

Geomorfología fluvial en la cabecera del río Nalón (Cordillera Cantábrica, Noroeste de España)

Montserrat Jiménez Sánchez

*Departamento de Geología, Área de Geodinámica
c/ Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo
E-mail: mjimenez@asturias.geol.uniovi.es*

Recibido el 29 de Octubre de 1999. Aceptado el manuscrito revisado el 31 de Diciembre de 1999.

Resumen: La cabecera del río Nalón muestra valles fluviales con un perfil longitudinal nivelado por debajo de los 950-650 m, tres niveles de terrazas (T_1 , 30 m; T_2 , 10 m; T_3 , 3-4 m) y la llanura aluvial. La red hidrográfica, de orden 6, cumple los presupuestos teóricos de Horton; no existe una correspondencia entre el valor de los parámetros de relieve y el de la integral hipsométrica (39%), lo que pone en evidencia la limitación del empleo de esta última; los parámetros geométricos sugieren una rápida respuesta de la cuenca frente a las precipitaciones y el bajo valor de la densidad de drenaje ($2,62 \text{ km/km}^2$) está en consonancia con las características físicas de la cuenca. La morfología fluvial está condicionada por la variedad litológica del sustrato paleozoico; por la influencia de la tectónica hercínica y alpina y, por último, por la evolución cuaternaria de la zona, para cuya valoración adecuada faltan todavía datos de carácter regional.

Palabras clave: morfología fluvial, análisis morfométrico, cuenca hidrográfica, río Nalón, Cordillera Cantábrica

Abstract: The High Basin of the Nalón River show fluvial valleys with a graded longitudinal profile under 750-650 m and deposits resulting from three terrace levels (T_1 , 30 m; T_2 , 10 m; T_3 , 3-4 m) and the present aluvial plain. The fluvial network, with a 6th order, fits to the theoretical Horton principles; there is not a correspondance between the relief parameters and the hypsometric integral value (39%), due to methodological restrictions; the geometrical parameters suggest a quick rainfall response; the low value of the drainage density (2.62 km/km^2) is according to the physical basin features. The fluvial morphology is conditioned by the lithological variety of the Palaeozoic bedrock; by the Hercynian and Alpine Tectonics influence and by the Quaternary evolution of the area, which still shows a lackness of regional data.

Key words: fluvial morphology, fluvial basin, morphometrical analysis, Nalón River, Cantabrian Mountains.

Desde que en 1914 Obermaier y Hernández Pacheco abordaran el estudio de los rasgos glaciares de los Picos de Europa, la geomorfología de Asturias ha despertado el interés de diversos investigadores, aunque el número de publicaciones dedicadas a su estudio es muy escaso en relación con otros aspectos relacionados con las Ciencias de la Tierra. Son el glaciario y las “sierras planas” del litoral los rasgos del modelado a los que se ha dedicado un mayor número de trabajos. Sin embargo, el relieve asturiano ha experimentado además una notable in-

fluencia de la actuación de otros procesos, como los relacionados con la dinámica kárstica, los procesos de gravedad o los procesos fluviales. Con respecto a estos últimos, exceptuando trabajos como el de Llopis Lladó (1954), la investigación dentro del campo de la geomorfología fluvial en Asturias no ha comenzado hasta fechas muy recientes. Entre las publicaciones realizadas hasta el momento cabe destacar las dedicadas al estudio de aspectos globales del relieve de Asturias (Marquínez, 1992; Fariás y Marquínez, 1995), a las características generales

de los ríos en la totalidad del territorio asturiano (Fernández Martínez, 1981; Peón y Flor, 1993) y a la utilización de métodos cuantitativos e informáticos para diversos aspectos relacionados con la geomorfología fluvial (Fernández Rodríguez et al., 1997; Fernández Iglesias et al., 1998).

La geomorfología del sector más elevado de la cuenca del río Nalón responde esencialmente a las características de un sistema fluvial activo, aunque sus rasgos se explican además contemplando la actuación de procesos de gravedad, algunos de los cuales continúan funcionando en la actualidad (Jiménez Sánchez, 1994, 1997), y los derivados de la existencia de sistemas glaciares, hoy ya inactivos (Jiménez Sánchez y Marquín, 1990; Jiménez Sánchez, 1996). Los objetivos de este trabajo son: 1) el análisis de las características morfológicas del relieve derivadas de la actuación de los procesos fluviales en el Alto Nalón; 2) el establecimiento de los factores que controlan la morfología fluvial en dicho sector de la Cordillera Cantábrica.

Marco geográfico y geológico

La zona de estudio se sitúa en la vertiente Norte de la Cordillera Cantábrica y comprende la parte de la cabecera del río Nalón con nivel de base en la presa de Tanes (Figura 1), con una extensión total de 264 km². El relieve es muy abrupto, con altitudes que oscilan entre 492 m y 2104 m. El clima es de tipo templado-húmedo, con más de 1800 l/m² de precipitación y temperaturas medias de 10°C. La superficie cubierta por vegetación, esencialmente pastizales, hayedos y plantaciones de castaños, llega a ser del 70%.

