
XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.

SIG aplicado a la evaluación de vulnerabilidad por inundación en la ciudad de Tixtla, Guerrero. México.

René Vázquez Jiménez^{ab*}, Irving Manrique González^b, Rocío N. Ramos Bernal^b

^aUniversidad Rey Juan Carlos. ESCET. Calle Tulipán s/n. Móstoles. Madrid. España.

^bUniversidad Autónoma de Guerrero. UAI. Cuerpo Académico de Riesgos Naturales y Geotecnología. Av. Lázaro Cárdenas s/n. C.U. Chilpancingo. Guerrero. México.

Resumen

Afrontar los efectos de desastres naturales representa altos costos sociales y económicos, a menudo los segmentos más pobres de la población sufren los impactos más severos; sin embargo la experiencia muestra que los efectos pueden reducirse; ya que los riesgos naturales pueden identificarse, son manejables, existen medios de mitigación y los beneficios de reducir la vulnerabilidad pueden ser mayores que los costos de los efectos.

Hoy se intenta mitigar los riesgos naturales mediante estudios de planificación, los cuales requieren de conocimiento e información (mapas, documentos, estadísticas, levantamientos, etc.); en tal cantidad, que se requiere de las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) para la recolección, manejo y análisis espaciotemporal de características, infraestructura y aspectos sociales relativos a zonas vulnerables. En particular los Sistemas de Información Geográfica (SIG) integran operaciones de gestión de bases de datos con gran potencial de análisis de información, con capacidad para visualizar información espacial como un elemento importante para comunicar, difundir e intercambiar conocimiento y proporcionan una plataforma base para interpretar cómo factores físicos, sociales y económicos interactúan en un contexto espacial.

La localidad de Tixtla ha crecido sin control en los últimos años, lo cual ha generado una fuerte presión por ocupar el espacio aluvial de la laguna con la cual colinda. Esto aunado a periodos de lluvias extraordinarios como los ocurridos en 2007 y 2013; han generado situaciones de riesgo en la población de la zona, resultando imperante contar con información veraz y oportuna sobre datos y hechos que vinculados al espacio, permitan evaluar la situación de vulnerabilidad de la sociedad.

* E-mail : r.vazquezj@alumnos.urjc.es.

La investigación consiste en la aplicación de TIG's para integrar información espacialmente referenciada que permita la construcción de mapas de vulnerabilidad a través del diseño de indicadores propios que involucren variables sociales. Los resultados son una serie de mapas que representan diferentes grados de vulnerabilidad que permiten evaluar el riesgo para la población de la zona y que puedan servir como soporte en el establecimiento de planes de atención, mitigación o prevención.

Se concluye que en zonas con índices de mayor magnitud, existe alta concentración de población de bajos recursos, con discapacidad, adultos mayores o menores de 5 años; de modo que los mapas pueden apoyar a instituciones de salvaguarda, dando prioridad a la atención de ciertas zonas. Estudios como este pueden complementarse con definición de rutas de evacuación, posibles centros de atención o albergues. Todo esto, centrados en el conocimiento del territorio a través de la aplicación de las TIG's.

Palabras clave: Vulnerabilidad; SIG; Inundación; TIG; Riesgo; Población.

1. Introducción

En los países en vías de desarrollo, la mayoría de las poblaciones crecen de manera desordenada, ya sea por carecer de planes de urbanización o porque simplemente no se respetan las zonas de reserva destinadas a otros usos distintos al crecimiento urbano, ignorando los riesgos que ello significa para las personas, sus propiedades o el medio ambiente.

Las inundaciones son fenómenos naturales que ocurren regularmente y ocasionan daños materiales incluso pueden acabar con vidas humanas; por ello hoy es necesario integrar acciones que permitan alertar a la población que habita zonas vulnerables sobre de los riesgos a los que están expuestos. Hoy en día los avances en ciencia y tecnología nos permiten aplicar distintos métodos para determinar y analizar con precisión zonas vulnerables y tomar las precauciones convenientes.

