

LA VALORACIÓN DE LOS RIESGOS EN LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO: METODOLOGÍA PRÁCTICA

Gustavo Aguirre Murúa
Departamento de Consultoría Ambiental
Análisis del Territorio, S.L.

RESUMEN

La identificación y la evaluación de los riesgos naturales y tecnológicos deben constituir un documento básico en la ordenación del territorio. Mediante la metodología desarrollada, aplicada satisfactoriamente en diversos sectores de Andalucía, es posible determinar cualitativamente la distribución espacial de los riesgos en un ámbito de estudio e, indirectamente, orientar sobre la aptitud de uso del territorio a ordenar para mitigar los riesgos existentes.

Palabras clave: riesgos naturales, riesgos tecnológicos, ordenación del territorio.

ABSTRACT

The identification and evaluation of natural and technological hazards should be a primary document in land use planning. Through the proposed methodology, applied satisfactorily in several areas of Andalusia, it is possible to set the spatial distribution of risks in specific areas and, indirectly, to advice about the safety zones in land use planning in order to reduce the existing hazards.

Key words: natural hazards, technological hazards, land use planning.

Fecha de recepción: Diciembre de 2003.
Fecha de admisión: Julio de 2005.

1. INTRODUCCIÓN

Los riesgos de índole natural han sido a lo largo de la historia de la humanidad los factores desencadenantes de grandes catástrofes con cuantiosas pérdidas económicas y humanas. Con el avance de la civilización, se han ido incorporando otros riesgos, llamados tecnológicos, además de los naturales inducidos por las acciones antrópicas, capaces de ser tan destructivos como los de índole puramente natural.

En la planificación y ordenación del territorio, es de primordial importancia, que los riesgos existentes sean valorados, y que dicha valoración pueda cartografiarse a una escala apropiada, para conseguir una visión espacial de las zonas más vulnerables y aquellas más seguras del territorio a ordenar. A partir del mapa de riesgos, los usos proyectados, como acción preventiva de carácter no estructural, pueden localizarse en los sectores más idóneos, dejando como «zonas de especial protección» aquellas áreas susceptibles de sufrir eventos destructivos. (García-Hernán y Hernández Ruiz, 2000). La planificación ambiental es la utilización correcta y eficaz del territorio, de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones. (Suárez Ordoñez, 1997).

El estudio de los riesgos debe perseguir, por un lado, dar respuesta técnica a la sociedad actual que demanda *información sobre los riesgos* a los que se ve sometida, y por otra parte, contribuir con un fundamento científico-técnico a su *protección* (a través de medidas correctoras, de prevención, planes de emergencia, etc.) frente a las amenazas potenciales derivadas del uso de un ámbito concreto. El análisis de riesgos es la metodología adecuada para su identificación, evaluación, mitigación y para la toma de las decisiones sobre Ordenación del Territorio (Ayala-Carcedo, 2000). A su vez, la reducción de los riesgos mediante proyectos de ingeniería y una zonación adecuada del terreno, junto a la implementación de seguros y planes de contingencia, disminuyen significativamente las pérdidas ocasionadas por cualquier acontecimiento catastrófico (Suárez y Regueiro, 1997; Martínez Goytre et al, 1996; Price, 2000).

Cuando se hace una evaluación de los riesgos, no debe perderse la perspectiva de que se trata de una valoración cualitativa, indirecta y con carácter predictivo donde se definen de forma relativa zonas más riesgosas que otras. Por ello, la aplicación de la metodología propuesta no sustituye la ejecución de estudios pormenorizados sobre el terreno.

La ejecución de cartografía de riesgos a escala regional o local, y su posterior utilización a la hora de realizar una ordenación territorial, evita, por una parte, daños a personas y construcciones, y por otra, ayuda a definir medidas que salvaguarden los usos o actividades que indefectiblemente deban ubicarse en áreas de riesgo potencial. De esta forma, el mapa de riesgos resultante constituye una excelente herramienta de orientación a la hora de planificar los usos, aprovechamientos y zonas de protección de un territorio. El carácter de síntesis y diagnóstico territorial que posee un mapa de riesgos le confiere a este instrumento una importancia destacada y necesaria en la ordenación y gestión de un territorio.

