

Una mirada desde la vulnerabilidad y el riesgo hacia el campo del volcanismo explosivo en Norpatagonia Andina

Agustín Delmónico¹

Introducción

Norpatagonia andina se encuentra bajo la influencia de las erupciones explosivas de los volcanes que componen la Zona Volcánica Sur (ZVS). Estos volcanes en particular, cuando entran en actividad, pueden desarrollar una columna eruptiva que se compone de diferentes elementos: fragmentos de magma solidificado, rocas del volcán y gases calientes. En esta región, los vientos dominantes del cuadrante O-NO (*westerlies*) movilizan gran parte de estos componentes hacia territorio argentino afectando a las zonas aledañas e incluso a aquellas localizadas a distancias medias y distales del foco de emisión.

Los depósitos piroclásticos, conocidos como *tefra*, generan importantes impactos sobre todo a las infraestructuras críticas (Jenkins, Wilson, Magill, Miller y Stewart, 2014; Wilson, Wilson, Deligne y Cole, 2014; Craig, Wilson, Stewart, Villarosa, Outes, Cronin y Jenkins, 2016). Asimismo, esos depósitos quedan expuestos a diferentes procesos y su escasa consolidación facilita la remoción por parte del agua y el viento. En otros términos, a los peligros directos de la caída de ceniza volcánica se suman los indirectos. Para el caso de la erupción del Cordón Caulle en 2011, Wilson, Stewart, Bickerton, Baxter, Outes, Villarosa y Rovere (2013) sostenían que era más probable que la removilización fluvial de los depósitos de gran espesor, sea más elevada en zonas proximales en donde existe una mayor pendiente (p. 52), y también un mayor espesor de tefra dada la cercanía al foco eruptivo. Intensas precipitaciones sumadas al material volcánico depositado no consolidado pueden provocar aluviones (lahares secundarios) capaces alcanzar dimensiones considerables, y el riesgo que representan se puede extender incluso hacia el sector de la meseta.

Este conjunto de condiciones, sumado a las recientes experiencias de las erupciones de Chaitén (2008), Cordón Caulle (2011) y Calbuco (2015), obligan a repensar los riesgos

¹ Lic. en Geografía (FaHCE, UNLP). Becario Doctoral CONICET. Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC, CONICET/UNComa) y Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNComa).

volcánicos en el sur argentino, integrando la perspectiva geográfica a las diferentes problemáticas asociadas.

Hacia una perspectiva geográfica en la concepción de la vulnerabilidad y los riesgos

A principios de la década de 1990, Lavell (1993) sostenía que el dominio que ejercen las ciencias naturales y básicas sobre la problemática de los desastres en Latinoamérica es casi total (p. 111). Por su parte, Gellert de Pinto (2012) agrega que, a partir de esa década, el problema ya no se enfoca tanto en el evento de ocurrencia del desastre y la respuesta (administración del desastre) sino en el riesgo que predispone el desastre, el cual es construido socialmente (p. 13). Gradualmente, las condiciones de vulnerabilidad social adquirieron un rol sumamente relevante en los estudios sobre riesgos. El abordaje de los mismos desde la vulnerabilidad, desplazó aquella visión en la que era habitual asociar la noción de riesgo a la de desastre, pensados como eventos fortuitos o castigo divino. Giddens (1993) retoma a Luhmann agregando que el término riesgo reemplaza lo que con anterioridad se pensó como fortuna -fatalidad- (p. 40). Siguiendo a Natenzon y González (2010), un aporte clave de la noción de vulnerabilidad es que permite superar caracterizaciones dicotómicas (pobre-no pobre) y reconocer las diversas configuraciones socioeconómicas de distintos grupos sociales (p. 196) siendo las ciencias sociales las que pueden aportar conocimientos sobre ella (Barrenechea, Gentile, González y Natenzon, 2000, p. 2). Desde estas disciplinas, los aportes deben orientarse a comprender las condiciones de vulnerabilidad así como también su comportamiento espacial.

En materia de abordaje de la problemática de los riesgos en general y de la vulnerabilidad en particular, la faceta territorial está siempre presente. Lavell (2009) respalda la distinción entre territorios causales y de impacto (p. 23), diferenciación que permite enmarcarlos territorialmente en la problemática dado que la dimensión local adquirió gran importancia en los estudios recientes sobre la gestión de los riesgos. En este sentido, el riesgo no solamente se manifiesta a través de desastres mayores con altas pérdidas, sino ante todo en múltiples y numerosos desastres a escala local (Gellert de Pinto, 2012, p. 16). Por ello, si conjuntamente con introducir la noción de vulnerabilidad, se introduce también el de territorialidad, se permite un acercamiento al análisis que comprende los niveles regional, metropolitano, urbano, local, comunitario y hasta familiar (Lavell, 1993, p. 123). Este enfoque, al comprender múltiples escalas,

permite aportar una perspectiva geográfica, radicando aquí aportes interesantes de esta disciplina a la concepción de los problemas asociados a los riesgos.

