

DETERMINACIÓN DE LA ESCORRENTÍA POTENCIAL EN EL TERRITORIO SUR DE LA PROVINCIA DE VALLADOLID MEDIANTE EL USO COMBINADO DE TD Y SIG

F. J. Tapiador, J.L. Casanova y C. Escribano

tapiador@latuv.uva.es

*Universidad de Valladolid
Departamento de Física Aplicada I. Laboratorio de Teledetección
Facultad de Ciencias. Tlf.: (983) 42-31-32
Pº Prado de la Magdalena s/n 47071 Valladolid
SPAIN*

RESUMEN: El conocimiento con un grado de aproximación suficiente de la escorrentía potencial es un elemento importante en los análisis de la realidad territorial. Siendo una magnitud con un grado de variación temporal bajo - pues aún cuando el cambio en el uso del suelo sea de ciclo corto, los procesos que se derivan en un cambio de escorrentía poseen un desfase, y tampoco se producen por lo general transformaciones catastróficas derivadas del cambio de uso- es posible utilizar los datos obtenidos para complementar estudios posteriores. En este trabajo se realiza un análisis y una cartografía de la escorrentía potencial en la provincia de Valladolid (España) mediante árboles dicotómicos a dos escalas distintas, utilizando imágenes de satélite de la resolución necesaria en cada caso, y utilizando también datos de tierra y MDE para mejorar la precisión. Se analizan también los procesos morfológicos derivados de los diferentes grados de permeabilidad, y se estudian las consecuencias en cuanto a riesgo natural de éstas mediante la integración de los datos en un SIG.

ABSTRACT: The knowledge with a good accuracy of the potential runoff is an important topic in geographical studies. It is a measure with a low temporal variability -the change in land cover can be low, so the derived process in runoff has a delay; and there are not catastrophic transformations derived to the land-cover change- so it is possible to use the outputs in order to accomplished subsequent studies. In this paper an analysis and a cartography of the potential runoff in Valladolid county (Spain) is doing, by using dichotomic trees at two dissimilar scales, and using satelitarian images of the required resolution in both cases too. Terrain information and DEM models are used in order to improve accuracy. The morfological processes derived of the different permeability degrees of soil are also analyzed, and the consequences in natural hazards of this, is studied integrating the outputs into a GIS.

Keywords: Runoff, RS, GIS, Valladolid.

INTRODUCCION

El conocimiento con un grado de aproximación suficiente de la escorrentía potencial es un elemento importante en los análisis subsecuentes de la realidad territorial. Siendo un aspecto con un grado de variación temporal bajo - pues aún cuando el cambio en el uso del suelo sea de ciclo corto, los procesos que se derivan en un cambio de escorrentía poseen un desfase, y tampoco se producen por lo general transformaciones catastróficas derivadas del cambio de uso- es posible utilizar los datos obtenidos para estudios posteriores. Así, aparte de la aplicación obvia del cálculo de riesgo de inundación de una zona determinada, los cálculos

de escorrentía pueden ser utilizados en la afinación de las estimaciones de producciones, en la discriminación de cubiertas vegetales y/o antrópicas y como elemento complementario de los conjuntos cartográficos que sirven de base a los análisis geográficos que se realizan mediante los SIG.

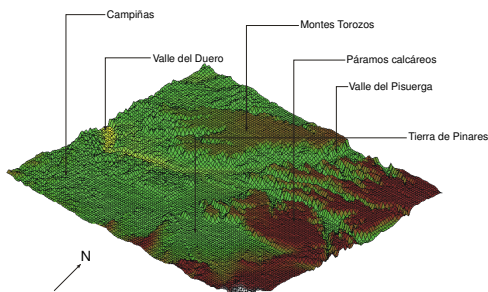
CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DEFINICIONES

La elección del área de estudio no posee una justificación geográfica estricta, pues ni puede considerarse como una región en el sentido funcional ni en el -tal vez- más laxo de natural. Sólo la división administrativa, que dota a un

espacio casi arbitrario de unos caracteres comunes en el sentido de que la respuesta económica y organizativa se enmarca en los mismos parámetros, puede aportar un nexo a unos sectores disímiles tanto en su fisiografía como en su orientación socioeconómica. Aún así, la selección dentro de este marco provincial de un espacio más reducido provoca un sesgo tan importante que impide que el sector objeto de estudio detente el rango de región geográfica, no pudiendo ser considerado más que un espacio tridimensional acotado de la superficie terrestre.

