

¿CUÁNTO GRANDE ES “GRANDE” EN LOS MOVIMIENTOS DE LADERA? ENCUESTA SOBRE LA IDEA DE MAGNITUD Y SU COMUNICACIÓN

Marc Janeras ^(1, 2), Pere Buxó ⁽¹⁾, Jordi Marturià ⁽¹⁾, Marcel Barberà ⁽¹⁾ y Jordi Ripoll ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Área de Ingeniería Geológica
Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)
Marc.janeras@icgc.cat

⁽²⁾ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Grupo de investigación EGEO en ingeniería geomática
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

RESUMEN

La idea de magnitud de un fenómeno de ladera parece muy evidente, pero sometida a análisis no resulta tan simple. Además, carecemos de una escala de referencia para su valoración cualitativa. Esta indefinición en la magnitud se traslada al concepto de peligrosidad, lo cual dificulta la comunicación, incluso entre técnicos, y más aun con públicos más amplios, quienes resultan imprescindibles aliados para la implementación efectiva de estrategias de mitigación del riesgo.

Esta preocupación por la comunicación de la idea de peligrosidad ha orientado en todo momento la elaboración de la guía técnica para la elaboración de Estudios de Identificación de Riesgos Geológicos (EIRG) por parte del ICGC. Esta figura resulta una pieza clave para la consideración de los riesgos geológicos en el urbanismo en Cataluña y hacer efectivo el mandato legislativo en la materia.

A raíz de estos trabajos se ha desarrollado una escala de magnitud que pretende ser de la máxima simplicidad y claridad para lograr una comunicación adecuada del riesgo. En esta comunicación pretendemos realizar un test de viabilidad de la escala mediante una encuesta participativa a las personas participantes al simposio.

1. INTRODUCCIÓN

A menudo, en la práctica profesional en el campo de los movimientos de masa en taludes y laderas, se constata la falta de una escala de referencia clara para la determinación de la magnitud de estos fenómenos. En una conversación entre técnicos el término “grande” aplicado a movimientos de ladera puede variar mucho según el contexto, ya sea compartido en el proyecto que tratan, como propio de la experiencia personal de cada cual.

La idea de magnitud de un fenómeno de ladera parece muy evidente, pero analizada con atención admite sus matices e incluso termina siendo menos intuitiva que su pareja de baile: la frecuencia de ocurrencia. Esta indefinición en la valoración de la magnitud repercute al término peligrosidad, y es precisamente aquí donde se necesita gran claridad comunicativa para trasladar las valoraciones a

terceros, ya sean técnicos de otros ámbitos como el urbanismo, políticos, gestores privados o públicos, la población afectada, etc.

En el desarrollo de las funciones del ICGC de tutela de la geoinformación oficial, incluida la de riesgos geológicos y como agencia de soporte técnico a la administración pública catalana en la materia, hemos constatado las dificultades que a menudo comporta la noción de peligrosidad a terceros. En contraste, observamos que, en otros fenómenos, como es el riesgo sísmico o de aludes de los que el ICGC es gestor competente en Catalunya, existen escalas bien establecidas y se consigue mejor capacidad comunicativa a la población.

2. EIRG: ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS

Las reflexiones sobre la magnitud y la peligrosidad que se exponen en este artículo son fruto de la re-elaboración de la guía técnica para la elaboración de Estudios de Identificación de Riesgos Geológicos (ICGC, 2021). La legislación catalana en materia de urbanismo a partir de 2006 introdujo por primera vez de forma explícita pero genérica, la consideración de los riesgos geológicos en el planeamiento de usos del suelo (GenCat, 2006), posteriormente consolidada por la Ley 3/2012, de 22 de febrero, de modificación del texto refundido de la Ley de urbanismo, aprobado por el Decreto Legislativo 1/2010, de 3 de agosto. El reglamento derivado no establece forma ni criterio de análisis de los riesgos, sólo el precepto de su consideración. Para darle forma, desde el ICGC se definió un tipo de estudio geológico con el objeto de identificar los riesgos presentes y a ser considerados por parte del planeamiento (EIRG), que heredaba la función que ya venían haciendo unos estudios denominados “dictámenes preliminares de riesgos geológicos” desde el final de siglo XX. Una guía técnica definía este estudio y los requisitos en su contenido exigible, que tuvo algunas revisiones menores (IGC, 2011 y ICGC, 2017).

A pesar de su carácter preceptivo no vinculante, progresivamente se ha conseguido generalizar su elaboración e inclusión en los expedientes urbanísticos. Aunque un estudio pueda cumplir con una formalidad en cuanto a contenido y metodología, eso no garantiza ser asertivo en trasladarlo a urbanismo, con lo que no resulte efectivo al cometido original. En cierta medida observábamos que sólo se conseguía cumplir el trámite de incluir estos estudios en la documentación del expediente, pero costaba mucho más que se reflejara en el planeamiento urbanístico de forma efectiva en pro de la prevención y mitigación del riesgo. Así mismo, constatábamos una frontera comunicativa entre el experto en riesgos geológicos y el urbanista y más aún el promotor público o privado. En particular, el concepto peligrosidad es concebido desde perspectivas muy distintas.

