

## DR. RODOLFO AMENGUAL

**Temas BGN** ¿Qué acciones usted considera deberían contemplarse para mejorar la caracterización del riesgo de deslizamientos en el noroeste de Argentina?

**RA:** El riesgo por fenómenos de remoción en masa y por deslizamientos en especial, ha sido hasta el presente motivo de estudio en forma generalizada en la región; en líneas generales, no es abordado en los estudios de detalle ni en estudios de impacto ambiental, aún para el caso de loteos para viviendas en áreas montañosas; es por esto que considero que se debería comenzar con la realización de estudios de reconocimiento de estabilidad de laderas y taludes para, determinar las zonas más riesgosas en función de la cantidad de ocurrencias y tratar de determinar los factores desencadenantes y de esta manera comenzar por una caracterización macro del territorio. Esto se debería desarrollar mediante un SIG que permita integrar información topográfica, geológica, meteorológica y sísmica.

**Temas BGN** De acuerdo con su experiencia, ¿cuáles son los principales disparadores de los deslizamientos y aludes?

**RA:** Todos estos procesos involucran la ruptura de materiales bajo esfuerzo de corte y están generados por una serie continua de eventos que actúan desde la causa hasta el efecto y obedecen a factores:

**Geológicos:** tipo de material involucrado, actitud de las discontinuidades (estratificación, esquistosidad, fallamiento, etc.).

**Morfológicos:** tipo de relieve, erosión fluvial de la punta o de los márgenes laterales, erosión por escurrimiento subterráneo, remoción de la vegetación (por incendio o por sequía).

**Humanos:** excavación en laderas, deforestación, irrigación, vibraciones artificiales, etc.

**Ambientales:** características climáticas, distribución e intensidad de las precipitaciones, existencia y tipo de cubierta vegetal, sismicidad y actividad volcánica del área.

No obstante existir múltiples tipos de causas que generan deslizamientos, hay tres de estas que producen la mayoría de los deslizamientos en el mundo.

**Deslizamientos y Agua.** La saturación de laderas por agua es la primera causa de deslizamientos. Este efecto puede ocurrir en forma de precipitaciones intensas, deshielo, cambio de nivel subterráneo, etc.

## DR. RODOLFO AMENGUAL

Dr. Rodolfo Amengual. Docente de la Universidad Nacional de Salta desde 1976. Actualmente se desempeña como Profesor Titular de la Universidad Nacional de Salta en la Carrera de Geología; Especialista en Teledetección y Sensores Remotos, ha profundizado sus conocimientos en procesos de remoción en masa, tema en el que asesora a instituciones y empresas públicas y privadas. Dirigió numerosos trabajos finales de grado y tesis doctorales sobre temas de su especialidad. Ha integrado frecuentemente tribunales evaluadores de tesis doctorales relacionadas con el riesgo geológico y el ordenamiento territorial y de concursos docentes en diversas Universidades del país. Trabajó en la cartografía regional del noroeste de Argentina para proyectos de exploración minera y en AGAS, donde realizó numerosos estudios para obras hidráulicas, estudios de cuencas y análisis de deslizamientos en la zona norte en la sierras de Tartagal y Macueta. Publicó como autor y coautor numerosos trabajos sobre temas de su especialidad.

**Deslizamientos y Actividad Sísmica.** Muchas áreas montañosas que son vulnerables a deslizamientos han experimentado movimientos sísmicos de rango moderado al menos en tiempos históricos. En áreas con laderas empinadas propensas a desarrollar fenómenos de este tipo, la ocurrencia de sismos incrementa las posibilidades de desestabilidad debido al movimiento o por agrietamiento del suelo que permite la rápida infiltración del agua.

**Deslizamientos y Actividad Volcánica.** Los deslizamientos debidos a esta actividad son unos de los tipos más devastadores y se deben fundamentalmente a la fusión rápida de la nieve por la lava dando como resultado grandes volúmenes de agua desplazándose en laderas empinadas a gran velocidad arrasando todo lo que encuentra a su paso.

