

## FLUJOS HIDRICOS POTENCIALES EN UNA CUENCA FLUVIAL SEMIARIDA (RIO GUADALENTIN)

Francisca Navarro Hervás\*

### RESUMEN

Se intenta determinar los principales flujos hídricos potenciales de una cuenca fluvial, a partir de la cuantificación de variables físicas y morfométricas de cada una de sus unidades de drenaje (subcuencas). La hipótesis de trabajo parte de unas situaciones de tiempo específicas que originan precipitaciones excepcionales en toda el área, a la vez que se consideran las superficies con un mismo grado de impermeabilidad.

Esta investigación quiere contribuir al conocimiento de la estructura del drenaje de la cuenca del Guadalentín, con la aportación de unos resultados preliminares sujetos a revisión.

*Palabras clave:* Variables físicas y morfométricas, drenaje, Guadalentín.

### POTENTIAL HYDRICAL FLOWS IN SEMI-ARID DRAINAGE BASIN (RIO GUADALENTIN)

#### ABSTRACT

This paper attempts to determine the principal potential flows for the Guadalentín drainage basin through the quantification of physical and morphometric variables of each of its subbasins. It is assumed that for a given event intense rainfall is equal over the entire basin and at the same time the surfaces have the same degree of impermeability.

This investigation contributes to the understanding of the drainage structure of the basin by the presentation of some preliminary results which may be subject to revision.

*Key words:* Morphometric and physical variables, drainage, Guadalentín.

### Introducción

Este trabajo trata de esbozar las direcciones de los flujos hídricos que pueden originarse en la cuenca del río Guadalentín, en función de las características físicas y morfométricas del drenaje y, en relación al riesgo de inundación potencial que puede registrar el territorio.

En la cuenca hidrográfica del Guadalentín, la topografía y la morfometría de la red de drenaje van a desempeñar la función dominante en la dinámica hídrica, tras los fuertes aguaceros que, de tarde en tarde, se abaten sobre la cuenca, saturan de humedad los suelos, producen fuertes escorrentías y causan el desbordamiento de los cauces y las correlativas inundaciones de las tierras bajas. Por ello y para cada una de las subcuencas del conjunto, se han analizado y cuantificado las variables físicas y geométricas del drenaje, a la vez que las correlaciones existentes entre ellas.

En esta línea las investigaciones realizadas hasta el momento en la cuenca, se reducen a dos Tesis de Licenciatura, Ruiz García (1983), Manzanares Martínez (1984) y la propia Tesis Doctoral en elaboración. En otro orden son numerosos los trabajos que tratan los problemas fluviales e hidrológicos de este territorio, bien como un recurso carente, o un riesgo natural catastrófico, ligado o no a aspectos socioeconómicos, entre los que cabe citar: Gil Olcina (1968), Calvo García-Tornel (1968, 1969, 1971), Confederación Hidrográfica del Segura (Avances y Planes Hidrológicos, inclusive el de 1985), Heras (1973), Adaro (1979), Conesa García (1985)...

#### 1. El área de trabajo

La investigación se ha llevado a cabo en el marco de una cuenca fluvial de tamaño medio (3.300 km<sup>2</sup>) perte-

\* Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia. 30001 Murcia, España.

neciente a la cuenca del Segura, ubicada en el extremo suroccidental y nororiental de las provincias de Murcia y Almería respectivamente e implicada en el contexto geológico de las Cordilleras Béticas Orientales.

Cuenca topográficamente muy accidentada en donde se pueden identificar una serie de conjuntos geomorfológicos de distinto origen y evolución (Navarro Hervás, 1986). Con forma triangular y dispuesta en dirección NW-SE; SW-NE, presenta una amplia cabecera donde se ubican como cierre, los embalses de Valdeinfierno y Puentes y un tramo medio-bajo, de gran desarrollo longitudinal, modificado en dos sectores por obras de defensa contra posibles avenidas (Canal de derivación de «El Paretón» y encauzamiento de «El Reguerón»).

En conjunto, lo más destacable es el comportamiento hídrico excepcional que registra en época de lluvias intensas, resultado de su localización climática en un sector semiárido en abrigo aerológico, de la complejidad del relieve y del carácter del drenaje, en gran parte elaborado bajo condiciones morfoclimáticas diferentes a las actuales.

## 2. Metodología

Las fases hasta llegar a la cuantificación, representación gráfica e interpretación de los resultados que aporta el análisis de las variables consideradas, utilizando como base los Mapas Topográficos del S.G.E. (E.1:50.000), han sido las siguientes:

- Restitución de segmentos según el método de inflexiones de curvas de nivel (Morisawa, 1985);
- Ordenación de cauces según el sistema modificado por Strahler (1964) y cuantificación lineal de la red;
- Delimitación de unidades de drenaje según criterios de funcionalidad y homogeneidad de la red de drenaje;
- Obtención mediante cálculos directos, de las variables básicas iniciales (superficie, perímetro, longitud de la cuenca, longitud del cauce principal, desnivel absoluto...), indirectos, índices y fórmulas, de los valores de cada conjunto de variables (geométricas, de relieve, topológicas, de longitud de cauces, intensidad del fenómeno fluvial) (Castillo Sánchez, 1986);
- Elaboración de la matriz de correlación y obtención de coeficientes entre cada una de las variables;
- Procesado de datos en ordenador Bull 64/DØS, según programas escritos en lenguaje Fortran y representación gráfica tridimensional de los valores de cada variable, a partir del terminal inteligente Tektronix 4.109, de la impresora de chorro de tinta Hard Copy Tektronix 4.695.

Por último, señalar que el cauce del río Guadalentín se ha considerado desde el embalse de Puentes, como eje divisor entre unidades de drenaje y no como curso principal, ya que el objetivo de este trabajo es precisar el origen de los flujos afluentes a él más importantes o lo que es igual, saber cuáles son las subcuencas potencialmente más dinámicas, generadoras de flujos activos, que en definitiva determinan su dinámica excepcional.