2. RIESGOS VALORADOS

Existen numerosas definiciones de riesgo, entre las que se destacan las siguientes: «es la contingencia o proximidad del daño, y eventualmente el perjuicio derivado de ella y su

intensidad» (Calvo García-Tornel, 2000); «todo fenómeno extremo y coyuntural que produce impactos negativos sobre el medio y la sociedad» (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999); «la pérdida o daño anual esperado medible en términos humanos, económicos o estructurales» (Ayala-Carcedo, 2002); el Instituto Tecnológico y Geominero de España define riesgo como «proceso o suceso potencial que supone una amenaza para la salud, seguridad o bienestar de un grupo de ciudadanos o para las funciones o economía de una comunidad o entidad gubernamental mayor». De estas definiciones se extrae como denominador común, que todo **RIESGO** tiene dos componentes bien diferenciadas: por un lado el carácter extremo e imprevisible del suceso, y por otra, sus consecuencias ambientales, sociales y económicas.

Los riesgos que se valoran mediante la metodología propuesta, son aquellos considerados más significativos tanto por la cuantía económica de los daños que causan como por la pérdida de vidas humanas, y por lo tanto, de los cuales existe una mayor información de tipo científico-técnico.

Mediante la aplicación de esta metodología se pretende que a través de una fórmula sencilla y directa, se llegue a la obtención de un **Índice de Riesgo** capaz de dar respuesta a las incertidumbres y problemas surgidos en las fases previas de la ordenación del territorio, referidas a la conveniencia o no de localizar una actividad determinada en una zona concreta. De este modo, cualquier planificación territorial, podrá asentarse en un conocimiento científico existente y en la valoración de los principales acontecimientos catastróficos y sus consecuencias, que junto a la aplicación de una herramienta metodológica sistemática, brindará indudablemente mayores garantías de éxito y respaldo a las decisiones que se tomen.

La metodología de valoración del Riesgos propuesta considera, por un lado, los **Riesgos Potenciales**, derivados de la presencia o no de determinados elementos o circunstancias desencadenantes de daños a bienes o personas; y por otro, una **corrección del Riesgo Potencial a la realidad**, mediante la incorporación de los factores de *Peligrosidad* (N1) y de *Vulnerabilidad* (N2).

La **Vulnerabilidad** se cuantifica en función del tamaño de la población, y del número y tipo de elementos del medio natural o infraestructuras que pudieran verse afectadas en caso de producirse un evento de índole extremo.

La **Peligrosidad**, es una medida de probabilidad y está relacionada con la ocurrencia real y constatable del evento perjudicial o catastrófico en los últimos años. Cuando no hay constancia de la ocurrencia de un determinado fenómeno de riesgo, N1 es igual a la unidad.

Los riesgos se valoran independientemente, según se trate de riesgos naturales o riesgos tecnológicos.

Los riesgos naturales son aquellos fenómenos extremos del medio físico que resultan perjudiciales para el hombre, bien por constituir un peligro para su integridad física, bien por los perjuicios económicos capaces de generar. Estos riesgos pueden, en algunos casos, ser acelerados o intensificados por la interacción entre los usos del territorio y el propio sistema natural (González Amuchástegui, 2002).

Los riesgos tecnológicos pueden definirse como «derivados del funcionamiento del aparato productivo, especialmente los que se refieren a la utilización de sustancias peligrosas y sistemas técnicos capaces de causar, mediante accidentes, daños a la población o al medio». (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999).

Es preciso destacar, que esta separación de riesgos, responde más a una necesidad conceptual, que a la propia realidad, ya que determinados riesgos, podrían entrar en la categoría de tecnológicos o naturales (Ej. incendios forestales, inestabilidad del terreno, etc.) según tengan una generación espontánea o se produzcan por la acción del hombre.

En la metodología propuesta no se valora el comportamiento y las características del grupo o grupos sociales en cuyo territorio se desarrollan los riesgos, factor muy dispar y difícil de valorar, capaz de actuar como atenuante o agravante según los casos.

