

Indicadores de vulnerabilidad y riesgo

OMAR DARÍO CARDONA

En octubre de 2005 se celebró en la Universidad de Bonn la segunda reunión del grupo de trabajo de expertos en vulnerabilidad bajo la coordinación del Institute for Environment and Human Security de la Universidad de Naciones Unidas, en el marco de la 6th Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community, promovida por International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. En dicha reunión participaron especialistas de diversas disciplinas que debatieron ampliamente sobre la necesidad de medir la vulnerabilidad y el riesgo desde la perspectiva de los desastres y sobre si dicha vulnerabilidad se puede medir o no. Varios investigadores manifestaron sus dudas sobre la pertinencia de dicho propósito y sobre la utilidad de tal medición entendida ella desde una perspectiva amplia considerando aspectos sociales, económicos, institucionales y ambientales. Por otra parte, otros investigadores, incluido el autor de este artículo, argumentaron sobre la necesidad de medir la vulnerabilidad si se desea facilitar la toma de decisiones para reducir el riesgo y señalaron que la ausencia de una definición precisa y el uso indiscriminado del término ha contribuido a la confusión y a la falta de claridad para la gestión.

Desde el punto de vista de quien suscribe, no solo para efectos de medir la vulnerabilidad sino para el adecuado entendimiento del problema del riesgo y el desastre, es necesario contar con un soporte epistemológico apropiado de la noción de vulnerabilidad, dado que es el estado de realidad que subyace al concepto de riesgo (Cardona 2001, 2003). La necesidad de hacer manifiesto el riesgo es fundamental para incidir en las decisiones, para que se le reconozca y se convierta en una preocupación para alguien; sin su reconocimiento no hay decisión. Pero el riesgo es un concepto extraño, representa algo irreal, en tanto que está siempre relacionado con azar, con posibilidad, con algo que aún no ha sucedido. Es una abstracción de un proceso de transformación que denota simultáneamente posibilidad y realidad. Es algo imaginario y escurridizo que parece solo existir en el futuro y que refleja un estado indeseable de realidad, pero su existencia compleja es consustancial al hombre. El riesgo se dimensiona acotando en el tiempo un estado de realidad indeseable, unas consecuencias o

efectos adversos como resultado de sucesos naturales o actividades humanas, lo que revela su carácter normativo. Esta noción implica que existen vínculos causales entre acciones y efectos, y que efectos indeseables pueden ser evitados o reducidos si las acciones causales son evitadas o modificadas. El concepto subyacente de realidad causal corresponde al concepto de vulnerabilidad. De allí su importancia, pues determina el carácter selectivo de la severidad de los daños cuando se presenta un fenómeno. La vulnerabilidad refleja la susceptibilidad, la predisposición intrínseca a ser afectado, las condiciones que favorecen o facilitan que haya daño.

La convolución [*convolution*] de la frecuencia de eventos peligrosos con la severidad de sus consecuencias factibles ha sido el enfoque tradicional para estimar el riesgo desde el punto de vista tecnológico. Un enfoque similar se utiliza desde hace ya más de dos décadas, desde el punto de vista de los desastres, donde el riesgo se ha considerado como una función de la amenaza y la vulnerabilidad. Quien esto suscribe propuso eliminar una tercera variable, que en ese entonces se proponía (Undro 1980), denominada exposición o elementos en riesgo, sugiriendo que el riesgo se podría estimar si se conoce la *amenaza o peligro* A_i , entendida como la probabilidad de que un suceso con una intensidad mayor o igual a i se presente durante un período de exposición t , y si se conoce la *vulnerabilidad* V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad i , así

$$R_{ie} |_t = f(A_i, V_e) |_t$$

de esta manera, el *riesgo* R_{ie} se puede expresar como la probabilidad de que una pérdida sobre el elemento e se presente, resultado de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a i . En otras palabras, el riesgo en general puede entenderse como la posibilidad de que se presente un daño o pérdida si dicho daño se valora en un tiempo de exposición t (Cardona 1985, 1986). Esta expresión, considerada por muchos como una ecuación elegante y útil en términos metodológicos y didácticos para describir la compleja noción de riesgo no es más que otra descripción propuesta por el autor acerca del potencial de crisis de un sistema, que puede expresarse como una función de que un agente detonan-

