

La compresión temporal de los procesos de erosión del suelo. Un análisis regional de la base de datos USLE.

J.C. González-Hidalgo⁽¹⁾, M de Luis⁽¹⁾, F. López-Bermúdez⁽²⁾

- (1) Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza, Campus San Francisco, 50003, Zaragoza (España). E-mail: jcgh@unizar.es
(2) Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Campus de La Merced, 30.001 Murcia (España). E-mail: lopber@um.es

ABSTRACT

When John Thornes and Denis Brunnsden wrote in 1977 "*How often one hears the researcher (and no less the undergraduate) complain that after weeks of observation "nothing happened" only to learn that, the day after his departure, a flood caused unprecedented erosion and channel changes!*" (Thornes and Brunnsden, 1977, p. 57), they were focusing to important problems in Geomorphology: the extreme events and time compression of geomorphological processes. Time compression is a fundamental characteristic of geomorphological processes, some times produced by extreme events. Extreme events are rare events, defined by deviation from mean values. But from magnitude-frequency analysis we know that few events, not necessarily extreme, are able to produce a high amount of geomorphological work. Finally time compression of geomorphological processes can be focused by the analysis of largest events defined by ranks, not magnitude. We have analysed the effects of largest events on total soil erosion by using 594 erosion plots from USLE database. Plots are located in different climate regions of USA and have different length of records. The 10-largest daily events mean contribution value is 60% of total soil erosion. There exist a relationship between such percentage and total daily erosive events recorded. The pattern seems to be independent of climate conditions. We discuss the nature of such relationship and the implications in soil erosion research

Palabras clave: erosión, USLE, eventos diarios, tiempo.

INTRODUCCIÓN

En geomorfología es un hecho bien conocido que periodos de registro cortos en el tiempo producen resultados diferentes (Hjelmfelt et al., 1986), tienen una varianza comprimida y la extrapolación de sus resultados puede producir graves errores (Kirkby 1974). Por ello se aconseja emplear series de datos prolongadas (Piest, 1965; Edwards and Owens, 1991; Larson et al., 1997), que a su vez suelen producir diferencias interanuales muy notables según hayan o no ocurrido eventos extremos. La compresión temporal es una característica fundamental de los procesos geomorfológicos, originada en muchas ocasiones por la ocurrencia de sucesos extremos. Estos sucesos se definen en el análisis clásico como sucesos raros, se identifican por su magnitud y se cuantifica por algún tipo de desviación sobre los descriptores de valores centrales. Sin embargo desde los estudios de magnitud-frecuencia se sabe que unos pocos eventos, no necesariamente extremos por su magnitud, son capaces de generar gran parte de la acción geomorfológica. Por ello la compresión temporal de los fenómenos geomorfológicos puede ser enfocada desde el análisis de los sucesos máximos, identificados y definidos por su orden de magnitud en el conjunto de la serie de eventos, sea cual sea dicha magnitud. Aquí se analiza el efecto de los 10 eventos

máximos sobre el total de erosión del suelo registrado en cada parcela como indicador del grado de compresión en el tiempo de los procesos de erosión del suelo.

BASE DE DATOS Y METODO

Las parcelas analizadas proceden de la base de datos USLE (United State Agricultural Department) y se localizan en 35 localidades, agrupadas en cuatro regiones agronómicas. El total de parcelas analizadas es de 587 y el de eventos diarios supera los 40.000. Por regiones agronómicas 223 proceden del Medio Oeste y Norte, 97 de la región de Nueva Inglaterra- Atlántico Norte, 79 de la región Sur, y 188 de la región Sureste. En cada parcela se calculó el total de suelo erosionado a lo largo del experimento. A continuación, se ordenaron por magnitudes diarias sus eventos erosivos, se identificaron los 10 eventos máximos por rangos, y finalmente se estimó la contribución porcentual de los 10 eventos diarios de erosión máximos al total de cada parcela. El análisis estadístico de los datos se realizó por medio de un Anova encajado, considerando como factor fijo la región agronómica, como factor aleatorio la localización de las parcelas (site), y como covariable el total de eventos de erosión registrados en cada parcela.

RESULTADOS

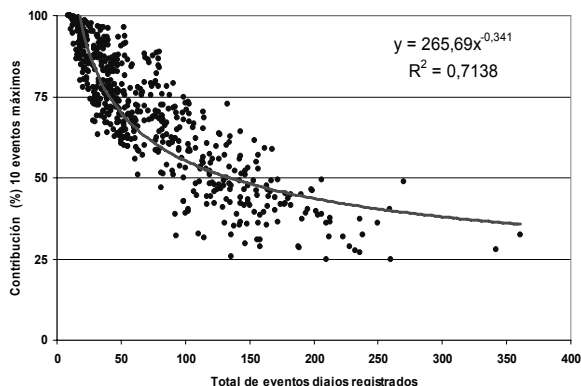
En la Tabla 1 se exponen los resultados globales del análisis de varianza, donde podemos observar que las fuentes de variación son temporales (número de eventos) y espaciales (regiones y sites).