Estos flujos de detritos volcánicos también conocidos como lahares alcanzan grandes distancias; un evento de este tipo ocurrió en la localidad de Armero en Colombia con la muerte de 14.000 personas.

### **Temas BGNoa** ¿Cuáles son las regiones del noroeste con mayor riesgo de deslizamientos?

**RA:** Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de este tipo debido ya que generalmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como morfología, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

En el noroeste las regiones con mayor riesgo son aquellas áreas montañosas donde el rango de precipitación llega a los 1000 mm/año, concentrados en pocos meses y se encuentran mayormente concentrados en la región de Yungas, en las sierras de Tartagal, Macueta, Orán, también en la provincia de Tucumán y en menor grado en la de Catamarca. Aunque con menor frecuencia también se han registrado deslizamientos de grandes dimensiones en zonas semiáridas.

### **Temas BGNoa** En el caso del alud/inundación en Tartagal del 2009, las opiniones más difundidas apuntaron a la expansión de la frontera agrícola o la red de caminos secundarios asociados con las actividades madereras e hidrocarburíferas como las principales causantes. ¿Cuál es su opinión al respecto?

**RA:** El fenómeno acaecido en la ciudad de Tartagal en febrero del 2009 se debió a una tormenta extraordinaria, originada por una celda convectiva que produjo una elevada intensidad de precipitaciones en la parte media de la cuenca, en la zona de la toma de agua del Aguay, ubicada sobre el río aproximadamente 11 km agua arriba de la localidad de Tartagal, unido a que la misma se ubica en el ápice del cono de este río.

No obstante la magnitud de la creciente considero que, de no haberse obstruido con troncos el puente ferroviario ubicado en el borde occidental de área urbana, esta hubiera podido ser evacuada por el canal revestido que cruza la ciudad sin producirse los desbordes que afectaron fuertemente la infraestructura urbana. Respecto a los desmontes producidos por la actividad agrícola, los mismos se ubican hacia el este y agua abajo del área urbana, y por lo tanto no pudieron tener influencia sobre el desencadenamiento del evento.