Los elementos considerados para la obtención del los **Índices de Riesgo Natural y Tecnológico** son los siguientes:

2.1. Riesgos Tecnológicos

Transporte de mercancías peligrosas por carretera: constituyen un factor potencial de riesgo debido a los accidentes en que pueden verse involucrados los vehículos que transportan las mercancías peligrosas (explosivos y gases, líquidos y sólidos inflamables, carburantes y peróxidos, materias tóxicas y corrosivas, etc.). Las zonas de mayor riesgo son las principales vías de comunicación: autovías, autopistas, carreteras nacionales y rondas de circunvalación (y dentro de ellas las curvas, puentes y cambios de rasante).

Transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril: merecen un comentario similar al anterior, no obstante, hay que señalar que el transporte por ferrocarril es mucho menos significativo que el realizado por carretera, especialmente en lo concerniente a los combustibles y otros productos tales como al ácido sulfúrico, la sosa cáustica, los gases licuados del petróleo y el amoníaco.

Industrias, gasolineras y almacenamiento de sustancias peligrosas: cualquier instalación donde se almacenen o manipulen sustancias sólidas o líquidas, se puede considerar potencialmente peligrosa, en función del volumen de los depósitos, y sobre todo, de las características y composición de las mismos.

Pasillos aéreos-aeropuertos: la trayectoria de las aeronaves dentro de los pasillos aéreos cobra especial relevancia por su riesgo asociado en las proximidades de aeropuertos y pistas de aterrizaje. Esto se debe a que es justamente en las maniobras de aproximación y despegue donde un avión, por causas técnicas, meteorológicas o por error humano, tiene mayor riesgo de precipitarse a tierra.

Puertos comerciales (tránsito y almacenamiento de sustancias peligrosas): el riesgo asociado que presentan es de accidente y posterior vertido de sustancias contaminantes a las aguas continentales o litorales.

Explotaciones mineras: los riesgos asociados derivan de la manipulación de explosivos, del movimiento de tierras y de la inestabilidad de taludes y terraplenes.

Instalaciones militares y campos de tiro y maniobras: pueden constituir una fuente de riesgo catastrófico por dos razones: a) por que convierten a las áreas en las que se asientan en objetivos de primera magnitud en caso de conflagración bélica; b) por que suelen utilizar materiales de naturaleza peligrosa como explosivos, radiactivos, etc.

Oleoductos-gaseoductos: el riesgo que presentan estas instalaciones deriva de la naturaleza inflamable de las sustancias que transportan.

Contaminación por fertilizantes, pesticidas y plaguicidas: este riesgo está asociado a la vulnerabilidad a la contaminación que presentan los acuíferos (naturaleza geológica de los materiales, profundidad, calidad del agua, etc.), como así también al tipo de agricultura dominante (intensiva, tradicional, ecológica, etc.).

Tendidos eléctricos y subestaciones: el riesgo que presentan está ligado a los campos electromagnéticos que generan, así como a los riesgos de choque y electrocución para la avifauna.

Contaminación atmosférica (ruidos, vibraciones, partículas, olores): las fuentes de contaminación atmosférica pueden ser de diverso origen, siendo el denominador común la pérdida de calidad del aire, de forma permanente o temporal.

2.2. Riesgos Naturales

Inestabilidad del terreno: Desprendimientos-deslizamientos-subsistencia-avalancha: se caracterizan por que los materiales de la corteza terrestre, afectados previamente por procesos de alteración de origen natural o antrópico, se mueven por acción de la gravedad afectando a todo aquello que se encuentran a su paso.

Fallas activas - Movimientos sísmicos - Tsunamis: generan sacudidas producidas por el paso de las ondas elásticas a través de un medio rígido capaces de producir efectos graves sobre las estructuras asentadas en él. Se caracterizan por su corta duración, extensión espacial reducida, velocidad de implantación muy rápida y su espaciamiento temporal aleatorio. La evaluación de un sismo se efectúa a partir de dos parámetros: magnitud (medida instrumentalmente) e intensidad (en relación con los efectos causados por el sismo).

