

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO JERÁRQUICO DE PROCESOS HIDROLÓGICOS EN PEQUEÑAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS**

Wit, A. de

Departamento de Geografía Física. Universidad de Utrecht, Apº. 80.115, 3508  
TC Utrecht, Holanda

### **RESUMEN**

Se ha seleccionado una cuenca de dimensiones pequeñas para el estudio de procesos geomorfológicos relacionados con el transporte de agua a diferentes escalas. La investigación a realizar se centra en el estudio del transporte de agua y sedimentos a diferentes escalas, así pues se utilizan diversas técnicas de medición de estas variables adaptadas a dos escalas diferentes: escorrentía en las laderas (escala de ladera) y drenaje en los lechos (escala de cuenca-subcuenca). El objetivo principal es relacionar las diferencias en el transporte de agua asociadas a diferencias en cobertura vegetal, topografía y cantidad e intensidad de precipitación. El presente trabajo se centra en la descripción del marco teórico-conceptual y presenta el diseño experimental y metodología a utilizar en este estudio de procesos geomorfológicos activos desde la perspectiva jerárquica de escalas distintas.

**Palabras clave:** jerarquía, escorrentía, drenaje, ladera, cuenca

### **ABSTRACT**

A small catchment has been selected to study the different geomorphological processes affecting the transport of water at different scales. This research focuses at transport of water and sediment on hill slopes and in small catchments. Different processes are believed to be involved in triggering water and sediment transport at these specific scales. Therefore, several measurement techniques are being used to measure runoff on hillslopes (scale of a hillslope) and discharge in streambeds (scale of a (sub)catchment). The main objective of the research is to relate the differences in water transport at several scales within a catchments to processes related to differences in vegetation coverage, lithology, topography and the amount and intensity of rainfall. This paper presents the description of a conceptual theory and the applied methodology to estimate the active geomorphological processes in a hierchical perspective at different scales.

**Key words:** hierarchy, runoff, discharge, hill slope, catchment

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación forma parte de estudio de procesos de degradación de suelo en el sureste de España. La zona de estudio se localiza en la provincia de Murcia. El clima en esta parte de España es semiárido mediterráneo (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) con periodos de grave sequía. La cobertura de vegetación en la zona de estudio está estrechamente vinculada a la litología, la topografía y el drenaje de zonas situadas aguas arriba. También las actividades del hombre en el pasado y el presente tiene una gran influencia en el desarrollo de la vegetación, restringida a su vez por la sequía.

En el otoño y la primavera una elevada pluviosidad (IMESON & EMMER, 1992) puede causar erosión, forma característica de degradación del suelo en la región mediterránea donde los suelos son mucho más frágiles y vulnerables (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.* 1992) que en otras zonas. Esta forma de erosión se ve potenciada por diferentes procesos hidrológicos a distintas escalas temporales y espaciales. Se asume que los procesos hidrológico son dependientes de la escala o escalalodependientes. Por este motivo el objetivo de este estudio es caracterizar los procesos que influyen de manera significativa en el transporte de agua y sedimentos a escala de ladera y a escala de subcuena. Todo ello, con el fin de predecir el drenaje de una cuenca pequeña.

Este trabajo se desarrolla dentro de un proyecto de investigación más amplio, junto con otros tres investigadores, cada uno trabajando a un nivel diferente de escala. Los resultados de estos diferentes trabajos se podrán agrupar en el futuro para determinar los procesos que causan degradación del suelo a diferentes niveles de escala.

## ÁREA DE ESTUDIO

Se eligió como zona de estudio un área de litología mixta de margas y calizas, se sabe que paisajes desarrollados en margas y calizas son muy vulnerables a procesos de degradación y se regeneran muy lentamente.

El estudio se está llevando a cabo en la cuenca del Barranco de la Casa de Panes. Esta cuenca forma parte de la cuenca del Guadalentín (Murcia). En esta región la precipitación anual está aproximadamente entre los 260 y 290 mm (NAVARRO HERVÁS, 1991 y datos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia). La cuenca está situada al Oeste de Lorca y Norte del Embalse de Puentes (entre 37°49'30" Norte, 1°53'50" Oeste, 37°43' Sur y 1°45' Este). La litología es margas y calizas del Eoceno Medio y Superior. Después de su deposición estos estratos fueron intensamente plegado dando como resultado una estructura de estratigráfica muy complicada. En general la estratificación en la zona de estudio se inclina en dirección Norte (GEERLINGS, 1978).

En el área se incluye vegetación (semi)natural y cultivos. Se han distinguido cinco tipos principales de cobertura vegetal.

