CARACTERIZACION MORFOMETRICA DE LA CUENCA CATALANA DEL RIO SEGRE (LERIDA, NE ESPAÑA)

Antonio PALAU

Dpto. Ecología, Universidad de Barcelona. BARCELONA.

Palabras clave: Morfometría, ríos, implicaciones.

SUMMARY

MORPHOMETRICAL CHARACTERISTICS OF SEGRE CATALONIAN BASIN (LERIDA, NE SPAIN).

Key words: Morphometry, rivers, implications.

The organization of rivers in drainage areas is the natural result of one interaction between some factors as the litology the topography, the climate and the physical characteristics of water that, altogether, it loses degrees of freedom at the same time as it increases the distance to the sources.

This work explains some simple morphometrical aspects of Catalanian drainage area of Segre River like the stream order, the length and the orientation of channels, the Segre basin area and other physical characteristics; its relationships are also considered. The Segre basin has a pronounced hydrographic decompensation; however, they exist any regularities with hydrological and biological implications, related to ripeness physiognomy and stability of the ecosystem whose thorough knowledge through the morphometry, are important to planning and interpretation of limnological studies in general.

INTRODUCCION

El presente trabajo queda incluido en la serie de estudios que se hicieron siguiendo un ciclo anual en el río Segre (Lérida), desde Julio de 1983 hasta Junio de 1984 (PALAU & PALOMES, 1986) y con él se pretende poner de manifiesto algunos aspectos interesantes directamente deducibles de un estudio morfométrico sencillo. Para parte de su elaboración se ha prescindido del río Cinca, sin duda uno de los principales afluentes del Segre, ya que debido a su punto de confluencia, (unos pocos kilómetros antes de entrar en el río Ebro), su trascendencia en un estudio de este tipo es desproporcionadamente inferior al aumento en complejidad y número de medidas que representa su consideración (Figura nº 1). Es por esto que el título alude sólo a la cuenca Catalana del río Segre.

MATERIAL Y METODOS

El punto de partida, obligado en el caso de estudios morfométricos, es la utilización de una cartografía adecuada, tanto en cuanto a finalidad de los propios mapas como a su escala. Siguiendo los criterios al respecto expuestos por HYNES (1970), que guardan relación con la climatología general de las cuencas de drenaje, no se encontró una cartografía

IV CONGRESO ESPAÑOL DE LIMNOLOGIA

Actas : 147-154

totalmente adecuada para el área objeto de estudio ya que ésta presenta unas claras descompensaciones climatológicas al abarcar desde los Pirineos hasta la Depresión del Ebro; de esta forma, las escalas menores que podrían haber servido para la parte superior de la cuenca Catalana del Segre, densamente drenada, eran inútiles para la parte inferior; del mismo modo, las escalas mayores servían para la parte inferior poco drenada y en cambio mostraban una excesiva profusión de sistemas acuáticos claramente temporales o torrenciales de la parte superior de la cuenca. A esta descompensación hidrológica Norte-Sur de la cuenca se añadió otro factor que colaboró a aumentarla y que, en cierto modo, imposibilitó la realización de un estudio morfométrico integral: se trata de la compleja red de canales y acequias de riego intercomunicadas entre sí (en las comarcas más meridionales abarcadas por la cuenca), que igual reciben aguas de un río como las vierten a otro y que, por su propia canalización, han desfigurado la organización jerárquica de la parte inferior de la cuenca (ríos Sed, Corb, d'Ondara, Sió, Farfanya,...). (Figura nº 1).

Figura nº 1. Configuración general de la cuenca catalana del río Segre. Con la simbología correspondiente se señala los cursos de agua que no se han tenido en cuenta para los cálculos morfométricos lineales y el nº de orden de los ríos considerados.

Figure 1. General aspect of Segre Catalan basin. Through the corresponding symbology they are marked the streams that it have not to be in mind to morphometrical lineal calculations and the stream orders of considered rivers.

Por todo lo expuesto y después de buscar una adecuación máxima a la zona de estudio, se utilizaron como base los mapas 1:200.000 del Instituto Geográfico Nacional, sobre los que se realizaron el conjunto de medidas mediante planímetros y curvímetros. También se utilizaron los datos de la Memoria Anual de la Comisaría de Aguas del Ebro (M.O.P.U., 1983-84)

Los parámetros morfométricos, así como la nomenclatura general adoptada, son los propuestos por STHRALER (1977), adoptando como nivel descriptivo el que se obtiene de la consideración de la cuenca sobre un plano horizontal (características lineales, longitud, dirección,... y superficiales, área, forma,...). Al margen de estos parámetros, es habitual en los estudios morfométricos de ríos definir el nº de orden o grado de los ríos o más propiamente de los segmentos de los ríos, que se basa en el establecimiento de una jerarquización dentro de la cuenca atendiendo al número de afluentes que recibe cada segmento.