Desde el punto de vista geológico, el área se sitúa en la Región del Ponga (Julivert, 1960; Alvarez Marrón, 1989), dentro de la Zona Cantábrica de la Cordillera Hercínica. El sustrato presenta una gran variedad litológica y está compuesto por rocas con edades comprendidas entre el Cámbrico y el Carbonífero. La sucesión paleozoica se divide en dos unidades, separadas entre sí por una laguna estratigráfica que abarca parte del Ordovícico y la práctica totalidad del Silúrico y del Devónico. La unidad inferior está constituida por la Caliza de Láncara, las Areniscas y Pizarras de Oville y la Cuarcita de Barrios, mientras que la superior está integrada

predominantemente por materiales de edad Carbonífera, entre los que están las Calizas de Barcaliente y Escalada y las alternancias fundamentalmente detríticas de las Formaciones Beleño y Fito. Desde el punto de vista tectónico puede destacarse la existencia de cabalgamientos de edad Hercínica que muestran un trazado sinuoso debido a la existencia de pliegues transversales a sus trazas. Existe, además, un importante conjunto de fracturas que cortan a ambos tipos de estructuras, como la Falla de Ventaniella, que atraviesa toda la región con un dirección NO-SE.

Al igual que en el resto de la Cordillera Cantábrica, la disposición de las principales alineaciones montañosas está relacionada con la instalación de fallas inversas durante el Terciario (Alonso et al., 1996). Sobre este relieve alpino se encaja la red hidrográfica en angostos valles, en cuya cabecera se conservan formas y depósitos que han permitido deducir que durante la última etapa glacial la altitud de los frentes de los hielos oscilaba entre los 950 m y los 1100 m (Jiménez Sánchez, 1994; 1996).

Metodología

Se ha elaborado una base cartográfica a escala 1:25.000 que incluye la red hidrográfica y las formas fluviales, éstas últimas extraídas del mapa geomorfológico realizado para toda la cuenca alta del río Nalón (Jiménez Sánchez, 1994). A partir de esta cartografía se han realizado distintas secciones topográficas. La morfología de la red hidrográfica ha sido clasificada de acuerdo con Howard (1967).

La información relativa a la topografía y a la red hidrográfica de la zona ha sido digitalizada y transferida a un Sistema de Información Geográfica. Los distintos programas integrantes de éste han permitido a su vez la elaboración del Modelo Digital del Terreno y la obtención de los mapas de pendientes, hipsometría y orientaciones de la cuenca, que fueron utilizados en la realización del análisis morfométrico de la cuenca. Dicho análisis ha sido llevado a cabo mediante la cuantificación de los parámetros propuestos en trabajos clásicos (Horton, 1945; Strahler, 1952, 1979) y sintetizados en publicaciones como las de Gregory y Walling (1973), o Mc Cuen (1989). El conjunto de parámetros analizados incluye variables e índices lineales,

