

RECONSTRUCCIÓN DE LA FRECUENCIA DE CORRIENTES DE DERRUBIOS EN EL BARRANC D'ERILL

Carles RAÏMAT¹, Roberto LUIS FONSECA¹, Marcel HURLIMANN², Jordi COROMINAS², Jesus FERNANDEZ³

¹ Geobruigg Ibérica S.A.

² Universitat Politècnica de Catalunya

³ Forestal Catalana S.A.

RESUMEN

El Barranco d'Erill, Pirineos Centrales, presenta un importante espesor de material de origen glaciar perteneciente a las últimas glaciaciones depositado sobre un paleo relieve en roca ígnea y metamórfica con tendencia a inestabilizarse en forma de debris flow asociado a episodios lluviosos que condiciona en gran medida el uso presente y futuro del territorio.

Se ha realizado una importante recopilación histórica de fotografías (1890-2012), una encuesta exhaustiva a los ancianos del lugar que pudieran haber sufrido directa o indirectamente los estragos del barranco en el S.XX, datos de precipitación diaria (1928-2012). Adicionalmente se ha obtenido el permiso necesario para la realización de catas transversales al flujo en la parte más distal del fan que han permitido identificar los eventos y los espesores de los distintos episodios identificados fotográficamente correspondientes al S.XX. Además y gracias a la toma de muestras fósiles durante la etapa de excavación de la cata (restos óseos humanos, dentición de animales y otras) y, se ha podido obtener resultados fiables de datación absoluta que han permitido cuantificar el número total de eventos y volumen total depositado en los últimos 40.000 años.

El resultado de este trabajo ha permitido cartografiar los depósitos generados por los episodios del S.XX así como cuantificar un volumen acumulado correspondiente a estos eventos de más de 150.000m³.

Paralelamente durante los 6 últimos años se ha realizado una exhaustiva monitorización de la cuenca para determinar la dinámica torrencial de la misma que ha permitido registrar varios eventos torrenciales de volumen menor.

El análisis combinado de la estratigrafía, arqueología y paleontología, los eventos históricos del pasado siglo y la auscultación más reciente nos permiten establecer una curva magnitud-frecuencia muy completa para la cuenca del Barranco de Erill, que tal vez pueda ser usada en otras cuencas Pirenaicas con características análogas.

1. INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa, entre los que se incluyen las corrientes de derrubios constituyen una de las causas más frecuentes de desastres. La evaluación de la amenaza por deslizamientos y la capacidad de predecir estos movimientos es un tema de gran interés entre la comunidad científica.

Caracterizar la peligrosidad requiere la evaluación de la susceptibilidad de la ladera a romper y de la probabilidad de ocurrencia Crosta y Fratini (2003).

Las investigaciones sobre corrientes de derrubios en el Pirineo comenzaron a raíz de las grandes inundaciones de noviembre de 1982 (Gallart y Clotet, 1988; Corominas y Alonso, 1984,1990; Hürlimann y Baeza, 2002), y siguieron en los últimos años con los eventos en el Prepirineo de 1992 y 1996 Hürlimann et al., (2003 y 2010) y además los trabajos dedicados al desastre de Biescas, White et al., (1997) y otros.