RESULTADOS

De la aplicación del concepto de grado o nº de orden se ha deducido la figura nº 1, que además sirve para ilustrar la configuración general de la cuenca Catalana del río Segre. Los datos morfométricos generales obtenidos según la escala de trabajo citada, se presentan en la tabla nº I. Los cálculos se basan en los cursos de agua permanentes y los puntos de origen propuestos por la cartografía empleada.

Nº de Orden	Nº de segmentos	Relación de bifurcación	Long. total de segmentos (Km)	Long. media de segmentos (Km)	Long. media acumulativa (Km)	Relación de longitud
n	N_n	R_n	L_n	$\bar{L}_n$	ΣL_n	R_n
1	552	3.83	2296	4.16	4.16	1.15
2	144	5.33	690	4.79	8.95	2.81
3	27	4.50	364	13.48	22.43	3.25
4	6	3.00	263	43.83	66.26	2.46
5	2	2.00	216	108.00	174.26	0.93
6	1		100	100.00	274.26	
		$\bar{x} = 3.73$	$\bar{x} = 3929$	$\bar{x} = 2.12$		

Tabla nº I. Principales características morfométricas de la cuenca Catalana del río Segre (PALAU & PALOMES, 1986).

Table I. Main morphometrical characteristics of Segre Catalanian basin (PALAU & PALOMES, 1986).

El máximo nº de orden encontrado resultó ser "6" para el tramo final del río Segre, antes de su confluencia con el río Cinca.

La relación de bifurcación (R_n) indica, empezando por el número de orden superior, la razón de incremento en el número de segmentos al disminuir de grado. Para redes hidrográficas de regiones con clima, litología y estado

de desarrollo uniforme, la relación de bifurcación tiende a mantenerse constante de un grado al siguiente, aunque se admiten oscilaciones entre 3 y 4 (HYNES, 1970) o entre 3 y 5 (STRAHLER, 1977) como propias de los sistemas fluviales.

Acerca de las longitudes de los segmentos de distinto grado, la suma de las longitudes de los segmentos de 1º, 2º y 3º orden, suele representar el 85% de la suma total de las longitudes de todos los segmentos (valor que representa los kilómetros totales de "río" que hay en la cuenca considerada) (ANDERSON & SEDELL, 1979). En el río Segre se ha encontrado un valor del 85.26% para esta regularidad.

En promedio, la densidad drenaje es muy baja, del orden de 0.3 - 0.4 km de cauce por km² de superficie de cuenca, lo que se aproxima a los valores propios de áreas arreicas o sin buen drenaje (MARGALEF, 1983) y sólo a través del conocimiento de la descompensación hidrológica Norte-Sur de esta cuenca deja de parecer sorprendente que tales valores puedan corresponder a una área de drenaje que recoge aguas de cuatro importantes ríos de origen pirenaico. Por otro lado, el concepto de densidad de drenaje no guarda relación con los caudales transportados ya que a medida que aumenta el área considerada hay mayor probabilidad de incluir segmentos de cauce caudalosos que transportan la misma o más cantidad de agua con menor longitud del cauce.

En cuanto a la longitud media acumulativa ($\bar{L}_n$), en cierto modo informa de la importancia del propio río Segre respecto al resto de los ríos de su cuenca; así, el hecho de que la longitud total del Segre sea muy inferior a la longitud media acumulativa total, refuerza la importancia de la red de drenaje frente al eje del río Segre. En este mismo sentido, la relación de longitud (R_n) corrobora aún más esta situación al mostrar como existe una progresión geométrica de orden 2-3, aproximadamente desde el 2º orden, que queda desfigurada en los segmentos de grado superior.

Otra forma de poner en evidencia la importancia de la cuenca respecto a su río principal, consiste en relacionar su longitud con la superficie de la cuenca. Esta relación no es lineal sino de tipo alométrico; así, un incremento en la longitud representa un aumento proporcionalmente mayor del área drenada que viene determinado por una ecuación del tipo:

$$A_n = a \cdot L_n^b$$

donde "A" es el área, "L" la longitud, "a" una constante numérica, "b" un exponente que representa la razón de incremento y "u" se refiere al nº de orden considerado. LEOPOLD et al. (in Hynes, 1970) propone que, por término medio, la ecuación antes expuesta se ajusta a la siguiente expresión:

$$A = 0.57 L^{1.55} \quad (\text{o bien, } L = 1.40 A^{0.60})$$

Para el caso concreto del río Segre, coordinando los datos de la tabla nº I con los deducidos de la Memoria Anual de la Comisaría de Aguas del Ebro (M.O.P.U., 1983-84) y procurando mantener el valor de "a" constante, la relación promedio que resulta es:

$$A = 0.57 L^{1.55} \quad (\text{o bien, } L \approx 1.35 A^{0.64})$$

Por la propia ley de crecimiento alométrico planteadada, al aumentar la longitud del río, aumenta proporcionalmente más el valor del área; sin

embargo tal y como apunta HYNES, (1970) la relación A/L crece más lentamente que el incremento de longitudes y por ello las cuencas, a medida que aumentan su longitud, tienden a hacerse cada vez más estrechas y alargadas hasta acabar cerrándose. Esta relación A/L , en cierto modo, puede relacionarse con el concepto de "anchura" de la cuenca.