Tabla 1. Análisis Univariado. Modelo general, factores fijos y cofactor (resumen)

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	Hipótesis	72,22	1	72,229	16868,00	0,000
Región	Hipótesis	0,06	3	0,021	1,00	0,402
Eventos (log)	Hipótesis	4,98	1	4,983	1420,57	0,000
Site	Hipótesis	1,02	31	0,033	9,41	0,000

a R cuadrado = ,850 (R cuadrado corregida = ,840)

La relación entre el total de eventos registrados y la participación de los 10 sucesos máximos es significativa (Tabla 1). Por otra parte, puesto que las parcelas de diferentes sites y regiones tienen distinto número de eventos, su comparación debe realizarse a través de las medias marginales calculadas para un número de eventos común (59 según modelo general).



En el caso presente los promedios marginales regionales de la participación de los 10 eventos máximos en el total de erosión son: 63.9 % en la región Sureste, 64.9 % en el Sur, 68.4 % en Nueva Inglaterra y Atlántico Norte, y el máximo 69.2% de la región Nueva Inglaterra- Atlántico Norte.

Los promedios marginales están sujetos a una variabilidad espacial que tiene dos

Figura 1. Relación entre el total de eventos registrados y la erosión (%) producida en los 10 eventos máximos.

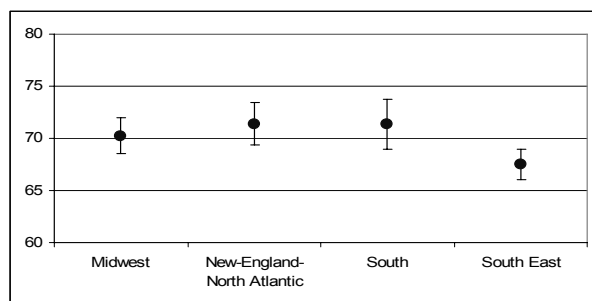


Figure 2. Promedios marginales regionales e intervalos de confianza de la proporción de erosión producida por los 10 eventos máximos

componentes. No se observan diferencias significativas entre regiones agronómicas ($p = 0.402$, Figura 2) pero sí entre sites ($p < 0.000$), es decir entre los diferentes lugares de experimentación donde se localizan las parcelas, exponentes de las condiciones más locales (suelo, vegetación, laboreo etc). Dado que no existen diferencias significativas entre regiones, los resultados sugieren que este patrón es de ámbito general y no está afectado por

condiciones macro climáticas. En general, el estudio de los promedios marginales indica que para registros en torno a 59 eventos totales los 10 eventos máximos producirían un valor en torno al 66 % del total de erosión. La contribución porcentual de los 10 máximos sin embargo variara en el tiempo, y depende del total de registros con que se realiza esta estimación ($p < 0.001$, Tabla 1). En términos generales la proporción de erosión producida por los 10 eventos máximos desciende a medida que aumenta el número de eventos registrados. De acuerdo a un ajuste empírico doble logarítmico, con 30 eventos la contribución porcentual de los 10 máximos será el 83 % del total, mientras que para 100 eventos este valor descendería a 55 % (Figura 1).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La compresión en el tiempo de la erosión del suelo se ha constatado en numerosas ocasiones particularmente por el efecto de los eventos extremos (Wischmeier, 1962; Piest, 1965; Burwell and Kramer, 1983; Hjelmfelt et al, 1986; Zuzel et al., 1993; Zhang and Garbrecht, 2002). Pero también en anteriores trabajos empleando el método propuesto en el presente se ha constatado sin su intervención (González-Hidalgo et al., 2007). Como consecuencia, el marco temporal en que se produce la erosión sigue siendo un problema (Stroosnijder 2005) que el estudio de los efectos de los eventos máximos puede ayudar a comprender. Nuestro análisis descubre que la contribución porcentual de los 10-máximos se relaciona con el total de eventos registrados mediante una relación potencial. Este patrón se manifiesta de manera general, y no difiere entre regiones agrícolas de EEUU, por lo que se estima que es independiente del clima. Por su parte las variaciones espaciales significativas descubiertas tienen una fuerte componente local además de contribuir con un escaso peso al total de variación.