Sin embargo, para el estudio de la escorrentía potencial no puede considerarse como un requisito imprescindible una delimitación coherente del territorio desde la óptica de la geografía regional. Y esto es así porque todos aquellos factores que presentan alguna relación –recíproca– con la escorrentía no tienen por qué ser tenidos como magnitudes ligadas del estudio geográfico. Así pues, definiremos el territorio sobre el que se va a realizar el cálculo de la escorrentía por sus límites geográficos en proyección UTM-30N, y cuyas esquinas son 300.000, 4.641.000 y 420.000, 4.550.000.

En el esquema siguiente se expone un mapa orientativo del área y un modelo digital de elevaciones para dar cuenta de la topografía del territorio (las alturas se exageran 30 veces).



Por otra parte, se hace necesario definir con precisión el concepto de escorrentía. Geográficamente, la escorrentía (runoff) se puede cuantificar como una magnitud vectorial cuyo módulo vale el cociente entre la cantidad de agua que escapa de la unidad de área en forma líquida y la que recibe en un tiempo dado (definido pues en el intervalo $[0,1]$), y cuya dirección y sentido vienen dados por la derivada direccional máxima del campo gravitatorio. Los factores que inciden sobre ella son la topografía, la vegetación, el material infraadyacente, el clima y el tiempo (vs.

Jenny) luego es claro que una porción de terreno sobre roca madre y cierta pendiente presentará una escorrentía cercana al 1, mientras que las arenas finimiocenas subhorizontales sobre los que se asientan las perennifolias de la *Tierra de Pinares* vallisoletana bien podrían tender al 0. La escorrentía potencial sería por su parte, como puede suponerse, el valor de la escorrentía para un volumen dado de agua y en un tiempo dado, es decir, un valor que nos permite comparar el comportamiento de diferentes sectores ante unas condiciones de homogeneidad –caso ideal– de precipitación. Esta magnitud vectorial nos servirá pues como valor de comparación para diferentes zonas.

Por último, realizar una somera caracterización geográfica del área de estudio. Desde el punto de vista físico, se pueden distinguir tres zonas diferentes: los montes llamados *Torozos*, que se corresponden con una paramera de materiales calcáreos a isoaltitud y que encuentran continuidad en la zona este en otro sector de páramos, los de Cerrato; los valles del Duero y del Pisuerga, formados por sucesivas terrazas fluviales, y formas de relieve residual –cerros testigo, anteceros– que salpican las campiñas de la *Tierra de Medina*. Dentro de la zona de páramo, cabe destacar la isoaltitud del frente, de aprovechamiento cerealista en su mayor parte, y la personalidad que presentan las cuestas, surcadas por arroyos ortoclinales que jerarquizan las precipitaciones que llegan a este sector y cuyo talweg se ve a menudo cegado por causas naturales o antrópicas, sin posibilidad de conexión con su colector natural. Además, se da la circunstancia de que los *Torozos* manifiestan una mayor precipitación interanual, del orden de 100 mm. más que en el valles que lo singularizan en la mayoría de las clasificaciones climáticas al uso (Thornwaite, Köppen, etc.). Estas cuestas, desprovistas de vegetación en algunos sectores con un paisaje resultante tipo *bad-lands*, con vegetación rala en otros, y con intentos de repoblación en los menos, vienen siendo labrados y también cultivados en los últimos años en sus sectores más bajos y de menor pendiente por motivos ajenos a su rentabilidad cultural, generalmente según el *contour-tillage*. Los aspectos humanos del territorio se centran en la existencia de una ciudad de tamaño medio que ejerce una influencia económicamente importante sobre todo el territorio.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo principal consiste en la construcción de un mapa de escorrentía potencial

de la zona de estudio por medio imágenes de satélite y datos de tierra, a una resolución espacial de 30 metros. Un objetivo secundario es orientar sobre la utilización de esta cartografía para estudios posteriores sobre el territorio.

