

# **SOBRE LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES NATURALES Y VULNERABILIDAD DE LA COMUNIDAD UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**

**Aldo Álvarez, Ph.D., P.E.<sup>1</sup>**

De sus orígenes modestos hace solamente 30 años, los sistemas de información geográficos (SIG) se han convertido en una herramienta poderosa de gran alcance dentro de la infraestructura cibernética de hoy, proporcionando un marco alrededor del cual podemos analizar y entender mejor nuestro mundo. Los SIG proveen un marco intuitivo alrededor del cual podemos analizar nuestro ambiente natural y artificial. Aunque organizar alrededor de lugar o localización pueda considerarse instintivo, es solamente mediante un SIG que podemos hacerlo de una manera estructurada que también puede ser duplicada y accesible para el público en general. Los SIG han introducido nuevos conceptos relacionados al análisis y modelaje de datos complejos, mapas interactivos y la integración de gran variedad de datos con información geo-espacial. Además, ha introducido nuevos formatos de visualización y de procesamiento de datos geo-referenciados, cuyos conceptos están avanzando, no solamente la geografía sino a todas las ciencias. Dentro del espectro de los SIG y su plétora de aplicaciones, esta plataforma también ha sido efectivamente utilizada para estudiar y resolver problemas relativos a desastres naturales.

Los peligros naturales incluyen acontecimientos geológicos y meteorológicos tales como terremotos, inundaciones, huracanes, erupciones volcánicas, sequías, tornados, deslizamientos, fuegos forestales y tsunamis. Estos son fenómenos geo-espaciales complejos que varían grandemente en magnitud y frecuencia, y que pueden resultar en muerte o lesión para los seres humanos, daños a la infraestructura, a las actividades socioeconómicas, y en ocasiones incluso a los ecosistemas. Para atenuar las consecuencias devastadoras, algunas organizaciones científicas y agencias estatales han incorporado las tecnologías de información existentes como los SIG y la percepción remota en la mitigación de los desastres naturales. Varios investigadores han evaluado estudios de desastres naturales y han sugerido que la tecnología de SIG puede desempeñar un papel importante e integral en disminuir los impactos adversos de peligros naturales en la sociedad. El uso de los SIG para entender la complejidad de los peligros naturales en el contexto geo-espacial y temporal se considera vital.

El riesgo de los eventos naturales resulta de la interacción entre un agente de peligro que es el fenómeno natural frecuentemente impredecible y una comunidad vulnerable. La relación cualitativa de “Riesgo = Peligro Natural x Vulnerabilidad” se puede utilizar para elaborar una relación entre estos tres aspectos. Este entendimiento abraza una relación fundamental e importante entre el ambiente natural y los seres humanos y ofrece una perspectiva de evaluación de riesgo del peligro natural. La evaluación de riesgo se puede definir dependiendo del contexto. Sin embargo, se refiere sobretodo al grado al cual la población, la infraestructura, y las actividades socioeconómicas son susceptibles al daño provocado por un evento natural con variedad de aspectos físicos (ej: localización, magnitud, frecuencia, duración, proceso, etc.). Los peligros naturales y la vulnerabilidad de la comunidad se distribuyen en el espacio, y por ello, el riesgo es intrínsecamente un fenómeno geo-espacial y su evaluación debe tratar no solamente su magnitud, pero también sus variaciones geo-espaciales. La evaluación de riesgo es compleja y requiere una amplia gama del conocimiento de las ciencias físicas y socioeconómicas, y por lo tanto, es multidisciplinaria en su naturaleza.

Una gran cantidad de aplicaciones de los SIG se han desarrollado, particularmente durante la última década para el análisis de riesgo y la gerencia de los desastres naturales. Los SIG pueden beneficiar grandemente en la mitigación de desastres naturales porque las metodologías espaciales pueden ser exploradas completamente en el proceso de evaluación de riesgo, desde la integración de los datos hasta las tareas de evaluación y la toma de decisiones. En primer lugar, los datos espacialmente referenciados confiables y actualizados son importantes en la evaluación de riesgo de los peligros naturales. Las tareas de evaluación y toma de decisiones son limitadas, en última instancia, por la disponibilidad y la calidad de los datos. En segundo lugar, el análisis espacial de los SIG con sus variados métodos y técnicas, tienen la habilidad de integrar los datos ambientales y socioeconómicos en el análisis de vulnerabilidad. Finalmente, el propósito del proceso de evaluación de riesgo es apoyar la toma de decisiones racionales, y tomar medidas prácticas relevantes en la gerencia de los peligros. El formato de toma de decisiones debe ser capaz de proporcionar los procedimientos definidos y sistemáticos para medir la aceptabilidad de los riesgos. Una de las ventajas dominantes de usar los herramientas de los SIG en la toma de decisiones es el uso eficiente de hacer múltiples análisis variando parámetros y

---

<sup>1</sup> Catedrático Auxiliar, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez PR 00681. E-mail: [aldoalva@uprm.edu](mailto:aldoalva@uprm.edu)

generando panoramas alternos en un contexto geo-espacial. La generación y la consideración de soluciones alternas permite la investigación de resultados con variedad de impactos entre los factores multivariados y/o que están en conflicto, resultando en la identificación de características potencialmente indeseables de las soluciones a los panoramas alternos de la decisión.