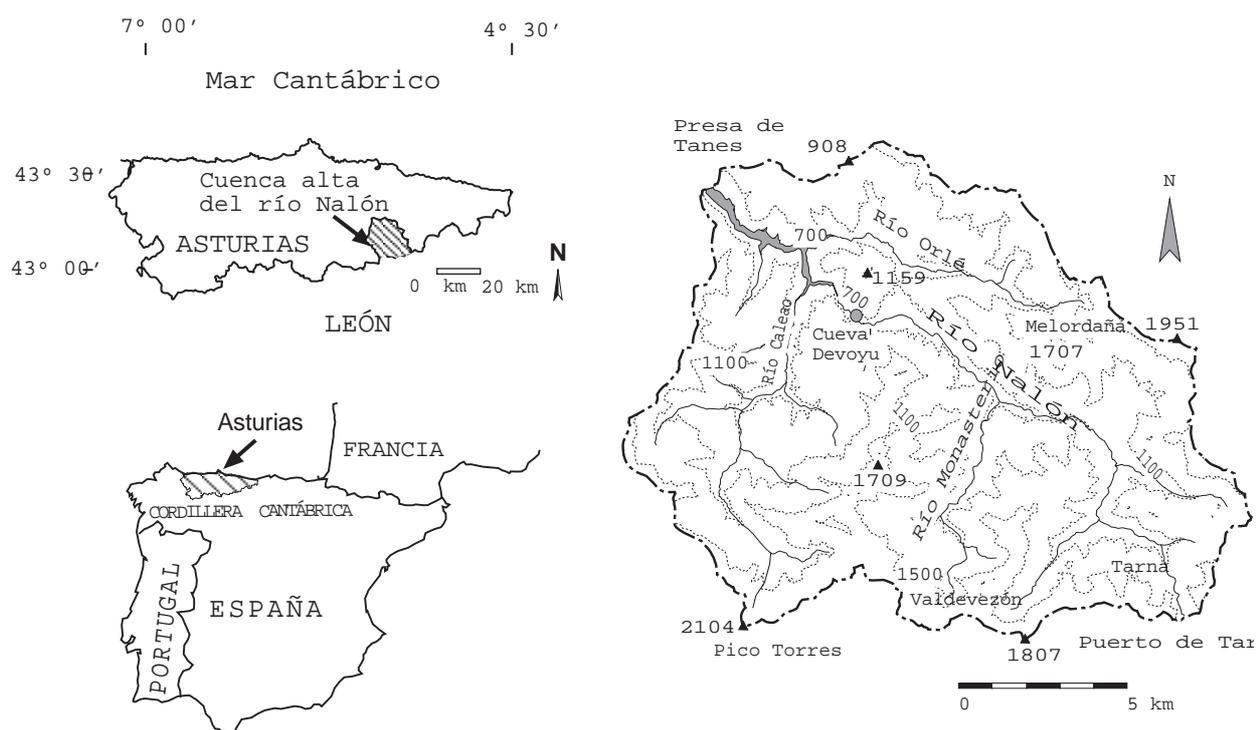


Figura 1. Situación de la zona de estudio y límites de la cuenca hidrográfica, principales cauces y puntos geográficos de la misma destacados a lo largo del texto.

topológicos, geométricos y de relieve. El Sistema de Información Geográfica ha permitido la obtención inmediata de parámetros estadísticos sencillos relativos a la topología, pendiente y longitud de los cauces que componen la red hidrográfica, que han sido representados en diversos gráficos.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan y discuten una serie de aspectos relacionados con la descripción de la morfología fluvial, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo: las formas fluviales, la red hidrográfica, la geometría y relieve de la cuenca y los parámetros de intensidad fluvial. Finalmente, se discuten los factores que controlan la génesis y evolución de la morfología fluvial en la zona de estudio.

Las formas fluviales

Entre las formas fluviales existentes en la cuenca alta del río Nalón, aparecen cuencas y abanicos to-

rrenciales y valles, llanuras aluviales y terrazas, cuyas características se describen seguidamente.

Las formas torrenciales. Se conservan ejemplos de cuencas torrenciales desarrollados en litologías preferentemente detríticas. La pendiente de las vertientes en que se encajan los torrentes toma siempre valores superiores a 45°; las orientaciones son principalmente SO a S y NE a N, oscilando la altitud de sus cabeceras entre los 1000 y 1900 m. Los depósitos muestran una morfología en abanico, una superficie inferior a 10 Hm² y pendientes comprendidas entre 6° y 15°. El reconocimiento detallado de depósitos similares a estos en el sector occidental de Asturias (Fernández Menéndez et al., 1992; Jiménez Sánchez et al., 1996), ha puesto de manifiesto que en su origen y dinámica alternan procesos fluviales con episodios de transporte en masa por debris-flow.

Los valles y depósitos fluviales. En lo que respecta a los principales valles fluviales (ríos Nalón, Orle, Caleao y Monasterio), las secciones transversales realizadas se caracterizan por la aparición de rupturas de pendiente en las vertientes, ligadas a niveles de roca resistentes, y ocasionalmente por la presen-