Figura nº 2. Ilustración gráfica con triángulos proporcionales de la longitud (altura), el doble de la relación A/L (base) y la superficie (área) de la cuenca del río Segre a la altura de diferentes poblaciones ribereñas y en conjunto (PALAU & PALOMES, 1986).

Figure 2. Graphic showing with proportional triangles, the length (height), the double of ratio A/L (base) and the drainage area (area) of Segre basin on the same latitude as different villages which lie along the river and on the whole (PALAU & PALOMES, 1986).

La figura nº 2 pretende ilustrar esta idea mediante triángulos de altura, base y área proporcionales respectivamente, a la distancia al origen, al doble de A/L (por la ecuación del área de un triángulo) y a la superficie de la cuenca, según los datos del M.O.P.U. (1983-84). La línea más gruesa que va uniendo simétricamente por el exterior los valores de A/L a la altura de las diferentes poblaciones, pone de manifiesto los tramos

del río donde la cuenca se "estrecha" o, lo que es lo mismo donde la razón de incremento del área es menor que la razón de incremento de la longitud del Segre, como ocurre entre Plà de Sant Tirs y Pons con el río circulando por un estrecho y alargado desfiladero sin apenas afluentes con subcuencas laterales importantes. La ausencia de afluentes importantes es también la causa de la constricción que muestra la figura nº 2 entre las poblaciones de Torres de Segre y Serós y la importancia de la inclusión de la cuenca del río Cinca, afluente del Segre ya por debajo de la población de Serós, es también evidente en la citada figura.

La orientación dominante de los ríos dentro de la cuenca se muestra en la figura nº 3; para su elaboración se han simplificado los cálculos al no considerar más que 16 direcciones (azimuts) posibles a las que se han ido ajustando, por orden, todos los segmentos y para conocer las longitudes de los diferentes segmentos orientados en una dirección determinada, se ha utilizado, para cada grado, su longitud media (tabla nº 1). El centro de coordenadas de cada distribución azimutal en la citada figura representa el punto final hacia el que va cada segmento o conjunto de segmentos considerado; así, la orientación obtenida para el 6º orden (en este caso con un sólo segmento), debe entenderse como NE/E (origen) - SO/O (final).

Figura nº 3. Orientación preferente de los segmentos de río pertenecientes a cada uno de los grados encontrados en la cuenca Catalana del río Segre. En la misma figura, se muestran las 16 direcciones sobre las que se ha organizado el análisis (PALAU & PALOMES, 1986).

Figure 3. Preferential orientation of river segments for each one stream orders in Segre Catalan basin. On the same figure appear the 16 possible respected directions (PALAU & PALOMES, 1986).

El contraste entre la ausencia de una orientación preferente en los segmentos de nº de orden bajo y la unidireccionalidad creciente, junto con la disminución del número de segmentos al aumentar el grado, es un ejemplo de la estrategia que gobierna a la organización del espacio en la cuenca.

DISCUSION

El concepto de nº de orden o grado de los ríos, aparte de su utilidad práctica para la mejor comprensión de la organización de las cuencas, algunos autores lo han relacionado con la propia estructura y dinámica de los ríos.

ILLIES & BOTOSANEANU (1963) ya utilizaron, aunque de un modo implícito, la jerarquización en ordenes para su teoría de la Zonación como soporte de todas sus implicaciones limnológicas. VANNOTE et al. (1980) en "The River Continuum Concept" incluyen el concepto de grado y apuntan que, normalmente entre los segmentos de 3º y 4º orden, un río pasa de ser "heterótrofo" (con pocos productores primarios, predominio de los aportes alóctonos,...) a ser "autótrofo" (con más productores primarios y menor importancia relativa de los aportes alóctonos,...). ANDERSON & SEDELL (1979), apuntan que en el paso de 4º a 6º orden, la fracción de material orgánico particulado fino, pasa a representar un mayor protagonismo que el material orgánico grosero dentro del río.