Estas disfunciones nos llevaron a una profunda revisión de la guía técnica de los EIRG a partir de 2019. La reflexión sobre el sentido de la peligrosidad en plena conexión con la sociedad, sobre la cual genera riesgo, nos llevó a identificar una disparidad en la concepción y valoración de la magnitud. Quizá aún más que en la frecuencia, donde a priori esperábamos mayor incertidumbre. Estos trabajos nos condujeron a la creación de una escala de magnitud para su aplicación al EIRG, pero con intención de poder ser extendida a todo ejercicio de valoración cualitativa de peligrosidad.

En esencia, la labor del EIRG se resume en dos etapas:

- Identificación de riesgos: determinar de forma clara y binaria cuales de los 5 fenómenos en consideración (deslizamientos, flujos, caídas, aludes, hundimientos) afectan o pueden afectar el ámbito de planeamiento en base a la información propia de este nivel de estudio.
- Valoración cualitativa de la peligrosidad: de aquellos que se han identificado, valorar el grado de peligrosidad de forma cualitativa en base a unos criterios que la guía técnica (ICGC, 2021) intenta pautar para una uniformidad de valoraciones en todos los estudios. La escala de magnitud es una herramienta clave en esta valoración.

En el flujo de procedimiento del EIRG en el trámite urbanístico (Figura 1) se bifurca entre: por un lado, las situaciones de baja peligrosidad, en las cuales las valoraciones cualitativa del EIRG ofrecen un análisis técnico suficiente para orientar unas recomendaciones preventivas y si es preciso correctivas a considerar en el planeamiento, para una adecuada mitigación de los riesgos; por otro lado, las situaciones con peligrosidad mediana o alta, en las cuales es preciso un análisis cuantitativo de la peligrosidad en los elementos de interés o una zonificación de ésta dentro del ámbito de planeamiento.

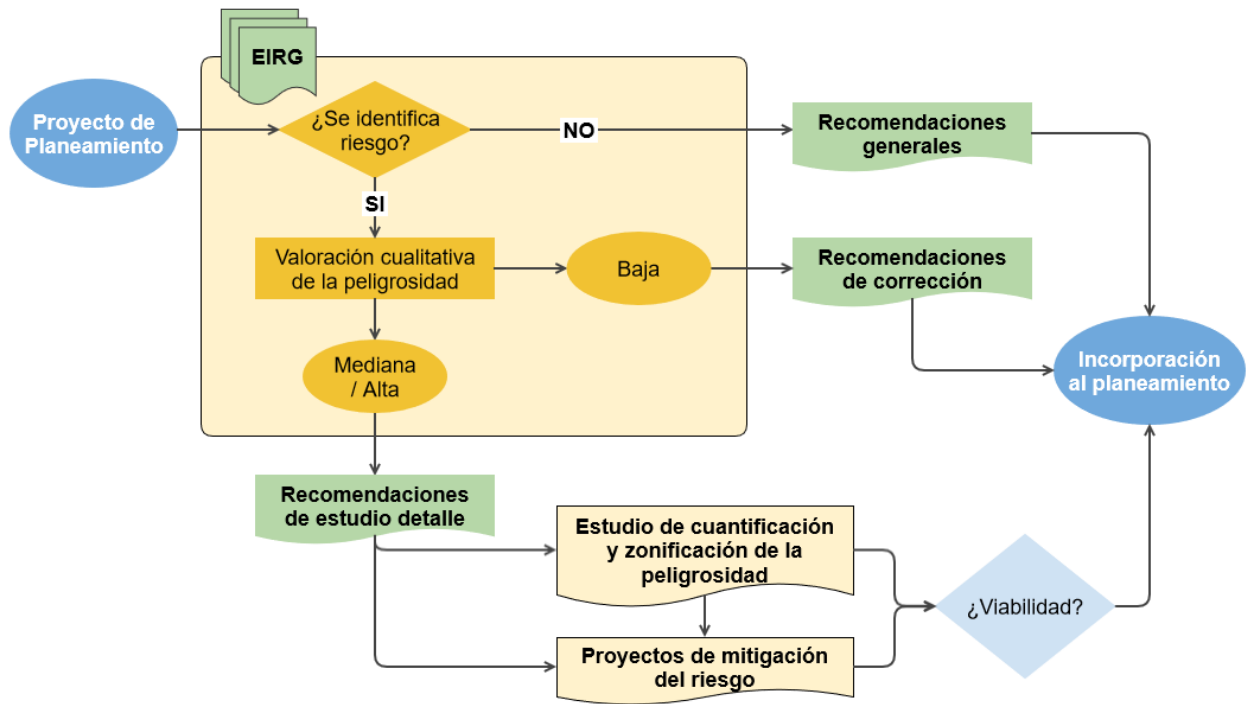


Figura 1: Esquema del flujo de decisiones y razonamiento en la traslación del EIRG al planeamiento urbanístico.