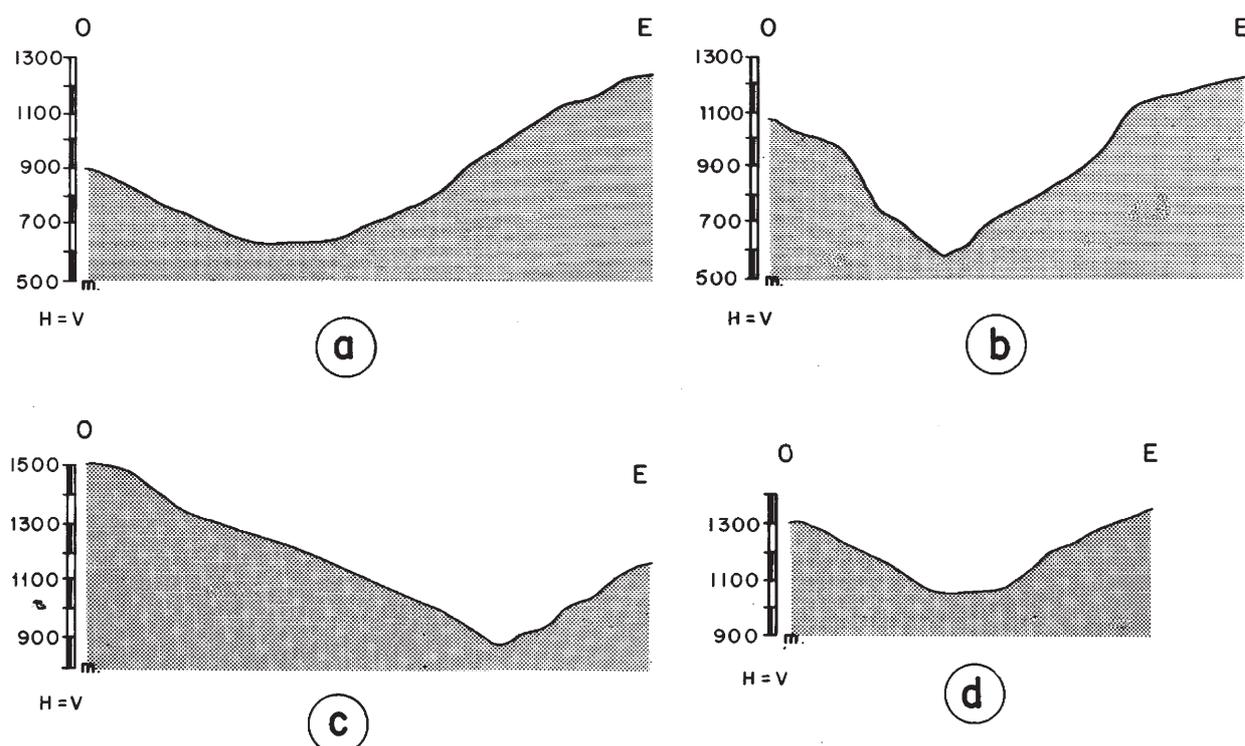


Figura 2. Perfiles transversales del río Nalón realizados en distintos puntos de su trazado, referidos a sus cotas topográficas. a) 630 m; b) 580 m; c) 880 m; d) 960 m. Los perfiles a y b están realizados por debajo de las cotas estimadas para los frentes glaciares durante el último episodio glaciar reconocido en la zona (950 m en este sector), el perfil c en el límite de los antiguos frentes glaciares y el perfil d aguas arriba de estos.

cia de fondos planos, debido al desarrollo de depósitos aluviales (Figura 2). Esta morfología contrasta con la de los perfiles en artesa de las zonas ocupadas por glaciares, por encima de los 950 m de altitud. Los perfiles longitudinales presentan en líneas generales la existencia de dos tramos: uno superior, irregular, por encima de 640 m (río Orlé), 750 m (río Caleao), 850 m (río Monasterio) y 950 m (río Nalón), caracterizado por el desarrollo de rupturas de pendiente que pueden ser explicadas en relación con alternancias de materiales de distinto comportamiento frente a la erosión o con procesos de sobreexcavación glaciar diferencial. El tramo inferior se caracteriza por su uniformidad y baja pendiente, que llega a estar por debajo de 3° (Figura 3). Las irregularidades existentes en la parte más alta del perfil demuestran que estos arroyos no han alcanzado todavía su perfil de equilibrio, aunque en los valles con evidencias de glaciario el contacto entre estos dos tramos podría estar relacionado con el antiguo límite entre los valles glaciares y los cursos proglaciares, hoy retocado por el encajamiento de los cursos fluviales en su cabecera.

En los valles de los principales ríos existen depósitos correspondientes a terrazas fluviales y un nivel de depósito correspondiente a la llanura aluvial actual. Los depósitos que podrían ser indicativos de la terraza más elevada (T_1) se identifican en los cursos de los ríos Nalón, Orlé y Caleao a 30 m de altura sobre el cauce actual. El reconocimiento morfológico de este nivel plantea numerosas dificultades, debido a que no se conservan las superficies planas características y a la presencia de recubrimientos por coluviones, de modo que únicamente se han observado afloramientos puntuales de depósitos formados por cantos cuarcíticos subredondeados, de tamaño decimétrico (hasta 50 cm), englobados en una matriz limoso-arenosa en proporción generalmente inferior al 40%. En el río Nalón, a 10 m de altura sobre el cauce actual, se conservan escarpes y depósitos indicativos de un segundo nivel de terrazas. Los afloramientos reconocidos muestran la presencia de cantos de cuarcita y arenisca subredondeados a redondeados, de tamaño decimétrico a centimétrico, con una matriz arenoso-limosa que puede superar el 50%. Localmente,