Existen numerosos casos en los que los mapas de riesgo por inundación se han limitado a la descripción física del fenómeno, olvidando el componente de vulnerabilidad de los elementos expuestos implícito en cualquier situación de riesgo (Ribera, 2004b). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas muy potentes que permiten, de una forma eficaz, trabajar en la planificación territorial, en la implementación de niveles de prevención frente a las amenazas a las que está expuesto un territorio, cuando se busca dar respuestas concretas frente a la ocurrencia de una emergencia o catástrofe. La capacidad para gestionar y acoplar mapas con bases de datos hace de los SIG una herramienta de gran ayuda en el análisis de vulnerabilidad de ciertas zonas de interés particular (Ribera, 2004a; Álvarez, 2005; Llorente et al., 2009).

El presente trabajo trata sobre la aplicación de un SIG como herramienta de mapeo y análisis espacial, para evaluar el impacto de posibles inundaciones y los riesgos que conlleva, en una zona de la cuenca de la laguna de Tixtla, en la parte central del estado de Guerrero, México; la cual despierta interés por tener antecedentes de inundaciones que han afectado asentamientos humanos irregulares en zonas aluviales. El resultado del análisis desarrollado se representa a través de la construcción de una serie de mapas de vulnerabilidad a partir de indicadores propuestos sobre población, vivienda y unidades económicas. Consideramos que estudios de este tipo, pueden significar para las autoridades locales, un insumo veraz y oportuno de apoyo para diseñar y establecer estrategias de planes y acciones de atención, mitigación o prevención a la población ante riesgos de inundación.

2. Metodología, materiales, datos y herramientas

El primer paso para para la integración de la información fue la delimitación de la zona de riesgo de inundación la cual se encuentra en el Municipio de Tixtla de Guerrero ubicada en el estado de Guerrero, México. El método para realizar la delimitación consistió en obtener el límite máximo histórico de inundación sobre áreas de asentamientos humanos que en ese entonces correspondía a la temporada de lluvias del año 2007. Debido a que la información sobre este hecho era inexistente, se procedió a realizar encuestas a la población en la colonias donde se tenían antecedentes de inundaciones y a partir de la información obtenida de los pobladores se realizaron mediciones con navegador GPS y estación total con el fin de obtener una curva de embalse hipotética de la máxima inundación ocurrida hasta ese entonces.

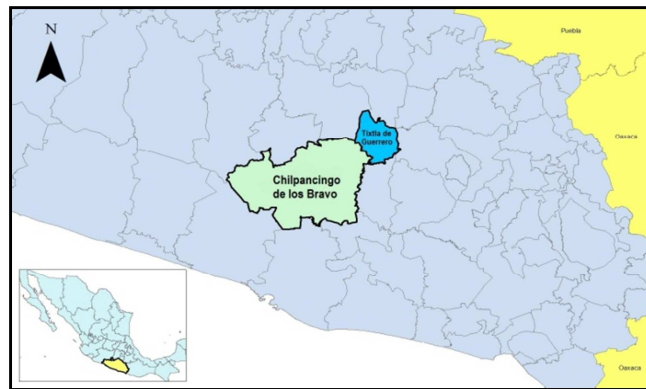


Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio.

Existe numerosa literatura científica en el ámbito de estudio de los riesgos desde la geografía, que aboga la necesidad de incorporar la dimensión social al estudio de los impactos derivados de las inundaciones y otros fenómenos naturales (Ribera, 2004b). En este sentido, una vez definida la curva de embalse de afectación, se integró al SIG la información sociodemográfica del censo de población y vivienda realizado en el año 2010; a fin de hacer una caracterización más a detalle de la zona de inundación sobre aspectos y variables particulares. Este procedimiento dio como primer resultado que de repetirse la inundación del 2007 las afectaciones serían las siguientes:

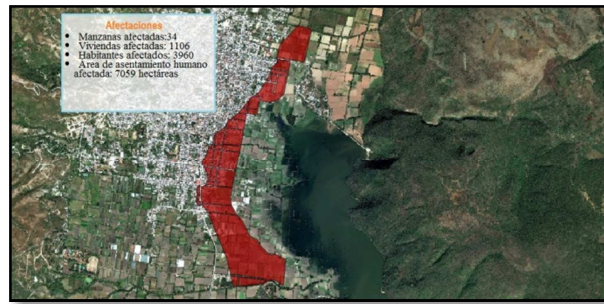


Fig. 2. Área asentamiento humano afectada por inundación en 2007 con datos de afectación actualizados.