Entre las diferentes aplicaciones que pudiera tener la relación potencial descrita destacamos la ayuda que puede suponer para realizar el diseño del periodo mínimo de registro en una investigación de campo, fijando anticipadamente el valor porcentual máximo aceptado y producido por n-máximos eventos. El periodo de tiempo mínimo para lograr valores no afectados por el sesgo que se produce en lapsos de tiempo cortos ha sido destacado por Wischmeier y Smith (1978) quienes indicaron la necesidad de ser muy cautelosos a la hora de diseñar el periodo de experimentación en los estudios de erosión del suelo para evitar efectos cíclicos y fluctuaciones aleatorias en variables que, finalmente, son promediadas en los conocidos factores de la USLE. Este periodo varía entre autores y se expresa en intervalos de años que van desde más de 20 años a al menos 3 (Risse et al. 1993; Lane and Kidwell 2003; Ollesch and Vacca 2002; Boix-Fayos et al. 2006)). El presente trabajo sugiere una opción diferente, la de considerar un mínimo de eventos de erosión para evitar el sesgo inducido por la participación de los eventos máximos. En el caso estudiado, el efecto de los 10 eventos máximos, una opción sugerente es considerar al menos 100

eventos totales de erosión para evitar la variabilidad de los registros de periodos más cortos. La ausencia de metadatos completos sobre el tipo de suelo, cultivos, prácticas agrícolas etc impide, por ahora, el análisis más detallado sobre el conjunto. Análisis en curso de los procesos de erosión y transporte de sedimentos en cuencas fluviales a escala continental pueden ayudar a matizar esta interpretación. Mientras tanto sus resultados deberían aplicarse al ámbito espacial del área de estudio analizada

AGRADECIMIENTOS

Gobierno de España, proyectos CGL2008-05112-C02-01/CLI y CGL2007-65315-CO3-01. Gobierno Regional de Aragón, DGA, Grupo de Investigación Consolidado "Clima. Agua, Cambio Global y Sistemas Naturales" (BOA 69, 11-06-2007). Los datos empleados proceden del Servicio de Agricultura de EEUU (USDA) y del Profesor Dr. P. Kinell (Universidad de Canberra, Australia) a quienes agradecemos su amabilidad. El manuscrito final del presente trabajo se redactó en el ISAC-CNR de Bologna (Italia) durante una estancia de JC González-Hidalgo financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, Programa de Movilidad del Profesorado y personal investigador.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ Boix-Fayos C, Martínez-Mena M, Arnau-Rosalen E, Calco-Cases A, Castillo V, Albaladejo J. 2007. Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. *Earth Science Reviews* 78: 267-285.
- ❖ Burwell RE, Kramer LA. 1983. Long-term annual runoff and soil loss from conventional conservation tillage corn. *Journal of Soil and Water Conservation* 38: 315-319.
- ❖ Edwards WM, Owens LB. 1991. Large storm effects on total soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation* 46: 75-78.
- ❖ González-Hidalgo JC, de Luis M, Peña JL. 2007. A review of daily soil erosion in western Mediterranean areas. *Catena* 71: 193-199.
- ❖ Hjelmfelt AT, Kramer LA, Spomer RG. 1986. Role of large events in average soil loss. In *Proc. 4th Federal Interagency Sedimentation Conference*, 1, USGS, Denver, Colorado, 3.1 to 3.9.
- ❖ Kirkby MJ. 1984. The Hurst effect, its implications for extrapolating processes data. *Earth Surface Processes and Landforms* 12: 57-67.
- ❖ Lane LJ, Kidwell MR. 2003. *Hydrology and soil erosion*. USDA Forest Services Proceeding RMRS-P-30: 92-100.
- ❖ Larson WE, Lindstrom MJ, Schumacher TE. 1997. The role of severe storm in soil erosion: a problem needing consideration. *Journal of Soil and Water Conservation* 52, 90-95.
- ❖ Ollesch G, Vacca A. 2002. Influence of time on measurements results of erosion plot studies. *Soil and Tillage Research* 67: 23-39.
- ❖ Piest RF. 1965. The role of the large storm as a sediment contributor. In *Proc. Federal Interagency Sedimentation Conference*, USDA, Miscellaneous Public. N° 970: 98-108.
- ❖ Risse LM, Nearing MA, Nicks AD, Laflen JM. 1993. Assessment of error in the universal soil loss equation. *Soil Sc. Soc. Amer. Jr.* 57: 825-833.
- ❖ Stroosnijder L. 2005. Measurement of erosion: Is it possible?. *Catena* 64: 162-173.
- ❖ Thornes, J.B. and Brunnsden, D., 1977. *Geomorphology and Time*. Methuen, London.
- ❖ Wischmeier WH. 1962. Storms and soil conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* 17: 55-59.
- ❖ Wischmeier WH, Smith DD. 1978. *Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning*. USDA Agric. Handbook 537, US Gov. Print Office: Washington DC.
- ❖ Zhang J, Garbrecht JD. 2002. Precipitation retention and soil erosion under varying climate, land use, and tillage and cropping systems. *Journal of the American Water Resources Association* 38: 1241-1253
- ❖ Zuzel JF, Allmaras RR, Greenwalt RN. 1993. Temporal distribution of runoff and soil erosion at a site in Northeast Oregon. *Journal of Soil and Water Conservation* 48: 373-378.