Puyol, Estebanez y Mendez (1992) sostienen que según autores como Hagget o Harvey, los geógrafos han tendido a organizar su pensamiento en torno a cinco grandes temas (p. 9-10):

- El tema de la diferenciación espacial, para el que sigue siendo fundamental el concepto de región.
- El tema del paisaje (natural o cultural), desarrollado inicialmente en Alemania.
- El tema de la relación hombre-entorno, iniciado por el determinismo y continuado por el posibilismo.
- El tema de la distribución espacial, describiendo y explicando la localización de los fenómenos en la superficie terrestre.
- El tema geométrico, ligado al análisis locacional y los enfoques teóricos-cuantitativos.

En materia de riesgo se debe insistir, por un lado, en la diferenciación espacial, haciendo alusión a las diferentes condiciones regionales que distinguen a la Patagonia sobre todo en su sector andino, de otras regiones del país. Entre ellas, se encuentran los peligros o amenazas, algunos de ellos asociados al relieve propio de los Andes patagónicos (procesos de remoción en masa), aquellas de orden climática (inundaciones y grandes nevadas) a la vez que procesos endógenos (sismos, volcanismo explosivo y procesos asociados) constituyen el conjunto de amenazas naturales capaces de poner en relieve condiciones de vulnerabilidad social en Norpatagonia Andina.

Por otro lado, y complementariamente a la diferenciación, la distribución espacial puede apoyar el reconocimiento de las comunidades más vulnerables dentro de un área geográfica específica. En otros términos, las diferenciaciones y distribuciones espaciales pueden analizarse conjuntamente a diferentes escalas -nacional, regional, provincial, departamental-, dado que no todas las áreas son afectadas de igual manera por un fenómeno natural y las condiciones de vulnerabilidad también varían espacialmente. En virtud de esto y las actuales tendencias en materia de gestión local de riesgos, parece resultar más adecuado dirigir los esfuerzos en reconocer la localización de las áreas más vulnerables dentro de cada localidad, lo cual redundará en la adopción de medidas más específicas y concretas para la reducción de la vulnerabilidad.

En coincidencia con Chiozza y Carballo (2006), es preciso aceptar que no existen recetas establecidas para todo el universo social-espacial, sino más bien metodologías y resignificaciones conceptuales que se pueden adaptar a nuestro objetivo central, la

comprensión de la realidad social y su expresión en el espacio geográfico (p. 49). Por este motivo, los actuales enfoques teórico-metodológicos en materia de riesgos deben analizarse en virtud de identificar aquellos aportes relevantes para la construcción de metodologías acordes a cada problemática de estudio, especialmente en lo que respecta al volcanismo explosivo.

Enfoques teórico-metodológicos actuales en materia de riesgo, vulnerabilidad y desastres

En la actualidad, diferentes concepciones epistemológicas emergen en América latina para el análisis de los riesgos y los desastres, todos ellos en el contexto de una corriente denominada *alternativa* (también conocida como *la vulnerabilidad*), es decir, diferente a las anteriores que presentaban una visión más tecnocrática. Siguiendo a Lavell (1993), el dominio del paradigma dominante tecnocrático ha sido paulatinamente erosionado a lo largo de los últimos treinta años en los países del norte, particularmente en los Estados Unidos y las ciencias sociales han aparecido con cierta fuerza en la investigación y acción relacionada con los desastres (p. 114).

Como se mencionó con anterioridad, en Latinoamérica surge con fuerza en los años 80 a partir de los grandes desastres entre los que se cuentan las inundaciones de 1982 y el terremoto de México de 1985, especialmente a partir de estudios de caso de investigadores como Herzer, Caputo, Hardoy (Maskrey, 1993, p. 4).

Dentro de esta corriente, se pueden reconocer determinados enfoques teórico-metodológicos en materia de riesgo, vulnerabilidad y desastres, algunos de los cuales se analizan en este apartado con el objeto de destacar aquellos puntos de contacto, así como también reconocer elementos relevantes en la construcción de una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad social frente a la caída de ceniza volcánica y procesos asociados (lahares secundarios y procesos de remoción en masa subacuáticos capaces de inducir la formación de seiches y tsunamis).

Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La RED)

En 1992 se reunieron representantes de diferentes instituciones dedicados a la promoción de un enfoque social hacia el estudio de los desastres, con el fin de constituir una red de colaboración interinstitucional e interdisciplinaria (Maskrey, 1993, p. 4). Una de las publicaciones más reconocidas es “*Los Desastres no son naturales*” (Maskrey -

Comp.-, 1993), que marca una concepción de los riesgos con una fuerte impronta social y con la vulnerabilidad como uno de los pilares fundamentales.

Diversas maneras de analizar los riesgos y la vulnerabilidad pueden reconocerse a partir de diversos autores. La vulnerabilidad es analizada desde la relación entre sistema natural y social a través de Fernández y Rodríguez (1996), quien sostiene que los recursos y fenómenos naturales pasan a ser amenazas cuando su potencial para desequilibrar un sistema social aumenta. Cuando un sistema natural produce un evento necesario para mantener su equilibrio, pero que afecta el funcionamiento normal de un sistema social, se considera dicho evento como peligroso y sus consecuencias como un desastre. Si, por el contrario, es un sistema social el que desequilibra un ecosistema, usualmente las consecuencias diarias no son vistas como micro-desastres hasta que estas pequeñas, pero permanentes fuerzas desequilibradoras, se acumulan y se manifiestan en un evento catastrófico, y entonces se percibe el desastre (p. 10). Si bien no parte de la vulnerabilidad, esta concepción tiene la particularidad de centrar su atención en la peligrosidad aportando una visión desde el proceso, otorgando a la temporalidad un lugar distinguido.

