

**GP-59**

## **METODOLOGIA PARA EL DIAGNOSTICO DE LA CARTOGRAFIA EN SU USO DENTRO DE LA GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES. PROPUESTA DE SOLUCIONES**

**Dr CT José Carlos Núñez Mora**

Empresa de Proyectos contra Desastres PRODESA Grupo Empresarial GEOCUBA  
CUBA [jcarlos@geocuba.cu](mailto:jcarlos@geocuba.cu)

### **RESUMEN**

Durante años, la cartografía y la manufactura de mapas ha sido un instrumento donde la precisión, las matemáticas y las proyecciones de una esfera (o geoide) sobre un plano han guiado, con gran éxito, la confección de mapas y cartas temáticas. El desarrollo de estas últimas ha posibilitado un desarrollo constante de las disciplinas en que se ha aplicado la cartografía, incluyendo la gestión de riesgos de desastres lo que confirma la utilidad de las mismas. Estudios realizados sobre el uso de la información de Ciencias de la Tierra, a partir de pruebas de percepción, demuestran que el uso más efectivo de la información de peligros se logra con mapas, lo que constituye una importante conclusión para el trabajo de percepción de los riesgos. Sin embargo, para lograr efectividad en estos resultados es necesario un nivel de preparación de la cartografía para que pueda ser visualizada por decisores en el tema y poder modelar escenarios que permitan priorizar direcciones de desarrollo y recursos para los trabajos. Para lograr este objetivo, se construyó un método aplicando diversas técnicas de decisión multicriterios logrando la ordenación de estos temas por nivel de prioridad. Para la construcción de dicho método, fue necesario apelar a la nueva lógica que requiere nuestro entorno inmediato, la cual permite elegir los distintos factores que afectan el logro de nuestras metas, lógica que debe ser simple y consistente para que pueda ser usada por cualquier persona.

## **INTRODUCCION**

Los antecedentes más importante del uso de la cartografía en los estudios de riesgos viene dado en la confección de mapas de peligros múltiples, los cuales constituyen un medio excelente para crear conciencia sobre la existencia de peligros y puede llegar a ser una herramienta analítica para evaluar vulnerabilidades y riesgos, especialmente cuando se combina con mapas de instalaciones críticas.

No obstante aún no existe una definición clara de en qué medida el actual estado de la cartografía puede cubrir todas las expectativas que de ella se espera en la gestión de riesgos de desastres, debido a la tendencia global de incremento de los eventos peligrosos.

Los principales beneficios de la cartografía de riesgos se resumen en los siguientes puntos

- Un enfoque más conciso de los impactos.
- Muchos peligros y su mecanismo de gatillo pueden ser vistos simultáneamente.
- Información faltante o inadecuada puede ser más fácilmente identificadas.
- Las áreas de estudio pueden ser divididas en subáreas que requieran mas información.

También es necesario definir el concepto de mapa de riesgo y sus componentes. De manera general, la cartografía de riesgos tiene como objetivo «identificar las áreas geográficas susceptibles de sufrir daño en caso de que una amenaza se haga realidad» (Lowry et al., 1995).

Habitualmente (Jiménez y Laín, 2000, Bosque Sendra et al., 2000), se considera que el riesgo ante un peligro (natural o de origen humano) se puede medir mejor considerándolo compuesto de dos elementos: la exposición al peligro, lo que a veces se denomina peligrosidad natural, y la vulnerabilidad del territorio ante un peligro..

El peligro sería la probabilidad de que un suceso potencialmente dañino ocurra en un lugar y dentro de un periodo de tiempo definido.

Por lo tanto, su determinación requiere realizar dos tipos de operaciones, por un lado establecer la exposición territorial al peligro, es decir, qué zonas se verán más afectadas y cuales lo serán menos, y por otra parte, cuantas veces puede ocurrir un fenómeno dañino dentro de un periodo de tiempo determinado, por ejemplo un año.

Evidentemente ambos datos son muy específicos y diferentes para cada fuente de peligro

## **2-MATERIALES Y METODOS**

Las zonas expuestas a una inundación no suelen coincidir con las que pueden sufrir un terremoto, etc. Por lo tanto, como se verá más adelante, para cada una de las

amenazas estudiadas en este trabajo se ha utilizado un mismo procedimiento con diferentes indicadores para establecer las zonas expuestas y el nivel de la gravedad de esa exposición.