- árboles de olivas y almendros
- campos cultivados de trigo
- campos abandonados
- áreas reforestadas con pinos (*Pinus halepensis*)

- áreas con una vegetación (semi)natural en las que predomina el esparto (*Stipa tenacissima*) y pinos (*Pinus halepensis*) en laderas de exposición en Norte

La cobertura de la vegetación se relaciona con la litología, la topografía y el drenaje de las regiones aguas arriba y está estrechamente vinculada con la presencia de medidas de conservación de agua y tierra en áreas de campos cultivados antigua y actualmente. Así pues dentro de la cuenca elegida, se han distinguido dos tipos de áreas diferentes dependiendo de su situación de topográfica y de su cobertura vegetal:

(i) *áreas de drenaje*, en una situación topográfica relativamente alta, aproximadamente entre 520 hasta 800 metros de altitud, con pendientes de aproximadamente entre 5 y 18 grados. Estas áreas son básicamente de litología caliza cubiertas con una vegetación (semi)natural y pinos (*Pinus halepensis*) de reforestación.

(ii) *áreas de almacenaje*, en una situación topográfica relativamente baja con respecto a las anteriores aproximadamente entre 500 y 666 metros de altitud, con pendientes máximas de aproximadamente 5 grados. Estos áreas son básicamente de litología margosa dedicadas al cultivo de olivas, almendros y trigo. Además aparecen campos abandonados.

En las áreas de almacenaje, el encharcamiento controla el proceso de infiltración durante precipitaciones de intensidad moderada. Durante precipitaciones de elevada intensidad se genera escorrentía superficial y las diversas subcuencas se conectan, produciéndose drenaje de salida de la cuenca principal (Fig. 1).

Sin embargo, este acontecimiento no es frecuente. En vista de ello, las cuencas de control escogidas (en total 6) son subcuencas localizadas en el área de drenaje. Las seis subcuencas escogidas tienen una superficie que varía entre 1 (una ladera) y 75 hectáreas. Tres de estas subcuencas desembocan en una cuenca de orden superior y todas son partes de la cuenca del Barranco de la Casa de Panes.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para comprender cual es la influencia de la cobertura de vegetación a diferentes escalas en los procesos del encharcamiento y drenaje causados por la precipitación, es necesario comprender el funcionamiento del sistema hidrológico. Un sistema hidrológico se define como una conjunto de procesos que actúan sobre diferentes variables. Según DE ROO (1993) una variable se define como una característica de un sistema que se puede medir en un valor numérico en un momento determinado. Dentro de un sistema hidrológico las variables están relacionadas con la vegetación, la litología y la topografía. La magnitud algebraica y la dimensión de estas variables se relacionan con la escala a la cual estas variables son medidas. También la variabilidad de estas variables depende del nivel de escala en el que se mide. Si la escala de medición de una variable cambia, la variabilidad de estas variables también cambia (WIENS, 1989).

Los procesos hidrológicos se relacionan con una escala temporal y espacial que es específica para cada proceso (IMESON *et al.*, 1995). La escala

temporal se define como la reiteración del tiempo de ocurrencia de un proceso. La escala espacial se define por la superficie de los elementos que están afectando a este proceso. La dimensión de los elementos puede estar determinado por el umbral de semivariación de las medidas variables en un proceso (BURROUGH, 1986). Si se observa el transporte de agua causado por la precipitación, se pueden definir diferentes procesos a diferentes niveles de escala (Fig. 2). A medida que se incrementa el nivel de escala, se incrementa también el tiempo de reiteración.

Todos estos procesos de transporte de agua a diferentes escalas (Fig. 2) parecen tener lugar en la zona de estudio. Además, se cuenta con la suposición de una elevada variabilidad espacial en los chaparrones de elevada intensidad. Por este motivo se han instalado un total de veinte pluviómetros repartidos por las subcuencas, que se controlan después de cada evento de precipitación. Aproximadamente en el centro del área de estudio se ha instalado un pluviógrafo que registra continuamente la cantidad y la intensidad de la precipitación.

Para la medición de la escorrentía y la producción de sedimentos a diferentes escalas se ha diseñado y localizado de siguiente instrumental.

(i) A escala de ladera, se han instalado canalones en doce microambientes con diferente cobertura de vegetación, litología y diferente largo de pendiente. Un tercio del flujo superficial se mide y se registra durante cada evento. También se recogen en una caja un tercio de los sedimentos transportados. Cada canalón tiene un largo de treinta metros, de este modo en el futuro estas mediciones se pueden relacionar con la información obtenida por imágenes de satélite de Thematic Mapper sobre las coberturas de vegetación y suelo. Además se ha escogido cinco pequeños transectos de laderas donde se han instalado veinte tubos de p.v.c. con forma de T (40 centímetros de largo, agujeros a diferente altitud y el depósito de 8 centímetros de profundidad) con el objeto de registrar escorrentía superficial en espacios pequeños dentro de cada ladera.

