

## SINTESIS HISTÓRICA DEL ESTUDIO DEL PROCESO DE LA REMOCIÓN EN MASA EN LA ARGENTINA

El año pasado se realizó el primer simposio formal sobre procesos de remoción en masa en un Congreso Geológico Argentino. El camino fue largo, pero finalmente esta disciplina geológico-geomorfológica alcanzó en nuestro medio, el merecido reconocimiento que le corresponde, debido a su utilidad para evitar pérdidas de vidas y daños económicos. A continuación se tratará de hacer una síntesis histórica del estudio de estos procesos en nuestro país. La amplia extensión norte-sur entre los 22° y 55°S de latitud del sector continental nacional ha determinado en el mismo una gran variedad climática. Similar incidencia ha ejercido la disparidad altimétrica que se observa en sentido este-oeste, expresada por el sobresaliente contraste morfológico entre una elevada Cordillera de los Andes al oeste y las bajas y extensas planicies orientales del centro y norte del país y las australes mesetas patagónicas. A tan peculiares características climáticas y del relieve, se suman una compleja estructura tectónica y una variada actividad sísmica y volcánica pasada y presente. Pese a tan favorable condicionamiento geológico-geomorfológico y climático, han sido escasas las publicaciones específicas sobre la remoción en masa, en el lapso que media entre el comienzo y la mitad del siglo pasado. Personalmente considero que el principal motivo para ello, fue la orientación de los colegas durante esa época a otras temáticas de la Geología (Paleontología, Tectónica, Sedimentología, Petrografía, Mineralogía). Una comprobación de la limitada literatura sobre la investigación de los fenómenos de la remoción en masa, es aportada por la Revista de la Asociación Geológica Argentina, nuestro principal órgano de información geológica. En la Revista entre los años 1946 y 1992 sólo hay dos artículos concretamente referidos a dicha especialidad. La escasa literatura sobre remoción en

masa, también puede adjudicarse a una época de limitado conocimiento geomorfológico, durante la que ha sido común la interpretación de acumulaciones y geofomas propias de la remoción en masa, como generados por otros agentes y procesos. Tal ha sido el caso de la reiterada consideración de depósitos de avalanchas de rocas, como pertenecientes a un till glaciario, un hecho que pese al tiempo transcurrido aún suele tener actualidad.

Aceptando el riesgo de olvidar o desconocer algún antecedente, estimo que muy pocas contribuciones previas a la década de los 60', alcanzaron a cubrir los requisitos propios de este tipo de proceso geomorfológico.

Entre los estudios geológicos del siglo pasado sobre tan particular temática, uno de los más antiguos es el realizado por Burckhardt, quien en 1900 reconoció un importante deslizamiento sobre uno de los faldeos del valle del arroyo Haichol en la sierra Musical, el que al represar sus aguas, generó un pequeño y efímero lago. Adjunto al citado, rescato aquel de Anderson quien en 1906 hace las primeras referencias acerca del origen de los ríos de piedra (*stone rivers*) de las islas Malvinas.

Con posterioridad, estimo que muy pocos trabajos cumplen con los requerimientos analíticos específicos de la remoción en masa. Uno de ellos es el de Groeber, quien en el año 1916 describe e interpreta acertadamente el origen de la laguna Carrilauquen, como generada por un derrumbe que bloqueó el valle del río Barrancas. También analiza las causas del colapso de ese muro natural que ocurriera en 1914 y las desastrosas consecuencias que la creciente coetánea (flujo denso) ocasionara agua abajo, a lo largo de los valles de los ríos Barrancas y Colorado, un proceso natural que condujo a la destrucción de la incipiente actividad agropecuaria de la región. También en el año 1916 Kantor publica un trabajo sobre "Las inundaciones en Andal-

galá" (Provincia de Catamarca), destacando los destrozos y víctimas producidas por flujos de detritos asociados a los aguaceros estivales.