Es en este sentido que distinguimos 3 herramientas complementarias para la ordenación territorial y urbana acorde al precepto legal de considerar los riesgos geológicos (Figura 2). Para un planeamiento territorial, típicamente a escalas 1:50.000 a 1:100.000, se requiere un análisis multi-peligrosidad extensivo que se consigue mediante el mapa para la prevención de riesgos geológicos MPRG a escala 1:25.000 del ICGC (Oller *et al.*, 2011; González *et al.*, 2016). En cambio, a escala local, aunque este producto territorial aporta un contexto muy valioso, no puede resolver al detalle de la planificación urbana, que reglamenta usos del suelo a escalas del orden de 1:1.000. Es aquí donde entra en juego el EIRG y, si corresponde, seguido por estudios de zonificación y cuantificación de la peligrosidad. Más allá, pueden seguir otros recursos orientados a la mitigación y gestión del riesgo: análisis cuantitativos del riesgo (QRA) en todas sus componentes, proyectos de ingeniería de protecciones, planes de protección civil con sistemas de alerta, etc. Este es el esquema funcional con el que actúa el ICGC en la materia (Marturià *et al.*, 2017a; Marturià *et al.*, 2017b).

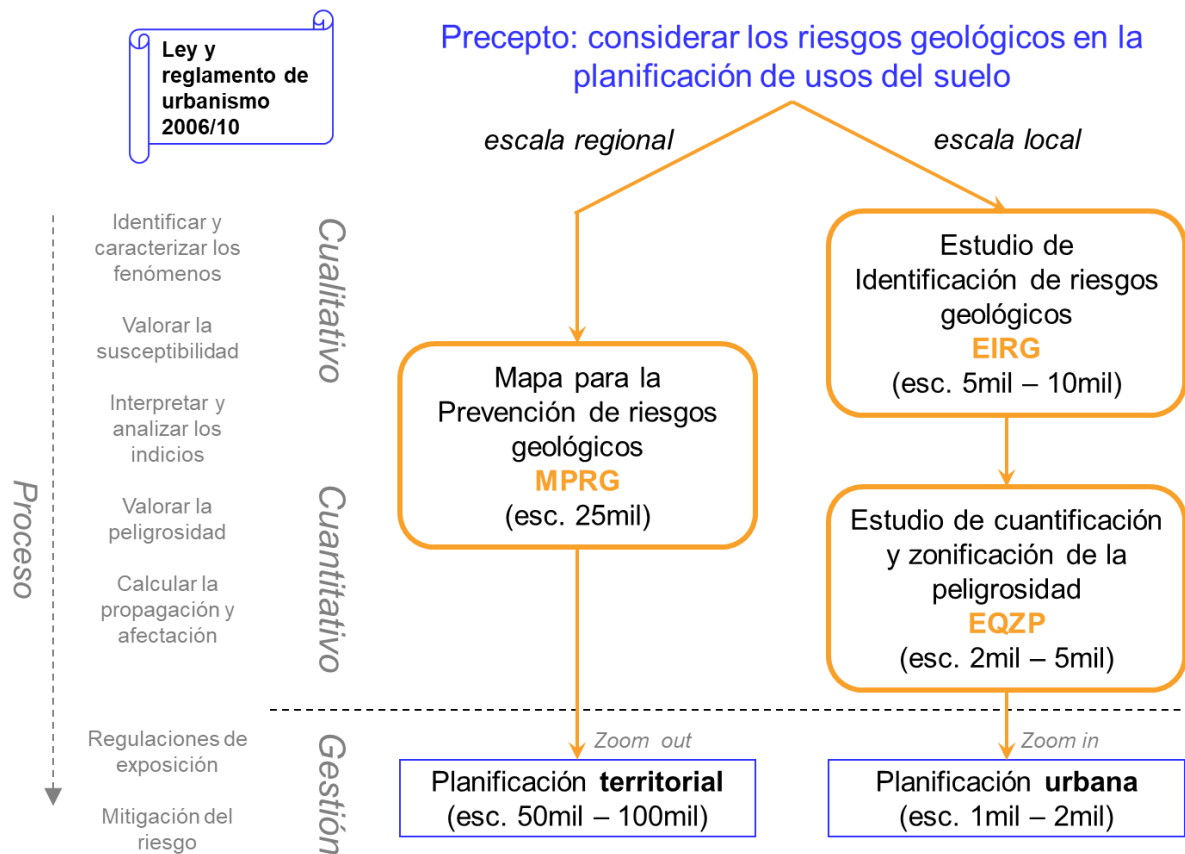


Figura 2: Esquema de las herramientas de prevención de riesgos geológicos a escala territorial y urbana.

3. ¿QUÉ SIGNIFICA EXACTAMENTE MAGNITUD?

La magnitud es más que simplemente el tamaño. En movimientos gravitacionales de ladera, el sentido común de tamaño es el volumen de terreno involucrado en el movimiento, aunque sería más adecuado hablar de la masa, ya que es sobre esa que actúa la gravedad. Como la densidad no es muy variable en comparación con otros factores (de ligeramente por debajo las 2 tn/m³ en la mayoría de los suelos hasta cercana a las 3 tn/m³ en algunas rocas), resulta más práctica la valoración visual que permite el volumen para hablar del tamaño, y solo considerar la densidad y la masa para cálculos de energías y presiones. En general, la incertidumbre en la cuantificación del volumen (por ejemplo, por la profundidad en la que se sitúa la superficie de deslizamiento y su geometría), supera con creces la incertidumbre en la densidad.