(ii) A escala de cuenca, para medir la cantidad e intensidad del drenaje en los lechos de las barrancos se han instalado limnigrafos. También se han instalado con cada limnógrafo botellas a diferentes alturas para medir el sedimento en disolución.

En la subcuenca más pequeña una presa rectangular (*broad-crested rectangular weir*) se ha instalado aguas abajo del limnógrafo. En las cuencas más grandes se han instalado vertederos (*sharp-crested weirs*) con apertura en forma de V, aguas abajo de los limnigrafos. El lecho aguas arriba de cada vertedero se encuentra limpio midiéndose el volumen de sedimentos después de cada evento. En la cuenca más grande hay un camino que cruza dicha cuenca a lo largo del cual se han instalado alcantarillas (seis en total) para desaguar la escorrentía que pueda producirse en el camino. al lado se han instalado una serie de palos de hierro con tubos a diferentes alturas para medir el nivel máximo de agua que pasa por la presa durante un evento.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Hasta este momento los resultados de mediciones directas no están todavía disponibles. Sin embargo, dentro del marco teórico se ha desarrollado

un modelo conceptual para evolucionar el drenaje de la cuenca, donde se relacionan las escalas de ladera y de subcuenca.

La producción y aporte de escorrentía superficial a diferentes escalas viene definida por una serie de umbrales. El traspaso de un umbral significa la generación y aporte de flujo superficial a un nivel superior (Fig. 2 y 3). Estos umbrales están condicionados por la intensidad y cantidad de precipitación y la humedad antecedente del suelo.

A escala de ladera, estos parámetros (precipitación y humedad del suelo) y parámetros relacionados con las unidades fisiográficas se suponen afectarían al total de escorrentía. Este proceso podría formularse de la siguiente manera:

$$F = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \cdot \Delta t$$

donde:

- $F$  = cantidad total de escorrentía de un evento
- $f$  = función
- $X_1 \dots X_n$  = colección de  $n$  variables  $X$
- $\Delta t$  = total de tiempo ( $t$ ) transcurrido de la escorrentía

La relación entre la escorrentía  $F$  y la colección de variables  $X_1 \dots X_n$  se ha descrito como una regresión múltiple donde existe una relación lineal entre la escorrentía y las variables que contribuyen a ella.:

$$F = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n + \varepsilon$$

donde:

- $F$  = cantidad total de escorrentía de un evento
- $b_0 \dots b_n$  = coeficientes parciales de regresión ( $n$ )
- $X$  = variables independiente  $X_i$  ( $n$ )
- $\varepsilon$  = error residual

Hasta el momento y desde su instalación (Otoño e Invierno 1.995-96) la precipitación ha sido muy escasa, ya que el error de medición superaría cualquier análisis que se pudiera realizar con los escasos datos disponibles.

En el futuro se pretende poner más énfasis en el procesamiento de imágenes de satélite y en las diferentes unidades fisiográficas para la estimación algunas variables que se necesitan para el modelo, con el fin simular el drenaje de la cuenca con sistemas de información geográficos.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto GOA-NWO 750.294.03B financiado por la Organización para Investigaciones Científicas de Holanda. La autora expresa su agradecimiento a la universidad de Utrecht y Amsterdam, al proyecto Medalus y a Jeroen Schoorl por su apoyo logístico durante la instalación del instrumental en el campo. Gracias también a Carolina Boix Fayos y Trini Fernández por revisar la versión en español de este artículo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

