Map Service* por sus siglas en inglés. Estandarizado por la OGC, se constituye en un archivo de imagen-mapa creado a partir de datos digitales *georreferenciados*.

Los datos que sirven de sustento para la generación de los mapas, tablas y gráficos que se construyen en SIG-VMD, provienen de tres grandes fuentes:

- Registro Único de Predios y Territorios Abandonados RUPTA: datos alfanuméricos de las situaciones que afrontan las personas titulares de derechos, solicitantes de una protección por su condición de desplazadas.
- Cartografía Digital IGAC: capas espaciales de las unidades administrativas de Colombia: municipios y departamentos en formato shp⁵, las cuales son cargadas a la base de datos PostgreSQL + PostGIS.
- Servicio WMS IGAC: corresponde a la cartografía básica del IGAC, disponible en: http://www.icde.org.co/web/guest/wms_igac

2.2.2 Funcionalidades y productos. La interfaz gráfica del SIG-VMD pretende ser amigable y de fácil uso, ya que la población objetivo no tiene conocimientos profundos en geografía o sistemas informáticos. Una persona puede navegar por el visor, configurar una consulta de interés y visualizar una respuesta en forma de mapas y reportes estadísticos, los cuales dan cuenta de la situación de vulnerabilidad para los parámetros de consulta seleccionados. Además, la aplicación cuenta con herramientas de navegación espacial, administración de capas, identificación, salida gráfica y posee una serie de menús que ayudan y orientan la navegación.

El aplicativo puede ser accedido desde la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE, en la opción mapas y *geoservicios* (http://www.icde.org.co/web/guest/mapas_geoservicios) o directamente a través de <http://190.254.22.52/SIG-VMD/index.php>.

2.2.2.1 Panel de consulta. Permite realizar consultas sobre las situaciones de vulnerabilidad que afrontan las personas desplazadas en Colombia, discriminando por género, población, nivel espacial y año. Las variables que dan cuenta de las distintas vulnerabilidades, provienen del Registro Único de Predios y Territorios Abandonados, RUPTA, por lo que deben entenderse como derechos adquiridos por una parte de la población desplazada y no como un registro que dimensione la totalidad de situaciones que se suceden en Colombia (Figura 3).

Para realizar una consulta, debe seleccionarse una opción en cada uno de los parámetros que se encuentran en la parte superior del panel, diferenciando por:

⁵ Formato de archivo informático del software propietario que produce la empresa ESRI.

The image shows a web application interface titled "Panel de Consulta". It is divided into two main sections. The top section, "Defina los parámetros de consulta", contains four dropdown menus for "Género:", "Grupo Poblacional:", "Nivel Espacial:", and "Año:". The bottom section, "Seleccion una ó más variables", contains three sub-sections: "SITUACIÓN FAMILIAR" with dropdowns for "Titulares de derecho:", "Tipo de relación:", "Titulares cabeza de Familia:", and "No. de integrantes del Núcleo Familiar"; "Relación Jurídica con el Predio" with a dropdown for "Modalidad:"; and "Predios con Solicitudes de Protección" with a dropdown. At the bottom are two buttons: "Ver Mapa" and "Ver Reporte".

Figura 3. Panel de consulta

- **Género:** *masculino y femenino* o comparar los dos seleccionando *todos*.

- **Grupo poblacional:** se puede seleccionar entre los grupos étnicos que existen en Colombia, es decir: *Indígenas, Afrocolombianos, Pueblos ROM, grupos étnicos no diferenciados*⁶; seleccionar *otros* para identificar todas aquellas personas que no hacen parte de los grupos étnicos o simplemente elegir *todos*, para conocer el comportamiento para el total de población.

- **Nivel espacial:** se refiere a la unidad político administrativa (*departamento o municipio*) en la cual se desea ver la consulta.

- **Año:** Representa el año de la solicitud de protección en el RUPTA.

Una vez seleccionados los parámetros de consulta, se puede elegir las variables de vulnerabilidad. Es importante tener claro, que estas se refieren siempre a las situaciones que afrontan los titulares de derecho que se registran el RUPTA y están organizadas de acuerdo a su *situación familiar*, a la *relación jurídica que posee el titular con el predio* y a las característica de los *predios en situación de desplazamiento*⁷.