En este punto, nos preguntamos, por ejemplo en un problema de caída de rocas, ¿qué es más peligroso?:

- Un gran bloque (10 m³) que justo se inclina y vuelca apenas unos metros sobre un plano en su base.
- Un bloque menor (1 m³) cayendo y rodando ladera abajo con gran velocidad y a lo largo de una gran distancia.

Antes de responder a esa pregunta hay que tener presente que la valoración de la peligrosidad se realiza desde un punto de vista global de la ladera, y es desde esta visión que considera ambos: magnitud y frecuencia (o recurrencia). Un escenario de peligrosidad en la ladera bajo estudio está definido por un evento representativo de cierta magnitud, al cual le corresponde cierta frecuencia de ocurrencia. Magnitud y frecuencia son ambas variables escalares únicas para este escenario y relacionadas por la peligrosidad en el conjunto de la ladera. En contraste, podemos usar el término “peligro” para la forma específica que toma la peligrosidad en un punto del espacio y un momento

de determinadas condiciones. Es así un doble campo escalar correspondiente a la intensidad y la probabilidad de afectación del fenómeno (Figura 3). Consecuentemente, el mismo bloque rocoso cayendo en distintas morfologías de ladera puede comportar eventos con distinta extensión e intensidad de daño potencial. Regresando al ejemplo planteado, a pesar de reducir el tamaño de la masa en movimiento, si la dinámica de propagación amplía suficientemente la intensidad y extensión, la magnitud puede resultar superior. Y es este el sentido pleno de la magnitud.

La variable física que mejor representa el concepto de magnitud es el total de energía disipada o el trabajo desarrollado, de forma análoga al riesgo sísmico. Así, la magnitud puede dar una idea global sobre el potencial de destrucción del movimiento de ladera (Corominas *et al.*, 2003).

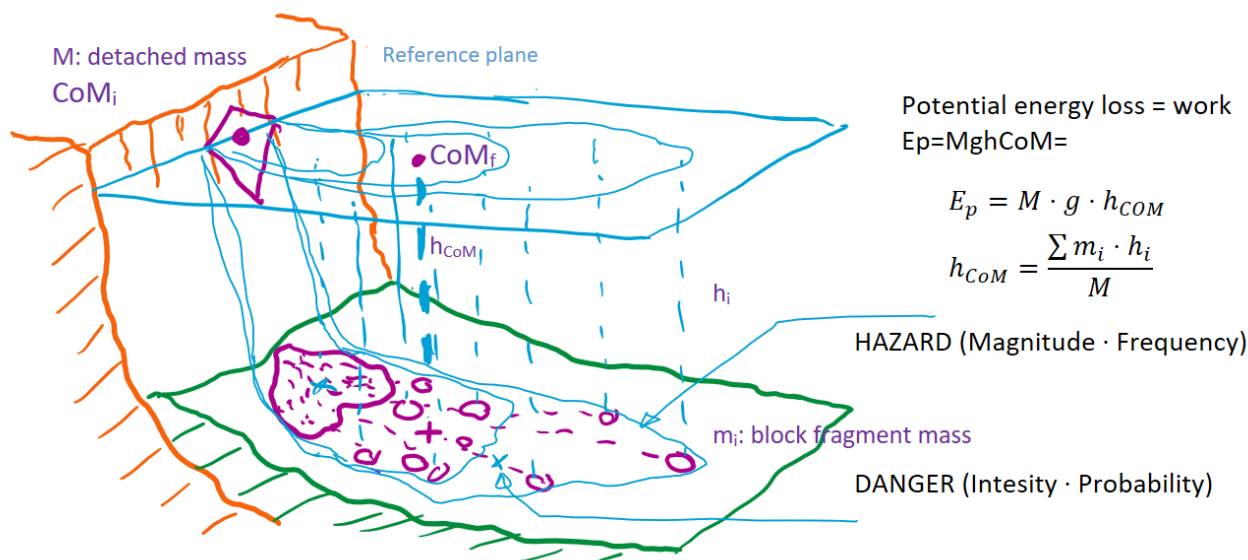


Figura 3: Esquema conceptual de la peligrosidad en un caso de desprendimientos. La magnitud del evento es el tamaño desprendido y su propagación por la ladera. CoM es el centro de masa en su posición inicial y final.

4. ESCALAS ANÁLOGAS EN MOVIMIENTOS DE LADERA

Esta cuestión que nos planteamos sobre la magnitud ya fue resuelta para aludes de nieve con la misma idea por parte de la escala canadiense (McClung & Schaerer, 1980). Esta escala del tamaño de avalanchas fue adoptada en 2018 como estándar por parte de la European Avalanche Warning Services (EAWS) con el objetivo de estandarizar la información clave para la comunicación al público general en los boletines de predicción del peligro de aludes (Moner *et al.*, 2013). Similarmente, para los flujos de detritos o *debrisflow* existe una escala de magnitud con una aproximación análoga (Jakob, 2005), la cual invita a una extensión al resto de tipos de deslizamientos de terreno, con especial facilidad para los de alta movilidad como son es la caída de rocas.