El Dr. Edwin Kittl publica en el año 1939 un trabajo sobre: "Derrumbamientos, deslizamientos y torrentes, en caminos de montaña de la República Argentina", con el objetivo de subsanar o evitar daños y analizar los costos de mantenimiento de ciertos trazados viales o ferroviarios. Considero que la contribución más sobresaliente de ese período, que aún mantiene destacable actualidad, pertenece a Harrington, quien realizó un múltiple análisis de la corriente de barro (*debris flow*) que ocurrió a comienzos de los 40' en la cuenca del arroyo del Medio, un tributario del río Grande al que represó; generando una inundación que afectó a la localidad de El Volcán, situada a unos 60 km al norte de San Salvador de Jujuy y arrasó con gran parte del tramo del ferrocarril General Belgrano y su importante taller ferroviario. Harrington determinó el carácter del inductor a las intensas precipitaciones, y sugiere el mecanismo del proceso, sus geofomas menores asociadas, la caracterización sedimentológica de sus acumulaciones y plantea la posibilidad de su reiteración.

Incluyo en esta suerte de evaluación personal de esta etapa, aquellos estudios de Methol sobre los deslizamientos rotacionales del área marginal al campo volcánico de Somuncura, en la provincia de Río Negro. Una mención especial merecen los trabajos de Corte sobre el ambiente periglaciario de nuestro territorio y por lo tanto de los movimientos de ladera asociados a la criogénesis. Dentro de esta temática también están los trabajos de Igarzábal sobre glaciares de escombros en Salta.

En nuestro país la Geomorfología, que comprende el estudio y descripción de las geofomas de los paisajes y los procesos geomórficos que las generan, sólo ad-

quiere su condición de disciplina geológica, hace aproximadamente unos 60 años. Hasta entonces, los análisis de los paisajes se expresaban en publicaciones y/o enseñanza universitaria, con una impropia terminología morfológica, a la que se sumaba un incierto análisis de procesos y agentes.

En esta síntesis de la historia de la investigación del proceso de la remoción en masa, es imprescindible destacar la trascendente labor desarrollada por el Dr. Jorge Polanski en la investigación y la enseñanza de la Geomorfología, el análisis de sus geofor-mas específicas y su relación genética con los diversos procesos geomórficos, entre los que el de la remoción en masa fue objeto de su particular interés. El Dr. Polanski, un especialista del Cuaternario en su Ucrania natal, emigró con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial hacia la Argentina. Luego de una breve gestión en la Dirección de Minería de Mendoza, ingresó como geólogo regional al Servicio Geológico Nacional. Adelantado para su época, supo expresar en numerosos artículos la importancia de esta disciplina en el estudio del Cuaternario y de la Neotectónica.

Su incorporación contemporánea al claustro de profesores del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires, significó un punto de inflexión, un cambio radical, para la enseñanza y el conocimiento de los conceptos modernos de la Geomorfología en las aulas universitarias y la formación de recursos humanos en la especialidad.

Me permito destacar algunas de sus gestiones en tal sentido. Siendo profesor modifica la currícula de la carrera de Ciencias Geológicas, reemplazando la Geografía Física precedente por la asignatura Geomorfología, a la que define como disciplina geológica. Promueve su inserción en el último año del curso, demandando como materias correlativas y obligatorias, Geología Estructural, Sedimentología y Petrografía, subsanando así falencias de conocimientos básicos para el análisis geomorfológico. Por primera vez incluye en sus clases el proceso de la remoción en masa y su variada tipología, un

tema hasta entonces prácticamente ausente. Su responsabilidad la asumen sus discípulos principales, quienes complementan su enseñanza mediante el análisis geomórfico de fotogramas.

El contenido geomórfico y geológico conceptual de sus descripciones y sus análisis de las geofor-mas de los paisajes y los diversos procesos que las originan, inicialmente manifestado en sus estudios regionales de la cordillera de Mendoza, contrasta con los principios esencialmente geográficos que caracterizaban la enseñanza universitaria, en los diferentes centros de estudios del país.

En su fundamental estudio sobre la "Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza", Polanski sienta las bases del análisis geomorfológico. En esta obra interpreta y describe geofor-mas hasta ese entonces desconocidas o cuyas propuestas genéticas eran inadecuadas.

A Polanski debemos los primeros reconocimientos de los pedimentos como integrantes de una asociación pedemontana. También la sustitución de la ambigua frase de "antigua superficie de erosión regional" por aquella concreta de penep-lanicie. Su análisis sobre la Penep-lanicie Exhumada del Bloque de San Rafael, es un verdadero paradigma. Además destaca por medio de ella, la importancia de la Geomorfología para la interpretación de la Neotectónica de una región.