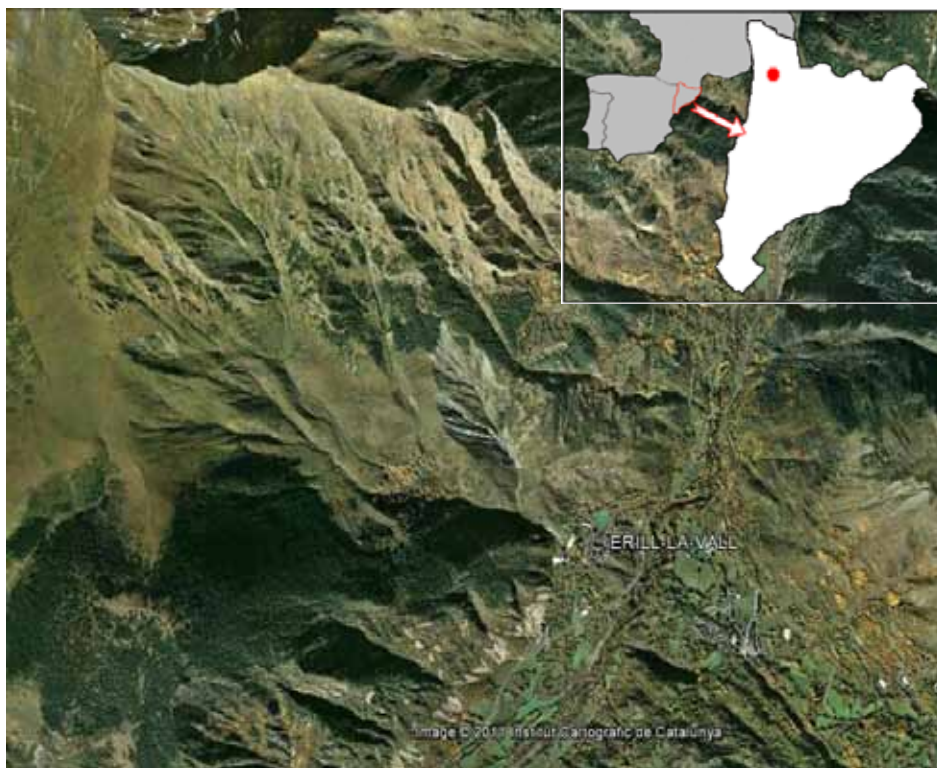


Fig. 1. Localización de la cuenca del barranco de Erill, en la comarca de la Alta Ribagorça (Lerida-España).

En 2005 se inició un proyecto de investigación en el Barranco de Erill (Fig.1), una de las cuencas más activas de los Pirineos en el S.XX, en materia de corrientes de derrubios (Luis-Fonseca et al. 2005). La abundante información histórica y el estado de escasa antropización de la cuenca, suponían una buena preservación del área fuente y cono aluvial que avalaban la

posibilidad de analizar la relación entre la magnitud y la frecuencia de las corrientes de derrubios. Para tal objetivo se ha combinado la recopilación de datos históricos, la auscultación de la cuenca y el análisis estratigráfico, arqueológico y paleontológico del depósito.

2. METODOLOGÍA

La construcción de curvas magnitud–frecuencia (M-F) a escala regional para deslizamientos tiene un origen relativamente reciente (Hungr et al. 1999, Malamud et al. 2004) y tiene como objetivo fundamental el análisis de la peligrosidad.

La construcción de una curva M-F regional se basa en el inventario de deslizamientos de fechas conocidas y magnitudes a partir de archivos históricos, fotos aéreas, trabajo de campo, entre otras fuentes de información. Para reducir los efectos de omisión de datos, es conveniente analizar los conjuntos de datos en categorías de magnitud. Porque grandes eventos son menos frecuentes y también menos probables de ser omitidos, deberían ser muestreados durante períodos más largos que los eventos pequeños Hungr et al., (1999). Los registros se clasifican en el orden decreciente de magnitud.

El análisis Magnitud–Frecuencia proporciona un resumen del número y tamaño de las corrientes de derrubios que se han registrado en un área específica durante una ventana de tiempo definido. La técnica permite la definición de un tamaño de deslizamiento característico o rango de tamaños. Permite calcular la probabilidad de ocurrencia de eventos de distinta magnitud, proporcionando la base empírica del análisis de peligrosidad (Guzzetti et al. 2002).

En el barranco de Erill, el establecimiento de la relación magnitud-frecuencia se ha realizado una correlación a distintas escalas temporales. La **escala interanual** se ha considerado mediante los datos tomados de la auscultación de la cuenca; la **escala decenal** es el resultado del registro histórico meteorológico y fotográfico combinado con la corroboración y ponderación proporcionada por las encuestas personales, por último la **escala secular** es el resultado de dos partes, la primera consistente en la interpretación estratigráfica de catas realizadas en el cono aluvial combinados con identificación de fotos históricas (ejemplos en Fig.2 y Fig.3) y la segunda el resultado de la datación de muestras fósiles tomadas de las catas estratigráficas.