Suelos expansivos: se consideran suelos expansivos aquellos que experimentan un importante incremento de volumen cuando aumenta su contenido de humedad, y una reducción del mismo en los momentos de desecación. Este cambio volumétrico está asociado a la presencia de arcillas esmectíticas (montmorillonita).

Riesgos asociados al karst: corresponden a las subsidencias, hundimientos o colapsos como consecuencia de la disolución de materiales calizos (aunque también pueden ser yesos y sales). La subsidencia corresponde a un descenso lento y paulatino del suelo. Por el contrario, los hundimientos o colapsos corresponden a movimientos verticales bruscos.

Inundaciones: son anegamientos de tierras causadas por avenidas de ríos, precipitaciones in situ, invasiones marinas, obstrucciones de cauces, insuficiencia de drenaje, etc. Aunque la causa primera de la inundación es la causa climatológica, intervienen en el proceso numerosos factores adicionales: evaporación, infiltración, usos del suelo en los márgenes de los cauces, pendiente, obras de ingeniería en la cuenca vertiente, etc.

Erosión: corresponde al arrastre mecánico de partículas del suelo por el agua de escorrentía superficial. Para la aparición de este fenómeno, entran en juego, por un lado la susceptibilidad del suelo a la erosión, la intensidad y distribución de las precipitaciones, las condiciones topográficas (pendiente, longitud), y los usos del suelo (grado de cobertura vegetal). También se valora la erosión litoral de las playas por acción del oleaje.

Incendios forestales: afecta a la vegetación que cubre los terrenos ocupados por montes. Cuando las condiciones son apropiadas, pueden expandirse por extensas superficies provocando graves daños a la vegetación, suelos y ecosistemas. El comportamiento del fuego

depende de tres factores principales: el tipo de combustible vegetal, la climatología (vientos principalmente) y topografía. La existencia de vías de comunicación que atraviesen zonas forestales puede constituir un factor de riesgo determinante.

Riesgos geotécnicos: dependen de la aptitud o deficiencia mecánica que presenten los materiales geológicos para construir edificaciones sobre ellos. Las deficiencias pueden ser de diferente índole, siendo las más frecuentes, las de tipo hidrológico, litológico, etc.

3. METODOLOGÍA OPERATIVA

El cálculo de los riesgos se realiza de forma independiente, según se trate de riesgos naturales o tecnológicos, a cada unidad homogénea de territorio.

Tanto en los riesgos naturales como en los tecnológicos, hay un incremento en el valor individual del riesgo (definido por N1 y N2) cuando se tiene constancia de la ocurrencia de un fenómeno catastrófico concreto dentro de la unidad evaluada en los últimos años. En este caso existe una información directa del riesgo, que necesariamente debe actuar como factor de corrección incrementando el valor del **Riesgo Potencial** calculado a partir del análisis de las diversas fuentes analizadas.

Para la obtención de información cuantificable a través de los parámetros correctores N1 y N2, además de la revisión bibliográfica (anuarios estadísticos, revistas especializadas, etc.) y de prensa, se puede mantener contacto con técnicos, expertos o bien con los habitantes de la zona que conozcan la frecuencia y el alcance de los fenómenos catastróficos pasados.

Cada unidad de territorio analizada se considera homogénea, de modo que el riesgo calculado afecta por igual a toda su superficie, no obstante ello, y en función de riesgos especialmente relevantes, se podrá definir determinadas porciones dentro de cada unidad, que merezcan especial protección o restricciones de uso.

3.1. Valoración de riesgos tecnológicos

El cálculo de los Riesgos Tecnológicos se lleva a cabo aplicando la siguiente fórmula a partir del Cuadro 1:

$$\text{Índice de Riesgo Tecnológico} = \sum (p_i * V_i) + N1 * N2$$

Donde: p_i es el peso del Riesgo Tecnológico
 V_i es el valor que presenta dicho riesgo
 N1 es la Peligrosidad
 N2 es la Vulnerabilidad

Una vez obtenida la sumatoria de todos los riesgos tecnológicos individuales, por la tabla 3.1 se convierte el valor obtenido en una categoría o clase de Riesgo Tecnológico válida para toda la unidad de terreno analizada.