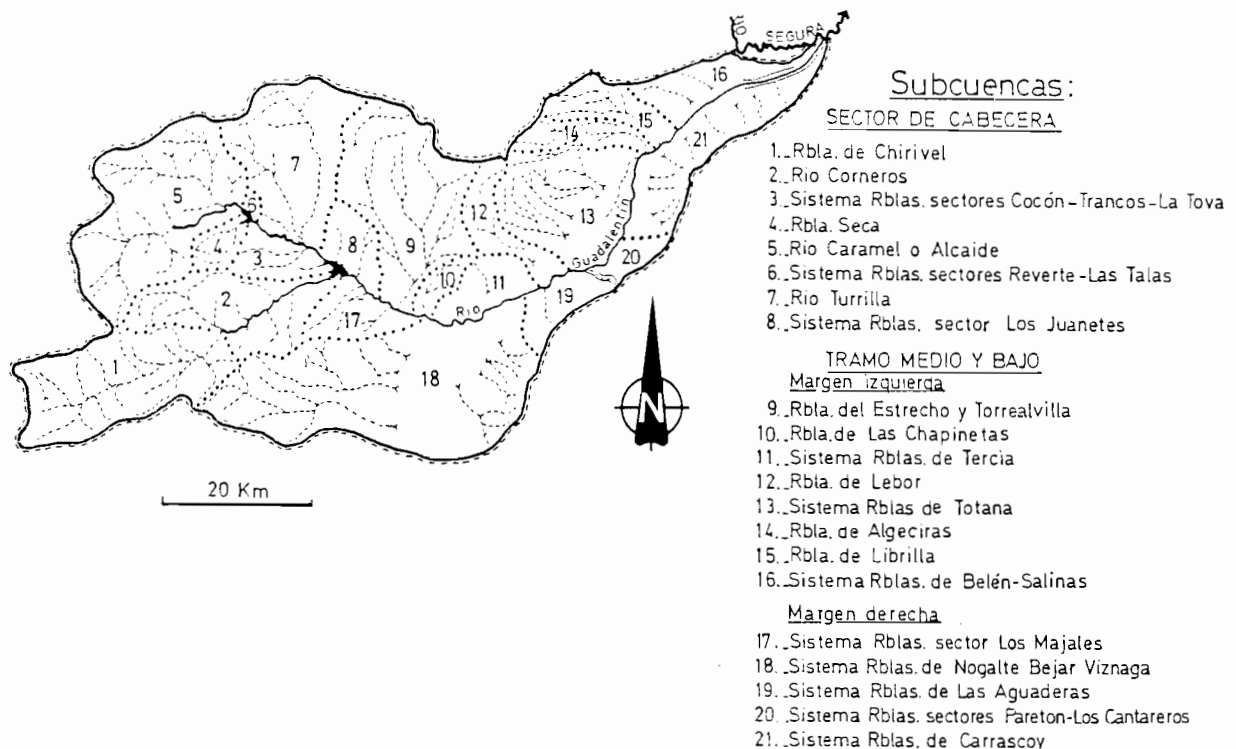


Fig. 1.—Distribución y clasificación de unidades de drenaje en la cuenca del río Guadalentín.

3. Resultados

Distribución interna de la cuenca

La figura 1 muestra la división que presenta el área del Guadalentín en 21 subcuencas o unidades de drenaje, realizada según criterios de organización y funcionamiento homogéneo de la red de drenaje y no del orden o tamaño de cuenca, por lo que se han diferenciado dos tipologías: las representadas por un colector principal único y las formadas por un sistema de rambas directas al eje del río. De esta manera el análisis de la dinámica fluvial se puede abordar con mayor precisión, desde un punto de vista global, en el que cada conjunto aporta una respuesta concreta, según sus características, a los «inputs» recibidos.

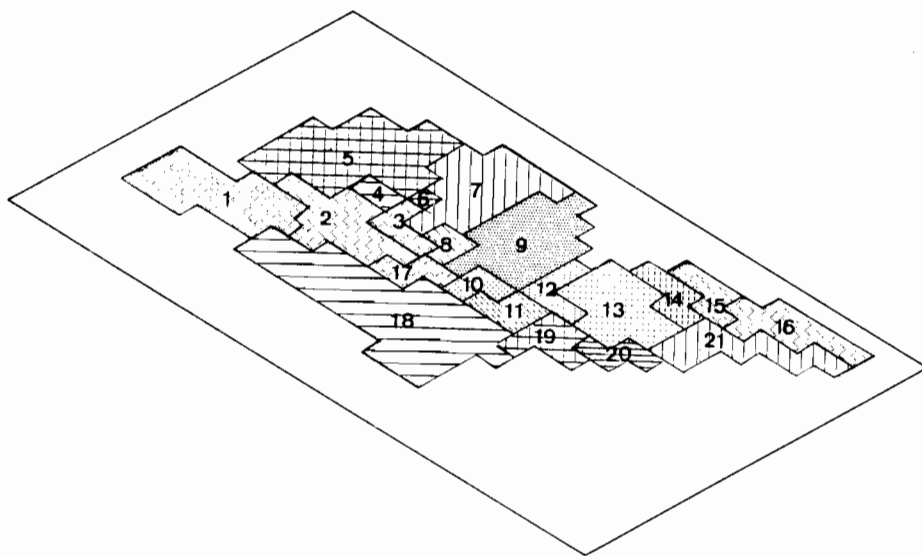
La figura 2 ofrece la misma distribución y disposición de las subcuencas pero en un plano geométrico, donde la superficie y el perímetro guardan proporción con la realidad.