De manera muy general, podemos considerar que la localización (distancia y posición espacial) respecto al foco de ese hecho dañino es el mayor determinante de la exposición. Por supuesto también depende del alcance y propiedades dañinas de la posible catástrofe y de las condiciones del medio físico para propagar sus efectos.

Igualmente la determinación del periodo de retorno, es decir de la probabilidad de que ocurra un hecho dañino en un intervalo temporal, también es muy específico de cada peligro, y su cálculo se suele basar en el estudio de los fenómenos peligrosos ocurridos a lo largo de la historia pasada para, en función de ello, establecer una probabilidad de ocurrencia. En este trabajo este aspecto no se ha tratado en profundidad.

En resumen, para elaborar los mapas de riesgos finales se va a establecer las zonas expuestas a la acción de diversos fenómenos peligrosos, diferenciando así zonas más o menos libres de amenazas y otras con más posibilidades de ser afectadas por los daños.

La vulnerabilidad del territorio a los riesgos, se puede definir como: «susceptibilidad de la vida, propiedades y medio ambiente para ser dañados en caso de catástrofe», o como «el nivel de resistencia a las pérdidas que un lugar tiene cuando es afectado por un fenómeno dañino».

Depende de la fragilidad tanto del medio natural, como de la población humana y de sus actividades. Normalmente supone la identificación de grupos humanos y usos del suelo sensibles.

Por lo tanto, la vulnerabilidad territorial hace referencia al potencial de una población para experimentar graves daños en caso de accidente y está relacionada con aspectos como el estándar de vida, salud y nivel cultural o con la existencia de sistemas de protección civil; hay grupos de población especialmente vulnerables (ancianos y niños, enfermos, sectores marginales) como lo son también ciertos usos del suelo o actividades (hospitales, escuelas, determinados cultivos)

El riesgo es el resultado de la conjunción de peligros y vulnerabilidades. Una vez definidos los mapas de exposición al riesgo y vulnerabilidad podemos, combinándolos, obtener el mapa síntesis de riesgo, que es considerado, por lo tanto, como una consecuencia de la interacción de peligros y vulnerabilidades

El mapa de riesgos, por lo tanto, será el resultado de cruzar y combinar los mapas de exposición y vulnerabilidad y fragilidad social conjuntamente con los de peligros.

De esta manera, el mapa de riesgo muestra una valoración global de las consecuencias de un fenómeno dañino en cada uno de los lugares analizados, en función de las posibles pérdidas de vidas humanas, heridos, propiedades dañadas, o alteración de las actividades económicas derivada de la acción del fenómeno citado.

La mayor parte de la información que se usa en las evaluaciones de los peligros naturales es generada por tres redes principales: centros de investigación y monitoreo de desastres naturales internacionales, nacionales y universidades; entidades para el manejo de desastres; y organizaciones de planeamiento multisectoriales y sectoriales, ministerios y entidades de servicios públicos. Mientras algo de la información puede aparecer en el lenguaje científico o como datos estadísticos el resto, fácilmente utilizable, se puede encontrar en forma de mapas, informes, artículos de periódicos y revistas, actas de las reuniones o en los talleres relacionados con los peligros, reseñas históricas, etc. Los usuarios de la información sobre peligros incluyen muchas agencias dentro de la comunidad regional, nacional e internacional, muchas de las cuales también son productoras importantes de información. Las fuentes de información específica sobre cada peligro natural discutido en este estudio - huracanes, inundaciones, peligros geotécnicos, sismos, vulnerabilidad de acuíferos están identificados en los capítulos individuales sobre estos peligros.

El análisis de la ubicación, frecuencia y severidad de un peligro puede requerir más de un tipo de información. Además de la información sobre los peligros mismos, el planificador necesitará información sobre vulnerabilidad (el grado del riesgo que un individuo, una comunidad o una región sufra un súbito y grave desastre por causa de un evento natural extremo) y riesgo (la cuantificación estimada de pérdidas en términos de víctimas y daños materiales debido a un fenómeno natural)

La información sobre peligros naturales puede ser obtenida de mapas y estudios de los peligros mismos y también de mapas y estudios de las condiciones naturales, de poblaciones e infraestructura. El análisis de vulnerabilidad y riesgo requiere de múltiples fuentes. Mientras que todos los tipos de mapas y estudios mencionados son importantes, no es necesario recolectarlos todos. La regla principal es que el equipo que realiza los estudios debe recolectar sólo aquella información que se necesita para dar respuesta a las preguntas que surgen del análisis de los riesgos y que propicien un efectivo plan de reducción de desastres La fuente principal de información actual para la realización de cualquier estudio utilizando mapas, son de los siguientes tipos

## **VALORACION DE LA CARTOGRAFIA DE RIESGOS Y SU NIVEL DE ALISTAMIENTO**

Para evaluar lo expresado anteriormente, se desarrolla una metodología experimental que utiliza criterios de expertos para identificar las alternativas de análisis (Dimensiones de análisis),y técnicas de decisión multicriterios, logrando de esta forma dar un carácter cuantitativo a la evaluación realizada.