La prolongada controversia entre Polanski y Groeber acerca de la extensión del englazamiento cuaternario en el Cordón del Plata y en la depresión tectónica adyacente, del valle del Tunuyán, expone el limitado conocimiento que hasta entonces había de los depósitos de la remoción en masa. Motivado por esta discusión se establecen las diferencias sedimentológicas y morfológicas entre un diamictón glaciario y otro derivado de un flujo denso, al tiempo que se determinan más precisamente los límites de la glaciación local, ratificando lo ya expresado por Sttappenbeck en 1912.

En cuanto a la remoción en masa vale señalar su reinterpretación de las acumulaciones de la llamada "Morena del Quemado", que

fuera reconocida por Dessanti en las Huayquerías de San Carlos (Mendoza). Polanski, merced a un excelente análisis sedimentológico y morfológico, prueba su relación con la ocurrencia de un flujo denso, al que define como "Cenoglomerado del Quemado". Lo califica como un torrente de barro volcánico con origen en el campo volcánico de la Cordillera de las Yaretas. Su desplazamiento a lo largo de más de 70 km, encauzado en un antiguo valle del río Tunuyán, obstaculizó el drenaje previo, de dicho río hacia ese valle y provocó su actual desvío hacia el norte.

Luego de un período durante el que sólo se presentan escasos estudios específicos y otros más generales sobre el tema, como en las descripciones de las Hojas Geológicas del Servicio Geológico Nacional, a fines de la década del 80' ocurre una verdadera explosión de las investigaciones sobre el proceso de la remoción en masa, la que coincide con una masiva incorporación de colegas a esta temática.

Dada la brevedad de la exposición sólo expondré algunas citas de personas o circunstancias, que considero de interés en el desarrollo histórico de este proceso. Esta decisión no significa obviar mi reconocimiento a los excelentes aportes y la labor de otros colegas para su mejor conocimiento.

Entre ellos se destacan tal vez por su magnitud y el interés que como novedad despertaron, aquellos correspondientes a las avalanchas de rocas.

Luis Fauqué en 1987, define en la sierra de Segovia, La Rioja, dentro del ámbito de las Sierras Pampeanas, la primera avalancha de rocas en el país y con la colaboración de Strecker, describe el enorme y múltiple complejo de avalanchas de rocas, que reconocieran al pie del abrupto faldeo del frente occidental del Anconquija.

En la zona de Villavil en las Sierras Pampeanas de Catamarca, Fauqué analiza una sucesión particular de deslizamientos en bloque (*block-glide*) y enuncia la potencial amenaza sobre esa población ante su posible reiteración.

Con posterioridad, Fauqué y sus colaboradores reconocen a lo largo del valle del

río Mendoza, varias avalanchas de rocas prehistóricas entre Uspallata y Potrerillos (Tigre Dormido, Placetas Amarillas, Laguna Blanca). Señalan entre sus antecedentes el represamiento del curso del río y la generación de lagos efímeros, al tiempo que destacan el peligro que representa la posibilidad de su reiteración.

También dan a conocer el primer ejemplo de expansión lateral (*sackung*) en uno de los flancos del valle del río de las Cuevas. Este y aquel que reconociera González y colaboradores, en la zona de Comodoro Rivadavia, constituyen hasta ahora las únicas menciones de este tipo en la literatura local.

Recientemente en el marco del Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas (MAP-GAC) y debido al "Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial de Puente del Inca", se dio término a la discusión que se estableciera acerca del origen de las acumulaciones de la llamada Morena de los Horcones del tramo inferior del valle homónimo en Mendoza. El depósito fue considerado por Fauqué y colaboradores como fases distales de flujo de un megadeslizamiento generado por el colapso de una divisoria, en la pared sur del cerro Aconcagua. Cabe destacar la realización de un taller de campo referido al tema que contó con el asesoramiento del Dr. Kennet Hewitt, investigador de grandes deslizamientos en áreas montañosas.

Entre fines del siglo XX y el inicio del XXI, otras numerosas avalanchas de rocas prehistóricas (74), para las que se propuso un inductor sísmico, fueron distinguidas por González Díaz y colaboradores en el área cordillerana del Neuquén al norte del paralelo 38° S.