Variables geométricas

Considerando los aspectos cualitativos de estas variables, el *área* constituye una de las más importantes, ya que influye decisivamente no sólo en la morfología de la cuenca, sino también en el desarrollo que puede alcanzar la red de drenaje, al estar relacionada con casi todas las demás variables.

En el contexto de la cuenca del Guadalentín (figs. 1 y 2) la tipología de cuencas según su tamaño es muy variable, al existir unidades de tamaño medio, con una extensión superior a los 200 km<sup>2</sup> (1, 2, 5, 7, 9, 13, 18), pequeño, entre >50 y <200 km<sup>2</sup> (3, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21) y muy pequeño, inferiores a los 50 km<sup>2</sup> (4, 6, 10).

Relacionado directamente con la superficie, el *perímetro*, indicador lineal de la configuración geométrica de la cuenca, va a determinar el valor de los *índices de compacidad y forma*; a la vez que la *longitud de la cuenca* (Schumm, 1956) el valor de la *razón de elonga-*



SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL GUADALENTIN  
Sector de cabecera

- 1.- Rbla. de Chirivel
- 2.- Río Corneiros
- 3.- Sistema Rblas. sectores Cucañ-franicos-La Taya
- 4.- Rbla. Seco
- 5.- Río Coramela-Alcaide
- 6.- Sistema Rblas. sectores Reverte-Los Tolos
- 7.- Río Turrillo
- 8.- Sistema Rblas. sector Los Juanetas

Tramo medio y bajo:  
Margen izquierda

- 9.- Rblas. del Estrecho y Torreolillo
- 10.- Rbla. de los Chostinos
- 11.- Sistema Rblas. de Tercio
- 12.- Rbla. de Lebar
- 13.- Sistema Rblas. de Tolosa
- 14.- Rbla. de Algeciras
- 15.- Rbla. de Librilla
- 16.- Sistema Rblas. de Belén-Salinas

Tramo medio y bajo:  
Margen derecha

- 17.- Sistema Rblas. sector Los Inojos
- 18.- Sistema Rblas. de Moguilla-Peña-Hizajo
- 19.- Sistema Rblas. de Los Aguaderns
- 20.- Sistema Rblas. sectores Puellos-Los Cantareros
- 21.- Sistema Rblas. de Comaracay

Fig. 2.—Mapa base de la distribución de unidades de drenaje para representación tridimensional de los valores de las variables físicas y morfométricas, en la cuenca del Guadalentín.

ción. Variables de forma, de cuyo análisis se obtiene una idea previa acerca del tiempo de concentración de las aguas durante un aguacero, menor siempre en cuencas compactas, regulares y con tendencia a la circularidad.

Los resultados obtenidos del *índice de compacidad* o de Gravelius ( $I_c = 0.28P/\sqrt{A}$ ) son muy semejantes a los obtenidos del *índice de forma* ( $K = P/\sqrt{2\pi A}$ ) (fig. 3), registrando los valores bajos próximos a la unidad, significativa de compacidad-regularidad, las subcuencas 4, 13, 6 con 1.11; 1.15; 1.22 respectivamente; y los más altos, las unidades 12, 16, 21, 1 como ejemplo estas últimas de cuencas menos compactas y contornos más irregulares. La correlación es altamente positiva con el índice de compacidad (0.97) coeficiente de rugosidad (0.73), escasa con la razón de elongación (0.25) y nula o negativa con el resto.

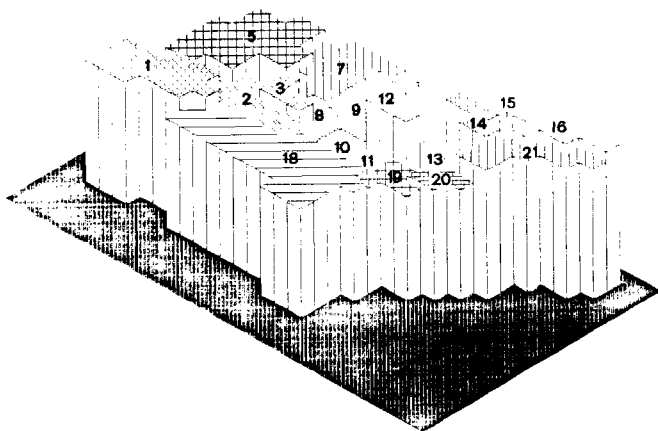


Fig. 3.—Valores del índice de forma en el conjunto del Guadalentín.

La *razón de elongación* ( $Re = 1.129\sqrt{A/L}$ , Schumm (1956), informa acerca del grado de redondez o alargamiento que puede tener una cuenca, en relación al comportamiento hídrico, significando los valores próximos al coeficiente 1, tendencia a la circularidad y mayor riesgo de que se produzcan crecidas, debido a que en ellas, la concentración de las aguas es más rápida, siendo por el contrario el proceso de laminación más lento en cuencas elongadas.

En el Guadalentín la mayor circularidad la registran las unidades 6, 8, 13, 5, 17, 4, 7, con valores de 1.05; 1.06; 0.91; 0.88; 0.84; 0.82 respectivamente. La mayor elongación las subcuencas 14, 12, 1, 18, 16, 21 con valores comprendidos entre 0.44 y 2.49; las unidades 16 y 21 como casos extremos, por ser cuencas que presentan amplias vertientes drenadas por numerosos cursos de escaso desarrollo longitudinal, razón por la que se englobaron como sistemas de ramblas.

La relación de esta variable es positiva con respecto al índice de forma (0.25), razón de relieve (0.58), longitud del curso principal (0.25) y nula o negativa con el resto de variables.

En resumen, considerando el mayor grado de signifi-

cación de los valores de este conjunto de parámetros geométricos, se puede decir que en relación a una mayor compacidad, regularidad y redondez, las subcuencas que pueden presentar mayor riesgo de crecidas súbitas en sus cauces, son la 4, 6 y 13.