Durante el transcurso del proyecto de investigación en el mes de septiembre de 2013, ocurrieron una serie de tormentas tropicales simultáneas en el golfo de México y el océano Pacífico; identificadas como Manuel e Ingrid; las cuales ocasionaron grandes pérdidas materiales y humanas en todo el país, pero particularmente en el estado de Guerrero. A consecuencia de ello, Tixtla sufrió una nueva inundación, que pasó a ser la más extensa y por tanto la que ha causado mayores daños de las que se tenga registro. Este hecho, llevó al equipo de trabajo a replantear el área afectada; delimitando una nueva zona de una manera más sencilla; fue posible recorrer toda la zona inundada en su límite máximo y mediante equipo GPS se procedió a tomar el registro de las coordenadas de puntos en los límites de la inundación acompañadas con una memoria fotográfica, que permita hacer los ajustes que fueran necesarios al momento de transferir estos puntos en la cartografía disponible. Esta nueva delimitación, incrementó el área y consecuentemente mayores afectaciones.

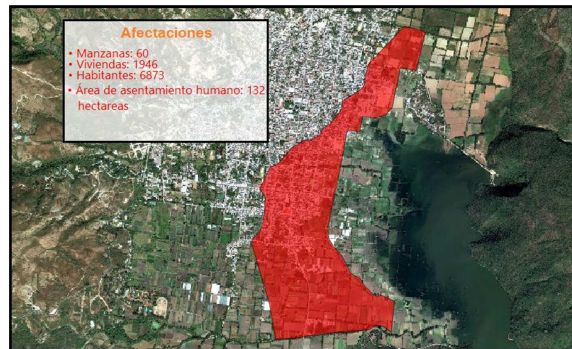


Fig. 3. Área asentamiento humano afectada por inundación en 2013.

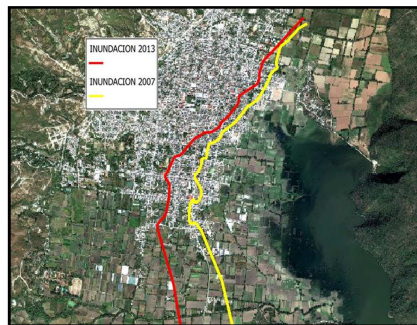


Fig. 4. Comparación de los límites de las inundaciones máximas históricas sobre la población de Tixtla. Se representan los límites máximo que alcanzaron las máximas inundaciones en la población.



Fig. 5. (A) Inundación 2013 (B) Inundación 2007

El criterio para evaluar la vulnerabilidad, se basó en las definiciones designadas por distintas organizaciones e investigadores enfocados a situaciones de cambios climáticos y desastres naturales tales como: La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres conocida por sus siglas en inglés UNISDR, La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), El Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático conocido por sus siglas en inglés IPCC, y otros investigadores (Turner et al., 2003; CEPAL, 2003; UNISDR, 2004; Turnbull et al., 2013); quienes coinciden en que la vulnerabilidad depende de diferentes factores sociales, tales como la edad o salud de las personas, las condiciones higiénicas y ambientales, así como la calidad y condiciones de las construcciones y su ubicación en relación con los factores de riesgo.

En este sentido, para incorporar información de las características de la población, se recurrió a la información disponible del censo de población y vivienda llevado a cabo en México por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010 y que pone a disposición la descarga de la base de datos de los principales resultados por localidad (ITER) a través de su portal oficial (INEGI, 2010). La Base de datos presenta información sobre: Población, Fecundidad, Migración, Población indígena, Discapacidad, Educación, Economía, Servicios de salud, Religión, Hogares y Viviendas. Basados en el marco teórico descrito y al enfoque de la investigación, de todo este cúmulo de información, se tomaron en cuenta datos relativos a: Grupos de edad de la población; Discapacidad; y Características de las viviendas.