Omar Darío Cardona, ingeniero civil especialista en riesgo sísmico, es profesor e investigador en la Universidad Nacional de Colombia (sede Manizales).

te externo o interno al sistema y unas condiciones de inestabilidad en el mismo se presenten, así

$$C_p = f(T_a, I_c)$$

donde C_p (crisis potencial) expresa la factibilidad de la crisis, T_a (trigger agent) representa la probabilidad de ocurrencia del agente detonante, que puede ser un evento perturbador o una fluctuación que supere un umbral crítico en un proceso de deterioro continuo, e I_c (instability conditions) representa las condiciones de inestabilidad -equilibrio al límite del caos- del sistema expuesto al agente desencadenante de la crisis (Cardona 1995, 1999). La posibilidad de que esto pueda presentarse debe plantearse siempre en un lapso o en una "ventana" de tiempo, lo que significaría expresar cada factor en términos de probabilidad.

Pero ¿cómo medir la vulnerabilidad o las condiciones de inestabilidad si el concepto captura una realidad causal de efectos adversos más amplia que la que denota la fragilidad física de los elementos expuestos? La vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante los fenómenos naturales, por ejemplo, está ligada íntimamente a los procesos sociales que allí se desarrollan; es decir, no solo depende de la susceptibilidad física del contexto material sino de la fragilidad social y la falta de resiliencia o capacidad de recuperación de los elementos expuestos ante amenazas de diferente índole. Es decir, es necesario hacer una descripción comprensiva o integral de la vulnerabilidad, reconociendo que hay aspectos de la vulnerabilidad que son dependientes de la amenaza y otros que no lo son pero que agravan la situación, y que la valoración se puede hacer mediante indicadores o con fines de seguimiento, desde la perspectiva del control y no de la verdad física. Aquí es necesario trascender el antagonismo entre "objetivismo" y "constructivismo" y confiar más en métodos de evaluación de riesgo tanto cualitativos como cuantitativos. La acción o decisión implícita que el concepto de riesgo tiene asociada hace necesario precisar la relación entre la percepción subjetiva del riesgo y la obligatoriedad científica de su objetivización.

Teniendo en cuenta lo anterior se propuso un modelo para la evaluación del riesgo de desastre desde una perspectiva holística a finales de los años noventa (Cardona 2001), que se aplicó posteriormente con Hurtado y Barbat en 2000. En estos trabajos el riesgo de desastre fue evaluado considerando diversas dimensiones o aspectos de la vulnerabilidad que pueden subdividirse en tres categorías o factores: (1) *Exposición y susceptibilidad física*, que corresponde a un riesgo "duro", relacionado con el daño potencial en la infraestructura física y en el ambiente. (2) *Fragilidades socioeconómicas*, que contribuyen a un riesgo "blando" relacionado con el impacto potencial sobre el contexto social. (3) *Falta de resiliencia* para enfrentar desastres y recuperarse, que contribuye también al riesgo "blando" o factor de impacto de se-