2.2.2.2 Visor geográfico. Permite la visualización de los mapas que representan las situaciones de vulnerabilidad que el usuario configura en el panel de consulta. Posee herramientas de navegación espacial y salida gráfica en la parte superior, las cuales permiten manipular y exportar el mapa que se despliegue en la vista. Además, cuenta con las herramientas de *identificar elemento* y *Graficar* con las cuales es posible conocer los valores absolutos que toma la vulnerabilidad en cada unidad administrativa y generar graficas estadísticas del comportamiento histórico que presenta

⁶ Esta población corresponde a todas aquellas personas que se identifican en el RUPTA como pertenecientes a un Grupo Étnico, pero no especifican a cual.

⁷ Permite identificar el área de los predios en situación de desplazamiento.

cada uno de los departamentos y municipios de Colombia. La figura 4 muestra el visor geográfico con una ampliación del mapa consultado.

En la parte izquierda del visor geográfico, se encuentra ubicado el menú *administrar capas*, el cual presenta un listado de las capas espaciales que componen el mapa desplegado en el visor, las cuales pueden ser prendidas y apagadas por medio de una casilla de verificación. Cada capa tiene una estructura de árbol con las subcapas que la componen y su leyenda respectiva como lo muestra la figura 4. Para complementar la información del mapa, se encuentra alojada una gráfica estadística en la parte inferior del visor, que muestra el comportamiento anual de la última vulnerabilidad consultada por el usuario. Esta gráfica se muestra por defecto en el entorno nacional cada vez que el usuario ejecuta una consulta por medio de la opción *ver mapa*, pero está en capacidad de representar también, el comportamiento anual para un único municipio o departamento, cuando se usa la herramienta *graficar*, incluida en la barra de herramientas del visor geográfico, pues el usuario puede dar *clic* en cualquier unidad espacial del mapa y el sistema actualizará la gráfica mostrando el comportamiento para la unidad solicitada.

2.2.2.3 Mapas de vulnerabilidad. Uno de los productos finales que aporta el aplicativo SIG-VMD es una salida gráfica de la vista del mapa desplegado en el visor geográfico. Este mapa representa la leyenda, la escala y las capas espaciales que el usuario configure en la última consulta, como se aprecia la figura 5.