Por otro lado, el INEGI también tiene a cargo el registro del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE); el cual ofrece información sobre la identificación y ubicación de todos los establecimientos activos en el territorio nacional, de acuerdo a los datos recabados durante la Actualización de Unidades Económicas en el año 2013. La información se ofrece a través de un SIG en línea en el portal oficial (INEGI, 2013). Para complementar la información, se consideró incluir las características de los negocios ubicados en la zona de estudio, identificando: El tipo de negocio; El número de empleados; y El número de usuarios potenciales.

Las bases de datos, incluyen campos de Entidad Federativa, Municipio, Localidad, Área Geo-estadística y Manzana; por lo que la información puede desagregarse de acuerdo a la unidad espacial que convenga. Para este caso y gracias a que la cartografía disponible también obtenida del INEGI coincide con esta organización, fue posible incluir a la base de datos del SIG solo la información de interés y organizarla a nivel de manzanas y así establecer el vínculo de la base de datos con la información espacial con detalle a ese nivel.

2.1. Vulnerabilidad de la población

Para el análisis de la población, se tomaron en cuenta 2 aspectos generales que de alguna manera inciden en diferenciar cuales grupos de la población son más vulnerables respecto al resto de la población; estos son edad y presencia de alguna discapacidad física o mental; de tal forma que se consideraron 3 grupos de población: Adultos mayores de 60 años; Niños menores de 5 años; y Población con alguna discapacidad; disponibles en la base de datos. Sumando estos valores individuales se determinó la cantidad total de personas que presentan una mayor vulnerabilidad respecto al total de personas que viven en cada manzana. De esta forma el indicador correspondiente se integró simplemente encontrando la razón de la población vulnerable respecto la población total, multiplicado por un moderador de ajuste que se tomó como 10 para hacerlo comparables con los demás índices generados. Los valores de los indicadores obtenidos en cada manzana se representan en el siguiente mapa.

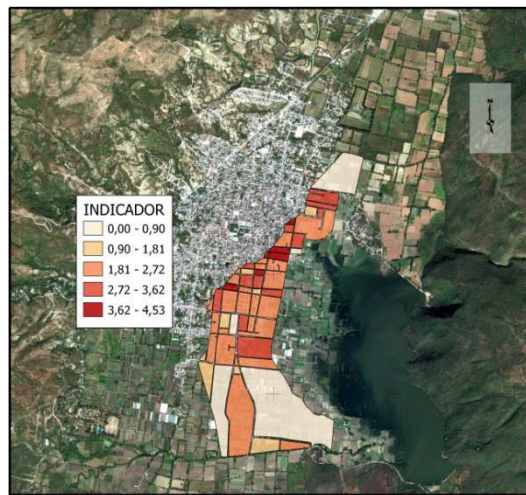


Fig. 6. Mapa vulnerabilidad de población.

2.2. Vulnerabilidad de las viviendas

Para el análisis de viviendas, se consideraron 3 características que de acuerdo a la información disponible en las bases de datos, parecen ser las más adecuadas para definir la vulnerabilidad ante una inundación: Viviendas con piso de tierra; Sin agua potable; y Sin drenaje. De manera similar al caso de población, sumando valores individuales se determinó la cantidad total de viviendas por cada manzana, que presentara alguna de las características descritas y se obtuvo la razón de viviendas vulnerables respecto al total de viviendas en cada manzana; multiplicando por conveniencia con un valor moderador (10). Los valores de los indicadores obtenidos se representan en el siguiente mapa.

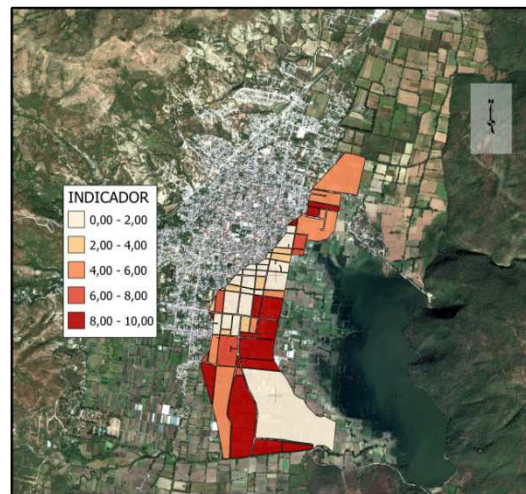


Fig. 7. Mapa vulnerabilidad de viviendas.