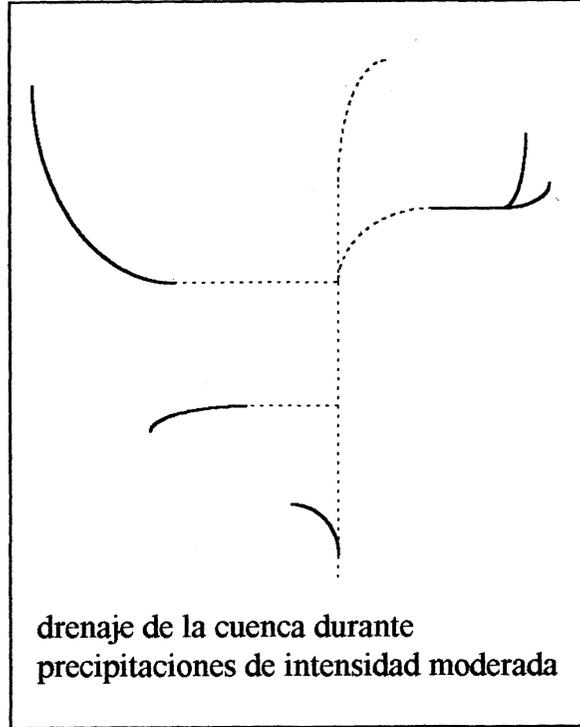
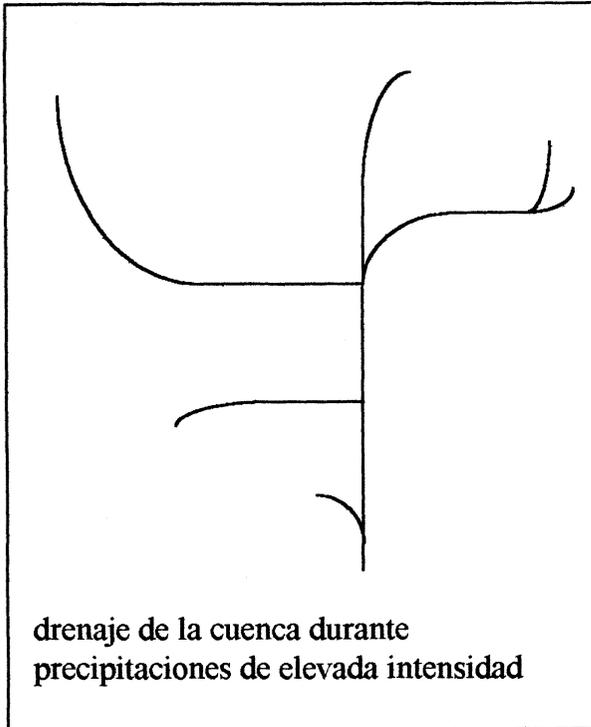
- BURROUGH, P.A. (1986); "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment", *Monographs on soil and resources survey no. 12*. Clarendon Press, Oxford.
- DE ROO, A.P.J. (1993): "Modelling surface runoff and soil erosion in catchments using Geographical Informations Systems, Validity and applicability of "ANSWERS" model in two catchments in the loess area of South Limburg (the Netherlands) and one in Devon (UK)". Ph. D. Thesis, Netherlands Geographical Studies, Universidad de Utrecht, Utrecht.
- GEERLINGS, I.P.A. (1978): "Geologie van het gebied ten noordoosten van Fuensanta la Parroquia, Murcia, Zuid-Oost Spanje", memoria de Universidad de Amsterdam, Amsterdam.
- IMESON, A. & EMMER, I.M. (1992): "Implications of Climatic Change on Land Degradation in the Mediterranean". En L. JEFTIC, J.D. MILLIMAN & G. SESTINI (Eds) *Climatic Change and the Mediterranean*. E. Arnold, London. pp. 95-128.
- IMESON, A.C., CAMMERAAT, L.H., PEREZ-TREJO, F. (1995); "Desertification Response Units". En FANTECHI, R., PETER, D., BALABANIS, P., RUBIO, J.L. (Eds.) *Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects, Environment and quality of life*. EUR 15415, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. pp. 263-277.
- LOPEZ BERMUDEZ, F., ALONSO SARRIA, F., ROMERO DIAZ, M.A., CONESA GARCIA, C., MARTINEZ FERNANDEZ, J., MARTINEZ FERNANDEZ, J. (1992): "Caracterizacion y Diseño del campo experimental de "Los Guillemos" (Murcia) para el estudio de los procesos de erosion y desertification en litologias blandas". En LÓPEZ BERMUDEZ, F., CONESA GARCIA, C., ROMERO DIAZ, M.A. (Eds) *Estudios de geomorfología en España, II Reunion Nacional de Geomorfología*. Murcia. pp. 151-160.
- NAVARRO HERVÁS, F. (1991): "El Sistema Hidrográfico del Guadalentín". *Cuadernos Tecnicos 6*, Región de Murcia, Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región Murciana, Murcia
- RIVAS-MARTINEZ, S. (1987): "Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España 1:400:000." ICONA, Madrid.
- WIENS, J.A. (1989); "Spatial scaling in ecology (essay review)". *Funtional Ecology 3*. pp. 385-397.

### Pies de Figura

Fig.1. Drenaje de la cuenca bajo diferentes tipos de precipitación

Fig. 2. Procesos del transporte de agua causados por precipitación a diferentes niveles de escala.

Fig. 3. Representación conceptual de diferentes procesos a diferentes escalas que afectan al transporte de agua. P es la precipitación en el momento t, I es la infiltración, R es el encharcamiento de un parcela,  $f_i(t) = \sum_{(i=1...n)} (R_i - A_i)$  es la escorrentía de un elemento de ladera I en un momento t determinado para el encharcamiento (R) menos la acumulación (A), St es el almacenaje de agua en depresiones, Si<sub>in</sub> es el aporte de agua proveniente de sumideros, q<sub>out</sub> es el drenaje de salida, t<sub>p</sub> es el tiempo de encharcamiento y t<sub>D</sub> es el tiempo de descargar o drenaje de salida.



 drenaje de agua

 almacenaje de agua