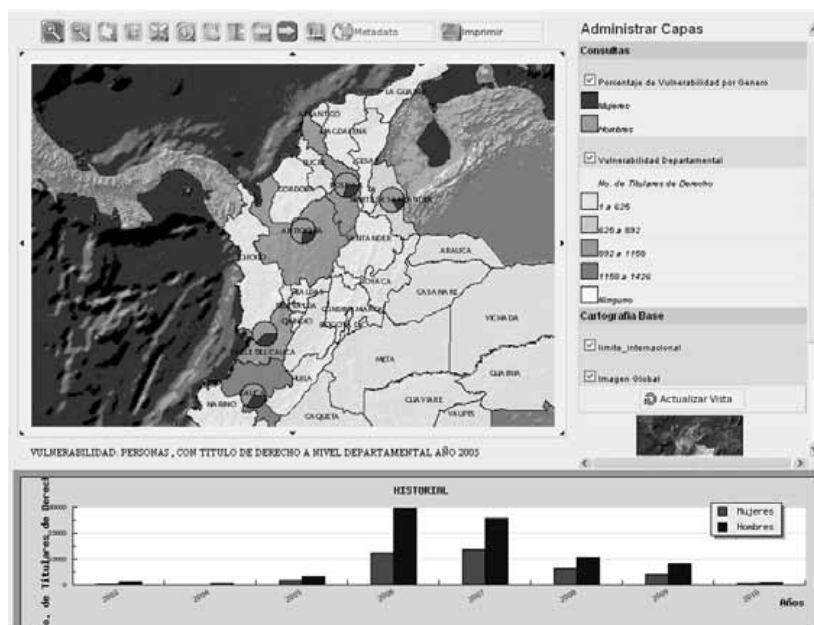


Figura 4. Visor geográfico

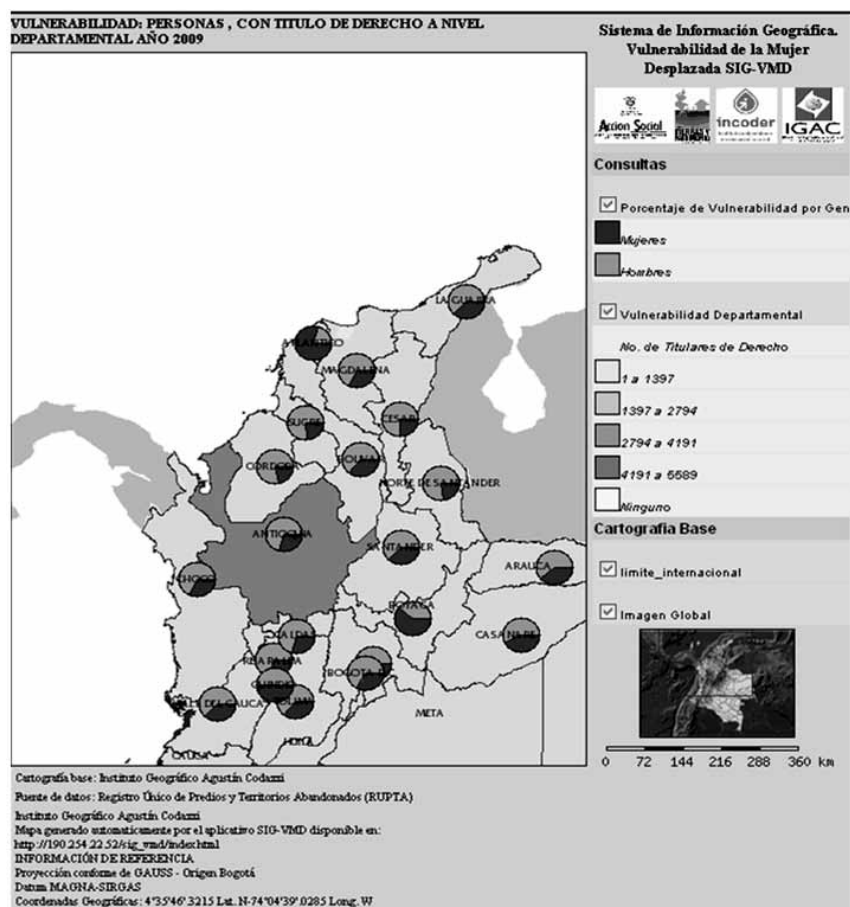


Figura 5. Salida gráfica

2.2.2.4 Reportes estadísticos. Los reportes estadísticos son otra forma de representar la consulta que realiza el usuario a través del *panel de consulta*. Los reportes muestran un resumen de los parámetros que ingresa el usuario, una gráfica de vulnerabilidad en el ámbito nacional y la totalidad de datos tabulados para los parámetros seleccionados. Cuando se despliega el *reporte*, el sistema también habilita un botón para exportar los datos en formato *Excel*, posibilitando el almacenamiento de los datos consultados. En la figura 6 se presenta una vista de un típico *reporte estadístico*.

2.2.2.5 Metadatos geográficos. Para complementar la información del usuario, se documentaron los metadatos relativos a los mapas de vulnerabilidad que se generan en línea a través del aplicativo, en los cuales se describen todos los aspectos técnico-informáticos que fueron necesarios para producir dichos mapas. Estos metadatos se encuentran disponibles en la aplicación *Swami 2.0* (IGAC, 2010b) y pueden