2.3. Vulnerabilidad de las unidades económicas

Para el análisis de la actividad económica, la integración de un índice y generación del mapa correspondiente; se consideró la ubicación de los negocios y con ello su exposición a la inundación; posteriormente se clasificaron los negocios ubicados en cada manzana de la zona de estudio de acuerdo a su tipo, considerando de acuerdo a la información disponible: El giro u orientación; es decir los productos o servicios que se ofrece; El número de empleados; y El número de posibles usuarios. De acuerdo a esas variables, se propone una categorización asignando el valor de 1 a los negocios de menor vulnerabilidad (alquiler, regalos, etc.); 2 a los negocios con vulnerabilidad media (abarrotes, restaurantes, bares, etc.) y 3 a los negocios con vulnerabilidad alta (escuelas, asociaciones religiosas, etc.). Esta metodología fue aplicada a un nivel básico debido a la información disponible y en base a la propuesta de Ribera; pero puede sin duda complementarse mediante cuestionarios que recaben otro tipo de variables como valor comercial, tipo de construcción, sistemas de seguridad, protección de seguros, plan de contingencia, etc., finalmente, el indicador correspondiente se integró acumulando los valores individuales de los negocios en cada una de las manzanas, según metodología propuesta (Ribera, 2004b); y se muestran en el siguiente mapa.

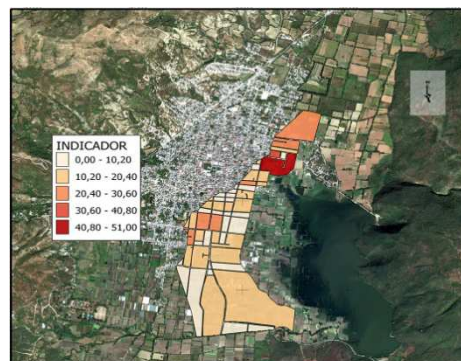


Fig. 8. Mapa vulnerabilidad de unidades económicas.

2.4. Índice de vulnerabilidad global

Con el fin de contar con un mapa final global que represente los aspectos analizados de manera individualizada, se integró un índice global de vulnerabilidad, el cual simplemente se integra por la suma de cada uno de los indicadores individuales descritos. El resultado de tal ejercicio, se muestra en el siguiente mapa.

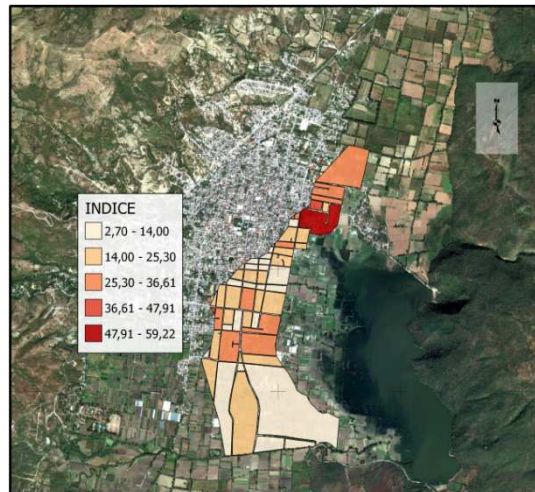


Fig. 9. Índice vulnerabilidad Global

3. Conclusiones

Se considera que la metodología desarrollada es adecuada, toda vez que permitió identificar las zonas del asentamiento humano que presentan mayor vulnerabilidad en caso de inundación; tomando en cuenta no solo aquellas variables físicas implícitas en fenómeno; sino además las características socioeconómicas de los elementos analizados, expuestos al evento en su contexto espacial. En un análisis detallado de los mapas individuales resultantes, pueden identificarse las zonas con alta concentración de población vulnerable; combinando esta información con el índice de viviendas vulnerables, se deduce que gran parte de ésta población es de bajos recursos económicos y la situación se agrava a medida de que nos alejamos del centro de la población y nos acercamos a la zona aluvial de la laguna.