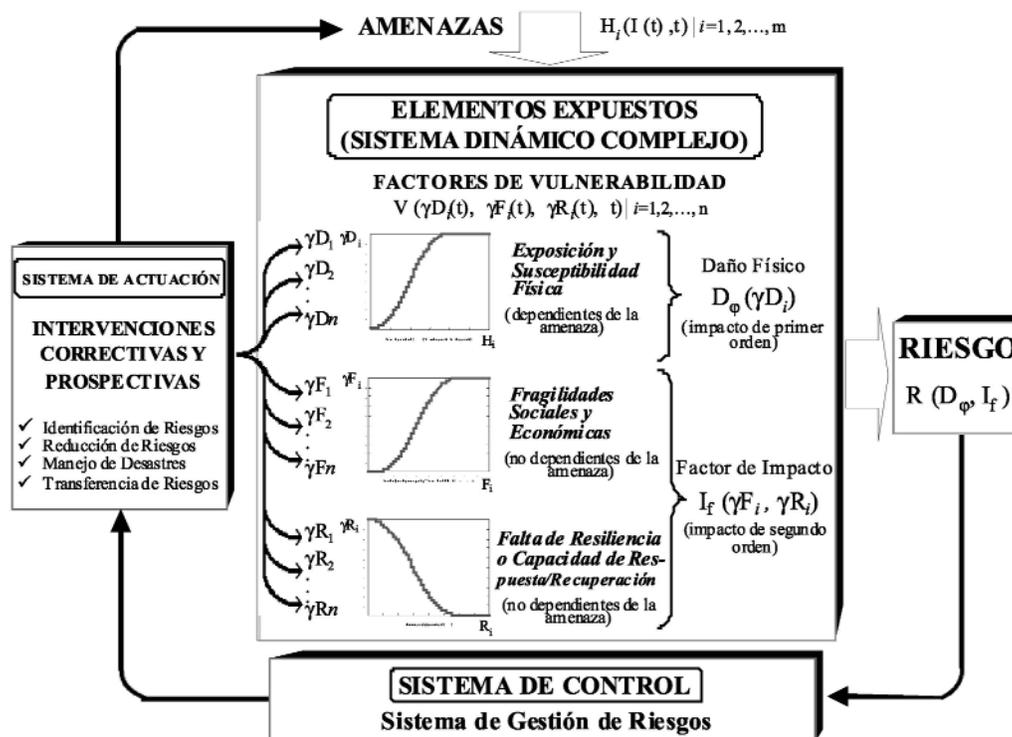
gundo orden sobre las comunidades y organizaciones.

Desde una perspectiva holística el riesgo significa consecuencias económicas, sociales y ambientales a causa de posibles fenómenos físicos; significa proceso de integración y desagregación, conservando las sinergias o relaciones entre componentes. Es la noción de pensamiento complejo, que separa y reúne, que distingue –sin desunir– y religa. Carreño *et al.* (2004, 2005) desarrollaron una versión alternativa del modelo en la que la evaluación del riesgo se lleva a cabo afectando el riesgo físico con un factor de impacto obtenido de las condiciones del contexto, tales como las fragilidades socioeconómicas y la falta de resiliencia, condiciones que agravan el escenario de pérdidas físicas.

La figura adjunta ilustra la nueva versión del modelo de la perspectiva holística, en la cual el riesgo, R , es una función del daño físico potencial, D_ϕ , y de un factor de impacto, I_ϕ . El primero es obtenido de la susceptibilidad de los elementos expuestos, γD_i , frente a las amenazas, H_i , teniendo en cuenta las intensidades potenciales, I , de los eventos en un período de tiempo, t , y el segundo depende de la fragilidades sociales, γF_i , y de aspectos relacionados con la falta de resiliencia, γR_i , del sistema socio-técnico o contexto propenso a desastres. Usando los metaconceptos de la teoría del control y la dinámica de sistemas complejos, para reducir el riesgo es necesario intervenir en forma correctiva y prospectiva los factores de vulnerabilidad y, cuando es posible, las amenazas en forma directa. Así, la gestión del riesgo requiere de un sistema de control (estructura institucional) y un sistema de actuación (políticas públicas y acciones) para implementar los cambios necesarios en los elementos expuestos o sistema complejo donde el riesgo es un proceso socio-ambiental. Este modelo se aplicó en el desarrollo del sistema de indicadores de riesgo y gestión de riesgo desarrollado y aplicado en 12 países de América bajo la coordinación del Idea con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (Idea 2005).