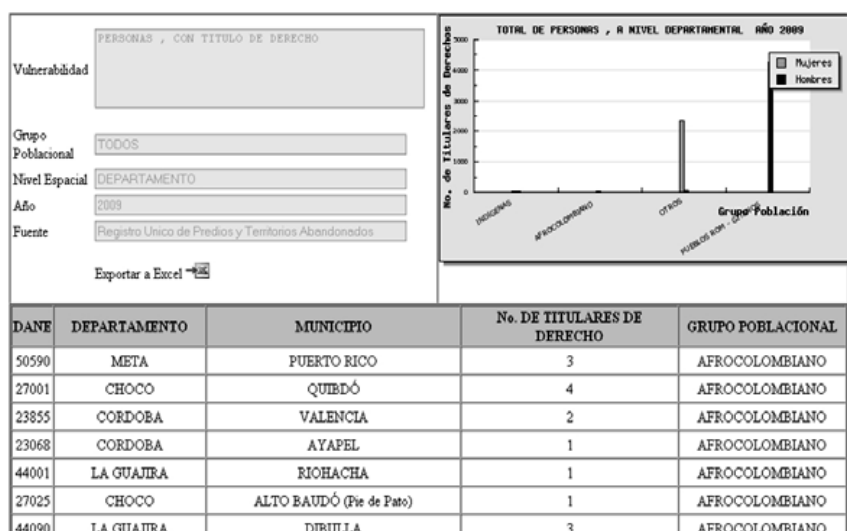


Figura 6. Reporte Estadístico

ser accedidos desde SIG-VMD a través del botón *ver metadatos*, una vez el usuario ha configurado la consulta, o directamente en el motor de búsqueda de *Swami 2.0*.

3. Conclusiones

- Las tecnologías *Open Source* vinculadas a los Sistemas de Información Geográfica, ofrecen importantes recursos para el desarrollo tecnológico de sistemas informáticos de calidad y eficiencia, ya que cumplen con estándares internacionales de calidad y posibilitan una alta personalización. Además, al implementar este tipo de *software*, se optimizan significativamente los recursos, ya que no se incurre en costosas licencias, que muchas veces comprometen la sostenibilidad y evolución de los sistemas.
- Las necesidades de información espacial en las temáticas sociales pueden ser cubiertas y sustentadas de forma eficiente por los SIG, lo que hace falta es que los organismos y las personas que tienen injerencia en el tema, se interesen más por involucrar estas tecnologías en sus procesos. Esto es sobre todo significativo a la hora de establecer estrategias humanitarias y de emprender estudios que busquen comprender y dar solución a las problemáticas sociales, ya que los SIG podrían ayudar a organizar más eficientemente la información y las iniciativas que se emprendan.

- El acceso libre a la aplicación SIG-VMD a través de Internet, posibilita que cualquier persona u organización pueda conocer el comportamiento histórico de las vulnerabilidades, aportando elementos para orientar acciones de gestión territorial y humanitaria, y ayudando a crear una memoria histórica en la sociedad.
- Al conocer cómo se distribuyen espacialmente las situaciones de vulnerabilidad que afronta la mujer desplazada en el territorio nacional, se aporta un conocimiento que da cuenta de las zonas en las que se están vulnerando en mayor magnitud los derechos que las mujeres tienen en relación con la tierra y el territorio, lo cual permite inferir los factores que son más relevantes y los hechos y fenómenos que propician que el género femenino este siendo doblemente vulnerado por las acciones violentas que ejercen los grupos armados.
- Esta primera versión de la aplicación tiene la capacidad de representar la información en los ámbitos departamental y municipal, discriminando por género y grupo poblacional, entregando un registro histórico del comportamiento de cada variable de vulnerabilidad que se registra en Colombia por medio del RUPTA. Como consecuencia de lo anterior, los mapas de vulnerabilidad, solo representan las vulnerabilidades que afrontan las mujeres titulares de derechos, solicitantes de una protección por su condición de desplazadas y no, la vulnerabilidad que afronta la totalidad de la población desplazada en Colombia.