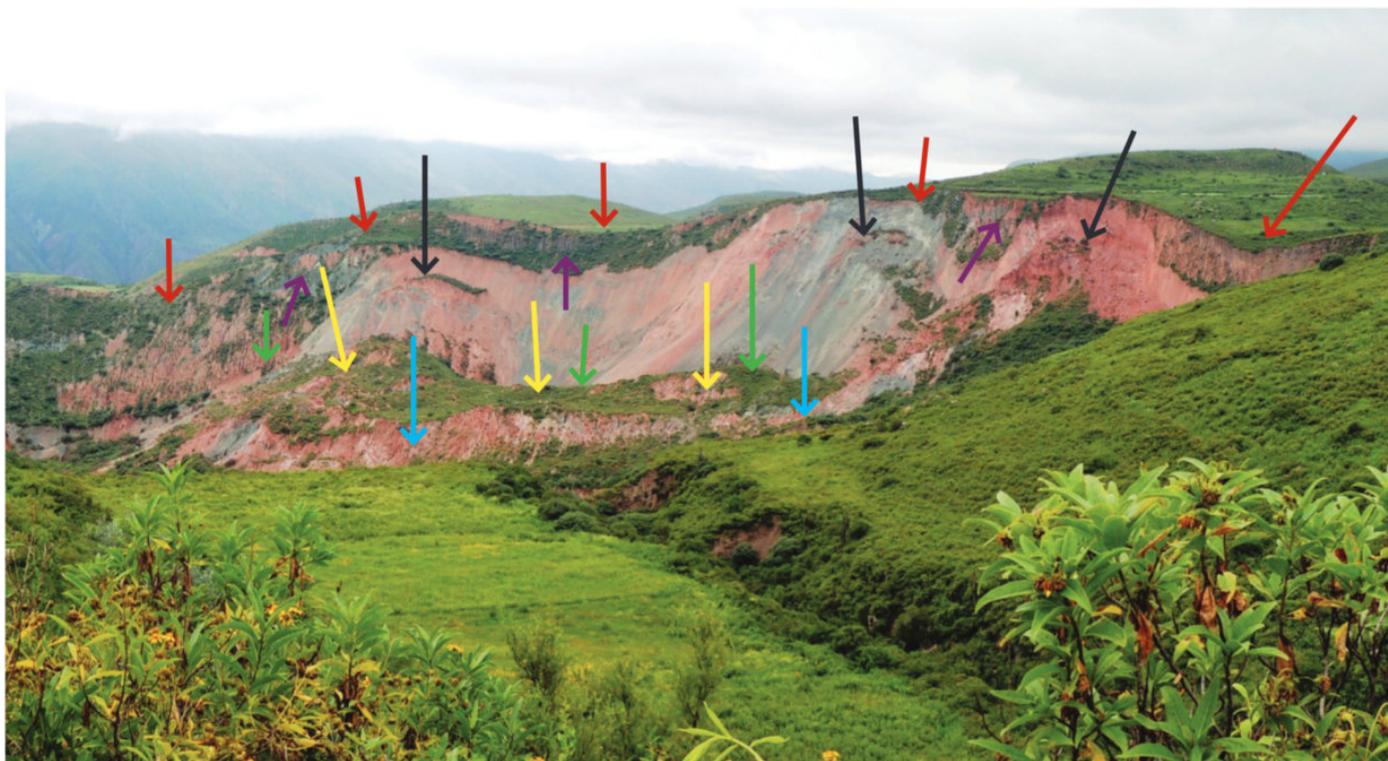
Respecto a las actividades de extracción de madera e hidrocarburíferas dentro del perímetro de la cuenca, si bien fueron importantes en el pasado, al momento de la ocurrencia del evento en cuestión, llevaban varios años detenidas, por lo que, al momento del evento no pudieron ejercer influencia sobre el mismo.

**Temas BGNoa** ¿Puede volver a ocurrir un alud semejante en la ciudad de Tartagal, o en los valles Calchaquíes como el ocurrido en el verano pasado (2012) en cercanías de Angastaco o deslizamientos como el recientemente acontecido en la zona de las Zanjas? ¿Cuáles son los factores a tener en cuenta para generar alerta en los habitantes de zonas con riesgo de deslizamientos o inundaciones?

**RA:** Desafortunadamente no conozco lo ocurrido en la Localidad de Angastaco en el año 2012 pero estos procesos se desarrollan por causas bien conocidas y, de producirse alguna de estas, como lluvias con elevada intensidad o un sismo de grado medio, el proceso puede desencadenarse; en este caso las viviendas ubicadas más cerca de los cursos de agua o de laderas empinadas son las más expuestas a ser afectadas por lo que el alerta puede ser la evacuación, cuando se dan lluvias extraordinarias, de los pobladores asentados próximos a los cauces o laderas empinadas; con respecto a sismos no hay forma de prever su ocurrencia por lo que lo único que ayudaría es construir las viviendas con normas sismoresistentes y efectuar un relevamiento de las viviendas antiguas, especialmente las construidas en adobe para comprobar su estado y eventualmente reforzarlas.

En el caso de Tartagal, de ocurrir precipitaciones de características similares a las mencionadas producirán una avenida igual a la ocurrida en el año 2009 pero la ampliación y mejoras que se introdujeron en el canal fueron calculadas para que puedan ser evacuados sin desbordes.