Según Romero y Maskrey (1993), la vulnerabilidad de los pueblos se da 1) cuando la gente ha ido poblando terrenos que no son buenos para vivienda, por el tipo de suelo, por su ubicación inconveniente respecto a avalanchas, deslizamientos, inundaciones, etc. 2) cuando ha construido casas muy precarias 3) cuando no existe condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas (p. 8). Este aporte es valioso en el abordaje los efectos indirectos de la caída de ceniza como los lahares secundarios, un tipo particular de proceso de flujo asociado al material piroclástico inconsolidado. La localización en lugares inadecuados sumado al tipo de construcción generan condiciones de vulnerabilidad *per se*.

Wilches-Chaux (1993), denota por vulnerabilidad la incapacidad de una comunidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad (p. 17). Esta visión, en la medida que se enfoca en la adaptación, se aproxima a la noción de resiliencia, radicando aquí la explicación de los daños registrados frente a un evento particular.

La Teoría Social del Riesgo

Desde la Teoría Social del Riesgo, cuyo origen puede remontarse al año 1995, la conceptualización del riesgo en términos de una teoría social del mismo, permite incorporar otras dimensiones, cuya consideración apuntaría a la disminución de las consecuencias catastróficas. Estas dimensiones son peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre (Natenzon, 1995).

Peligrosidad. Se refiere al potencial peligroso que tienen los fenómenos naturales (espontáneos o manipulados técnicamente), potencial inherente al fenómeno mismo, sea cual sea su grado de artificialidad (Barrenechea *et al.*, 2000, p. 2). Al distinguir la peligrosidad de un evento de otros factores constitutivos del riesgo (la exposición y la vulnerabilidad), se establece un recorte conceptual consistente en el tipo de abordaje de las disciplinas que estudian los “fenómenos naturales” catastróficos: climatología, volcanología, geomorfología, oceanografía, geofísica, geografía física (Natenzon, 1995, p. 5).

Vulnerabilidad. Pone el énfasis en cuál es la estructura social previa a la ocurrencia del fenómeno ya que es dicha configuración la que determinará, en gran medida, las consecuencias catastróficas (Natenzon, 1995, p. 9). En similares términos, Barrenechea *et al.* (2000) sostienen que está definida por las características (sociales, económicas, culturales, etc.) de un grupo social previas a la ocurrencia del evento catastrófico, que otorgan una `capacidad diferenciada´ de hacerle frente (p. 2).

Exposición. Se refiere a la distribución de lo que es potencialmente afectable, la población y los medios materiales `expuestos´ al fenómeno peligroso. Es una consecuencia de la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad y -a la vez- incide sobre ambas (Barrenechea *et al.*, 2000, p. 2). Siguiendo a Natenzon (1995), interesa conocerla distribución territorial de lo “potencialmente afectable”, lo “expuesto” al fenómeno natural peligroso (p. 8).

Incetidumbre. Se relaciona con las limitaciones en el estado del conocimiento (incertidumbre científica) y las indeterminaciones en cuanto a competencias institucionales y aspectos normativos (incertidumbre política); al mismo tiempo, estas limitaciones y la complejidad del fenómeno en cuestión impide el manejo de la totalidad de las variables involucradas, impregnando de incertidumbre los procesos de toma de decisiones (Barrenechea *et al.*, 2000, p. 2).

Si a nivel técnico no hay respuestas contundentes, a nivel político impone una resolución por la magnitud de los intereses en conflicto. La incertidumbre, en este caso, sólo puede ser manejada a través del consenso público (Natenzon, 1995, p. 15).

Modelo de Presión y Liberación de los Desastres (PAR)

Dada la complejidad de causas que interactúan en el estudio de la vulnerabilidad, Blaikie, Cannon, David y Wisner (1996) presentan el Modelo de Presión y Liberación de los Desastres², donde la progresión de la vulnerabilidad ocupa un lugar significativo a través de un análisis de las causas de fondo, las presiones dinámicas, las condiciones inseguras y en forma separada las amenazas o peligros.

Causas de fondo. Procesos extensos, bien establecidos dentro de una sociedad y la economía mundial. Las más importantes que dan origen a la vulnerabilidad son procesos económicos, demográficos y políticos (Blaikie *et al.*, 1996, p. 29).

Presiones dinámicas. Son procesos y actividades que "traducen" los efectos de las causas de fondo en vulnerabilidad de condiciones inseguras. Estos incluyen un reducido acceso a los recursos como un resultado de la forma en que presiones regionales o globales (crecimiento rápido de la población, enfermedad epidémica, urbanización rápida, guerra, deuda externa y ajuste estructural, promoción de la exportación, minería, desarrollo hidroenergético y deforestación) se manifiestan en localidades específicas. La migración rural-urbana es otra presión dinámica presente en muchas partes del Tercer Mundo como respuesta a la estructura económica inherente a las causas de fondo (Blaikie *et al.*, 1996, p. 30).