Tabla 3.1
CLASES DE RIESGO TECNOLÓGICO

Valoración	Clase de riesgo
0-20	Bajo
21-41	Medio
42-62	Medio-Alto
63-83	Alto
> 83	Extremo

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Valoración de riesgos naturales

El cálculo de los Riesgos Naturales se lleva a cabo aplicando la siguiente fórmula a partir del Cuadro 2:

$$\text{Índice de Riesgo Natural} = \sum (p_i * V_i) + N1 * N2$$

Donde: p_i es el peso del Riesgo Natural
 V_i es el valor que presenta dicho riesgo
 $N1$ es la Peligrosidad
 $N2$ es la Vulnerabilidad

De la misma forma que en el caso anterior, el valor obtenido en la sumatoria de los riesgos naturales individuales, se convierte mediante la tabla 3.2 en una Clase de Riesgo Natural representativa para la unidad o cuadrícula analizada.

Tabla 3.2
CLASES DE RIESGO NATURAL

Valoración	Clase de riesgo
0-15	Bajo
16-31	Medio
32-47	Medio-Alto
48-63	Alto
> 63	Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Riesgo «global»

Una vez obtenida la clase de los Riesgos Naturales y Tecnológicos de cada unidad de territorio, se llega mediante la aplicación de la tabla 3.3 de doble entrada, al «Riesgo global» de la cuadrícula o zona analizada, el cual queda catalogado dentro de cinco clases: bajo, moderado, significativo, elevado y muy elevado.

Tabla 3.3
CLASES DE RIESGO GLOBAL

		Clases de Riesgos Naturales				
		Bajo	Medio	Medio-Alto	Alto	Muy Alto
Clases de Riesgos Tecnológicos	Bajo					
	Medio					
	Medio-Alto					
	Alto					
	Extremo					

Fuente: Elaboración propia.

Escala de Riesgo Global

	Riesgo Bajo
	Riesgo Moderado
	Riesgo Significativo
	Riesgo Elevado
	Riesgo Muy Elevado

Cuadro 1. RIESGOS TECNOLÓGICOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

	Riesgo Potencial		Factor Probabilidad (ocurrencia en los últimos años)		Daños Producidos (humanos, ambientales y materiales)	
	Peso (P)	Ocurrencia	Valor (V)	Frecuencia	Valor (NI)	Magnitud
Transporte de mercancías peligrosas por carretera	3	Autovía-autopista Carretera Nacional Carretera Autonómica Conexión a industria-poli-gono, etc. Otras	5 4 3 2 1	0-10 años 2 veces o más 0-20 años 3 veces o menos Sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril	2	>500.000 t anuales 100.000 a 500.000 t anuales <100.000 t anuales	5 4 2	0-10 años > 2 veces 0-10 años 1 vez Sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Industrias-gasolineras y almacenamiento de sustancias peligrosas	3	4 o más 2-3 1	5 3 2	0-10 años > 3 veces 0-10 años 2 veces Menos o sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Pasillos aéreos- aeropuertos	1	Pasillo aéreo y aeropuerto Pasillo aéreo o aeropuerto	5 3	1 accidente en 10 años 1 accidente en 20 años Sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Puertos comerciales (tránsito y almacenamiento de sustancias peligrosas)	2	Puerto marítimo Puerto fluvial	5 3	1 accidente en 10 años 1 accidente en 20 años Sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Explosiones mineras	2	3 o más 1-2	5 3	<2 accidentes en 10 años >2 accidentes en 15 años Sin datos	1,5 1,25 1	Muy importantes Importantes Leves o Muy escasos
Instalaciones militares y campos de tiro y maniobras	2	Activo No activo	5 3	Si ha ocurrido No ha ocurrido Sin datos	1,5 1,25 1	Significativo Leve o escaso
Oleoductos- gaseoductos	1	Más de 1 línea o subestación 1 línea o subestación	5 3	Si ha ocurrido No ha ocurrido Sin datos	1,5 1,25 1	Significativo Leve o escaso
Contaminación por fertilizantes, pesticidas y plaguicidas	1	Comprobada Sospecha	5 3	Si ha ocurrido No ha ocurrido Sin datos	1,5 1,25 1	Significativo Leve o escaso
Tendidos eléctricos y subestaciones	1	Más de 1 línea o subestación 1 línea o subestación	5 3	Si ha ocurrido No ha ocurrido Sin datos	1,5 1,25 1	Significativo Leve o escaso
Contaminación atmosférica (ruidos, vibraciones, partículas, olores)	2	Ruidos, partículas y olores Ruidos, partículas u olores	4 3	Si ha ocurrido No ha ocurrido Sin datos	1,5 1,25 1	Significativo Leve o escaso