Esta metodología se aplica porque permite valorar comparativamente entre municipios, cuáles son sus niveles de alistamiento o preparación desde el punto de vista de la eficacia del uso de la cartografía para mejorar la gestión de riesgos de desastres. De esta forma se logra una valoración preliminar del municipio de estudio,

en el tema de uso de la cartografía para la gestión de riesgos y así diagnosticar su eficacia en este sentido.

.Para la construcción de dicho método, fue necesario apelar a la nueva lógica que requiere nuestro entorno inmediato, la cual permite elegir los distintos factores que afectan el logro de nuestras metas, lógica que debe ser simple y consistente para que pueda ser usada por cualquier persona (saaty 1993)

La experiencia dice que teniendo una meta clara y definida es fácil decidir con éxito, sin embargo cuando existen varias alternativas de decisión en función de varios criterios, y lo necesario es tomar la mejor decisión posible mediante la construcción de acuerdos sucesivos entre estos criterios, la noción de la decisión óptima absoluta pierde sentido, y lo que se busca es la mejor decisión posible. Es mejor estar aproximadamente cierto que perfectamente equivocado.

La aparición del paradigma decisional multicriterio no optimiza sus decisiones en base a un solo objetivo, sino que busca un compromiso o equilibrio entre los diversos objetivos en conflicto, por lo que es una herramienta útil para explorar sus posibilidades en la toma de decisiones y valorar el nivel de alistamiento de la cartografía de la Gestión de Riesgos.

El proceso metodológico se dividió en las tres fases siguientes:

- Recopilación de la información por parte de los expertos sobre los criterios de análisis.
- La evaluación de los criterios y la consulta al consejo de expertos.
- La obtención del Índice de Alistamiento de la cartografía para la gestión de riesgos, determinada con una valoración de su confiabilidad. Un mayor valor de Índice, significa una mayor eficacia del uso de la cartografía en la gestión de riesgos de desastres.

**Primera Fase:** Se recopiló toda la información disponible sobre los criterios analizados, con visitas a gobiernos municipales y entrevistas a funcionarios vinculados a las actividades identificándose los criterios de análisis que aparecen en la Tabla No 1.

El análisis se realizó en tres dimensiones, donde se valoraron los factores que más aportan para potenciar el uso de la cartografía con este objetivo. Cada dimensión tiene características representativas que fueron evaluadas teniendo en cuenta su nivel de impacto en la decisión final.

**Segunda Fase:** Se utilizaron las Técnicas de Decisión Multicriterios para la realización de evaluaciones mediante los pasos siguientes:

- Establecimiento de prioridades: Se realizaron juicios mediante una matriz de comparación, por cada dimensión de análisis de cada elemento representativo de la misma, utilizándose la escala fundamental de comparaciones de juicios Saaty).

$$I_{Fa\ m} = \sum_{i=1}^m A_c \quad (1)$$

- Desarrollo de las matrices normalizadas: Se obtuvo dividiendo cada número de una columna de la matriz de comparación por pares de la suma de toda la columna.
- Determinación del vector de prioridad para el criterio, calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada.
- Determinación de la consistencia de las opiniones utilizadas en la matriz de comparación, a través del Radio de consistencia Rc.
- Desarrollo de la matriz de prioridad, con los vectores de prioridad obtenidos por cada experto.
- Determinación de un vector de prioridad global, clasificado por su nivel de sensibilidad.

**Tercera Fase:** Una vez obtenido la prioridad de cada alternativa, se determinó el factor de alistamiento de cada municipio IFa, mediante la expresión (1), obtenida por la aplicación del método de la sumatoria lineal ponderada en este caso:

Conjuntamente con la visión cuantificada del nivel de respuesta que tiene el uso de la cartografía para las exigencias actuales en los análisis de riesgo de desastres por municipios, en esta dimensión, este factor ofrece también valoraciones por criterios, que inciden en los niveles de alistamiento, lo cual es importante para trazar estrategias y priorizar recursos en este sentido.