#### Variables de relieve

Como responsables del grado de competencia o dinamismo que pueden adquirir los cursos de agua, se ha calculado la altitud media, desnivel absoluto, índice de pendiente, razón de relieve, coeficiente de rugosidad y pendiente máxima de las vertientes.

Respecto a la primera variable, la figura 4 muestra los valores de *altitud media* que se alcanzan en la cuenca, máxima de 1.100 m en la unidad 1 y mínima de 101 m en la 16, existiendo, como es lógico, una gradación altitudinal desde el sector de cabecera donde se localizan las cotas más elevadas en torno a los 2.000 m (unidades 2,5) hasta el tramo final (40 m); detectándose disimetrías notables entre cuencas contiguas y entre ambos márgenes del Guadalentín, atribuibles a la presencia de relieves vigorosos dentro del conjunto. De tal forma que este hecho no sólo va a repercutir en el valor de esta variable, sino también en la aparición de fuertes desniveles en aquellas unidades que presentan relieves importantes. En este orden, las máximas variaciones topográficas se localizan en las subcuencas 12, 13, 14 (en torno a los 1.400 m) por la influencia del importante relieve de sierra Espuña; en la 1, 2, 3, 5, 9 (en torno a los 1.000-1.300 m) por las sierras de María, Gigante, Pericay; en la 18 (con 1.014 m) por las sierras de las Estancias, Torrecilla y en la 21 (con 1.014 m) por la sierra de Carrascosy.

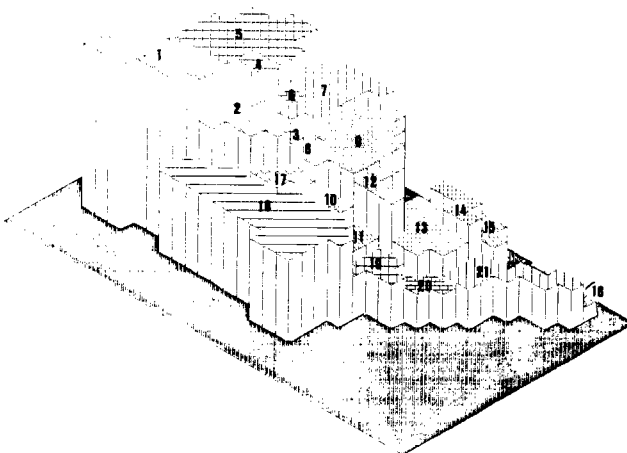


Fig. 4.—Valores de altitud media registrados en el conjunto del Guadalentín.

Por la misma razón los *índices de pendiente* hallados, arrojan valores altos de 0.30; 0.25; 0.25; 0.25; 0.23; 0.22; 0.19; 0.19; 0.18 en las unidades, 4, 6, 10, 13, 3, 14, 12, 15

y 11 respectivamente, de las que gran parte coinciden con las que poseían relieves acentuados.

En otro orden, la figura 5, muestra los valores de la *razón de relieve* que adquieren las subcuencas, en donde los máximos obtenidos a partir de la fórmula que relaciona el desnivel total de la cuenca con la longitud de la misma (Schumm, 1956) lo registran las unidades 21, 11, 3, 6, 4, 14, con valores de 169; 104'4; 90'3; 86'4; 77'6 y 71'9 m/km respectivamente, existiendo en estas subcuencas de mayor declive, una cierta correspondencia con las de menor superficie y mayor circularidad, a excepción de la 21, justificado al estar formada por un amplio sistema de ramblas de escaso desarrollo longitudinal.

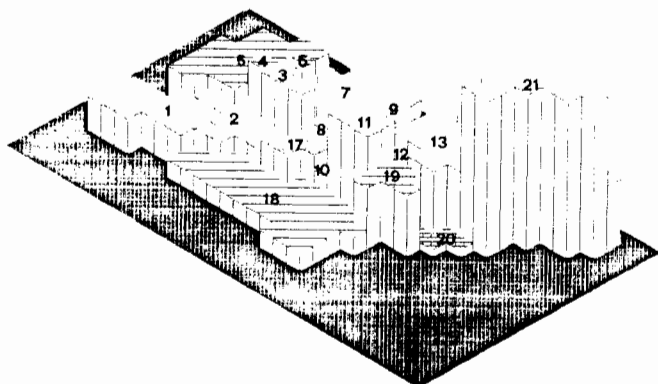


Fig. 5.—Valores de razón de relieve en el conjunto del Guadalentín.

La matriz de correlación ofrece índices positivos medios entre esta variable y la razón de elongación (0'58), índice de pendiente (0'51), bajos con el índice de compacidad (0'14), nulos con la densidad de drenaje (0'04), coeficiente de torrencialidad (0'02) y negativos con el coeficiente de manutención (-0'25), longitud media de los cauces (-0'33) y superficie (-0'29).

Como variable de relieve que explica la relación existente entre la pendiente y la densidad de drenaje, el *coeficiente de rugosidad o aspereza* (Strahler, 1964) igual al producto del desnivel absoluto de una cuenca por la densidad de drenaje, aporta una información complementaria acerca de cuáles son las cuencas que a pesar de registrar fuertes desniveles, alcanzan valores altos de densidad de drenaje, cuando el valor de superficie se conjuga con la orografía o con la presencia de amplias vertientes, como es el caso de cuencas de tamaño medio y topografía accidentada o las unidades formadas por sistemas de ramblas cuya cuenca receptora la constituye amplias laderas.