La escala que planteamos pretende cubrir de forma común todo tipo de movimiento gravitacional de ladera, pero si es posible también los hundimientos de terreno. Su formulación en base al potencial destructivo, como veremos a continuación, mantiene un buen encaje con estas escalas precedentes de avalanchas y flujos. De esta forma obtenemos una escala común para los cinco riesgos objeto de consideración en los EIRG: deslizamientos, flujos, caídas, aludes y hundimientos.

5. ESCALA DE MAGNITUD

Durante la elaboración de la nueva guía técnica para los EIRG realizamos múltiples tentativas para parametrizar la magnitud de cada fenómeno, hasta darnos cuenta de la importancia de obtener una escala de magnitud común para todos los 5 riesgos geológicos que debe considerar el EIRG. Y la idea del potencial destructivo es la que lo permitía. Este fue un hito fundamental en la nueva guía que nos abrió la puerta a un discurso sobre la peligrosidad mucho más próximo a los gestores públicos de las materias de urbanismo e incluso protección civil.

Así, los requerimientos con los que hemos planteado esta escala de magnitud (Tabla 1) son los siguientes: que permita una rápida clasificación de un evento, de forma cualitativa, sin precisar cálculo o a penas datos; al contrario, que se pueda valorar de forma intuitiva por ambas partes, quien informa y quien recibe la información. Se trata de una aproximación holística, con el principal valor de transmitir una visión global de la entidad del fenómeno.

Magnitud	Potencial destructivo
M1	Puede herir una persona en espacio abierto. Puede causar daños menores no-estructurales en edificios y puntualmente a un vehículo ligero. Constituye un obstáculo de fácil retirada. Su huella en el entorno natural es prácticamente imperceptible.
M2	Las personas están resguardadas dentro de los edificios, los cuales pueden sufrir daños estructurales menores. Puede obstruir un carril de carretera e impactar severamente un vehículo ligero. Deja una huella pequeña y de corta duración en el entorno natural.
M3	Las personas dentro de los edificios están en riesgo, a pesar de que les puede ofrecer cierta protección, ya que puede causar daños estructurales moderados o incluso puede destruir una construcción ligera. Puede causar daño a las infraestructuras que limite su uso hasta su reparación. Deja una huella clara en el entorno natural.
M4	Los edificios no proveen de protección efectiva a sus ocupantes, ya que puede causar daños estructurales severos, incluso a distintos edificios y llegar a destruir alguno. Puede causar daño y bloquear infraestructuras que impida su uso hasta su reparación costosa. Deja una huella perdurable en el entorno natural.
M5	La supervivencia de las personas depende de circunstancias fortuitas porque puede destruir áreas construidas. Puede destruir o causar daño irreparable en infraestructuras. Puede transformar el paisaje con destrucción de bosques o creación de nuevas morfologías del terreno.

Tabla 1: Escala de magnitud acorde al potencial destructivo, apta para su uso en multi-peligrosidad.

Es preciso realizar unos comentarios sobre esta escala:

- La tabla refleja el potencial destructivo a escala humana. Así, podemos denominar magnitud M0 la que no puede dañar ninguna construcción humana mínimamente firme y no puede dañar seriamente las personas o esas se pueden autoproteger fácilmente, por ejemplo, usando un casco que protege de pequeñas caídas de rocas en escalada o ámbito laboral.
- Se trata de una escala no aritmética, sino geométrica. Eso quiere decir que el potencial destructivo no crece por adición uniforme sino por multiplicación con un factor uniforme. El daño potencial de M4 sobre el M3 responde a la misma proporción que M3/M2. Dicho de otra forma, la numeración de los grados tiene sentido logarítmico sobre una base indeterminada.
- Se trata de una escala abierta, como consecuencia del punto anterior. En el límite inferior, por debajo de M0 se puede considerar magnitudes negativas, que serán fenómenos irrelevantes a escala humana, pero no dejan de ser físicamente posibles y presentes en la naturaleza, como sería por ejemplo el hundimiento de un hormiguero.
- En el límite superior puede haber tantos grados como se precise. Para la aplicación en los EIRG en Catalunya y sus condiciones geodinámicas actuales, hemos detallado hasta el grado

M5, que nos permite cubrir las consideraciones necesarias para la prevención de riesgos en urbanismo. Pero existe registro de grandes deslizamientos en los Pirineos en el contexto de retirada glacial que corresponderían a M6. A escala mundial vemos ejemplos recientes de inestabilidades de ladera de magnitud superior en grandes cordilleras montañosas, aunque es de esperar cierto límite físico planetario.

- Finalmente, en su aplicación a eventos ocurridos es fundamental distinguir este potencial destructivo de los daños realmente ocasionados. Estos dependen no solo de la magnitud del fenómeno, sino también de la exposición realmente existente en el lugar y momento.

En consecuencia, en la determinación de la magnitud, ya sea para un evento ocurrido o en un escenario imaginado representativo de cierto periodo de tiempo para la descripción de la peligrosidad, debemos aplicar esta tabla sobre una situación tipo de exposición. Debemos proceder de la siguiente forma: plantearnos qué daño puede o podría ocasionar en caso de estar una edificación tipo en su área de propagación, o estar cruzada por una infraestructura convencional. También en relación con los elementos móviles y la ocupación de personas.