+Como realizar este análisis constituye una herramienta importante para acondicionar todas las necesidades en ese sentido y permite priorizar esfuerzos y recursos en las direcciones más indicadas.

En sentido general a criterio del autor, los aportes de la cartografía a la gestión de riesgos vienen dados por permitir los análisis de :

1. Escala de análisis del espacio geográfico involucrado
2. Tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar
3. Información disponible, factible y justificable
4. Importancia económica y social de elementos expuestos

### **3-RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DEL ALISTAMIENTO DE LA CARTOGRAFÍA EN EL CASO DE ESTUDIO.**

Se hace necesario definir prioridades, para una vez determinados los mismos poder identificar los factores que aportan a elevar el nivel de alistamiento de la cartografía en ese sentido.

A partir de la experiencia del autor del presente trabajo, se identificaron las siguientes dimensiones de vulnerabilidad que mas inciden en el fortalecimiento de la cartografía:

El análisis del vector de prioridad en la Dimensión Organizativa tuvo como resultados los siguientes:

|  |      |
|--|------|
| Marco Legal  | 0.08 |
| Fácil acceso a la información cartográfica   | 0.97 |
| • Nivel de organización de la información  | 0.24 |
| • Existencia de sistemas nacionales y locales para diseminar información sobre riesgos | 0.26 |

Los valores anteriores confirman que la decisión es consistente y por lo tanto confiable.

Una vez obtenido el vector de prioridad en la dimensión organizativa, con valores de radio de consistencia aceptable, se obtiene una valoración de la participación relativa y objetiva de los criterios para el alistamiento de la cartografía. En esta dimensión. Estos valores obtenidos se combinan en el análisis de valoración en un municipio determinado con criterios de ponderación de Saaty.:

Seleccionado cada valor, bastará con multiplicar el municipio seleccionado por el peso obtenido en el vector de prioridad y sumarlo para obtener un valor al que denominamos factor de alistamiento.

Conjuntamente con la visión cuantificada del nivel de respuesta que tiene el uso de la cartografía para las exigencias actuales en los análisis de riesgo de desastres por territorios, este factor ofrece también valoraciones por indicadores que inciden en los niveles de alistamiento, lo cual es importante para trazar estrategias y priorizar recursos en este sentido.

Por ejemplo en el caso del análisis se obtienen los siguientes resultados.

|  |       |
|--|-------|
| Marco Legal  | 4.48  |
| Fácil acceso a la información cartográfica   | 7.05  |
| Nivel de organización de la información  | 11.04 |
| Existencia de sistemas nacionales y locales para diseminar información sobre riesgos | 7,28  |

El análisis para la dimensión informativa fue como sigue:

Vector de prioridad

|  |      |
|--|------|
| Existencia de cartografía a escala necesaria   | 0.47 |
| Nivel de digitalización                        | 0.16 |
| Información para cartografía de vulnerabilidad | 0.26 |
| Condiciones de interoperatividad               | 0.08 |

Se puede evidenciar, dado el comportamiento del coeficiente de variación del factor de alistamiento, una elevada heterogeneidad en el mismo siendo las variables mas criticas la existencia de cartografía a escala necesaria, la información para cartografía de vulnerabilidad y la ausencia de interoperatividad

Para el caso de la dimensión informativa, los indicadores fundamentales se comportan de la siguiente manera:

- Existencia de cartografía a escala necesaria 15.4
- Nivel de digitalización 4.16
- Información para cartografía de vulnerabilidad 30.8
- Condiciones de interoperatividad 2.56

Estos resultados de factores de alistamientos en los distintos indicadores evidencian las mayores dificultades en los niveles de digitalización y, las condiciones para la interoperatividad, lo que indica prioridades importantes para el fortalecimiento de la cartografía en este

Para el caso de la dimensión social se realizo el siguiente análisis

**Tabla No I- Resultados del Factor de Alistamiento**

| Municipio | Difusión de mapas | Valor Social | Cultura de interpretación | Factor de alistamiento |
|-----------|-------------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| 1         | 2.5               | 1.08         | 0.63                      | 4.21                   |
| 2         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |
| 3         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |
| 4         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |
| 5         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |
| 6         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |
| 7         | 1.5               | 0.81         | 0.42                      | 2.73                   |

|    |     |      |      |      |
|----|-----|------|------|------|
| 8  | 1.5 | 0.81 | 0.42 | 2.73 |
| 9  | 1.5 | 0.81 | 0.42 | 2.73 |
| 10 | 1.5 | 0.81 | 0.42 | 2.73 |
| 11 | 1.5 | 0.81 | 0.42 | 2.73 |
| 12 | 1.5 | 0.81 | 0.42 | 2.73 |
| 13 | 2   | 1.08 | 0.63 | 3.71 |
| 14 | 2   | 1.08 | 0.63 | 3.71 |
| 15 | 2   | 1.08 | 0.63 | 3.71 |

En el análisis de la dimensión social, se observa como característica relevante los bajos niveles de alistamiento que se asocian a la valoración social de los mapas y a su cultura de interpretación.