Merece citarse el caso del último evento en el paraje de La Zanja, ubicada hacia el norte de la quebrada de Escoipe; es una zona plana sobre elevada constituida por rocas del basamento y del Grupo Santa Bárbara, con un desarrollo de suelo y disponibilidad



Toma al SE. Vista del deslizamiento rotacional en el paraje La Zanja. Las flechas rojas indican la totalidad de la extensión de la superficie de ruptura (1.500 m); las amarillas el material caído del cuerpo del deslizamiento; las negras el material remanente del cuerpo, las lilas indican la posición de la escarpa principal; las verdes la posición del cauce del río Malcante antes del evento y las celestes la posición actual del mencionado curso de agua. Como se puede observar el mismo se desplazó hacia el norte produciendo erosión en la margen izquierda del mismo.

de agua para riego lo que hace que la actividad agropecuaria esté desarrollada, se cultiva mayormente papa y maíz y hay cría de animales vacunos, ovino, caprino y equino.

En este sector se dan todas las condiciones que mencionáramos para el desarrollo de deslizamientos, fundamentalmente rotacionales. En enero de este año se produjo una reactivación de un antiguo deslizamiento cuya escarpa original tiene 1.500 m de longitud; en este último evento se desprendió parte del cuerpo del deslizamiento original de unos 600 por 150 m, cuyo movimiento fue instantáneo con el desplazamiento de un gran volumen de material. Los habitantes de la zona manifiestan que hubo un gran estruendo con desprendimiento de humo verde y rojo, lo que se explica por la coloración de las rocas involucradas que darían polvo de esa coloración. Analizando la imagen Google previa al evento se estima que el debe haber desplazado el cauce del arroyo hacia el norte (margen izquierda); si bien esto no se pudo corroborar, se estima que esta será una zona de erosión con el transporte de gran cantidad de sedimento por el río Malcante, que pasa por la zona, hacia el río Escoipe el que desemboca en el dique Cabra Corral. Cabe mencionar que el evento se produjo en plena temporada de lluvias, que queda material formando el cuerpo del deslizamiento el que puede colapsar en cualquier momento y que no hay infraestructura ni viviendas amenazadas por el proceso.

**Temas BGNoa** La comunidad científica ha sido notablemente impactada por la decisión de la justicia italiana de procesar a los especialistas que opinaron sobre la probabilidad de ocurrencia de un sismo destructivo en la región del L'Aquila en 2009. Este tema es tratado en uno de los artículos de este número de TBGNoa. ¿Cuál es su opinión sobre este proceso?

**RA:** La lectura detallada de la información existente sobre este tema me mueve a dos reflexiones; la predicción de sismos es, con el estado actual de la ciencia, imposible y que, cuando se mezcla ciencia con política como en el caso del L'Aquila, los que pierden son siempre los científicos.

Si bien aún se desconocen todas las razones que llevaron a los jueces a este veredicto, todo indica que eran necesarios culpables y los científicos participantes, por apuro o por presiones realizaron declaraciones que dieron pie a la justicia a tomar estas medidas.

Concuerdo con la opinión de Ray Cas, Presidente de la **Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI)** cuando manifiesta que *“Esto no se debe a una tecnología deficiente, tampoco porque son incompetentes o negligentes, sino simplemente a que la naturaleza es extremadamente impredecible en cuanto a la forma y tiempo en la cual libera energía y la magnitud e impacto de estos eventos”* y cuando se pregunta *¿Qué hubiese ocurrido si los científicos convictos hubiesen predicho el peor escenario antes del desastre de L'Aquila, resultando en la evacuación de al menos medio millón de personas en la región, y luego no ocurría nada? ¿También hubiesen sido condenados por proveer información inexacta y causar costos innecesarios al gobierno y la comunidad?* y agregó *¿qué hubiera pasado si durante la evacuación de la población se hubieran producido accidentes con el costo de vidas humanas?, también hubieran sido declarados culpables?*

El estado actual de conocimientos permite deducir que por el grado de sismicidad del área las nuevas construcciones deberán cumplir con las más estrictas normas con estructuras sismoresistentes y que las más antiguas deberán adecuarse para que un sismo no produzca los efectos que se produjeron en el evento del año 2009.

Demás está decir que considero que por lo único que deberían ser juzgados en este los científicos es por negligencia y no creo que este sea el caso.