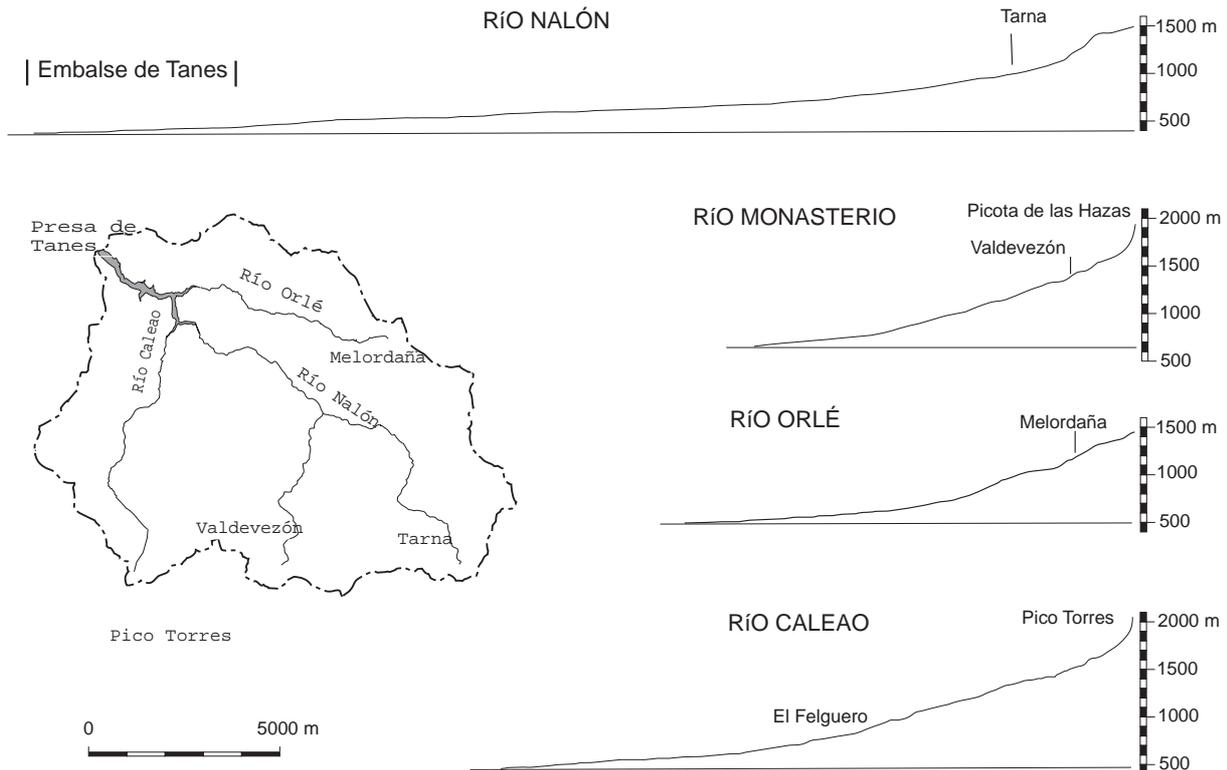


Figura 3. Perfiles longitudinales de los principales cauces, mostrando un sector superior de geometría irregular y otro inferior, cóncavo, más uniforme. Las diferencias litológicas y la acción diferencial del hielo glacial durante la última glaciación explicarían las irregularidades observadas en la geometría del sector superior. La situación de los perfiles y de los puntos geográficos señalados en ellos se presenta en el esquema de la izquierda de la figura.

aparecen depósitos pertenecientes a otro posible nivel de terrazas en el río Nalón, localizados a 3-4 m sobre el cauce actual, en el área de Bezanés. Además existen llanuras aluviales en las que el cauce llega a encajarse hasta 1-2 m, que llegan a alcanzar hasta 300 m de anchura.

Finalmente, un rasgo particular de la zona es la circulación subterránea del río Nalón a lo largo de un tramo de 200 m en el sector de Les Llanes, dejando abandonado al Oeste un valle fluvial a 10 m, encajado en la Caliza de la Escalada.

La red hidrográfica

La descripción de la red hidrográfica conlleva, por una parte, el análisis morfométrico de los parámetros topológicos y lineales de la misma, y por otra, su clasificación morfológica, muy relacionada con las características litológicas y estructurales del sustrato geológico.

Topología. De acuerdo con el método de Strahler (1952), la jerarquización de la red da como resultado un orden 6 (Figura 4). La cuantificación y representación gráfica del número de tramos de cauce de cada orden (N_i , Figura 5), demuestra que se cumple la primera ley de Horton (1945). La relación de bifurcación (R_b), obtenida de acuerdo con Schumm (1956) como la media de las relaciones entre el número de cauces de cada orden y el inmediatamente posterior es de 4,1. Este valor se incluye dentro del rango 3-5 señalado por Strahler (1979) y es similar al obtenido para otras cuencas de montaña en la Península (López Bermúdez et al., 1988).

Aspectos lineales. La longitud planimétrica de los distintos segmentos de cauce se ha cuantificado para cada orden, acumulándose para órdenes sucesivos y calculándose la relación de longitud (R_l) de manera análoga a la relación de bifurcación, dando como resultado un valor de 2,29. La representación