Esta escala de magnitud resulta aplicable a:

- Inventarios de fenómenos, de modo que un campo común de magnitud multi-peligrosidad permita una visión conjunta, especialmente con relación a su incidencia social. A parte, puede haber todos los campos descriptivos ya específicos de cada fenomenología.
- Análisis de magnitud – frecuencia derivados de los anteriores, especialmente a escala regional con heterogeneidad en la calidad de los datos, dónde una escala de 5 grados facilita su tratamiento.
- Análisis de los Episodios Regionales de Movimientos de Ladera (ERML) o Multiple Occurrence Regional Landslide Events (MORLE), y la caracterización de la actividad ocasionada (Buxó *et al.*, 2021 y Buxó *et al.*, 2022)
- Para la definición de escenarios de peligrosidad en estudios de zonificación o análisis cuantitativos de riesgo.

6. VALORACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Esta escala de magnitud nos permite un uso más estandarizado de las matrices de peligrosidad, ya que establece un criterio de valoración de una de las dos entradas. La otra variable de la peligrosidad es la frecuencia de ocurrencia, o recurrencia. En la mayoría de los casos falta información para una determinación cuantitativa precisa de la frecuencia, pero en el EIRG se pide una valoración cuantitativa en base a los indicios y toda la información antecedente de actividad que permita distinguir 3 grados fundamentales:

- Frecuencia alta: Consta como una actividad continuamente recurrente en las distintas fuentes de información, tales como encuestas y en los indicios de terreno.
- Frecuencia media: Se identifica una recurrencia ocasional que podríamos situar orientativamente entre los 30 y 100 años de periodo de retorno.
- Frecuencia baja: En general solo consta una única ocurrencia excepcional o si existe reiteración es con separación superior a centenaria.

Peligrosidad		Magnitud				
		M1	M2	M3	M4	M5
Frecuencia	Alta	Baja	Media	Media	Alta	Alta
	Media	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Alta

Tabla 2: Matriz de valoración cualitativa de la peligrosidad.

La combinación de ambas valoraciones cualitativas (Magnitud y frecuencia) permiten determinar 3 grados de peligrosidad, mediante la matriz establecida para los EIRG (Tabla 2). Conseguimos así una claridad en la definición de la peligrosidad y en la comprensión por parte de los otros agentes implicados en la mitigación del riesgo.

- Una ladera de peligrosidad alta es aquella en la cual pueden ocurrir fenómenos de magnitud M5 o de M4 con frecuencia inferior a centenaria.
- Una ladera de peligrosidad baja es aquella en que sólo pueden ocurrir fenómenos de magnitud M1 o de M2 con frecuencia ocasional o inferior.
- Una ladera de peligrosidad mediana será el resto intermedio. En particular, siempre que se identifiquen posibles fenómenos de magnitud M3, ya será por lo menos una peligrosidad mediana.

7. PARTICULARIDADES PARA TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA

A pesar de que la escala de magnitud está definida por el potencial destructivo para cualquier tipo de riesgo geológico gravitacional, se puede particularizar para cada tipo de fenómeno considerando sus propiedades físicas comunes. Por ejemplo, para caída de rocas, ciertos rangos de valores de masa desprendida, ya sea total o de los bloques fragmentados, del desnivel recorrido y de las velocidades máximas alcanzadas, conllevarán un grado de magnitud correspondiente. En las situaciones típicas, las variables de dimensión y propagación crecen paralelamente, acorde a la constatación general que a mayor tamaño mayor capacidad de propagación, pero se cumple únicamente bajo unas mismas condiciones de los otros factores como el relieve. Así, pueden tener similar baja magnitud un pequeño bloque con bastante propagación que un bloque mayor con propagación corta. Una magnitud mediana podría ocasionarla unos bloques medianos de tamaño con una trayectoria energética de saltos y rebotes o un gran bloque de corta y lenta propagación. Finalmente, para una magnitud alta, ya se precisa cierto nivel de ambas variables, tanto dimensión como propagación, pero con combinaciones internas múltiples.

Similarmente, para los flujos, ya sean de derrubios o de barro, la magnitud implica variables como la dimensión de la masa movilizada, junto con el recorrido expresado en planta o alzado, lo que lleva a desarrollar unas velocidades y presiones de flujo que, con el calado o altura del flujo, determinan la acción destructiva potencial. En el caso de los deslizamientos, su capacidad destructiva depende igualmente de la dimensión, aunque de forma muy variable, ya que, si el movimiento es en bloque, la potencialidad de daño se concentrará en los contornos y zonas de deformación de corte o movimientos diferenciales. En la medida que sea un movimiento lento, el daño potencial a las personas se reduce, en tanto que son elementos móviles que pueden eliminar la exposición a un ritmo superior a la producción del daño.