2.1. Escala Interanual - Auscultación

Se ha instalado un sistema de 4 geófonos en el canal de flujo de la cuenca en cuestión conectados a sistema de filmación y registro y un sistema interceptor de flujo UX/VX. El equipamiento permite registrar la señal de vibración de todo evento hiperconcentrado o debris flow que pueda generarse en la cuenca así como tomar una filmación que corrobore y permita la interpretación física del fenómeno.

2.2. Escala decenal - Recopilación documental histórica y encuesta personal

Se ha realizado la búsqueda de datos históricos documentados del S.XX, que es el Siglo más próximo y del que se esperaba conseguir más datos objetivos.

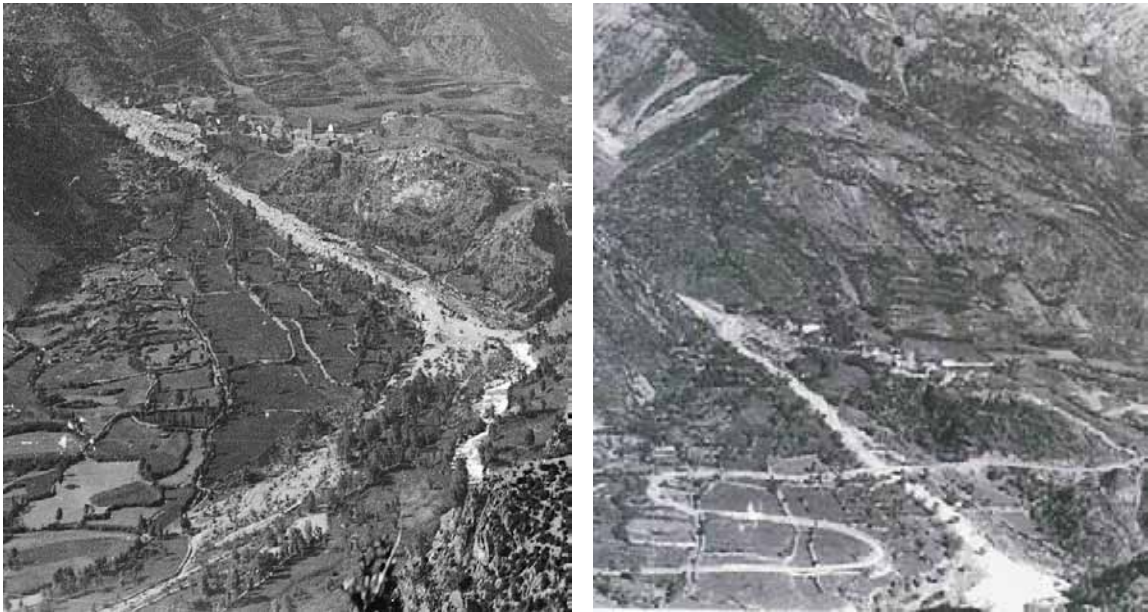


Fig. 2. (A) Fotografía histórica del cono de Erill tomada en 1920 (B) Fotografía histórica tomada en 1953 durante la construcción de la carrera de acceso a la Prese de Cavallers con vistas al Barranco de Erill y pueblo de Erill-la-Vall.



Fig. 3. (A) Fotografía histórica tomada el 7 de agosto de 1920 desde el pueblo de Boí con vistas al Barranco de Erill y pueblo de Erill-la-Vall.(B) Fotografía tomada en 1954.

Esta tarea se ha dividido en tres partes de igual importancia: **registro histórico fotográfico**, **registro histórico de series meteorológicas de precipitación** y **encuesta personal** a los habitantes del Valle de Boí de mayor edad que hayan podido ser testigos oculares de los acontecimientos.

Se ha conseguido un **registro fotográfico** histórico a partir de fotografías antiguas (a partir de 1920) de archivos públicos y privados. Se ha realizado una **encuesta personal** a 19 vecinos del municipio del Valle de Boí (3 vecinos de Erill) que han vivido directa o indirectamente los eventos durante el Siglo XX. La encuesta ha proporcionado fechas y magnitudes aproximadas de los eventos observados por los que ahora son los ancianos del lugar, pero que por edad pueden ser el último testigo ocular de los episodios del Siglo XX (Fig. 3).