Un peligro natural es descrito generalmente por datos físicos ambientales. Las capas de datos típicamente usados en los SIG incluyen: tipos de suelos, usos del terreno, la vegetación, la topografía, la meteorología, la geología, etc.; y se adquieren o se derivan de observaciones in situ y de imágenes de fotografías aéreas o de satélites. Muchos de las aplicaciones de los SIG son basados en la manipulación de estas capas de datos y su interacción. Los datos socioeconómicos también se incorporan para determinar vulnerabilidad de la comunidad e incluyen datos de censo de la población y datos sobre la infraestructura de utilidades y acceso. Estos datos socioeconómicos son esenciales en el análisis de vulnerabilidad. La información detallada sobre tipo de hogar, forma de sustento, seguridad, sistemas de transportación, etc., son requeridos. Por ejemplo, los datos sobre vivienda incluyen los materiales y tipo de construcción y las edades de edificios. Los datos sobre las utilidades (ej: agua, electricidad, telecomunicación, líneas de gas, y alcantarillado), los datos sobre instalaciones de seguridad (ej., los hospitales, cuarteles de policías, centros de manejo de emergencia, etc.), y los datos sobre el acceso a los lugares (ej: carreteras, puentes, túneles, etc.) también se requieren, donde sea posible. Toda esta gamma de información se almacena en el SIG mediante una base de datos geo-referenciados conocidos como geo-bases de datos (“geodatabase”).

Los geo-bases de datos son depósitos donde se almacena la información física y socioeconómica. Estas bases de datos contienen la información geográfica, numérica y alfanumérica en varios formatos digitales, incluyendo mapas vector y “raster”, las mensuras terrestres, imágenes aéreas y de satélites, los textos, los documentos y los datos tabulados. La información almacenada en geo-bases de datos se compila en diversas escalas geográficas y temporales, usando una variedad de métodos y de tecnologías. Estos geo-bases de datos son utilizados por los administradores de la política pública, los ingenieros, científicos, y las agencias del estado. Para muchos científicos, los geo-bases de datos representan fuentes importantes de información para validar los modelos físicos, estadísticos o conceptuales. En las últimas dos décadas, las organizaciones regionales, nacionales e internacionales han hecho esfuerzos considerables en diseñar, poner en práctica y mantener inventarios digitales con información ambiental y temática sobre los peligros naturales e información socioeconómica.

Consecuentemente, los geo-bases de datos se han establecido como una herramienta esencial para cualquier investigación cuyo objetivo es determinar el riesgo planteado por fenómenos naturales peligrosos. Las bases de datos temáticos, los inventarios digitales y los archivos cartográficos se han convertido en una parte importante de estrategias integradas para evaluar el riesgo de los peligros naturales o aquellos generados por el hombre. Los sistemas de aviso han sido diseñados para alertar a la población y tienen como objetivo proteger la misma, sus estructuras y la infraestructura, de acontecimientos naturales dañinos confiando en los geo-bases de datos para proporcionar pronósticos exactos, confiables y oportunos. El personal civil de manejo de emergencias de las agencias municipales, regionales y nacionales, y los encargados de riesgo que trabajan para las compañías de seguros, utilizan geo-bases de datos para estimar la frecuencia y las características perjudiciales de acontecimientos naturales dañinos. Además, los usuarios profesionales y los consultores privados pueden utilizar geo-bases de datos para solucionar problemas locales de peligro. Hasta donde sea posible, los ciudadanos concernidos y el público en general debe tener acceso a los geo-bases de datos para obtener información de gran utilidad sobre una variedad de peligros naturales de forma tal que puedan indagar sobre las consecuencias de un sitio específico.

La tecnología de los SIG realzan la metodología integrada multidisciplinaria aplicada al estudio de desastres naturales y su mitigación. Las dificultades en la integración de los datos, tareas de evaluación de riesgo y la toma de decisiones incluyen fomentar la creatividad en el uso de la información geo-espacial (ej: escalas geográficas, integración con datos ambientales y socioeconómicos, etc.). Se fomentan además, los métodos de análisis espaciales que exploren con eficacia la modelación de peligros, vulnerabilidad, y tareas de evaluación de riesgo. En adición, se promueve que las metodologías se conviertan en herramientas para apoyar la toma de decisiones. Los geo-bases de datos de alta calidad integrados con un SIG pueden apoyar la toma de una decisión racional en un contexto espacial y temporal que puede ser de gran utilidad a los administradores del orden público. Los SIG pueden facilitar el entendimiento de la complejidad de los peligros naturales y la visualización de las consecuencias y como éstas afectarían las comunidades vulnerables. Además, podrían ayudar en la mitigación y reducción de la escala del desastre. Al continuar las mejoras en los sistemas de computación, supondrá un aumento en demanda para las teorías innovadoras y los usos prácticos de evaluación de riesgo de peligros naturales. El desarrollo y acceso al Internet y las técnicas avanzadas de visualización también proporcionarán una oportunidad de comunicar con eficacia los riesgos de los peligros naturales al público a fin de proveer mayor protección y seguridad.