El primer paso de nuestro estudio consiste en establecer una clasificación apropiada de la cobertura del territorio orientada a la estimación de los factores que inciden en la escorrentía y que no sean la pendiente. Para estimar esos factores hay que partir de la definición de escorrentía. Según lo dicho arriba, se deduce que $D = F(\text{Porosidad}, \text{Fitoabsorción}, \text{Evapotranspiración}, \text{Precipitación}, \text{Pendiente})$, expresión que resume un modelo sencillo que no es preciso complejizar para nuestro caso. Es evidente que cada una de las magnitudes anteriores puede ser modelizada matemáticamente con propiedades físicas bien conocidas con objeto de mejorar nuestro conocimiento del proceso, pero aquí lo importante son las tasas relativas entre unas áreas y otras, no los montantes totales de agua, por lo que la aproximación que realizamos puede ser considerada válida. Para caracterizar cada píxel en función de las magnitudes anteriores, se ha realizado una clasificación que intentara distinguir los factores que actúan de manera inversa y que varían en el espacio, es decir, la porosidad y la fitoabsorción. El valor de la Teledetección aquí es que ambos están ligados a la cobertura del suelo, que puede ser estimada de manera bastante precisa gracias a los métodos de clasificación que operan con los datos que captura el satélite. En concreto, distinguimos 8 tipos de cobertura del suelo que presentan un comportamiento lo suficientemente diferente entre ellos como para ser individualizados, y que son los siguientes: C1: Urbano (construcciones); C2: Cultivos herbáceos de secano; C3: Arboledas (perennifolias y caducifolias); C4: Suelo desnudo calcáreo o con herbazal; C5: Aguas superficiales; C6: Vegetación arbustiva o rala; C7: Cultivos herbáceos de regadío; C8: Vías de comunicación y terrenos pre-urbanos. Y cuyo comportamiento cualitativo, en una escala ordenada de menor a mayor del 0 al 10, se detalla en la tabla siguiente:

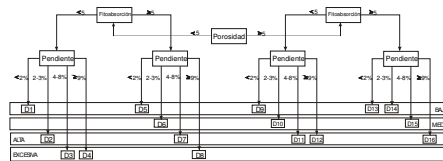
Cobertura	Porosidad	Fitoabsorción
C1	0	0
C2	6	9
C3	4	10
C4	7	3
C5	10	0
C6	8	6
C7	5	5
C8	0	0

Para la asignación de valores, se ha tenido en cuenta el estado fenológico de los cultivos para la fecha en que fueron tomadas las imágenes. Si no se ha utilizado el NDVI o cualquier otro índice de vegetación es porque si bien la cobertura del suelo tiene una resolución temporal alta, para cualquier índice de vegetación ésta es mucho menor. El que se haya distinguido entre cobertura urbana y vías de comunicación más terrenos preurbanos (entendidos éstos como parcelas y terrenos baldíos), y ambas tengan el mismo comportamiento ante la porosidad y la fitoabsorción, es debido a que se quiere distinguir entre elementos lineales y superficiales, pues ambos difieren en su efecto sobre las aguas superficiales.

El método de clasificación elegido fue el de máxima probabilidad, por los buenos resultados experimentales en trabajos anterior en la misma zona -a pesar del gasto computacional alto-, fijando el valor de tolerancia para clases de difícil ubicación en un 1%. Como medida de la precisión de la clasificación, se ha efectuado una degradación de la imagen a 250 m. y comparado con la clasificación CORINE. Se encontró que el error era menor del 3%, habiendo aproximadamente un 2% que es achacable a diferencias interpretativas o a la falta de actualización del CORINE.

Ahora bien, no hemos tenido en cuenta hasta ahora la pendiente. La inclusión de este factor aparte, sin incluirla en las clasificaciones, se justifica por la búsqueda de la mínima distorsión en la clasificación de la cobertura y por la poca correlación, en este espacio, entre ambas. Para realizar la imagen de pendientes, se utilizaron las curvas de nivel de 25 metros, serie 5-L del mapa del ejército. La elección del tipo de pendiente fue la de máxima, es de decir, se ha asignado a cada píxel el valor máximo de la pendiente que presenta con sus ocho vecinos.