8. ANALOGÍA CON LA MAGNITUD EN SISMOLOGÍA

Detrás de estas variables físicas de la dinámica de los fenómenos de ladera (dimensión de la masa en movimiento y recorrido efectuado) hay el concepto del total de energía potencial disipada o trabajo realizado (véase de nuevo la Figura 3). Esta formulación de la magnitud basada en la energía disipada es equivalente a la magnitud de momento M_w para terremotos (Hanks & Kanamori, 1979), cuyo valor se obtiene mediante medición instrumental de los sismógrafos. Los atributos de la escala son equivalentes a la que se presenta, ya que se trata de una escala logarítmica abierta. Por la precisión de esta medición instrumental, una cifra decimal corresponde adecuadamente al valor de M_w . En la escala cualitativa por potencial destructivo que planteamos, el máximo detalle razonable sería el uso de medios grados. Así, por ejemplo, en una situación en que percibimos mayor potencial destructivo que el descrito para M2 (Tabla 1) y menor que M3, se podría utilizar el término M2,5. Pero este recurso puede incurrir en dificultades de explotación posterior de inventarios de fenómenos si esta variante no está muy bien establecida como criterio en la toma de datos. Un adecuado uso de decimales en el grado de magnitud se conseguirá mediante una definición cuantitativa en base a la energía disipada, actualmente en desarrollo.

Finalmente, en la analogía con la escala de magnitud sísmica y a pesar de ser ambas abiertas, se espera cierto límite físico planetario por las propias dimensiones y características de la Tierra, como se indicó anteriormente. En sismología podría ser improbable la ocurrencia de terremotos superiores a $M_w = 10$, porque en su preparación ya libera energía con sismos parciales. Similarmente, las laderas tienen una cota superior de magnitud, acorde a su relieve y a la estructura del terreno.

9. ENCUESTA EN EL SIMPOSIO

En la presente comunicación a este simposio se pretende hacer un test de prueba de la comprensibilidad de la escala y de la idea de magnitud asemejada a potencial destructivo. El objetivo es constatar la dispersión que existe en la idea de magnitud y en el empleo de los términos “grande / pequeño” aplicados a los movimientos de ladera, así como sondear la facilidad y rapidez con la que se puede comprender la escala planteada.

El Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables es un escenario ideal para la realización de este test, debido a su capacidad de congregación de una amplia representación de técnicos implicados en la materia a escala española e incluso con alguna participación cercana como Andorra, o de habla hispánica. Además, los asistentes cubren un amplio espectro de profesionales de la materia, desde la academia y la investigación, a empresas de ingeniería, construcción, fabricantes y administraciones públicas.

Para lograr este objetivo la comunicación se plantea como un taller práctico en que necesitamos de la participación del público, al que le pedimos rellenar una encuesta en formato telemático durante la propia sesión. Pensamos en un doble ejercicio: una primera ronda sin explicación previa para valorar la dispersión que puede haber a priori en la concepción de magnitud en la audiencia; a continuación, se expondrá la propuesta de escala y sus claves; finalmente una segunda ronda del mismo ejercicio para ver si hay una convergencia en la valoración de los eventos.

En esta ocasión, el test lo realizamos cubriendo los tres tipos fundamentales de movimientos de ladera: deslizamientos (*slide*), flujos (*flow*) y caída (*fall*). Un ejercicio similar pero únicamente con ejemplos de caída de rocas (Tabla 3) se ha planteado para el 7th Interdisciplinary Workshop on Rockfall Protection celebrado en junio de 2022 en Sapporo, Japón (Janeras *et al.*, 2022). Ambos resultados serán publicados en un artículo que ya está en elaboración para la presentación del desarrollo y aplicación de esta escala de magnitud.





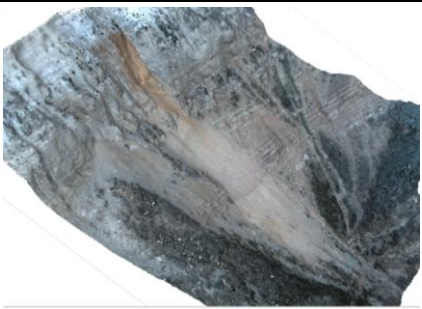
<p>M1</p>		<p>Sitio: Fecha: Descriptorres: Daño:</p>	<p>Carretera C-16 (Nou de Berguedà) 2018/06/30 $M = 10^2$ kg; $m = 2.5 \cdot 10^1$ kg; $H = 15$ m Pequeños obstáculos en un carril, impacto de una piedra al cristal de un coche y al conductor.</p>
<p>M2</p>		<p>Sitio: Fecha: Descriptorres: Daño:</p>	<p>Ferrocarril Lleida – La Pobla (Àger) 2006/01/23 $M = 10^4$ kg; $m = 4 \cdot 10^3$ kg; $H = 8$ m Vía única bloqueada, daño ligero a los raíles.</p>
<p>M3</p>		<p>Sitio: Fecha: Descriptorres: Daño:</p>	<p>Carretera C-17z (Montesquiu) 2016/11/27 $M = 8 \cdot 10^4$ kg; $m = 10^4$ kg; $H = 40$ m Carretera de 2 carriles bloqueada y daño en el pavimento a reparar.</p>
<p>M4</p>		<p>Sitio: Fecha: Descriptorres: Daño:</p>	<p>Parquin monasterio (Monistrol de Montserrat) 2008/12/28 $M = 2.3 \cdot 10^6$ kg; $m = 10^5$ kg; $H = 220$ m Cierre de la carretera durante varias semanas y del ferrocarril 3 meses; trabajos de protección costosos.</p>
<p>M5</p>		<p>Sitio: Fecha: Descriptorres: Daño:</p>	<p>Sierra del Cadí (Vilanova de Banat) 2011 $M = 2.5 \cdot 10^7$ kg; $m = 7.8 \cdot 10^4$ kg; $H = 265$ m Transformación permanente del paisaje con desforestación, nuevo depósito de canchal y superficie de pared rocosa.</p>