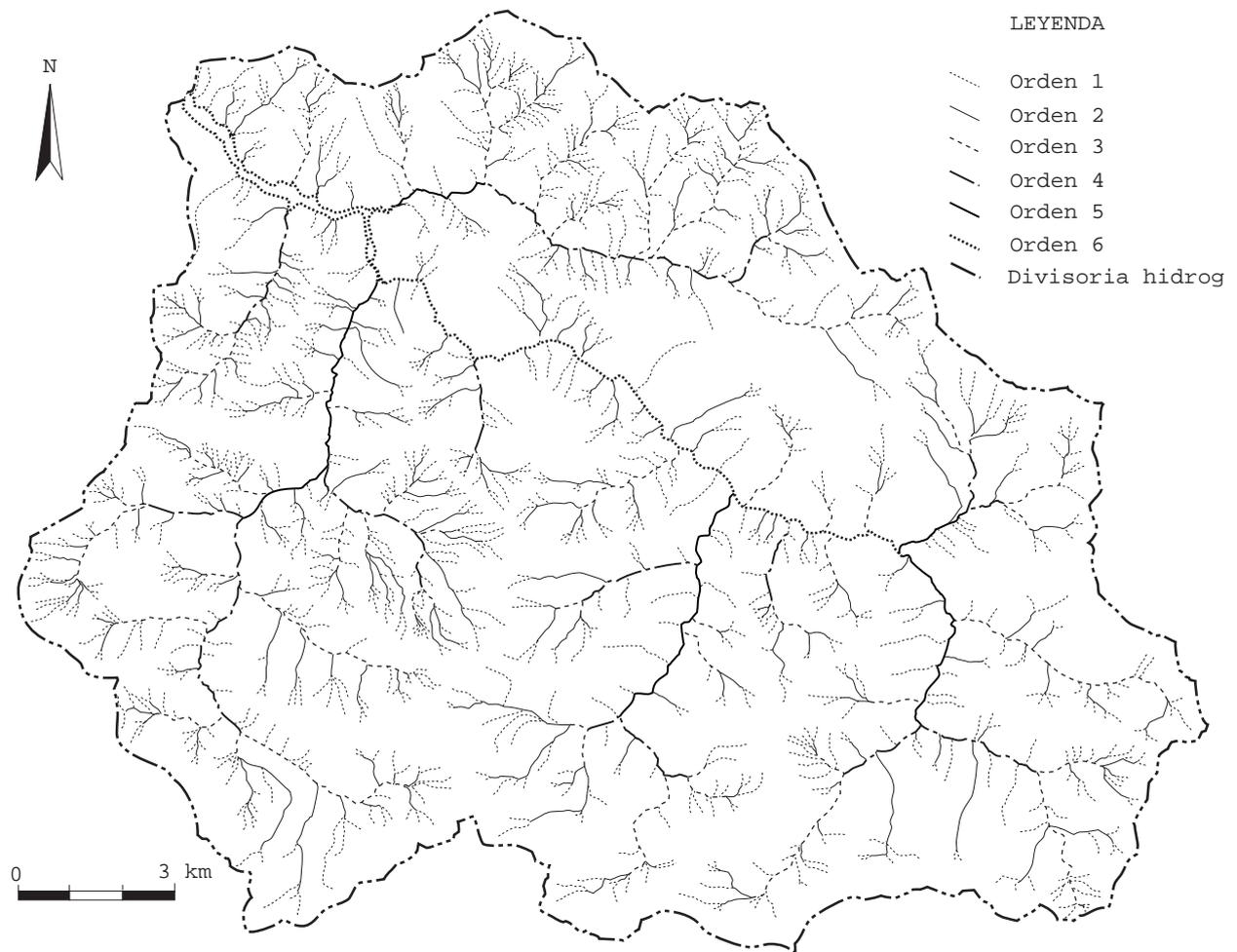


Figura 4. Jerarquización de la red fluvial de acuerdo con Strahler (1979).

gráfica de las longitudes medias acumuladas permite apreciar que se cumple la ley de Horton (1945) sobre las longitudes de los cauces (Figura 5). La longitud del cauce principal, estimada de acuerdo con Schumm (1956) a partir del punto del nivel de base hasta el más alejado de su divisoria, da como resultado 31,3 km, siendo la longitud del valle principal de 26,2 km.

De acuerdo con la clasificación de Morisawa (1985), la morfología de los cauces varía entre los tipos recto y sinuoso. El cálculo de la sinuosidad de los principales cauces (Nalón, Orle, Caleao) de acuerdo con el método de Schumm (1963) da como resultado un valor de 1,3, lo que les sitúa dentro del tipo rectilíneo en transición a tortuoso, de acuerdo con la terminología de este mismo autor. Los valores de la sinuosidad obtenidos por ambos

métodos se encuentran en consonancia con las características geológicas de la zona: la morfología recta está asociada a cauces de orden 1 o de orden superior encajados en lechos rocosos resistentes como las Calizas de Escalada y de Montaña o la Cuarcita de Barrios, donde se producen hoces y desfiladeros. La morfología sinuosa es típica de cauces de orden 4 a 6 que discurren por sustratos menos resistentes, como las areniscas y pizarras de las Formaciones Fito y Beleño, sobre las que se desarrollan las llanuras aluviales.

Clasificación morfológica de la red hidrográfica. De acuerdo con la clasificación de Howard (1967), la morfología de la red de drenaje varía entre el tipo dendrítico, en zonas de litología uniforme, como es el caso de las subcuencas enclavadas en sustratos pizarrosos, y el tipo enrejado, ligado a la pre-