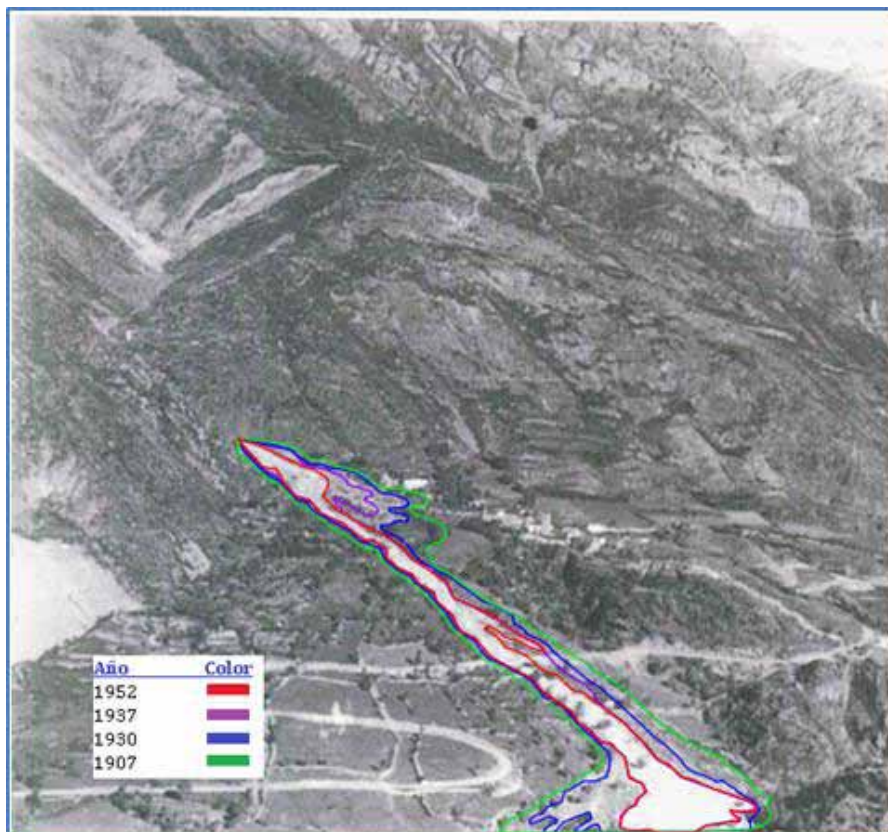


Fig. 3. Fotografía histórica del evento de 1952 interpretada con los distintos eventos del S.XX.

2.3. Cata estratigráfica

A partir de la observación de las fotografías históricas que mostraban el área afectada por los eventos del S.XX se decidió realizar una cata estratigráfica de unos 80 metros de longitud, interceptando estos depósitos, en la parte más baja del cono aluvial, perpendicularmente al

flujo (Fig. 4). Con esta cata se ha podido identificar y medir la potencia del depósito de cada uno de los eventos identificados fotográficamente y muestrear restos fósiles que permitan la datación absoluta de algunos niveles y con ello la datación relativa los niveles supra yacentes (Fig. 5).



Fig.4. Cata excavada en el cono aluvial y detalles de la toma de datos estratigráficos y arqueológicos.