La figura 6, muestra los valores obtenidos para esta variable, correspondiendo los máximos de 6'44; 5'92; 5'53; 5'50; 5'35; 5'18 a las unidades 5, 14, 21, 12, 13, y 9 respectivamente, contribuyendo sin duda a la rugosidad de sus modelados, la pendiente, forma de la cuenca y textura de la red; lo que responde a la fuerte correlación

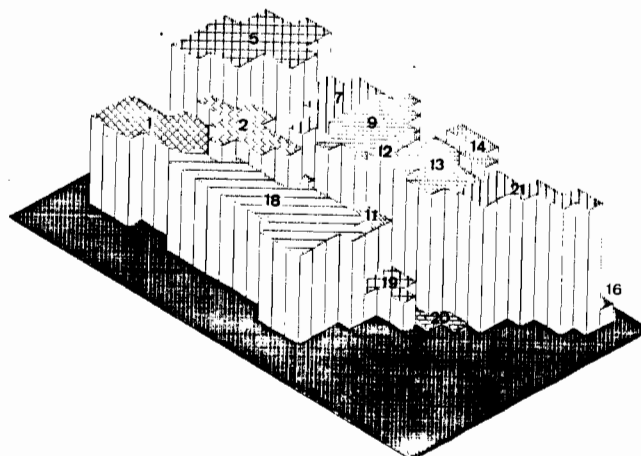


Fig. 6.—Valores del coeficiente de rugosidad en el conjunto del Guadalentín.

que presenta con la pendiente máxima de las vertientes (0'85), índice de forma (0'73) y densidad de drenaje (0'51).

La figura 7, indica los valores obtenidos en la cuenca para la *pendiente máxima de las vertientes*, en función de la longitud total de los cursos de agua, superficie y desnivel absoluto (Melton, 1957), correspondiendo los máximos de 88'89; 81'71; 73'24; 71'04; 70'27; y 69'32 a las unidades 14, 12, 13, 5, 21 y 3, donde el parámetro pendiente va a ejercer una mayor influencia en los procesos de evacuación de caudales y arrastre de material.

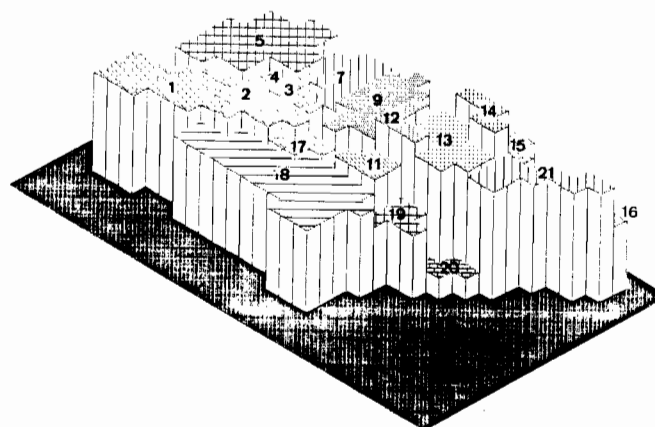


Fig. 7.—Valores de pendiente máxima de las vertientes en el conjunto del Guadalentín.

Su correlación es alta con el índice de rugosidad (0'85), media con el índice de pendiente (0'50), razón de relieve (0'38), y escasa con la superficie, variables de longitud de cauces y de intensidad del fenómeno fluvial.

Considerando globalmente los valores y tipos de co-

rrelación existente entre todas las variables de relieve, en función de una menor superficie altos valores de pendiente, razón de relieve, rugosidad, y pendiente máxima de las vertientes, se puede dar como probable el hecho de que las unidades 3, 4, 12, 13, 14, 21, presenten un drenaje rápido de tal forma que su respuesta al agua recibida es casi inmediata. Más lento será el drenaje en las unidades 6, 10, 11, 15 y sucesivas, hasta llegar al caso extremo de drenaje dificultoso en la unidad 20, por registrar un índice de pendiente muy bajo, escasa rugosidad, superficie y en definitiva una topografía poco accidentada.

### *Variables topológicas*

Como parámetros, derivados de la ordenación de la red de drenaje, definidoras de su magnitud se han calculado el orden de cuenca, número total de cauces, relación de bifurcación, y magnitud de la red.

Atendiendo al *orden*, sólo dos unidades (2, 5) situadas en el sector de cabecera alcanzan un orden 7; ocho unidades un orden 6 (1, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18); cinco un orden 5 (4, 8, 5, 10, 17, 21) y cinco un orden mínimo de 4 (3, 6, 16, 19, 20). Tal variabilidad se explica en parte si se considera proporcionalmente el área, ya que cuanto mayor es la superficie de cuenca vertiente, la red suele presentar un mayor desarrollo, sin embargo hay que señalar que esta relación no se cumple del todo en las unidades formadas por ramblas, como puede ser el caso de la 18 y 21, puesto que la estructura y disposición en paralelo de los cauces junto a las fuertes pendientes del terreno y bajas razones de bifurcación, determinan drenajes directos rápidos que obstaculizan la progresión aguas abajo hacia órdenes mayores.

A su vez existe una correspondencia directa entre cuencas de mayor orden con las de mayor área y las de mayor *magnitud de red*, traducida en el número de cursos de primer orden de una cuenca, como ocurre en las unidades 2, 5, 18 que con órdenes de 7, 7, 6, poseen 1.588; 2.771 y 6.462 segmentos elementales respectivamente, frente a subcuencas de orden 4 como la 6 que posee 56 cursos de primer orden.

Como parámetro significativo la *relación de bifurcación* o coeficiente entre la frecuencia de segmentos de un orden dado y el inmediatamente superior (Horton, 1945), va a tener una influencia decisiva no sólo en el desarrollo del drenaje y rugosidad del terreno, sino también en la longitud media de los cauces y curso principal, cuando los valores son altos. Por el contrario cuando los valores son bajos, potencia la descarga de crecidas en cuencas poco elongadas, donde el factor relieve entendido como estructura geológica es dominante. Por ello presenta una correlación positiva alta con la longitud del curso principal (0'73), media con el coeficiente de rugosidad (0'53), pendiente máxima de las vertientes (0'42), baja, con la superficie (0'32), densidad de drenaje (0'21), índice de pendiente (0'14), densidad hidrográfica (0'09) y negativa

con la razón de elongación (-0'49) y razón de relieve (-0'22).