Condiciones inseguras. Son las formas específicas en las cuales la vulnerabilidad de una población se expresa en el tiempo y espacio junto con una amenaza. Por ejemplo, la población que tiene que vivir en lugares peligrosos, sin posibilidad de hacer construcciones seguras, que carece de protección efectiva por parte del Estado (por ejemplo, desde el punto de vista de códigos de construcción), que tiene que comprometerse en medios de vida arriesgados o que tienen mínimos recursos de alimentos o beneficios que están propensos a una rápida interrupción (Blaikie *et al.*, 1996, p. 30-31).

² PAR (Pressure And Release, por sus siglas en inglés). Si bien es una publicación de *La Red*, se optó por asignarle un tratamiento por separado a este modelo en particular.

Desde esta visión, el riesgo afrontado por la gente tiene que considerarse como una combinación compleja de vulnerabilidad y amenaza o peligro. Los desastres son el resultado de la interacción de ambas cosas (Blaikie *et al.*, 1996, p. 27).

Investigación Forénsica de Desastres (FORIN)

En la actualidad, está emergiendo con cierta fuerza la Metodología FORIN (Investigaciones Forénsicas de Desastres), con sus cuatro enfoques de trabajo: el análisis de causas críticas, el meta-análisis, el análisis longitudinal y los escenarios de desastres (Burton, 2010; IRDR, 2011)³.

Análisis de causas críticas. Identifica las causas fundamentales de los eventos de desastre y tiene como premisa la creencia de que los problemas se resuelven mejor al tratar de corregir o eliminar las causas fundamentales, en lugar de simplemente abordar los síntomas inmediatamente obvios (Burton, 2010, p. 37; IRDR, 2011, p. 16).

Meta-análisis. Constituyen críticas sistemáticas de la literatura disponible que son usadas para identificar y evaluar resultados consistentes a través de diversos estudios. Los resultados de los estudios de caso u observaciones de investigación son codificadas y estadísticamente analizadas para buscar relaciones causales, la fuerza de la relación entre los factores (variables dependiente o independiente) y la eficacia de las intervenciones (Burton, 2010, p. 38; IRDR, 2011, p. 16).

Análisis longitudinal. La reconstrucción longitudinal permite repetir observaciones de algunos lugares y pueden ser comparadas geográficamente (por ejemplo, dos lugares diferentes pero esencialmente comparables con un evento de similares características, donde la secuencia de acciones, decisiones, políticas, etc., guían el riesgo de desastre y los efectos particulares son estudiados en forma comparativa). El valor de las reconstrucciones longitudinales está en proveer un entendimiento en profundidad de las causas y consecuencias de los desastres y la evolución de la mitigación y/o estrategias de reducción del riesgo. En el caso de comparaciones de pares o un sólo lugar con múltiples desastres, las reconstrucciones longitudinales permiten un análisis de qué estrategias de mitigación funcionaron, cuáles podrían haber funcionado si se hubieran

³ El IRDR (Integrated Research on Disaster Risk) fue puesto en marcha por el ICSU (International Council for Science) en 2010 en cooperación con el ISSC (International Social Science Council) y la UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). Uno de sus componentes iniciales fue un conjunto de estudios de caso titulados "Forensic Investigations of Disasters" (FORIN o FIDS) (IRDR, 2011).

implementado, las lecciones aprendidas, y las lecciones no aprendidas. (Burton, 2010, p. 38-39; IRDR, 2011, p. 17).

Escenarios de desastres. Retrospectivamente, reconstruye y especifica las condiciones, causas y respuestas involucradas en eventos particularmente destructivos. Son “forénsicas” en el sentido que el proceso incluye un área más amplia de cobertura para tazar y asignar explicaciones causales de las pérdidas y las condiciones de intervención que incrementaron o redujeron las pérdidas. El escenario puede basarse en la ciencia, y ser seleccionado de la base de los peligros conocidos que representa una real e inevitable posibilidad para el área de estudio en el futuro. Este tipo de trabajo podría contemplarse como “forénsico proyectivo o predictivo”, ya que proyecta pérdidas y sus causas en el futuro en contraposición con el examen y explicación de las pérdidas reales en el pasado (Burton, 2010, p. 39-40; IRDR, 2011, p. 17). Los escenarios de desastre pueden resultar una herramienta sumamente interesante para enfocar evaluaciones de vulnerabilidad social destacando, sobre todo, el componente espacial.

RIESGO, VULNERABILIDAD Y DESASTRES EN PERSPECTIVA TEÓRICA: UNA DISCUSIÓN ABIERTA

La caracterización de cada enfoque trae aparejada la posibilidad de subrayar aportes singulares y puntos de contacto entre ellos, los cuales sientan algunos cimientos en materia de estudios sobre riesgo y vulnerabilidad aplicados al campo del volcanismo explosivo.