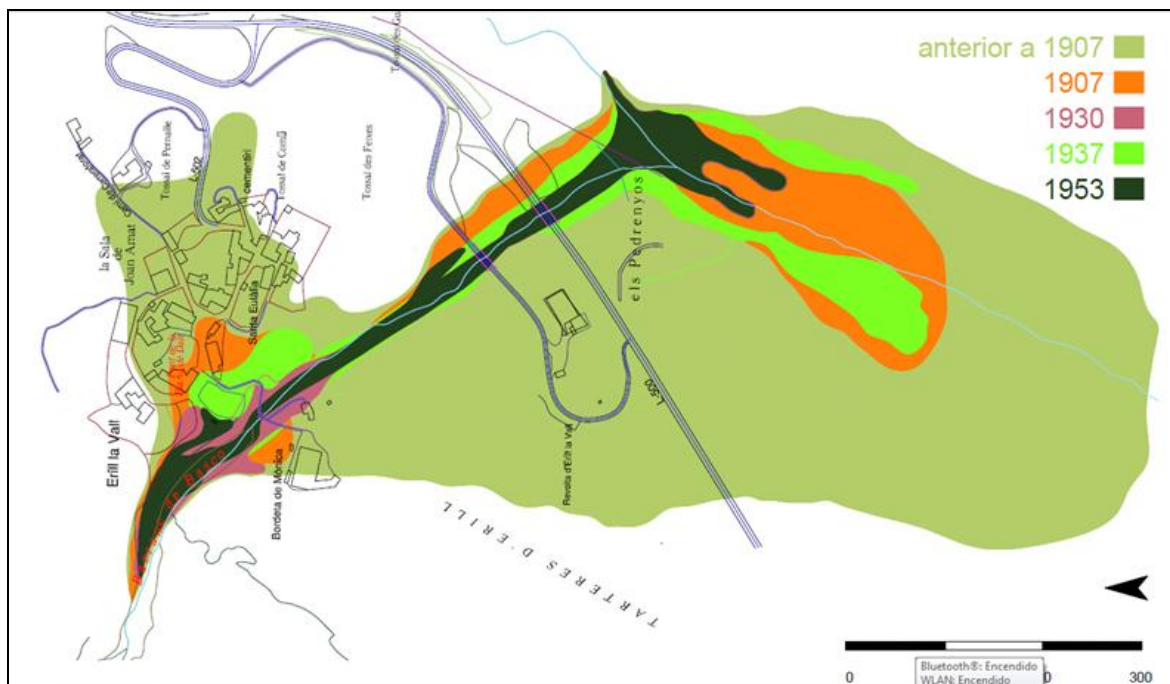


Fig.5. Cartografía de los eventos históricos de la primera mitad del S.XX por comparación con el área del abanico aluvial.

3. DATOS OBTENIDOS

La auscultación ha permitido registrar 30 eventos de volumen inferior a los 100 m³ cada uno, 4 flujos han transportado entre 100 y 1000 m³ y solamente 1 ha superado los 1.000 m³ de sedimento (Tabla 1). De todos ellos se conocen las condiciones desencadenantes, tipo de flujo, velocidad y calado. Además se ha podido muestrear el depósito de material producto de la intercepción con el Sistema VX, permitiendo tomar granulometrías y densidades.

Eventos de volumen medido entre 2007-2012	
Año	Volumen (m³)
21 jul. 2007	44
18 abr. 2008	52
2 nov. 2008	72
6 jul. 2009	244
22 jul. 2010	1307
5 ago. 2011	190
13 ago. 2011	141

Tabla 1. Fecha y volumen de los mayores eventos medidos entre 2007-2012

La recopilación de datos históricos obtenidos nos ha permitido crear una correlación documentada entre las fechas del evento histórico, la precipitación acumulada y diaria para cada evento y el volumen de material movilizado (>150.000 m³) por el barranco de Erill en el S.XX a una escala decenal (Tabla 2).

Eventos de volumen calculado entre 1907-2007	
Año	Volumen (m³)
1907	72.150
1930	40.194
29 oct.1937	25.033
28 may.1953	15.123

Tabla 2. Año y volumen calculado de los mayores eventos ocurridos entre 1907 y 2007

La toma de muestras arqueológicas y paleontológicas, en la fase de excavación de la cata estratigráfica, ha aportado enorme valor a la precisión de este trabajo pues ha permitido identificar importante cantidad de malacofauna (Fig. 6A) que si bien no ha permitido para las especies involucradas una datación absoluta si ha aportado información paleoambiental (Vidal Martí, A. 2012); una tibia de Homo (datada provisionalmente como de edad 34.000 años) (Fig. 7); parte de una mandíbula-dentición de cérvido (datada provisionalmente como de edad 43.000 años), así como restos de industria lítica (Gassiot E. 2013). En su conjunto muestras fósiles no transportadas y que implican una datación absoluta precisa y fiable.