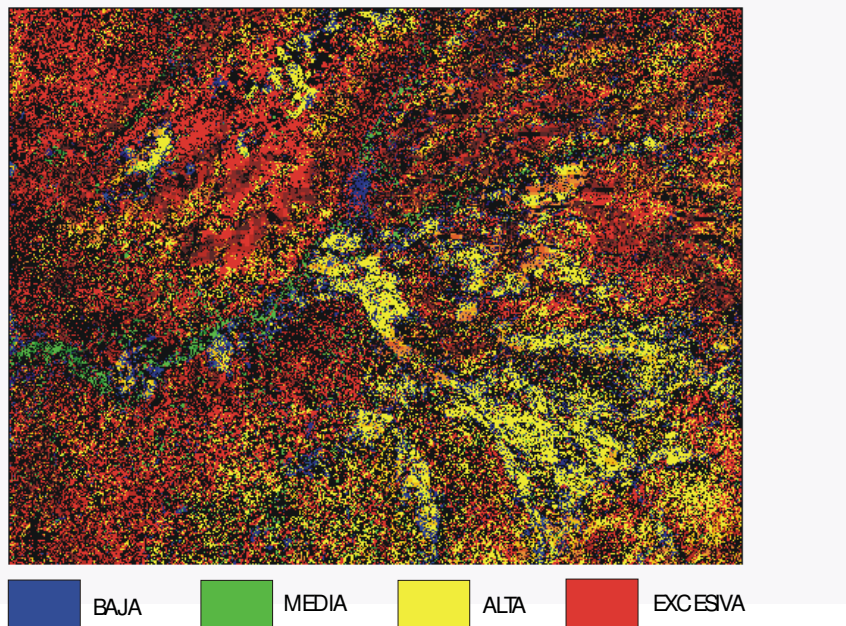
Lo que se ha hecho entonces es combinar la clasificación con los datos de pendiente utilizando una clasificación dicotómica en árbol, cuyo esquema general se puede ver en la figura, y para cuyo desarrollo se utilizó el software SIGIM-TD, SIG de factura propia.



Como estadio final de la clasificación, se han definido 16 niveles de escorrentía potencial, desde el menor, correspondiente a un terreno con una pendiente máxima y muy permeable, hasta el mayor, asignado a un terreno subhorizontal e impermeable. (Debido a las necesidades de impresión, ofrecemos aquí una agrupación en sólo 4 clases). Con estos 4 niveles se ha construido el mapa de escorrentía potencial que resume el trabajo.

APLICACIONES

Las aplicaciones del mapa resultante se puede orientar en dos direcciones: análisis de riesgo natural severo, pues estamos trabajando con unidades de 900 m², y análisis geomorfológico, direcciones que aquí sólo podemos apuntar por falta de espacio.



CONCLUSIONES

Para validar de alguna manera los resultados obtenidos se realizó un muestreo aleatorio de campo, tomando 10 puntos, en los que se contrastó empíricamente los valores ofrecidos por el mapa y los que se podían estimar sobre el territorio. Los resultados fueron satisfactorios, encontrándose un error máximo del 5%. Como resultado principal se puede decir que en el mapa de escorrentía potencial se pueden diferenciar claramente diferentes zonas de escorrentía que no se corresponden de manera biunívoca con conjuntos fisiográficos, lo que nos confirma el interés de la metodología seguida y la potencia de los métodos cuantitativos en el análisis geográfico.

BIBLIOGRAFÍA

- Cialella *et al.* 1997. *Predicting Soil Drainage Class Using Remotely Sensed and Digital Elevation Data*. PE&RS, vol. LXIII n° 2
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation - A System of Quantitative Pedology*. McGraw-Hill, New York.
- Maidment, D.R. 1993. *GIS and Hydrologic Modeling*. Environmental Modeling with GIS. Oxford Un. Press.
- Salomonson, V.V. *et al.* 1983. *Water Resources Assessment. Manual of Remote Sensing*. ASPR.