En la cuenca, los valores de razón de bifurcación están comprendidos entre 3'86 y 6'19 conforme al criterio de Strahler (1964), que considera como valor representativo los superiores a 2, existiendo un predominio generalizado de confluencias entre los cursos de primer y segundo orden, y no en los restantes, que amortigua considerablemente el valor medio de la razón de bifurcación total obtenida. Dentro de esta consideración, los máximos valores medios lo registran las unidades, 3, 21, 16, 8, 9 y los mínimos las subcuencas 15, 6, 5, 14, 4, 11, 1, 12, en las primeras debido a la densidad y textura de sus redes, en las segundas, por ser el relieve acusado y ejercer la pendiente una función importante. Presentando estas últimas un mayor riesgo de inundación por crecidas rápidas y violentas, dada la velocidad y competencia que pueden adquirir los caudales circulantes por sus cauces.

### *Variables relacionadas con la longitud de los cauces de la red de drenaje*

Dentro de este grupo se han considerado la longitud total de segmentos, la longitud media y la longitud del cauce principal, como variables relacionadas con elementos morfométricos.

En el Guadalestín la *longitud total* de segmentos obtenida para cada subcuenca, es muy variable, siendo las de mayor superficie las que presentan un desarrollo longitudinal de los cauces más elevado, así en las unidades 18, 5, 7, 9, 2, 21, 13 y 1 se alcanzan recorridos totales desde 2.641 a 850 km frente a unidades muy pequeñas como la 6 (12 km<sup>2</sup>) que registra 37 km. Por lo que se evidencia la correlación positiva existente entre estas dos variables (0'72). Al igual que ocurre con la *longitud media de cauces*, cuyos valores máximos de 35; 34; 32; 27'68; 27'18; 26'5; 23'3 km lo alcanzan respectivamente las subcuencas 2, 7, 13, 18, 1, 9, 5 de mayor área (fig. 8).

Sin embargo, hay que señalar que la *longitud media total* enmascara anomalías existentes entre longitudes parciales de cursos en cada orden, significativas a la hora de explicar otros parámetros de densidad y textura que presenta la red de drenaje. De tal forma que las medias parciales, suelen ser bajas en los cursos de primer y segundo orden y más altas conforme el orden de los segmentos aumenta, debido a que casi la totalidad de las subcuencas del Guadalestín presentan cabeceras intensamente drenadas por numerosos segmentos muy cortos de orden inferior, cuyas confluencias rápidas y próximas, determinan longitudes medias escasas en este tramo, aumentando considerablemente conforme se alcanzan órdenes mayores en el tramo medio-bajo. Las longitudes medias totales oscilan de 0'27 a 0'68 km siendo las cuencas 1, 16, 7, 3, 5, y 6 las que registran los máximos y las 17, 14, 10, 11, 15, 18, 12, 21, 8 los mínimos.

La correlación obtenida con otras variables muestra

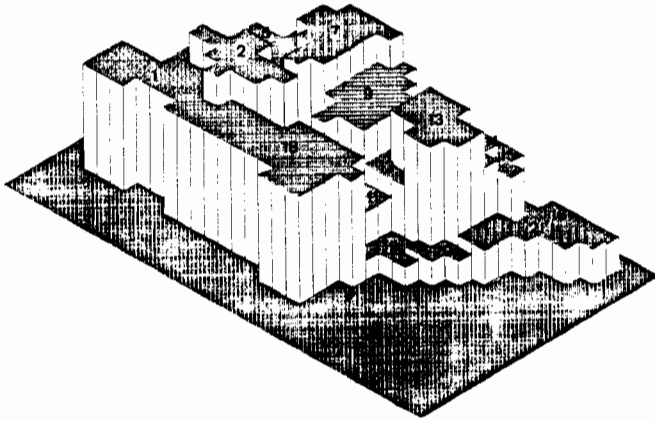


Fig. 8.—Valores de longitud media de cauces en el conjunto del Guadalentín.

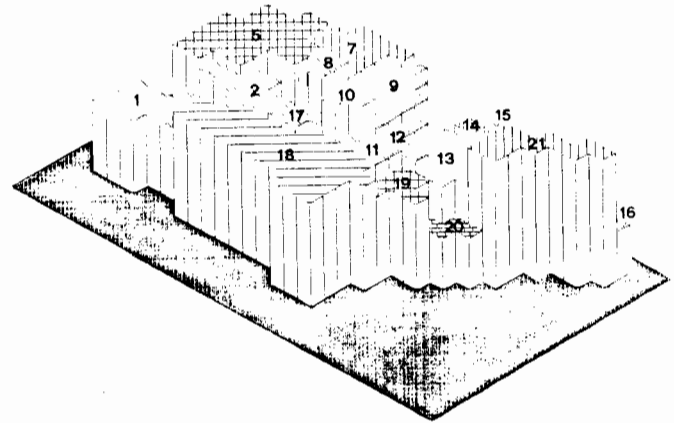


Fig. 9.—Valores de densidad de drenaje en el conjunto del Guadalentín.

índices positivos altos con la longitud del curso principal (0'96), superficie (0'72), coeficiente de rugosidad (0'71), medios, con la pendiente máxima de las vertientes (0'48), muy bajos con la densidad de drenaje (0'19), coeficiente de torrencialidad (0'06) y nulos o negativos con el resto.

En consonancia, la *longitud del curso principal* a partir de las correlaciones calculadas, suele ser mayor en cuencas donde los valores de longitud media y superficie son altos, y no muy acusada la elongación, bifurcación y la pendiente, como es el caso de las unidades 2, 1, 13, 9, 18, 5, 7, cuyos cursos principales alcanzan valores comprendidos entre 38 y 28 km.