Cuadro 2. RIESGOS NATURALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

	Riesgo Potencial		Factor Probabilidad (ocurrencia en los últimos años)		Datos Producidos (humanos, ambientales y materiales)	
	Peso (p)	Ocurrencia	Valor (V)	Frecuencia	Magnitud	Valor (N2)
Inestabilidad del terreno: Desprendimientos-deslizamientos-subsistencia-avalancha	3	Mat. sueltos y alterados en pendiente	5	1 o más vez cada 5 años	Muy importantes	1,5
		Mat. fracturados en pendiente Materiales poco fracturados o alterados Materiales rígidos	4 3 0	1 vez cada 10 años Sin datos	Importantes Leves o Muy escasos	1,25 1
Fallas activas – Movimientos sísmicos - Tsunamis	1	Zona de inestabilidad Alta	5	1 vez en últimos 100 a	Muy importantes	1,5
		Zona inestabilidad Media	4	1 vez en últimos 500 a	Importantes	1,25
		Zona de inestabilidad Baja Medio rígido	3 0	Menos o sin datos	Leves o Muy escasos	1
Suelos expansivos	1	Alta presencia de suelos expansivos	5	> 10 afectaciones en 5 a	Importantes	1,5
		Moderada presencia de suelos expansivos	4	5-10 afectaciones en 5 a	Leves o Muy escasos	1
		Baja presencia de suelos expansivos Inexistencia de suelos expansivos	3 0	Menos o sin datos		
Riesgos asociados al karst	1	Predominio de formaciones calizas	5	> 3 Hundimiento-collapso en 5 a	Muy importantes	1,5
		Formaciones calizas y no calizas	4	1-3 Hundimiento-collapso en 5 a	Importantes	1,25
		Formaciones calizas aisladas Materiales no calizos	3 0	Menos o sin datos	Leves o Muy escasos	1
Inundaciones	3	Avenidas de 50, 100 o 500 afectan a núcleos de población	5 3	1 vez en los últimos 10 años	Muy importantes	1,5
		Avenida de 100 afecta a urbanizaciones o viv. aisladas	1 0	1 vez en los últimos 50 años Menos o sin datos	Importantes Leves o Muy escasos	1,25 1
		Avenida de 500 afecta viv. aisladas No afecta ninguna inundación				
Erosión (continental y costera)	2	Alta	5	Cárcavas, regueros, retroceso línea de costa	Muy importantes	1,5
		Media	4		Importantes	1,25
		Baja Inexistente	3 0	Surcos y erosión laminar Sin constatar	Leves o Muy escasos	1
Incendios forestales	2	Monte denso con carretera y pistas forestales que lo cruzan	5	1 incendio/año	Muy importantes	1,5
		Monte sólo con vías forestales	3	1 incendio/5 años	Importantes	1,25
		Monte adeshado Pastizal con abundante rocosidad	1 0	Menos o sin datos	Leves o Muy escasos	1
Riesgos geotécnicos	1	Condiciones Constructivas Desfavorables	5	> 3 asientos en últimos 5 a	Importantes	1,5
		Condiciones Constructivas Aceptables	3	1-3 asientos en últimos 5 a	Leves o Muy escasos	1,25
		Condiciones constructivas Favorables	0	Menos o sin datos		1

4. CARTOGRAFÍA DE RIESGOS

La cartografía de riesgos supone la delimitación de zonas donde los bienes, personas o elementos del medio natural son susceptibles de verse afectados por la ocurrencia de un evento perjudicial, ya sea de tipo natural o tecnológico.