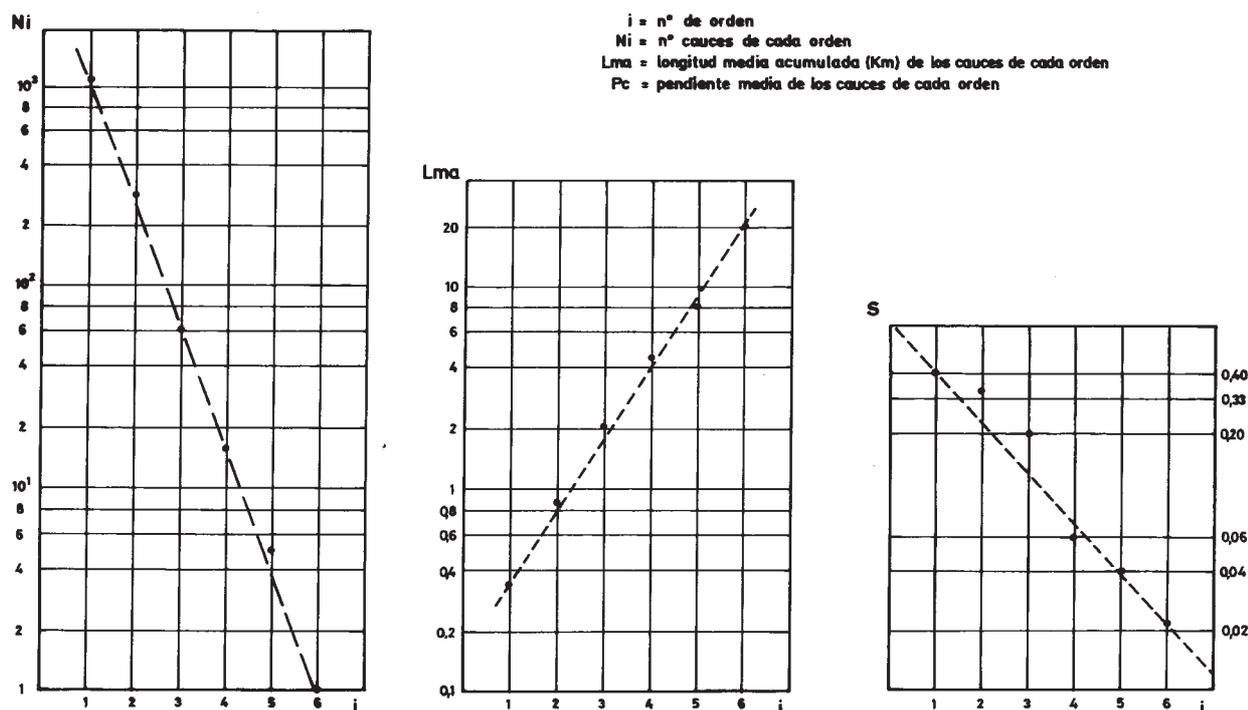


Figura 5. Representación gráfica de la variación del número de cauces, longitudes medias acumuladas y pendientes de cauce para cada orden. Se trata de rectas de pendiente negativa (en el caso del número de cauces y la pendiente de los cauces) y de pendiente positiva en el caso de las longitudes medias acumuladas. Ello muestra que se cumplen las predicciones teóricas de Horton.

sencia de cauces consecuentes y subsecuentes (Figura 6). Los cauces subsecuentes discurren a favor de zonas de debilidad, tales como fracturas y capas de materiales poco resistentes a la erosión. Ejemplos son los ríos Orlé y determinados tramos del Nalón, que aprovechan la existencia de rocas detríticas carboníferas y el Corralín-Nalón, con un trazado ligado a la Falla de Ventaniella. Los cauces consecuentes discurren perpendicularmente a las principales alineaciones montañosas, cuya disposición ha sido relacionada con la tectónica alpina (Alvarez Marrón, 1989; Marquínez, 1992).

La cuenca: geometría y relieve

Los parámetros geométricos y de relieve se calculan de acuerdo con fórmulas ya clásicas, siendo utilizados como índices morfométricos de la respuesta hidrológica de la cuenca y proporcionando, con diversas limitaciones, datos cuantitativos sobre su historia geomorfológica.

Parámetros geométricos. Entre los parámetros cuantificados se encuentran el área (A, 264 km²), la

pendiente media de la cuenca (S_g , 26°), el perímetro (P, 77 km) y la longitud de la cuenca (L, 23,2 km), medida de acuerdo con Schumm (1956) como la distancia entre el nivel de base y el punto más alejado de la divisoria en una paralela al cauce principal. También se han hallado una serie de índices clásicos que consideran estos parámetros (Tabla I). El valor del índice de compacidad muestra una irregularidad relativamente baja en la morfología del perímetro de la cuenca. Los valores de los índices de elongación y circularidad son coherentes con una baja elongación, lo que hace prever una rápida respuesta de la cuenca frente a las precipitaciones.

Pendiente media de los cauces. La representación gráfica de la variación de las pendientes medias de los cauces con respecto a cada orden (Figura 5) permite comprobar que se cumple la tercera ley formulada por Horton (1945). Tanto los valores medios de las pendientes de los cauces como la pendiente media de la cuenca permiten esperar un alto potencial erosivo en la cuenca y sugieren una rápida respuesta frente a la precipitación en el comportamiento fluvial.