#### *Variables que miden la intensidad del fenómeno fluvial*

Dentro de este conjunto se han agrupado, la densidad de drenaje, el coeficiente de manutención, la densidad hidrográfica y el coeficiente de torrencialidad, como variables indicadoras del desarrollo del drenaje en relación a la geometría de la cuenca.

La *densidad de drenaje*, definida por Horton (1932, 1945) como el coeficiente entre la longitud total de cursos de agua y la superficie de la cuenca, constituye uno de los parámetros más importantes a considerar, ya que expresa con mayor exactitud la geometría de la red de drenaje y las relaciones entre la forma y los procesos que operan en el interior de una cuenca (Gregory y Walling, 1973). Asimismo es el factor topográfico más relevante a la hora de caracterizar las condiciones de formación de caudal de salida de una cuenca, al ejercer una función de control entre lo que entra como «inputs» (precipitación) y lo que sale como caudal y sedimentos (Castillo Sánchez, 1986).

En relación al tipo de densidades de drenaje que consideran algunos autores (Strahler, 1964; Morisawa, 1985), en el Guadalentín las densidades obtenidas son bajas con texturas muy gruesas, ya que no se superan los 6 km/km<sup>2</sup>, sin embargo respecto al medio semiárido donde se ubica, se

puede considerar de tipo medio con textura gruesa.

La figura 9, muestra los valores que se alcanzan en las distintas subcuencas, correspondiendo los máximos de 6'2; 5'94; 5'46; 4'84; 4'79; 4'73; 4'59; 4'44 km/km<sup>2</sup> a las unidades 8, 10, 21, 7, 5, 17, 9, 18 respectivamente y los mínimos en torno a 2 km/km<sup>2</sup> a la 20, 16. En estos valores se observa una cierta correspondencia de mayor densidad, en subcuencas de mayor superficie, pero con valores de pendiente medios. También una mayor densidad de drenaje en unidades cuyos valores de bifurcación son altos, ya que esta variable contribuye a la rugosidad del terreno, así como en aquellas que registran altos valores de densidad hidrográfica y coeficiente de torrencialidad. Hecho que se constata a partir de la correlación obtenida con estas variables, alta, con la densidad hidrográfica (0'87), coeficiente de torrencialidad (0'84), media con el coeficiente de rugosidad (0'42), baja pero significativa con la razón de bifurcación (0'21), superficie (0'19) y nula o negativa con el resto, destacando como máxima relación inversa de -0'94 la registrada con el coeficiente de manutención.

El *coeficiente de manutención* o área mínima para que se elabore un metro lineal de escorrentía, supone un indicador de áreas poco drenadas, ya que registra una relación inversa con el resto de variables que favorecen el desarrollo de la red de drenaje, por ello es evidente que los máximos alcanzados en el conjunto (fig. 10) lo registren las subcuencas 16, 20, donde los valores de densidad de drenaje, densidad hidrográfica y coeficiente de torrencialidad son muy bajos, como resulta obvio al comparar la figura 10 con la 9, 11 y 12.

La *densidad hidrográfica* o índice de frecuencia de cursos, definida por Horton (1932) como el coeficiente entre el número de cursos total de una cuenca por superficie, constituye un parámetro complementario de la textura de la red, fuertemente relacionado con las variables que indican la intensidad del fenómeno fluvial, densidad de drenaje (0'87), coeficiente de torrencialidad (0'98), en menor grado con algunas variables de relieve que favorecen el desarrollo del drenaje, tales como el índice de pendiente (0'21), coeficiente de rugosidad

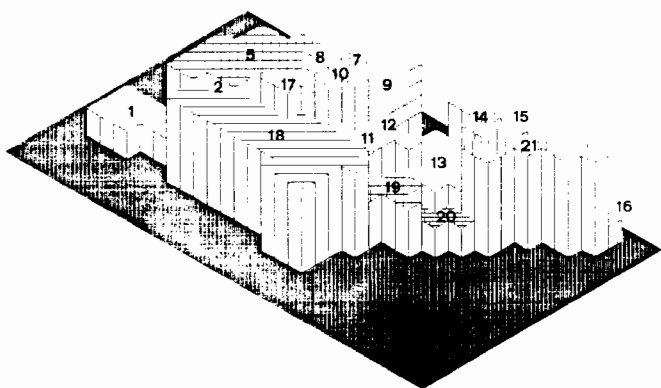


Fig. 10.—Valores del coeficiente de mantención en el conjunto del Guadalentín.

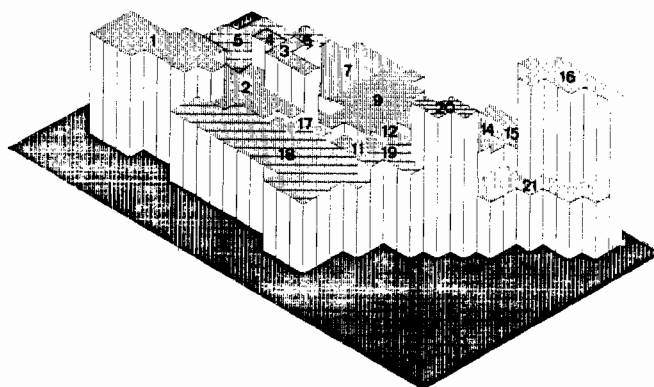


Fig. 12.—Valores del coeficiente de torrencialidad en el conjunto del Guadalentín.

(0'26), pendiente máxima de las vertientes (0'21) e inversamente con la superficie (-0'24), longitud media de los cauces y longitud del curso principal.

En la cuenca (fig. 11) los valores máximos comprendidos entre 15 y 13'3 lo registran las unidades 10, 17, 8, 21, 14, 18, 13, donde el factor pendiente y menor superficie adquieren importancia, los mínimos con índices de 3 y 4'5 respectivamente, las subcuencas con menor densidad de drenaje, es decir, la 16 y 20.