En primer lugar, sobresale un acuerdo generalizado respecto que los desastres no tienen un origen estrictamente natural sino que se trata de una construcción social, aunque los peligros naturales adquieren un rol relevante cuando se concreta un desastre o una catástrofe. En virtud de esta construcción social sobresale una multiplicidad de aspectos comunes en todas las concepciones metodológicas: condiciones políticas, institucionales, demográficas, económicas, sociales, culturales, históricas, entre otras. Gradualmente, se ha visto que la vulnerabilidad adquirió un rol fundamental en el estudio de los desastres, aunque se pueden distinguir tres concepciones complementarias: como propensión al daño, como capacidad de absorber ciertos cambios o bien como el conjunto de condiciones precedentes a un evento catastrófico. Se puede advertir en los distintos enfoques que, en la construcción de la vulnerabilidad, adquiere relevancia una perspectiva dinámica, una visión de proceso, quedando implícita la dimensión histórica. Desde el FORIN, Burton (2010) lo resume asegurando

que las consecuencias de los eventos de un desastre natural están ligadas a patrones y decisiones de todos los días (p. 37).

Como se mencionó con anterioridad, dentro de la Teoría Social del Riesgo, una dimensión constitutiva es la incertidumbre. Su relevancia, en cierta medida, es un punto de vista compartido por Blaikie *et al.* (1996) cuando reconocen que al analizar los vínculos entre causas de fondo, presiones dinámicas y condiciones inseguras, es bastante excepcional tener evidencia confiable, especialmente mayor respaldo en la cadena de explicaciones (Blaikie *et al.*, 1996, p. 35).

La incertidumbre científica, es decir, las limitaciones en el conocimiento pueden afectar la capacidad de preparación ante una emergencia, al desconocer las posibles consecuencias de un fenómeno. En este sentido, por ejemplo, los estudios de base volcanológica emergen como indispensables para conocer la recurrencia y magnitud de las erupciones que han afectado una zona determinada en el pasado geológico reciente, cooperando en la determinación del grado de exposición a los eventos volcánicos. En buena medida, la causa de la incertidumbre científica puede encontrarse en dos aspectos. Por un lado, el grado de interdisciplinariedad con el que se estudian los riesgos (y especialmente la vulnerabilidad) requiriéndose trabajos cada vez más multidisciplinarios. Por otro lado, la tendencia a nivel temático exhibe un predominio del estudio de las inundaciones, relegándose el análisis de otros riesgos y, por ende, reduciéndose la posibilidad de progresar en otros campos temáticos, como por ejemplo, los riesgos volcánicos y tsunamigénicos en Argentina.

Blaikie *et al.* (1996) señalan esta limitación a nivel de conocimiento científico cuando sostienen que aunque nuestros conocimientos de mecanismos causales físicos son incompletos, algunos registros largos (por ejemplo de huracanes, terremotos, avalanchas de nieve o sequías), nos permiten especificar la probabilidad estadística de muchas amenazas o peligros en tiempo y espacio aunque reconocen que esos conocimientos son de utilidad limitada para calcular el nivel real del riesgo (p. 27).

La exposición, que en la Teoría Social del Riesgo contempla los resultados concretos que surgirían si el potencial peligro se torna realidad (Natenzon, 1995, p. 7), tiene su correlato en el FORIN, particularmente, en la metodología de construcción de escenarios predictivos. En términos generales, población y bienes resumen el conjunto de elementos potencialmente afectables frente a un desastre. Para Blaikie *et al.* (1996), la vulnerabilidad es una combinación de características de una persona o grupo, expresadas en relación con la exposición a la amenaza que se deriva de la condición

social y económica del individuo o comunidad interesada (p. 66). La exposición, en este sentido, aparece asociada a la vulnerabilidad y no directamente a las características de la amenaza ni a los efectos potenciales de un desastre.

Por último, la exposición puede verse como uno de los componentes más *geográficos* en el estudio de los riesgos volcánicos ya que interrelaciona factores humanos y físicos expresados territorialmente. Las pérdidas asociadas a una erupción están directamente relacionadas con los espesores de ceniza acumulados. Una herramienta práctica para evaluar *a priori* impactos directos e indirectos asociados a una erupción reciente son los mapas de *isopacas*, que se consisten en líneas que unen puntos con igual espesor de tefra.

La exposición no sólo está dada por el conjunto de componentes socioeconómicos susceptibles de daño sino que la amenaza, en tanto fenómeno físico, también requiere de una comprensión más acabada. La Tefrocronología es la técnica que permite estudiar el registro de episodios de caída de ceniza volcánica a partir de testigos sedimentarios lacustres. La determinación de la continuidad y rango de dispersión geográficos de estos niveles piroclásticos conjuntamente con una cuidadosa caracterización y datación permiten establecer un marco tefrocronológico para en un sitio determinado (Villarosa, Outes, Osters, Ariztegui, 2002, p. 1). La investigación forense es una metodología que puede conectarse con la Tefrocronología, en tanto y en cuanto implica la necesidad de realizar investigaciones retrospectivas para determinar el tiempo y el origen de estos eventos.