En su conjunto estos hallazgos permite distinguir un nivel de edad absoluta situado en un estadio interglacial del Würm (entre II y III) (Gassiot E. 2013), de ambiente temperado y que implicaría una retirada del frente glaciar más allá del umbral de Erill, posiblemente momento de deshielo que propició importante actividad en forma de corrientes de derrubios (Fig. 6).

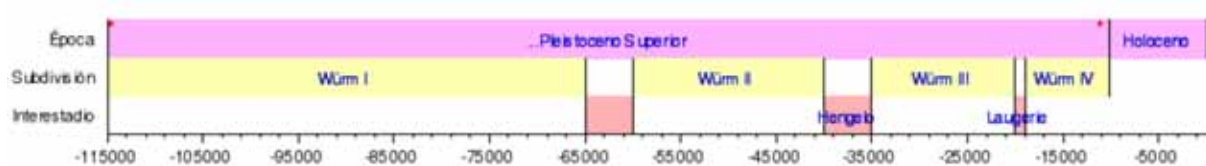


Fig.6. Subdivisión del Würm

Este aspecto permite afirmar, considerando que la cata no está centrada con respecto al abanico aluvial y algunos eventos han podido ocurrir sin reflejarse en la sección de estudio, que el volumen calculado sedimentado con posterioridad a la referencia absoluta de datación es de más de $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, transportados por un total mínimo de 42 eventos de distinta magnitud a juzgar por el espesor y tamaño de los bloques de cada uno de ellos observados en la cata estratigráfica.



Fig.7. Muestras tomada en Erill de malacofauna (A) y restos Homo(B)

El resultado de esta parte del trabajo permite confirmar la existencia de actividad de las corrientes de derrubios en el Barranc d'Erill en el último interglaciar así como perfilar con mayor precisión el intervalo de la curva magnitud-frecuencia a la escala secular y con ello mejorar el conjunto de la curva magnitud-frecuencia.

INTERVALO	MAGNITUD	nº eventos	Ventana (años)	FRECUENCIA
$10 < X < 100$	10	30	4	7,500
$100 < X < 1.000$	100	4	4	1,000
$1.000 < X < 10.000$	1000	9	105	0,086
$10.000 < X < 50.000$	10000	3	105	0,029
$50.000 < X < 100.000$	50000	30	34000	0,00088
$100.000 < X < 1.000.000$	100000	12	34000	0,00035
$X > 1.000.000$	1000000	1	34000	0,00003

Tabla 3. Tabla resumen de los datos de los eventos considerados para la obtención de la curva magnitud-frecuencia (M-F)

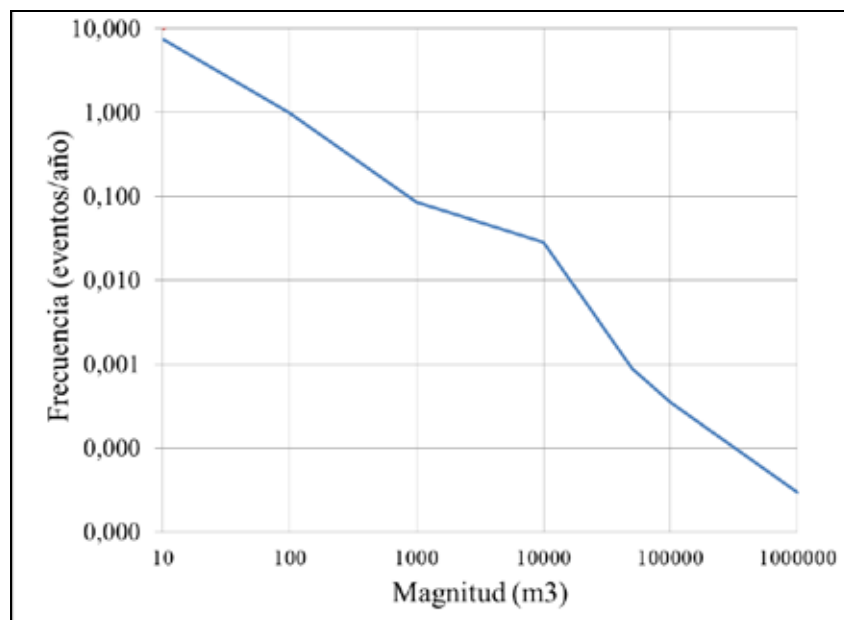


Fig.7. Curva magnitud-frecuencia de episodios de corrientes de derrubios en la cuenca del Barranco de Erill a partir de los datos de los últimos 34.000 años.

4. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos permiten afirmar que ya existían las corrientes de derrubios y que ya fueron en el último interglaciario un problema para la ocupación humana en el Valle de Boí hace más de 34.000 años.

La combinación de distintas disciplinas científicas y una laboriosa búsqueda y recopilación de datos históricos ha permitido construir para la cuenca del Barranco de Erill una curva magnitud-frecuencia muy completa a juzgar por la cantidad de ventanas temporales usadas y la fiabilidad de cada una de ellas.

La curva magnitud-frecuencia obtenida en el Barranc d'Erill permite calcular la probabilidad de ocurrencia de eventos de distinta magnitud, proporcionando la base empírica del análisis de peligrosidad y muy probablemente pueda ser aplicada en otras cuencas Pirenaicas.

Los datos obtenidos permiten afirmar que ya existían las corrientes de derrubios y que ya fueron en el último interglaciario un problema para la ocupación humana en el Valle de Boí.

BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J y Alonso, E., 1984. "Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología y causas". Jornadas sobre inestabilidad de Laderas en el Pirineo. Universidad Politécnica de Catalunya: C.1-C.53.

Corominas, J. y Alonso, E.E., 1990. Geomorphological effects of extreme floods (November 1982) in the Southern Pyrenees. In: IAHS (Editor), Hydrology in mountainous regions II. pp. 295-302.

Crosta, G., Frattini, P. 2003. Distributed modeling of shallow landslides triggered by intense rainfall. Natural Hazard and Earth System Sciences 3. Pág. 81-93.

Gallart, F. y Clotet, N. (1988): Some aspects of the geomorphic processes triggered by an extreme rainfall event: The November 1982 flood in the Eastern Pyrenees . Catena , Sup. 13, pp. 79-85.

Gassiot E. 2013 Publicación pendiente.

Guzzetti, F., Malamud, B.D., Turcotte, D.L., and Reichenbach, P., 2002. Power-law correlations of landslide areas in central Italy. Earth and Planetary Science Letters, 195: 169-183.

Hungr, O., Evans, S.G. and Hazzard, J. 1999. Magnitude and frequency of rock falls and rock slides along the main transportation corridors of southwestern British Columbia. *Canadian Geotechnical Journal* 36(2), 224–38.

Hürlimann, M.; Baeza, C., 2002. Analysis of debris-flow events in the eastern Pyrenees, Spain. A: "Proceedings". Balkema, 2002, p. 213-220.

Hürlimann, M., Corominas, J., Moya, J., Copons, R., 2003. Debris-flow events in the Eastern Pyrenees. Preliminary study on initiation and propagation. In: Rickenmann, D., Chen, C. (Eds.), 3rd Int. Conf. on Debris-Flow Hazards Mitigation. Millpress, Davos, pp. 115-126.

Hürlimann et al, 2010. Peligrosidad de Corrientes de derrubios a escala de cuenca vertiente en el Pirineo Oriental. Primeros resultados del proyecto Debris-Catch. VII Simposio Nacional de Taludes y laderas Inestables. CINME. Barcelona.

Luis Fonseca, R., et al. (2005). Sistemas flexibles de protección contra flujos de detritus. Simposio de taludes y laderas inestables, Valencia.

Malamud, B.D., Turcotte, D.L., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 2004. Landslide inventories and their statistical properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: 687-711

Vidal Martí, A. 2012. Mèmoría de la Intervenció Paleontològica Pinter 2011-1-7746 Excavació en el Barranc d'Erill a Vall de Boí (Alta Ribagorça). Generalitat de Catalunya, Servei d'Arqueologia i Paleontologia.

White S, García-Ruiz JM, Martí-Bono C, Valero B, Errea MP, Gómez-Villar A.1997. The 1996 Biescas campsite disaster in the Central Spanish Pyrenees and its spatial and temporal context. *Hydrological Processes* 11:1797–1812