Sobresalen por su envergadura las que integran la secuencia (3) de las lagunas de Varvarco, la que fuera datada por isótopos cosmonucleidos. La de Varvar Co Campos, es considerada como la más voluminosa del país (3,5 km<sup>3</sup>). Otras importantes por su magnitud, son las del complejo del cerro Ailincó, del cerro Los Cardos y Barrancas.

También en el borde oeste de la sierra de San Luis, González Díaz y colaborado-

res, analizan la reiteración de dos enormes deslizamientos inducidos sísmicamente y establecen su disparidad temporal por medio de análisis similares. Llamativamente sus asignaciones temporales, guardan estrecha relación con las de la región de Varvar Co Campos. En el Parque de las Lagunas de Yala (Jujuy), reinterpreta sus lomadas y pequeñas lagunas previamente consideradas correspondientes a un paisaje glaciario de *knobs and kettles*, como resultantes de acumulaciones de una avalancha de rocas.

Hermanns y Strecker revelan la existencia de más de medio centenar de depósitos de avalanchas de rocas en el plateau de la Puna, adyacente a la Cordillera Oriental y las Sierras Pampeanas. Posteriormente, proponen un esquema del intervalo de ocurrencia de ocho avalanchas superpuestas, ocurridas en el frente de la sierra Laguna Blanca en la Puna.

Un espectacular colapso de un lateral del enorme volcán Llullaillaco de la Puna salteña ha sido descrito por Zappettini. Distingue tres episodios de avalanchas de rocas sucesivas, de las cuales la primera es la mayor. Estima su volumen en 2 km<sup>3</sup>.

El estudio de otros deslizamientos menores y flujos densos de muy variada tipología, ocurridos en tiempos postglaciares o en la actualidad, ha permitido su caracterización como particulares de determinadas zonas del territorio nacional. Característicamente se reconocen deslizamientos rotacionales en las márgenes de las planicies estructurales lávicas patagónicas (mesetas). En ocasiones su participación en la degradación del paisaje mesetiforme, alcanzó tal importancia que suele competir con aquella del proceso fluvial. La destrucción total de la meseta previa de la sierra Victoria de Chubut, representada por acumulaciones de estos deslizamientos, constituye un excelente ejemplo que avala esta afirmación.

En cuanto a los flujos densos, numerosas contribuciones referidas a sus variedades, aparecen publicados en tiempos posteriores a la mitad del siglo pasado.

González Díaz en 1973 reconoce la primera avalancha de detritos en el sentido

introducido por Sharp en 1938, en el flanco oriental de la sierra de Ambato en Catamarca. Culmina con un *debris flow* distal que afectó la población de Huillapima.

Describe otros fenómenos similares en la sierra de Aguarague en Salta, cuyas fases distales de torrente de barro dañaron seriamente la población de Vespucio. Descarta la incidencia antrópica (explotación petrolera) para su ocurrencia, asigna su inducción a intensas precipitaciones y alerta acerca de su reiteración.

En la Patagonia extraandina, adyacente a la costa y a lo largo de unos 70 km, entre Comodoro Rivadavia y Bahía Bustamante, reconoce la presencia de un gran número de corrientes de tierra. En la cordillera neuquina al sur de los 39° S, determina que amplios rasgos morfológicos del relieve han sido generados por extensas y numerosas corrientes de tierra postglaciares. Los flujos hiperconcentrados del noroeste argentino y de las altas serranías occidentales, son objeto de permanentes estudios locales por su reiteración y por los daños que ocasionan.

Glaciares de rocas, lóbulos y terrazas de geliflucción, *protales ramparts* y otras formas menores, han sido distinguidos y analizados en áreas del *permafrost* cordillerano, en las Islas Malvinas y la Antártida Argentina. Actualmente colegas de distintos organismos del Estado o de universidades, contribuyen con informes específicos al mejor conocimiento de la inducción, el mecanismo y las graves consecuencias derivadas del proceso de la remoción en masa. También exponen la conveniencia de contar con un análisis de estos fenómenos, como una fase de información previa a la construcción de obras de ingeniería.

Actualmente información regular y sistemática, se halla en los relevamientos de las Hojas Geológicas que realiza la Dirección de Geología Regional del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y en las cartografías locales de Riesgos Geológicos, que lleva a cabo su Dirección de Geología Ambiental y Aplicada.

**Dr. Emilio F. González Díaz**