En este sentido, el estudio de la recurrencia de caída de cenizas apoyado en modelos cronológicos emerge como un aspecto clave para entender la exposición a la amenaza que representa el volcanismo explosivo en la región. El estudio de la vulnerabilidad en sí misma no alcanza para entender el riesgo en su conjunto, sino que hay que orientar los esfuerzos para comprender también los fenómenos naturales que exponen las condiciones de vulnerabilidad en momentos de desastres. Como resultado de ello se esperaría una reducción de la incertidumbre científica.

Si bien todas estas perspectivas son sumamente valiosas, parecería sobresalir cierto nivel de abstracción, siendo también importante la discusión a nivel metodológico. Algunos trabajos en particular atienden esta problemática (Natenzon, 2003; Andrade *et al.*, 2003; Natenzon y González, 2010, entre otros) aunque muchos de ellos son estudios de caso aplicados, sobre todo, al análisis de la vulnerabilidad social en contexto de inundaciones. Sin embargo, la gran variedad de riesgos exige la necesidad de ampliar la

temática e incorporar dentro del interés de las ciencias sociales, en especial la geografía, el estudio de otros riesgos no sólo a nivel teórico sino también metodológico, definiendo técnicas, instrumentos e indicadores adecuados para abordar un determinado riesgo, es decir, conocer tanto las características del peligro como así también la vulnerabilidad asociada al mismo. Actualmente, se están orientando los esfuerzos para abordar la vulnerabilidad y la peligrosidad frente a la caída de material piroclástico (Delmónico *et al.*, 2015 y 2016), aunque el camino que queda por recorrer en esa dirección es aún extenso.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, M. I, PLOT, B., INFESTA, M. E., SCARPATTI, O. E., PINTOS, P., PAPALARDO, M. M., VALLEJOS, V. H., MONTES, M. del C., GRATTI, P., LOSANO, G., CARUT, C., BENITEZ, M. y DEL RÍO, J. P. (2003). Problemática de inundaciones en el Gran La Plata: mapa de riesgo hídrico desde la teoría social del riego. En PINTO, P. (Comp.). Pensar La Plata. Políticas públicas, Sociedad y Territorio en la década de los noventa. Ed. Al Margen, La Plata, 71-99.
- BARRENECHEA, J., GENTILE, E., GONZÁLEZ, S. y NATENZON, C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la Teoría Social del Riesgo. IV Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. UBA. Buenos Aires, 6 al 9 de Noviembre de 2000, 1-13.
- BECK, U. (2007). Vivir en la sociedad del riesgo mundial. Serie: Dinámicas interculturales. Documentos CIDOB, N° 8, Barcelona, Julio de 2007. Recuperado de http://www.cidob.org/es/publicaciones/documentos/dinamicas_interculturales/vivir_en_la_sociedad_del_riesgo_mundial_living_in_the_world_risk_society.
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVID, I. y WISNER, B. (1996). Vulnerabilidad. El entorno social, económico y político de los desastres, La Red, Julio de 1996. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>.
- BURTON, I. (2010). Forensic disaster Investigations in Depth. A New Case Study Model. Recuperado de: www.environmentmagazine.org. Volumen 52. Number 5. Sept./Oct. 2010, 1-6.
- CAPUTO, M. G., HARDOY, J. E. y HERZER, H. M. (1985). La inundación en el Gran Resistencia (Provincia del Chaco, Argentina) 1982–1983. Desastres Naturales y Sociedad en América Latina, Vol. 4, 129-156. Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.

CARDONA, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo". En MASKREY, A. (Comp.). 1993. Los desastres no son naturales. La Red, 45-65. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>.

CHIOZZA, E. M. y CARBALLO, C. T. (2006). Introducción a la geografía. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.

CRAIG, H., WILSON, T., STEWART, C., VILLAROSA, G., OUTES, V., CRONIN, S. y JENKINS, S. (2016). Agricultural impact assessment and management after three widespread tephra falls in Patagonia, South America. *Natural Hazards*. June 2016, Vol. 82, Issue 2, 1167-1229.

DELMÉNICO, A., VILLAROSA, G., BEIGT, D., OUTES, V., ANDRADE, M. I., MANZONI, C. (2016) Census indicators as a tool to assess social vulnerability to ashfall events in Argentina: the case of Villa La Angostura during 2011 Cordón Caulle eruption. Resumen aceptado para presentación en Congreso "Cities on volcanoes". Puerto Varas, Chile, 20-25 de Noviembre de 2016,1.

DELMÉNICO, A., VILLAROSA, G., BEIGT, D. y OUTES, V. (2015). Pensando el volcanismo en términos de vulnerabilidad: la construcción de escenarios como herramienta de gestión de riesgos frente a la caída de ceniza volcánica en Bariloche y Dina Huapi (Patagonia, Argentina). En actas del Seminario Internacional "CIENCIAS SOCIALES Y RIESGO DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA: UN ENCUENTRO INCONCLUSO". Buenos Aires, 15-17 de Septiembre de 2015,1-2.

EIRD/ONU. (2004). Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. ONU. Ginebra. Recuperado de: <http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>. Consultada el 1 de Marzo de 2014.