Tabla 3: Ejemplos representativos de los grados de magnitud para caída de rocas. Parámetros básicos descriptivos de la energía disipada y descripción del daño potencial materializado.

10. CONCLUSIONES

Proponemos una escala de magnitud para todo tipo de movimientos de ladera acorde al concepto de potencial destructivo, lo cual nos permite una visión transversal multi-peligrosidad para la gestión del riesgo y su comunicación efectiva a públicos no especializados. Esta escala de magnitud ayuda a mejorar los estudios de identificación de riesgos para el planeamiento urbanístico, en la medida que homogeneiza la valoración cualitativa de la peligrosidad.

REFERENCIAS

- Buxó, P., Oller, P., Xifré, D., Fabregat, I., Marturià, J., Janeras, M., 2021. Identification, validation and assessment of Multiple Occurrence Regional Landslide Events (MORLE) in Catalonia (Spain) during the last century. In: *EGU General Assembly 2021: 6171*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6171>
- Buxó, P., Oller, P., Xifré, D., Marturià, J., Fabregat, I., 2022. Magnitud y frecuencia de los Episodios Regionales de Movimientos de Ladera (ERML) en Catalunya. In: M. Hürlimann, N. Pinyol (Editores) *X Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables*, Granada. CIMNE, *in press*.
- Corominas, J., Copons, R., Vilaplana, J.M., Altimir, J. and Amigó, J., 2003. Integrated landslide susceptibility Analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards*, 30: 421-435.
- GenCat, 2006. *Text refós i reglament de la llei d'urbanisme*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Quaderns de legislació, 36, 533pp. ISBN 84-393-7185-3.
- González, M., Pinyol J., Oller, P. (2016). The geological multi-hazard map of Catalonia. A user-friendly tool for land-use and management risk. In: S. Aversa, L. Cascini, L. Picarelli, C. Scavia (Editores) *Proceedings of the 12th International Symposium on Landslides*, 12-19 June 2016. Naples, Italy. CRC Press 2016. pp 999–1002. ISBN: 978-1-138-02988-0.
- Hanks, T.C., Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research*, 84, B5, pp 2348-2350, DOI: 10.1029/JB084iB05p02348.
- ICGC, 2017. *Criteris bàsics per a la realització de l'Estudi d'Identificació de Riscos Geològics (EIRG)*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, versió Junio 2017.
- ICGC, 2021. *Guia per l'elaboració d'Estudis d'Identificació de Riscos Geològics per a urbanisme (EIRG)*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, código AP-0001/21, versió Abril 2011.
- IGC, 2011. *Criteris bàsics per a la realització de l'Estudi d'Identificació de Riscos Geològic (EIRG)*. Institut Geològic de Catalunya, versió Abril 2011.
- Jakob, M. (2005). A size classification for debris flows. *Engineering Geology*, Vol. 79, pp 151-161.
- Janeras, M., Buxó, P., Marturià, J. (2022). How big is “big” in rockfall? Test of a magnitude scale feasibility. In: *Proceedings of the 7th Interdisciplinary Workshop on Rockfall Protection*, 28-30 June 2022, Sapporo, Japans. *In press*.
- Marturià, J., Gonzalez, M., Pinyol, J., Barbera, M., Buxó, P., 2017a. The Role of ICGC on Urban and Territorial Planning: The Geological Hazard in Catalonia. In: M. Mikos, B. Tiwari, Y. Yin, K. Sassa (Editors), *Advancing Culture of Living with Landslides*. WLF 2017. Springer, pp. 891-898.
- Marturià, J., Janeras, M., Buxó, P., 2017b. Suport a la planificació territorial i urbana en matèria de riscos geològics. *Revista Catalana de Geografia*, IV època, Vol. XXII, Núm. 57. <http://www.rcg.cat/articles.php?id=422>
- McClung, D.M., Schaerer, P.A. (1980). Snow avalanche size classification. In: *Proceedings of International Snow Science Workshop*, Vol. 3, No. 5, pp 12-30.
- Moner, I., Orgué, S., Gavalda, J., Bacardit, M. (2013). How big is big: results of the avalanche size classification survey. In: *Proceedings of International Snow Science Workshop*, Grenoble – Chamonix, France, pp 242-246.
- Oller, P., González, M., Pinyol, J., Barberà, M., Martínez, P. (2011). The geological hazard map of Catalonia 1:25.000. A tool for geohazards mitigation. In: *Proceedings of the Second World Landslide Forum*, 3-7 October 2011, Rome, Italy. pp 473-480.