

# *Evolución del paisaje ante el binomio agua-erosión: algunos intentos de cuantificación*

Fernando MORENO SANZ

El efecto erosivo y modificador de la superficie debido a las aguas de precipitación en su primer contacto con el suelo, o a las de los mantos y arroyos subsiguientes, ha sido uno de los temas básicos en los estudios de Geomorfología. Sin embargo, con relativa frecuencia, sólo se nos ha ofrecido una visión parcial del problema, centrada en la descripción cualitativa de la acción erosiva, sin abordar con suficiente detenimiento la relación espacio-tiempo-erosión.

Bien es verdad que para poder estimar la actuación de los agentes erosivos en el tiempo, a medida que cronológicamente nos alejamos del momento presente, hemos de sentar unas premisas, unas veces basadas en un actualismo operante, otras en el conocimiento más o menos preciso de la evolución paleogeográfica de la zona sometida a examen. Es obvio que para los estudios realizados a escasa distancia temporal desde el origen de análisis, tanto proyectivos como retrospectivos, las variaciones climáticas de cierta entidad no pueden contemplarse como factor, ya que, como ha señalado Tricart (1981) los efectos de la degradación antrópica sobre los suelos o la cubierta vegetal «son mucho más rápidos e intensos que los de un cambio climático». En esta línea, conectados estrechamente con los trabajos relativos a las prácticas agronómicas de conservación de suelos (entendidos éstos en su sentido edafológico) es en la que más estudios hay publicados, en especial en lo que se refiere a la erosión sobre las parcelas de cultivo.

Surge entonces, debido al factor «superficie de análisis», otro problema de escala, que ahora no es temporal sino espacial, a la hora de intentar extrapolar los datos de las cuencas o parcelas piloto y su comportamiento para definir diversos dominios morfoclimáticos. Teniendo en cuenta estas limitaciones vamos a citar algunos de los intentos más difundidos que tratan de la correlación agua-erosión-suelo a fin de estimar

unos índices de erosión hídrica que nos permitan valorar su impronta en la morfogénesis.

Dejando aparte toda una serie de trabajos anteriores, Fournier (1960) estableció unas relaciones entre la erosión del suelo por el agua y las precipitaciones, de fácil aplicación en cuentas de tamaño medio. La susceptibilidad a la erosión calculada en función de unos índices de precipitación, y de otros orográficos (pendiente media y altitud media de la cuenca considerada) supuso una interesante aproximación para estimar el orden de magnitud de lo que podríamos llamar «materiales exportados» que él expresa en toneladas/km<sup>2</sup>/año. Sin embargo, muchas veces la cobertura vegetal amortigua de forma tan notable la erosión, frente a los índices orográficos, que ya Douglas (1967) criticó las proposiciones de Fournier, a las que además achacó el estar demasiado influidas por la acción antrópica.

Los intentos más completos de contemplar y de evaluar todas las variables concomitantes en el proceso erosivo son los que se han plasmado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, en sus siglas inglesas) propuesta por Wischmeier y Smith (1962) concretando toda una serie de trabajos anteriores realizados por estos mismos autores. Esta ecuación, la más ampliamente utilizada por los conservadores de suelos en Norteamérica, permite predecir la erosión en función de unos parámetros: R (lluvia), K (suelo), LS (longitud y pendiente combinados), C (cobertura vegetal o tipo de cultivo a lo largo del año), P (práctica de conservación).

Muchos han sido desde entonces los estudios publicados que utilizan como base esta ecuación u otras de contenido similar. Entre ellos merece destacarse el trabajo de Morgan (1979) sobre las aplicaciones de los cálculos de la erosión del suelo, donde sintetiza los diversos procedimientos, y expone un detallado ejemplo, referido a la Península de Malasia, donde se trata el problema a diversas escalas de trabajo.