FERNANDEZ, M. A. y RODRIGUEZ, L. (1996). ¿Cuál es el problema? Introducción a la temática. En FERNANDEZ, M. A (Comp.). 1996. Ciudades en riesgo. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. La Red-USAID, 7-11.

FILGUEIRA, C. y PERI, A. (2004). América Latina: los rostros de la pobreza y sus causas determinantes. Santiago de Chile. CELADE/CEPAL. Serie Población y Desarrollo. N° 54. Recuperado de: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/15062/lcl2149-serie54.pdf>.

- FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J. (1993). "Riesgo global, incertidumbre e ignorancia". En Epistemología política. Ciencia con la gente. Buenos Aires, CEAL, 1-17.
- GARCÍA ACOSTA, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. Desastros, Septiembre-Diciembre, número 019. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Distrito Federal, México, 11-24.
- GELLERT-DE PINTO, G. I. (2012). El cambio de paradigma: de la atención de desastres a la gestión del riesgo. Boletín Científico Sapiens Research, 2 (1), 13-17.
- GIDDENS, A. (1993). Consecuencias de la Modernidad. Madrid, Alianza Editorial, Sec. I, 15-59.
- GONZALEZ, S. (2001). Gestión del riesgo por inundaciones en la ciudad de Buenos Aires. Situación actual y alternativa. Realidad Económica, N°177, 1-14.
- HERZER, H. y GUREVICH, R. (1996a). Construyendo el riesgo ambiental en la ciudad. Desastros y sociedad, N° 7, Año 4. La red. Julio/Diciembre 1996, 9-17.
- HERZER, H. y GUREVICH, R. (1996b). Degradación y desastros: parecidos y diferentes: tres casos para pensar y algunas dudas para plantear. En FERNANDEZ M. A. (Comp.). Ciudades en riesgo. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastros. La Red, Lima, 75-91.
- IRDR (Integrated Research on Disaster Risk). (2011). Forensic Investigations of Disasters: The FORIN Project (IRDR FORIN Publication No. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk, 1-32.
- JENKINS, S.F., WILSON, T.M., MAGILL, C.R., MILLER, V. y STEWART, C. (2014). Volcanic ash fall hazard and risk. Technical background paper for the UN-ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015. Global Volcano Model and IAVCEI. Recuperado de: www.preventionweb.net/english/hyogo/gar, 1-39.
- LAVELL, A. (1993). Ciencias Sociales y desastros naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. En MASKREY, A. (Comp.). Los desastros no son naturales. La Red. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>, 111-127.
- LAVELL, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En FERNANDEZ, M. A (Comp.). Ciudades en riesgo. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastros. La Red, Lima, 12-42.

LAVELL, A. (2009). Reducción del Riesgo de Desastres en el Ámbito Local: Lecciones desde la Subregión Andina. Serie: Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres. Primera Edición. Comunidad Andina. Lima, Perú.

MASKREY, A. (Comp.). (1993). Los desastres no son naturales. La Red. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>.

NATENZON, C. E. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. Serie de Documentos e Informes de Investigación, N° 197, FLACSO, 1-19.

NATENZON, C. E. (2003). Inundaciones catastróficas, vulnerabilidad social y adaptaciones en un caso argentino actual. Cambio climático, elevación del nivel medio del mar y sus implicancias. En: Climate Change Impacts and Integrated Assessment EMF (Energy Modeling Forum) Workshop IX. Stanford University. Snowmass, Colorado. July 28 - August 7, 1-16.

NATENZON, C. E. (2005). Social Vulnerability, Disasters and Climate Change in Latin America. Thematic, Theoretical and Methodological Approaches / Vulnerabilidad social, catástrofes y cambio climático. Comentarios temáticos, teóricos y metodológicos para América Latina. En: II Regional Conference on Global Change: South America. Universidad de San Pablo, 7-10 de Noviembre, 1-15.

NATENZON, C. E. y GONZALEZ, S. G. (2010). Riesgo Vulnerabilidad social y construcción e indicadores. Aplicaciones para Argentina. En: ARROYO, M. y ZUSMAN, P. (Org.) Argentina e Brasil. Posibilidades e obstáculos no proceso de integração territorial. Universidade de São Paulo/ Universidad de Buenos Aires. São Paulo, Humanitas, 195-217.

OUTES, V. Y VILLAROSA, G. (2007). Estudio ambiental Centro Cultural y de Eventos San Carlos de Bariloche. Aspectos geoambientales, Inédito, 1-30.

OUTES, V., VILLAROSA, G., DELMÉNICO, A., GÓMEZ LISARAGUE, M., BEIGT, D., MANZONI, C. y ARRETICHE M. (2015). La erupción del Cordón Caulle 2011 en Villa La Angostura: una experiencia de cooperación entre los sistemas científico y de protección civil. En VIAND, J. y BRIONES, F. (Comps.). Riesgos al sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina. Imago Mundi/La Red, 229-256.