#### **4-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el análisis de las dimensiones se obtuvo como resultado interesante, que a nivel de provincia, los factores de alistamiento en la dimensión organizativa se encuentran favorables, excepto en el Marco Legal de ejecución de la cartografía, lo que se atribuye a no tener un soporte normativo del alcance de las ISO 19000, por ejemplo, el cual le da rigor a la información geográfica

Estos resultados de factores de alistamientos en los distintos indicadores evidencian las mayores dificultades en los niveles de digitalización y, las condiciones para la interoperatividad, lo que indica prioridades importantes para el fortalecimiento de la cartografía en este dominio.

El análisis conjunto en las dimensiones analizadas indican debilidades que pueden ser superadas a partir del uso de una preparación para los IDE ( Infraestructura de datos espaciales) la cual logra con su implementación ,un soporte de expresión de los datos geospaciales que se obtengan como consecuencia de la creación e introducción en los distintos escenarios de aplicaciones geoinformáticas, orientadas a la gestión de riesgos, y permite la diseminación y previsión actualizada de la información que emana de las diferentes acciones nacionales.

Por lo tanto, se hace necesario implementar tareas y ejecutar acciones que permitan crear, interrelacionar y proveer datos geospaciales de la gestión de riesgos en el entorno de una IDE, para lo que es necesario realizar lo siguiente:

- Identificar aquellos datos primarios que constituyen fuente de información que inciden en la selección, gestión y manejo de los indicadores de la gestión de riesgos,
- Identificar y evaluar las aplicaciones geoinformáticas que generan datos.

- Identificar y determinar que datos dentro de los indicadores seleccionados son más susceptibles a proveer en el contexto de una IDE.
- Identificar y evaluar la manera en que intervienen los diferentes niveles jerárquicos de la gestión de riesgos en el uso de la información y en la obtención de resultados.
- Evaluar y proponer la semántica espacial entre las diferentes fuentes de datos y la manera de integrarlos en diferentes fuentes de datos y la manera de integrarlos en un lenguaje común entendible por todos los usuarios y que permita cumplir el enlace del conocimiento de la gestión de riesgos de los expertos.
- El uso del factor de alistamiento de la cartografía, es una herramienta importante para visualizar los niveles de preparación de la misma para la Gestión de Riesgos.
- Es necesario el fortalecimiento de indicadores relacionados con el Marco legal de la cartografía, los niveles de digitalización de la información geoespacial, la cultura de interpretación de los mapas y los niveles de interoperatividad para fortalecer el uso de la cartografía.
- La Infraestructura e datos espaciales es una importante herramienta para el fortalecimiento de la cartografía

## REFERENCIAS

1. Corcho, Oscar. Fernández-López, Mariano. Gómez-Pérez, Asunción. López-Cima, Angel. Building legal ontologies with METHONTOLOGY and WebODE.  
[www.cs.man.ac.uk/~ocorcho/documents/LawSemWeb2004\\_CorchoEtAl.pdf](http://www.cs.man.ac.uk/~ocorcho/documents/LawSemWeb2004_CorchoEtAl.pdf)
2. Bally, John. Boneh, Tal. E. Nicholson, Ann. B. Korb, Kevin. Developing An Ontology for the Meteorological Forecasting Process.  
Decision Support in an Uncertain and Complex World: The IFIP TC8/WG8.3 International Conference 2004
3. Keet, Maria (Marijke). Aspects of Ontology Integration.  
[www.meteck.org/research.html](http://www.meteck.org/research.html)
4. Cardona - Glosario Multilingüe Terminología Forestal.  
[www.agro.unalmed.edu.co/agrodocs/index](http://www.agro.unalmed.edu.co/agrodocs/index)
5. Determinación de indicadores de riesgo en el análisis de sostenibilidad y la valoración de su uso como información en las Infraestructuras de Datos Espaciales.  
Revista Mapping No. 113 Octubre 2006. Página 40-44.