Bibliografía

- ACCIÓN SOCIAL (2010). Protección de Tierras y Patrimonio de la Población Desplazada [En línea]. Bogotá (Colombia): Acción Social <<http://www.accionsocial.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=3&conID=3341>> [Consulta: 12/04/2010]
- CIOFFI-REVILLA, C. (2010). Computational social science. [en línea]. En: Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, Vol. 2: No. 3, p. 259–271. (may-jun, 2010). Oxford (UK): John Wiley & Sons, Inc. ISSN 1939-0068. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wics.95/pdf>> [consulta: 13/09/2010]
- CORTE CONSTITUCIONAL (Colombia) (2008a). Auto No. 092 [En línea]. Ginebra (Suiza): Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados, ACNUR. <<http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/6321.pdf>> [Consulta: 10/03/ 2010]
- CORTE CONSTITUCIONAL (Colombia) (2008b). Auto No. 237 [En línea]. Ginebra (Suiza): Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados, ACNUR. <<http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/6985.pdf>> [Consulta: 10/03/2010]
- CORTE CONSTITUCIONAL (Colombia) (2004). Sentencia No. T-025 [En línea]. Ginebra (Suiza): Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados, ACNUR. <<http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/2501.pdf>> [Consulta: 10/03/ 2010]
- ELWOOD, S. (2009). Multiple representations, significations, and epistemologies in community-based GIS. In: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. London (UK): Sage Publications, p. 57–74. ISBN: 978-1412945660
- ELWOOD, S., and COPE, M. (2009). Qualitative GIS: forging mixed methods through representations, analytical innovations, and conceptual engagements. In: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. London (UK): Sage Publications, p. 1–12. ISBN: 978-1412945660
- FREE SOFTWARE FOUNDATION (2010). Philosophy of the GNU Project [En línea] Boston (MA, USA): Free Software Foundation. <<http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>> [Consulta: 28/03/2010]
- GANAPATI S (2010). Using Geographic Information Systems to Increase Citizen Engagement. [En línea]. Washington (USA): IBM Center for the Business of Government, E-Government / Technology Series. <<http://www.businessofgovernment.org/pdfs/GanapatiReport.pdf>> [Consulta: 13/08/2010]
- GOODCHILD M (2008). The use cases of digital earth. [En línea]. London: International Journal of Digital Earth. Vol.1 , No. 1, p. 31-42. London (UK): Taylor & Francis Group. ISSN 1753-8955 <<http://dx.doi.org/10.1080/17538940701782528>> [Consulta: 13/08/2010]
- GOODCHILD, M.F. and D.G. JANELLE (2004). Thinking spatially in the social sciences. In GOODCHILD, M.F. and JANELLE, D.G. (edit.) Spatially Integrated Social Science. New York USA: Oxford University Press, p. 3-22. ISBN 0-19-515270-0
- INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES, ICDE- (2010). Geoservicios [En línea]. Bogotá (Colombia): IGAC. <http://www.icde.org.co/web/guest/mapas_geoservicios> [Consulta: 28/04/2010]
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC (2005). Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. [En Línea]. Bogotá (Colombia): IGAC. <http://webigac.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/index.htm> (Consulta: 05/07/2009)
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC (2010a). Metodología de desarrollo de Software [En línea]. Bogotá (Colombia): IGAC. <<http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/index.html>> [Consulta: 13/03/2010]
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC (2010 b). Sistema *Web* de Administración de Metadatos del IGAC [En línea] Bogotá (Colombia): IGAC. <<http://serviciaf.igac.gov.co/swami/app/appmain.jsp>> [Consulta: 15/03/ 2010]
- INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, ISDR (2004). ¡Aprendamos a prevenir los desastres!: Los niños y las niñas también participamos en la reducción de riesgos. [En línea]: San José (CR): Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Unidad Regional para América Latina y el Caribe & UNICEF, Costa Rica. <http://www.unisdr.org/eng/public_aware/world_camp/2004/booklet-spa/Booklet-spanish.pdf> [Consulta: 18/03/2010]