PERANOVICH, A., ANDRADA, M., BERTONE, C. (2008). Mortalidad infantil, causas y determinantes. Una perspectiva comparada entre la ciudad de Córdoba (Argentina) y Campiñas (Brasil), para el período 2000-2005. Trabajo presentado en el III Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, ALAP. Córdoba, Argentina, del 24 al 26 de Septiembre de 2008, 1-16.

PEREYRA, F. X. (2007). Geomorfología urbana de San Carlos de Bariloche y su influencia en los peligros naturales, Rio Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (2), 309-320.

PUYOL, R., ESTÉBANEZ, J. y MENDEZ, R. (1992). *Geografía Humana*. Segunda edición. Ed. Cátedra. Madrid.

ROMERO G. y MASKREY A. (1993). Cómo entender los desastres naturales. En MASKREY, A. (Comp.). *Los desastres no son naturales*. La Red, 6-10. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>.

SEGEMAR. (2005). Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial. San Carlos de Bariloche. Provincia de Río Negro. República Argentina. SEGEMAR-BGR. Anales N° 42. Buenos Aires.

STERN, C. (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile*, 31(2), 161-206.

STEWART, C., CRONIN, S., WILSON, T., BICKERTON, H., VILLAROSA, G., OUTES V. y BAXTER, P. (2012). Volcanic ashfall, drinking water and public health – recent experiences from the 2011 Puyehue-Cordón Caulle and 2012 Tongariro eruptions. En *Cities on Volcanoes*, Colima, 19-23 de Noviembre de 2012.

VILLAROSA, G. y OUTES, V. (2013). Distribución, características de la ceniza volcánica caída en la región e impactos en la comunidad. En *Convenio de Asistencia Técnica*, Centro Regional Universitario Bariloche (Universidad Nacional del Comahue)-Legislatura de Neuquén: Efectos de la caída de cenizas del CPCC sobre la región del lago Nahuel Huapi. Informe Final, Diciembre de 2013,12-59.Inédito.

VILLAROSA, G., OUTES, V. y CRIVELLI, E. (2006). Los niveles piroclásticos de la laguna El Trébol: Registro clave para el desarrollo de una tefrocronología postglacial en el área de Nahuel Huapi, Patagonia. IV Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XI Reunión Argentina de Sedimentología, San Carlos de Bariloche. Actas,238.

VILLAROSA, G., OUTES, V. y GÓMEZ, E. (2012). La erupción del CC del 4 de junio de 2011: Mapa de distribución, características de la ceniza volcánica caída en la región e impactos en la comunidad. *Convenio CRUB*, UNCOMA-Legislatura de Neuquén. Mayo de 2012, 12-59.Inédito.

VILLAROSA, G., SCHNEIDER, M., OUTES, V., LÓPEZ, E., DZENDOLETAS, M. A., BEIGT, D., VILLAROSA, F., GALOSI, C. y RUIZ, M. (2012). Estudio de Peligrosidad de avalanchas en el Parque Nahuel Huapi vinculados a la erupción del

Cordón Caulle (CC). Convenio de Asistencia Técnica INIBIOMA (CONICET-Universidad Nacional del Comahue)-Administración de Parques Nacionales, Diciembre 2012,1-81.Inédito.

VILLAROSA, G., OUTES, V., OSTERA, H.A. y ARIZTEGUI, D. (2002).

Tefrocronología de la Transición Tardío Glacial-Holoceno en el Lago Mascaradi, Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina. En Actas del XV Congreso Geológico Argentino. El Calafate, 2002,1-6.

WILCHES-CHAUX, G. (1993). La vulnerabilidad global. En MASKREY, A. (Comp.). Los desastres no son naturales. La Red. Recuperado de: <http://www.desenredando.org>, 11-44.

WILSON, G., WILSON, T. M., DELIGNE, N. I. y COLE, J. W. (2014). Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 286,148–182.

WILSON, T., STEWART, C., BICKERTON, H, BAXTER, P., OUTES, V., VILLAROSA, G. y ROVERE, E. (2013). Impactos en la salud y el medioambiente producidos por la erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle del 4 de Junio de 2011: Informe de un equipo de investigación multidisciplinario. GNS Science Report 2012/20, Enero de 2013,1-88.

WILSON,G., WILSON, T. M., DELIGNE, N.I. y COLE, J.W. (2014). Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 286,148–182.

Otras fuentes

“Precaución por alerta meteorológico”. Diario Río Negro, edición digital, 10 de Febrero de 2013. Recuperado de:<http://www.rionegro.com.ar/diario/precaucion-por-alerta-meteorologico-1067896-9574-nota.aspx>.

“Una avalancha de cenizas volcánicas cortó el paso a Chile en Neuquén”. Sábado, 11 de junio de 2011. Diario Los Andes, edición digital. Recuperado de: <http://www.losandes.com.ar/notas/2011/6/11/avalancha-cenizas-volcanicas-corto-paso-chile-neuquen-573950.asp>.

Agradecimiento

Grupo de Estudios Ambientales (GEA) – IPATEC (CONICET/UNComa). Dir. Dr. Gustavo Villarosa.

Centro de Investigaciones Geográficas (CIG) – IdIHCS (CONICET/UNLP). Dir. Dra.
María Isabel Andrade.