Tanto esta obra, como la inmediata debida a Kirkby y Morgan (1980) recogen opiniones y estudios de diversos especialistas de índole eminentemente práctica, abundando en cuadros, tablas de datos, etc. que permiten la aplicación de las fórmulas y la comparación de los resultados con los de los ejemplos descritos. En España, ya desde hace varios años y centrado en los estudios de Hidrología Forestal, el profesor López Cadenas (1978) y colaboradores ha tratado de aplicar la USLE con los correspondientes coeficientes correctores, debido a las peculiares características de las variantes del mundo mediterráneo, en cuya cuenca prácticamente no existen suelos completos y desarrollados, por lo que esta aplicación se muestra problemática.

El problema de la erosión en el caso de las aguas ya encauzadas también ha sido tratado fundamentalmente bajo un punto de vista ingenieril, con frecuencia muy restrictivo: la construcción de obras de defensa y la estabilización de los cauces. Los estudios acerca de la evolución paisa-

jística del entorno fluvial en función de la acción erosiva (o de acumulación) son a menudo descriptivos, incluso en obras especializadas, como es el caso del *Précis d'Hydrologie* de Guilcher (1979) por citar una obra de corte clásico. Destaca como hidrología fluvial descriptiva, con una interesante orientación bibliográfica al final de cada capítulo. Sin embargo, el tema de los materiales transportados (solución o acarreos) sólo se menciona al comparar la importancia del transporte de sólidos disueltos frente a la suspensión.

En la otra vertiente del problema encontramos, entre otros, el excelente trabajo de Gregory y Walling (1973) sobre la geomorfología de las cuencas fluviales y los procesos que en ellas intervienen. Es de un gran valor didáctico pues recoge los estudios de diferentes autores en torno a las relaciones de erosión o denudación, acumulación, modificaciones geométricas, etc. con ejemplos apropiados de aplicación práctica al final de cada capítulo.

Las variaciones tanto en el trazado como en la geometría de los canales fluviales son expuestas por Gregory (1977) quien también recoge una serie de trabajos de diversos especialistas, reunidos bajo el patrocinio del Grupo Británico de Investigación Geomorfológica. Se trata de un conjunto de ejemplos localizados en regiones europeas, entre los que no falta una referencia al particular caso del SE de la Península Ibérica, y otro conjunto de trabajos encaminados a evaluar los cambios operados en los cauces aplicando diferentes modelos de simulación. Dentro de la obra, destacan para nosotros, los estudios de Mycielska-Dowgiallo y de Dury. El primero se refiere a la evolución, a partir de la última glaciación, del valle del Vístula al norte de la cuenca de Sandomierz, donde la utilización del C-14 permite establecer con precisión la secuencia morfológica; y los de Dury, versan sobre las relaciones de denudación fluvial y su aplicación en estudios de comportamiento a medio plazo.

Más centrados en la aplicación de modelos de simulación (matemáticos e hidráulicos) encontramos los trabajos de Shen (1979) bajo los auspicios de la Universidad del E. de Colorado, de cuyas experiencias, referidas a los Estados Unidos, hemos de destacar aquéllas cuya temática se refiere a los aspectos erosivos y sedimentológicos.

Como un intento de establecer, a partir de datos empíricos, unas bases acerca de la formación y evolución de los abanicos aluviales señalaremos el excelente trabajo de Rachocki (1981). Al igual que en los trabajos comentados anteriormente, aquí no sólo se describen los diferentes caracteres morfológicos, sino que se cuantifican los efectos erosivos o acumulativos en función del tiempo. Por otro lado, se da cumplida cuenta de los diversos modelos hidráulicos aplicados a los canales digitados y anastomosados.

El tiempo, una de las variables consideradas al comienzo de estas breves notas, es la guía directriz de la obra colectiva presentada por Cullingford, Davidson y Lewin (1980). En ella se exponen una serie de trabajos

centrados en la evolución temporal de los hechos geomorfológicos que justifican plenamente su título: *Timescales in Geomorphology*. Estas escalas se presentan en función de la tipología de los hechos o fenómenos observados, y como en casos anteriores, la datación de los sedimentos se apoya sobre todo en una profusa utilización del C-14, en especial cuando los restos paleontológicos o arqueológicos no arrojan suficiente luz.