Otro modelo propuesto y presentado en Bonn, en la segunda reunión del grupo de trabajo de expertos en vulnerabilidad, por el Unu-ESH, es el denominado concepto BBC [Bogardi, Birkmann, Cardona] que intenta representar la vulnerabilidad como un vínculo en la cadena amenaza-vulnerabilidad-riesgo, que argumenta que la vulnerabilidad debería ser vista como un proceso que estimule acciones proactivas antes que el riesgo se materialice (Birkmann 2006).

Como conclusión, se puede señalar que es posible proponer maneras de medir o evaluar la vulnerabilidad y el riesgo, pero es necesario superar el antagonismo entre "objetivismo" y "constructivismo" y confiar más en métodos tanto cualitativos como cuantitativos. Conceptualmente y pragmáticamente es insatisfactorio dejar el asunto como una simple situación relativa y de-

Nueva versión del modelo (Carreño *et al.* 2004, 2005)

cir que subjetivamente cada persona concibe y asume el riesgo a su manera. Esta posición es totalmente inoperante cuando ineludiblemente se tiene que intervenir el riesgo desde el punto de vista de la política pública. Los atributos de calidad de un modelo son su aplicabilidad, su transparencia, su presentación y su legitimidad. Del cumplimiento de estos atributos o propiedades de la técnica de evaluación dependerá su *pedigree* científico. La aplicabilidad está ligada a la adecuación del modelo al problema, a su alcance y completitud; a la accesibilidad, aptitud y fiabilidad de la información requerida. La

transparencia está relacionada con la estructuración del problema, la facilidad de uso, la flexibilidad y adaptabilidad, y con la inteligibilidad o comprensión del modelo o algoritmo. La presentación se relaciona con la transformación de la información, la visualización y comprensión de los resultados. Finalmente, la legitimidad está ligada con el papel del analista, el control y contrastación, la posibilidad de verificación y la aceptación y consenso de los evaluadores y tomadores de decisiones.

Referencias bibliográficas

- Birkmann, J. (ed.). 2006. *Measuring Vulnerability to Hazards of Natural Origin: Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press, Unu-EHS. En prensa.
- Cardona, O. D. 1985. *Hazard, Vulnerability and Risk Assessment*. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology IZHS, Skopje, Yugoslavia. Sin publicar.
- Cardona, O. D. "Estudios de Vulnerabilidad y Evaluación del Riesgo Sísmico: Planificación Física y Urbana en Áreas Propensas", en *Boletín Técnico AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica)*, No. 33, 1986. Bogotá.
- Cardona, O. D. 1995. *Prevención de Desastres y Preparativos para Emergencias: Aspectos Técnico-científicos, Sociales, Culturales e Institucionales*, Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales, Universidad de los Andes. Bogotá.
- Cardona, O. D. "Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics - A Holistic Risk Assessment and Management Approach", en Ingleton, J. (ed.) 1999. *Natural Disaster Management*. IDNDR, Tudor Rose. London.
- Cardona, O. D. 2001. *Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. (www.desenredando.org/public/variados/2001/ehrisusd/index.html).
- Cardona, O. D. "The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management", en Bankoff, G., G. Frerks y D. Hilhorst (eds.). 2003. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. Earthscan Publishers. Londres.
- Cardona, O. D. y A. H. Barbat. 2000. "El Riesgo Sísmico y su Prevención", en *Cuaderno Técnico 5 Calidad Siderúrgica*. Madrid.
- Cardona, O. D. y J. E. Hurtado. "Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano, Considerando Variables Técnicas, Sociales y Económicas", en Oñate, E. *et al.* (eds.). 2000. *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales*. Cimne-UPC. Barcelona.
- Carreño, M. L., O. D. Cardona y A. H. Barbat. 2004. *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Carreño, M. L., O. D. Cardona y A. H. Barbat. 2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Idea. 2005. *Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastre: Informe técnico principal*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. (<http://idea.unalmz.edu.co>).
- Undro. 1980. *Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Experts Group Meeting of July 9-12, 1979*, Geneva.