Estas dos últimas observaciones se han puesto claramente de manifiesto en el río Segre: a la altura de la población de Puigcerdà (Gerona) (fig. nº 1), donde aproximadamente el Segre pasaba de 3º a 4º orden, el río, mucho más ancho y caudaloso, permite, sobre todo, una mayor profusión de macrófitos y también ciertos cambios significativos en las proporciones de los "oficios" desarrollados por los diferentes grupos de macroinvertebrados bentónicos, (aumento apreciable de algunos raspadores como ANCYLIDAE y disminución de trituradores como NEMOURIDAE, algunos Limnephílidos y LIMONIIDAE). Del mismo modo, aguas abajo de La Seu d'Urgell, donde el Segre deja de ser de 4º grado, los grupos de macroinvertebrados colectores como SIMULIIDAE y sobre todo HIDROPSYCHIDAE aumentaban, por supuesto en los puntos donde las condiciones físico-químicas del agua lo permitían (PALAU & PALOMES, 1986).

Acerca de la relación entre el nº de orden (u) y el número de segmentos (N_u) para cada orden (tabla nº I), se observa como los grados menores van asociados a un número mayor de segmentos y viceversa lo que está de acuerdo con la organización convergente de las cuencas aguas abajo en base a la creciente estabilidad de las condiciones y mejor consolidación del medio (MARGALEF, 1983). Esta convergencia creciente a medida que el río se acerca a su desembocadura sirve también para la interpretación de la figura nº 3 donde el aumento de grado va acompañado de una mayor definición en la dirección preferente de los segmentos considerados. Trabajando con una escala de trabajo mayor (1:10.000) PRAT et al., (1979) pusieron de manifiesto una situación idéntica en relación con la orientación preferente de los distintos segmentos del río Valira (Andorra), afluente por derecha del río Segre a la altura de La Seu de Urgel (figura nº 1).

Sobre la relación de bifurcación, los resultados de la tabla nº I ponen de manifiesto la ya citada descompensación hidrológica de la cuenca Catalana del río Segre que, de hecho tampoco desaparecería del todo con la inclusión del río Cinca y el resto de cauces meridionales no considerados en los cálculos morfométricos lineales. Del mismo modo, y aún después de afinar más en las relaciones de bifurcación se seguiría manteniendo la acusada morfología arborescente de la cuenca, fácilmente intuible ya con los valores obtenidos para la relación de bifurcación.

El perfil del río se ajusta a una curva cóncava hacia arriba, que va disminuyendo progresivamente su pendiente a medida que el río se acerca a

su desembocadura (PALAU & PALOMES, 1986). Este tipo de configuración es la propia de un sistema fluvial persistente en el tiempo y enlaza claramente con el concepto de madurez del ecosistema a través de la estabilidad que ha ido asegurando para el desarrollo de las comunidades naturales.

A través de algunas precisiones realizadas, se puede entrever que la realización "a priori" de estudios morfométricos de ríos pone al alcance una información complementaria importante tanto para la planificación inicial de los estudios limnológicos como para su interpretación al permitir un mayor grado de comprensión del medio y un mejor ajuste en los estudios de las comunidades naturales asociándolos no sólo a las características físico-químicas de las aguas sino con el propio espacio físico del río.

Por último, algunos aspectos estrictamente hidrológicos relacionados con la respuesta de las redes hidrográficas frente a variaciones de los caudales circulantes son también deducibles directamente de los análisis morfométricos de cuencas; así, el conocimiento de los "tramos estrechos" localizados con la figura nº 2 y el cálculo de los valores de R_b (tabla nº I) son interesantes de conocer en relación con el peligro de avenidas, que son una amenaza en cuencas de configuración dendrítica y poco reguladas.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, N.H. & J.R. SEDELL (1979). Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. Ann. Rev. Entomol., 24: 351-377.

HYNES, H.B.N. (1970). The Ecology of running waters. University Press. Liverpool: 555 pp.

ILLIES, J & L. BOTOSANEANU (1963). Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. Mitt. Soc. int. Limnol., 12: 1-57.

MARGALEF, R. (1983). Limnología. Ed. Omega. Barcelona: 1.010 pp.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO (1983-84). Análisis de Calidad de Aguas. Memorias Anuales de la Comisaría de Aguas del Ebro. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid.

PALAU, A. & A. PALOMES (1986). Diagnóstico Físico-Químico y Biológico del Río Segre. Dptos. Ciencia del Suelo y Climatología, y Microbiología (Eds.). E.T.S.I.A. Lleida: 500 pp.

PRAT, N., I. BAUTISTA, G. GONZALEZ & M.A. PUIG (1979): La xarxa hidrogràfica andorrana. In: El patrimoni natural andorrà. R. Folch (Ed.). Ed. Ketres. Barcelona: 261-309.

STHALER, A.N. (1977). Geografía Física. 3ª edición española. Ed. Omega. Barcelona: 767 pp.

VANNOTE, R.L., G.W. MINSHALL, K.W. CUMMINS, J.R. SEDELL & C.E. CUSHING (1980). The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37:130-137.