La línea de estudio integradora se concreta más en la obra de Newson y Hanwell (1982), donde las relaciones suelo-vegetación y las cuencas, se presentan como sistemas interactivos (ecosistemas y cuencas vertientes) resultado de la combinación de sistemas estructurales y funcionales. Este enfoque, además de su indudable valor científico, ofrece un gran interés didáctico y metodológico al interrelacionar todos los factores geomorfológicos y señalar los circuitos de realimentación positivos y negativos tan característicos de los procesos erosión-acumulación.

Por último, el tema de las inundaciones, sus causas y efectos tanto económicos como de alteración coyuntural (y a veces «permanente») del paisaje, y su importancia como agentes geomorfológicos, son estudiadas por Ward (1978) tanto desde un punto de vista descriptivo como desde el estadístico tendente a la predicción y protección frente a ellas. A este respecto cabe destacar la obra de Hammer y Mackichan (1981) donde se trata ampliamente la Hidrología Paramétrica y Estadística. Allí se describen con profusión, mediante diversas ecuaciones y tablas, los procedimientos para estimar coeficientes de escorrentía, precipitaciones máximas probables e hidrogramas derivados, elementos todos ellos imprescindibles a la hora de estudiar las máximas crecidas y su posible impronta.

Diciembre 1983

#### BIBLIOGRAFIA

- Cullingford, R. A.; Davidson, D. a., y Lewin, J. (1980): *Timescales in Geomorphology*. Chichester. John Wiley & Sons. 360 pp.
- Douglas, I. (1967): «Man, vegetation and the sediment yields of rivers». *Nature*, nr. 215, pp. 925-928.
- Fournier, F. (1960): *Climat et érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques*. Paris. P.U.F., 201 pp.
- Gregory, K. J. (1977): *River Channel Changes*. Chichester. John Wiley & Sons. 448 pp.
- Gregory, K. J., y Walling, D. E. (1973): *Drainage Basin. Form and Process. A geomorphological approach*. Londres, Edward Arnold, 458 pp.
- Guilcher, A. (1979): *Précis d'Hydrologie*. Paris, Masson, 334 pp.
- Hammer, M. J., Y Mackichan, K. A. (1981): *Hidrology and Quality of Water Resources*. Nueva York, John Wiley & Sons, 486 pp.
- Kirby, M. J., y Morgan, R. P. C. (1980): *Soil erosion*. Chichester, John Wiley & Sons., 312 pp.
- López-Cadenas, F., y Blanco Criado, M. (1978): *Hidrología forestal*. Madrid. E.T.S. de Montes, 1976-78, 2 vols.

- Morgan, R. P. C. (1979): *Soil erosion*. Col. Topics in applied geography. Londres, Longman, 113 pp.
- Newson, M. D., y Hanwell, J. D. (1982): *Systematic Physical Geography*. Houndmills, Macmillan Education Ltd., 246 pp.
- Rachocki, A. (1981): *Alluvial Fans*. Chichester, John Wiley & Sons. 161 pp.
- Shen, H. W. (1979): *Modeling of rivers*. Nueva York, John Wiley & Sons. páginas por capítulos.
- Smith, D. D., y Wischmeier, W. H. (1962): «Rainfall erosion». *Advances in Agronomy*, nr. 14, Nueva York, Academic Press. pp. 109-148.
- Tricart, J. (1981): *Précis de Géomorphologie*, tomo III Géomorphologie climatique. Paris, Sedes, 313 pp.
- Ward, R. (1978): *Floods. A Geographical Perspective*. London, The Macmillan Press, 244 pp.
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. D. (1962): «Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. *Int. Assoc. Scient. Hydrol.*, Pub. 59, pp. 148-159.