- JANELLE, D. G. (2008). Spatial Concepts and Spatial Reasoning in the Social Sciences. [En línea]. En: International Workshop on Spatial Cognition and Learning. (13-14/09/2008), Freiburg (Germany): SFB/TR8 – SILC. California (USA): Center for Spatially Integrated Social Science, CSISS. <<http://www.csiss.org/SPACE/resources/presentations/files/Janelle-Spatial-Concepts-in-the-Social-Sciences.pdf>> [Consulta: 13/09/2010]
- JANKOWSKI, P. (2009). Towards participatory geographic information systems for community-based environment decision making. [en línea] En: Journal of Environmental Management Vol. 90, No. 6, (may, 2009), p. 1966-1971. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Ltd. ISSN 0301-4797 <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6WJ7-4SR6G0M-2-1&_cdi=6871&_user=10&_pii=S0301479708001229&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=05%2F31%2F2009&_sk=999099993&wchp=dGLbVIW-zSkWA&md5=375a395f36a02d36a0b52a9314b5deb1&ie=/sdataarticle.pdf> [consulta: 13/09/2010]
- KNIGGE, L. and COPE, M. (2009). Grounded visualization and scale: a recursive examination of community spaces. In: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. London (UK): Sage Publications Ltd. p. 95–114. ISBN 9781412945660.
- LIU CHUANJIN (2010). On building public service-oriented G-WEB GIS, En: 2010 The 2nd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT), (17-18/07/2010). Wuhan (China): IEEE. ESIAT 2010, vol. 2, p. 719-722. ISBN 978-1-4244-7387-8
- LOGAN JR; ZHANG W, and XU H. (2010). Applying spatial thinking in social science research. En: GeoJournal Vol. 1, No. 75 (feb., 2010). p. 15-27. Berlin (Germany): Springer. ISSN 0343-2521
- MAPSERVER (2010). Mapserver Project Steering Committee [En línea]. <<http://mapserver.org/development/rfc/ms-rfc-23.html#rfc23>> Minnesota (USA): Mapserver. [Consulta: 02/04/2010]
- MAPTOOLS (2006). Chameleon [En línea]. s.l.: MapTools. <<http://chameleon.maptools.org/>> [Consulta: 20/03/2010]
- MENG Y. and MALCZEWSKI J. (2009). Usability evaluation for A Web-based public participatory GIS: A case study in Canmore, Alberta. [En línea]. En: Cybergeog: European Journal of Geography, Art. 483. Paris (France): Centre for Open Electronic Publishing, Revues.org. ISSN électronique 1278-3366 <<http://cybergeog.revues.org/index22849.html>> [Consulta: 15/08/2010]
- MENG-HUA ZHANG; WAN-JUN LIU;(2010). Distributed interoperable GIS Data Services based on Web Services [en línea]. En: 2010 The 2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering (ICIME), (16-17/04/2010). Chengdu (China): IEEE. ICIME 2010, vol. 2, p. 140-143 ISBN 978-1-4244-5263-7
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM -OGC- (2010). Web Map Service [En línea]. Wayland (MA, USA): Open Geospatial Consortium, Inc. <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>>[Consulta: 11/04/ 2010]
- OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION –OSGeo (2010). About the Open Source Geospatial Foundation. [En línea]. Vancouver (BC, Canada): OSGeo. <<http://www.osgeo.org/content/foundation/about.html>> [consulta: 28/04/ 2010]
- OPEN SOURCE INITIATIVE -OSI- (2010). The Open Source Definition [En línea] San Francisco (USA): OSI <<http://www.opensource.org/docs/osd>> [Consulta: 6/04/ 2010]
- POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. PostgreSQL [En Línea]. s.l.: PostgreSQL Global Development Group. <<http://www.postgresql.org/>> [Consulta:12/03/ 2010]
- PULTAR E.; COVA, T. J.; YUAN, M. and GOODCHILD, M. F. (2010). EDGIS: a dynamic GIS based on space time points. [En línea]. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 24: No. 3, p. 329–346. London (UK): Taylor & Francis Group. ISSN 1362-3087 < <http://www.informaworld.com/smpp/ftinterface~db=all~content=a919778689~fulltext=713240930>> [Consulta: 13/08/2010]
- REFRACTIONS RESEARCH (2010). PostGIS. [En línea]. s.l.: Refrations Research. <<http://postgis.refrations.net/>> [Consulta: 12/03/ 2010]
- VOSS, P. R. (2007). Demography as a spatial social science. En: Population Research and Policy Review, Vol. 26 No. 5, (12/2007), p. 457–476. New York (USA): Springer. ISSN 0167-5923
- WOOD, J.; DYKES, J.; SLINGSBY, A. and CLARKE, K. (2007). Interactive Visual Exploration of a Large Spatio-temporal Dataset: Reflections on a Geovisualization Mashup. En: IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 13, No.6, (nov.-dic./2007) New York (USA): IEEE Computer Society. p. 1176-1183. ISSN 1077-2626