La zonificación del «Riesgo Global», de acuerdo a la filosofía de la metodología propuesta, supone integrar a los Riesgos Naturales y Tecnológicos propios de una unidad homogénea, dos conceptos complementarios:

- a) *la peligrosidad*: delimitación de zonas potenciales de riesgo en función de la frecuencia e intensidad de un determinado fenómeno natural o tecnológico. (N1). La peligrosidad hace referencia a la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento.
- b) *la vulnerabilidad*: expresa la mayor o menor fragilidad de la sociedad o del medio ambiente frente a la ocurrencia de un fenómeno perjudicial. (N2). La vulnerabilidad se refiere al valor de los daños humanos y materiales ocasionados por un proceso.

Es preciso destacar que la *vulnerabilidad* de una zona descende si la misma está deshabitada, si existen planes de emergencia, o bien si hay diseñadas medidas de prevención o defensa que actúen como atenuantes del riesgo.

Las unidades de representación cartográfica de los riesgos pueden ser bien cuadrículas en que arbitrariamente se haya dividido el territorio, o bien sectores, ámbitos o distritos fácilmente identificables en el terreno.

A través de la aplicación de esta metodología de cuantificación de riesgos, y su correspondiente cartografía, se pretende hacer uso de una herramienta de carácter aplicado, en la ordenación territorial y la planificación ambiental, que tiene por objetivo principal prevenir afecciones a las personas o a los bienes originados por causas naturales o tecnológicas. Es justamente esta capacidad predictiva, unida a la posibilidad de «evaluar diferentes escenarios hipotéticos», lo que determina que este modelo de evaluación de riesgos sea una herramienta de indudable interés a la hora de llevar a cabo una ordenación territorial. Experiencias de la aplicación y utilidad de la cartografía de riesgos en la ordenación territorial han sido descritas por diferentes autores (Francani et al., 1996; Belloni et al., 1996; Vallejo Villalta y Camarillo Naranjo, 2000)

Es importante destacar que la elaboración de un mapa de riesgo es un documento «vivo» (Vallejo Villalta, 2000) y requiere la actualización periódica que recoja las sucesivas modificaciones en los niveles de riesgo existente. En este sentido los sistemas de información geográfica son herramientas de incuestionable valor puesto que permiten integrar documentos de distinta escala, naturaleza y procedencia.

5. FUENTES DE INFORMACIÓN

La información de base para la valoración de riesgos naturales y tecnológicos es variada, tanto por la escala de trabajo, como por la finalidad de los propios documentos empleados (divulgación, investigación científica, manejo y ordenación de recursos, etc.).

Las fuentes más importantes son de *semidetalle* ($1:400.000 < E < 1:50.000$) Mapa de Suelos ($1:400.000$); Mapa Hidrogeológico de España ($E:1:200.000$); Mapa Geotécnico General ($1:200.000$); y de *detalle* ($E > 1:50.000$): Mapa Geológico de España ($1:50.000$); Mapa de Orientación al Vertido ($1:50.000$); Mapa Geotécnico y de Riesgos Naturales ($1:25.000$), Mapa de Usos y Aprovechamientos del Suelo ($1:10.000$); Mapas Geotécnicos para la Ordenación Territorial y Urbana (escalas $1:25.000$ y $1:5.000$); etc.

A éstas fuentes se añaden los Planes Hidrológicos de cuenca, publicaciones de Riesgos Catastróficos y Ordenación del Territorio; Planes Especiales de Inundaciones, Mapa Previsor de Riesgos por Inundaciones en Núcleos Urbanos, etc.

Esta información puede complementarse con fotografía aérea, análisis de imágenes de satélite, mapas de ruido, mapas geocientíficos, tesis doctorales, trabajos de investigación de carácter específico, resultados de aplicaciones de programas de simulación de avenidas, estadística de incendios forestales, planes de emergencia de Protección Civil, etc. cuyo nivel de detalle es muy elevado, aunque los ámbitos de estudio sean espacialmente reducidos.