La figura siguiente muestra una serie de viviendas y su ubicación en el mapa correspondiente; estas son viviendas típicas identificadas en los recorridos de las zonas más afectadas. Como se aprecia están construidas con materiales precarios reflejando el nivel socioeconómico de sus habitantes quienes adquieren parcelas en estas zonas a bajos precios; sin embargo en eventos de este tipo resultarán más afectados y requerirán mayor asistencia por parte de las autoridades.



Fig. 10. Comparación de vulnerabilidad de viviendas.

El mapa final resultante (Fig. 9) integra el índice de vulnerabilidad global que incluye los factores de Población, Vivienda y Negocios estudiados; en él se puede apreciar que las manzanas ubicadas en la parte norte de la zona afectada, registran los valores más altos de vulnerabilidad, esto se explica porque en esa zona se ubican 3 centros escolares con un número importante de alumnos concentrados. Por otro lado, el mayor crecimiento reciente de la población se da en esa zona debido a que existen parcelas disponibles relativamente más cercanas al centro de la población; a diferencia de la parte sur donde a pesar de que también se ofrecen parcelas disponibles, existe una menor demanda de espacio para vivir por su lejanía al centro de la ciudad y consecuentemente el índice global registrado aquí es bajo.

Estudios como el presente, puede apoyar a distintas instituciones encargadas de salvaguardar a la población en eventos de este tipo, localizando las zonas donde se registra una mayor vulnerabilidad de acuerdo a los factores considerados e integrando planes de atención o prevención a desastres considerando zonas con mayor prioridad que otras. Es importante mencionar también que esta investigación, puede complementarse aún más con la definición de rutas de evacuación, identificación de centros de atención, identificación y capacidad de albergues, etc.; todo ello poniendo como eje fundamental el conocimiento del territorio a través de la aplicación de las tecnologías de la información geográfica.

Referencias

- Alvarez, A. (2005). Sobre la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos. Editorial. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 5(2) 101-102. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/95/94>
- Comision Economica Para America Latina y el Caribe. (2003). La vulnerabilidad social como enfoque de analisis de la politica de asistencia social para la poblacion adulta mayor en Mexico. Recuperado el 20 de Octubre de 2013, de http://www.eclac.org/celade/noticias/paginas/9/12939/eps9_ecaro.pdf
- Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres, Organización de las Naciones Unidas, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2004). ¿Qué significa vulnerabilidad?. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de <http://www.unisdr.org/2004/campaign/pa-camp04-riskland-spa.htm>
- Estrategia internacional para la Reducción de los desastres, Organización Naciones Unidas. (2009). Terminología para la reducción de los riesgos de desastre. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (2010). Censo de Poblacion y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER). Recuperado el 15 de Marzo de 2013, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=28097&upc=702825002398&s=est&tg=0&f=2&cl=0&pf=pob&ef=0>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (2013). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 15 de Marzo de 2013, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). Glosario de términos del cambio climático. Recuperado el 2 de Octubre de 2013, de <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- Llorente, M., Díez-Herrero A., Laín L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 29: 29-37. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://www.seforestales.org/buscador/pdf/C29-Acta04.pdf>
- Ribera, L. (2004a). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. Doc. Anàl. Geogr. 43. 153-171. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573n43p153.pdf>
- Ribera, L. (2004b). Análisis, mediante tecnología SIG, de la vulnerabilidad del sector comercial de la ciudad de Girona y las inundaciones del río Onyar. En Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales: Análisis mediante Tecnología SIG y Teledetección. Ed. Conesa, C., Alvarez, Y., Martínez J.B. Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección. Departamento de Geografía, Universidad de Murcia. 233-245. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://www.um.es/congresoMCSIGT/XI%20Congreso%20del%20GMCSIGT%20Tomo%20II%20vol.%202.pdf>
- Turnbull, M., Sterrett Ch.L., Hilleboe, A. (2013). Hacia la Resiliencia Una Guía para la Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático. Catholic Relief Services. United States Conference of Catholic Bishops. ISBN 978-1-85339-788-2 Paperback. 194 p. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://www.crsprogramquality.org/storage/pubs/emergencias/hacia-la-resiliencia-una-guia-para-la-reduccion-del-riesgo-de-desastres-y-adaptacion-al-cambio-climtico.pdf>
- Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luerse, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de <http://www.pnas.org/content/100/14/8074.full.pdf>