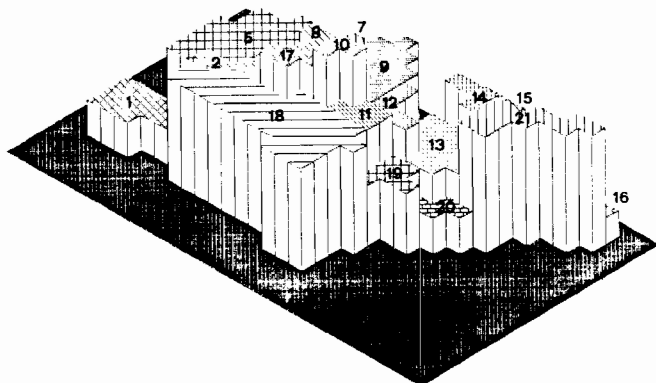


Fig. 11.—Valores de densidad hidrográfica en el conjunto del Guadalentín.

Atendiendo al número de cursos de primer orden por unidad de superficie y densidad de drenaje, el coeficiente de torrencialidad, introduce ciertas matizaciones referentes a la magnitud y textura de red que puede tener una cuenca, a la vez que denota sus características físicas y morfológicas, ya que indica una mayor ramificación de cursos elementales en los sectores de cabecera. Rasgo común que muestran las unidades 10, 8, 17, 21, 18, 9, 14, 11 en donde se alcanzan los valores más altos de esta variable comprendidos entre 97'05 y 41'99 (fig. 12), ligado también a la menor superficie, altas pen-

dientes, densidades de drenaje y bifurcaciones que presentan sus tramos altos. Los mínimos de 6'06; 8'47 y 10'96 lo registran las subcuencas 16, 20 y 1, en las dos primeras ligado a la escasa accidentalidad que muestra el terreno, en la última debido a que presenta amplias laderas drenadas por cauces dispuestos en paralelo que apenas tienen desarrolladas sus cabeceras.

La correlación obtenida de esta variable es alta con la densidad hidrográfica (0'98), densidad de drenaje (0'84), baja con las variables de relieve tales como el coeficiente de rugosidad (0'24), índice de pendiente (0'11) y pendiente máxima de las vertientes (0'19) y nula o negativa con el resto.

#### 4. Conclusiones

En un estudio de este tipo, siempre resulta difícil determinar con el máximo rigor la influencia que ejerce cada variable o conjunto de variables, en la génesis de flujos hídricos activos dentro de una cuenca, puesto que la forma en la que pueden combinarse es muy variada. En el Guadalentín las subcuencas que con características diferentes muestran ser las más dinámicas en los procesos de escorrentías eficaces, son las siguientes:

— Las unidades 4, 6, 8, 3, 17 como ejemplo de cuencas pequeñas, regulares y con tendencia a la circularidad, que presentan relieve acusado y fuertes pendientes, altas razones de bifurcación, longitudes medias escasas en cabecera y densidades de drenaje medias.

— Las unidades 2, 13, 18 como prototipo de cuencas de mayor superficie, relieve importante, pendientes medias, razones de bifurcación y longitudes medias intermedias y fuertes densidades de drenaje.

— Las unidades 10, 12, 14, 15, 21 como cuencas de superficie intermedia elongadas, de relieve accidentado en los tramos altos, fuertes desniveles, empinadas pendientes, razones de bifurcación variada pero con un predominio de valores máximos en cabecera y mínimos en los tramos inferiores y longitudes medias bajas en los



sectores de cabecera y altas en los tramos inferiores, densidades de drenaje medias y fuertes coeficientes de torrencialidad.

### Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento a don José Carlos Carrión Plaza, colaborador del Centro de Proceso de Datos de la Universidad de Murcia, por su eficaz ayuda en la realización de los programas que han posibilitado la elaboración de las figuras tridimensionales que aparecen en este trabajo.

### Bibliografía

- CASTILLO SANCHEZ, V. (1986): *Estudio cuantitativo de paisajes fluviales*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid, 2 tomos, 646 pp. (inédita).
- GREGORY, K. J. y WALLING, D. E. (1973): *Drainage basin form and process*. A Geomorphological Approach, Arnold, London, 449 pp.
- HORTON, R. E. (1932): «Drainage basin characteristics». *Transactions of the American Geophysical Union*, 13, pp. 522-541.

- (1945): «Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology». *Geol. Soc. Amer. Bull* 56, pp. 275-370.
- MANZANARES MARTINEZ, D. A. (1984): *Formas de modelado en la cuenca neógena de Lorca: Ramblas del Estrecho y Torrealvilla*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia, 437 pp. (inédita).
- MELTON, M. A. (1958): «Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents». *Journal of Geology* 66, pp. 442-460.
- MORISAWA, M. E. (1985): *Rivers form and process Geomorphology*. Teks 7, Longman, London, 222 pp.
- NAVARRO HERVAS, F. (1986): «Los conjuntos geomorfológicos de la cuenca del Guadalentín». En *Estudios sobre geomorfología del Sur de España*. López Bermúdez y L. B. Thornes (Eds). Dpto. de Geografía Física. Universidad de Murcia y Dpto. of Geography University of Bristol. Comission on Measurement, Theory and Application in Geomorphology. International Geographical Union. Murcia, pp. 109-112.
- SCHUMM, S. A. (1956): «The evolution of drainage systems and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey», *Bulletin of the Geological Society of America*, 67, pp. 597-646.
- STRAHLER, A. N. (1964): «Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks». In: CHOW, V. T. (Ed): *Handbook of applied hydrology*, pp. 439-476.
- RUIZ GARCIA, A. (1983): *Estructura y funcionamiento de las redes fluviales de la región de Murcia: El sistema de ramblas de Nogalte-Bejar-Viznaga*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia, 132 pp. (inédita).