6. CONCLUSIÓN

A través de la aplicación de la metodología cualitativa de valoración de riesgos propuesta, desarrollada y validada satisfactoriamente en varios sectores de Andalucía occidental, se puede conocer la aptitud del medio para acoger los usos previstos, partiendo del hecho que las mejores condiciones son aquellas donde los riesgos potenciales son menores. Por ello, a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta metodología se puede justificar la no ocupación de espacios donde los riesgos superan un umbral de tolerancia admisible. La definición cartográfica de aquellas áreas con serios problemas de riesgos debe ser asumida por el planeamiento territorial, limitando los usos y actividades que en ellos se desarrollen.

Pueden añadirse nuevos parámetros siendo preciso sólo el ajuste de la escala de valoración de riesgos a una escala «modificada».

La cuantificación de riesgos mediante la aplicación de esta metodología puede entenderse como de carácter general, y puede requerir de estudios o modelos específicos de carácter complementario, capaces de definir con mayor rigor técnico y científico, determinados riesgos existentes en un territorio a ordenar. Esto se debe a que en ocasiones las fuentes documentales utilizadas como información de base para la aplicación de la metodología se encuentran sin actualización, haciendo desaconsejable su uso; o bien las existentes son a nivel de reconocimiento, aportando muy poca información a nivel local.

Finalmente, las ventajas y oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías de información espacial pueden aprovecharse para solventar las carencias de datos específicos, o bien para agilizar análisis que mediante las técnicas convencionales resultarían muy complejos.

BIBLIOGRAFÍA

AYALA-CARCEDO, F.J. (2000). «La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población». *Boletín de la A.G.E* N° 30. Págs. 37-49.

- AYALA-CARCEDO, F.J. (2002). «Introducción al análisis y gestión de riesgos». *Riesgos naturales*. Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina Cantos, J. —coordinadores— Editorial Ariel S.A. Págs.133-145.
- BELLONI, A.; PADOVAN, N.; PRESBITERO, M. (1996). «Geological and seismic risk determination for urban planning in Lombardy – municipality of Toscolano Maderno —Brescia, Italy—». *VI Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Págs. 291-297.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2000). «Panorama de los estudios sobre riesgos naturales en la geografía española». *Boletín de la A.G.E* N° 30. Págs. 21-35.
- CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1999). *Riesgos catastróficos y ordenación del territorio en Andalucía*. Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo. Junta de Andalucía.
- FRANCANI, V.; PILLITERI GOTUSO, A.; CIPOLLA, P. (1996). «Recommendation for a geological risk map useful for land-use planning». *VI Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Págs. 255-263.
- GARCÍA-HERNÁN, O. y HERNÁNDEZ RUIZ, M. (2000). «Geología y ordenación del territorio». *1º Internacional Professional Geology Conference*. Universidad de Alicante.
- GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI, M.J. (2002) «Procesos y riesgos naturales en la ordenación del territorio». *Euskonews* n° 153. www.euskonews.com
- MARTÍNEZ GOYTRE, J.; MARTÍNEZ GIL, J.; GARZÓN HEYDT, G. (1996) «La prevención de riesgos naturales. El caso de Biescas». *Revista Tierra y Tecnología* N° 14 y 15. Págs. 26-30.
- PRICE, J. (2000). «The essential role of geology in environmental management and land-use planning». *1º Internacional Professional Geology Conference*. Universidad de Alicante.
- SUAREZ ORDOÑEZ, L. (1997). «Riesgos geológicos y ordenación del territorio». *I Jornadas Parlamentarias sobre Prevención de Riesgos relacionados con el Agua*. Madrid.
- SUAREZ, L. y REGUEIRO, M. —editores— (1997) *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid.
- VALLEJO VILLALTA, I. y CAMARILLO NARANJO, J.M. (2000). «La gestión de los riesgos naturales en el ámbito de la protección civil». *Boletín de la A.G.E* N° 30. Págs. 51-68.