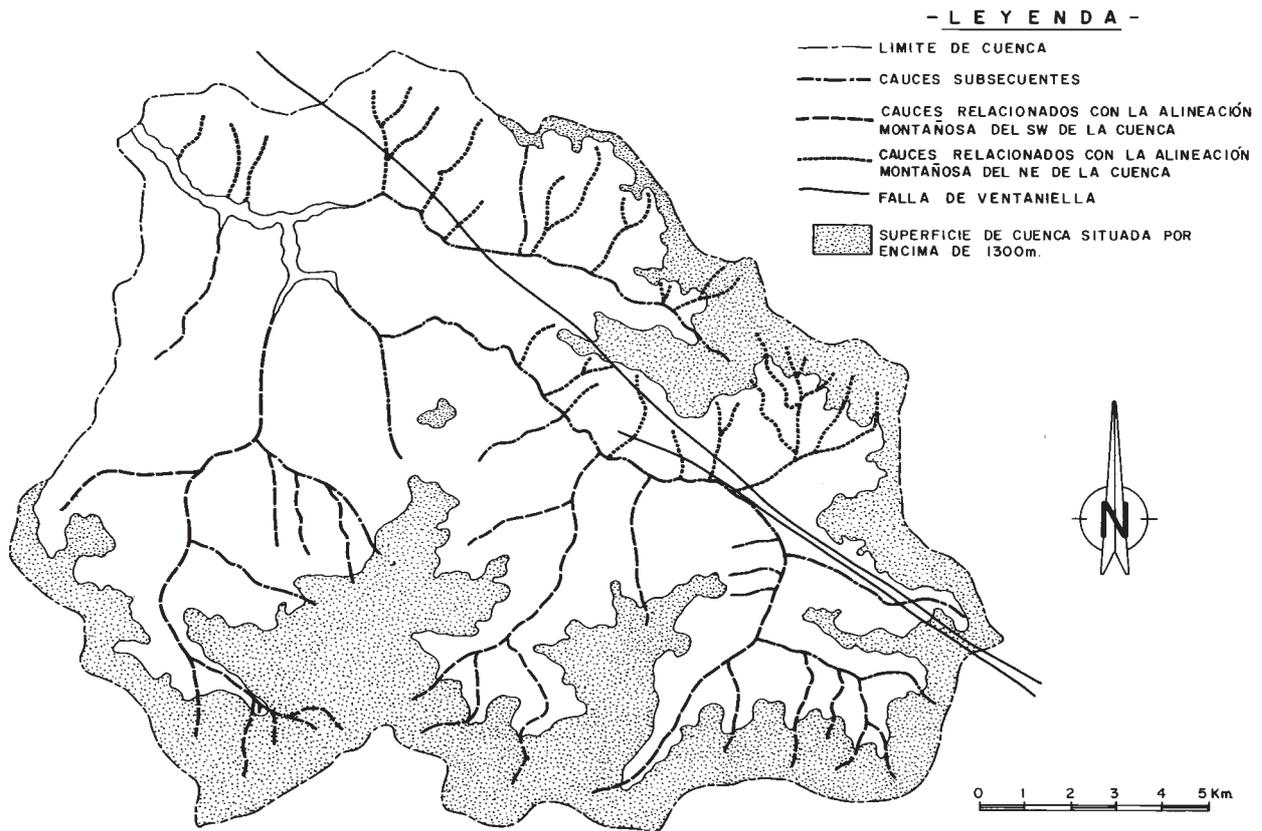


Figura 6. En la figura se representa la superficie de cuenca situada por encima de los 1300 m de altitud, el trazado de la Falla de Ventaniella en la zona de estudio, y el trazado de los principales cauces. Tal como se señala en el texto, los cauces que drenan hacia el N (desde la alineación montañosa sur) y hacia el SO (desde la alineación montañosa nororiental) pueden considerarse como consecuentes. El resto de los cauces, asociados a zonas con fracturas y rocas menos resistentes, son de tipo subsecuente.

Desnivel absoluto y parámetros derivados. El desnivel absoluto, expresión del relieve máximo de la cuenca, es de 1614 m. La altitud media de la cuenca da como resultado 807 m. La razón de relieve, definida por Schumm (1956) como la relación existente entre el desnivel absoluto y la longitud de la cuenca es de 0,07, valor que sirve como referencia morfométrica respecto a otras cuencas de la Cordillera Cantábrica.

Curva hipsométrica. La integral hipsométrica obtenida a partir de la curva de la Figura 7, construida de acuerdo con Strahler (1952, 1979) toma un valor del 39%, situado por tanto dentro del rango 35-60% que según dicho autor caracteriza a los relieves fluviales maduros. Resulta destacable el bajo porcentaje de área situada por encima de 1700 m, que constituye el 0,03% del área total de la cuenca y que podría relacionarse con el resultado de la acción glaciaria. Sin embar-

go, otras características morfométricas de la cuenca, como son su elevado desnivel y las pendientes relativamente altas de los cauces, junto con el escaso desarrollo de los depósitos fluviales, parecen estar en consonancia con un estadio de evolución juvenil y no maduro. Ello podría indicar que la utilización de la curva hipsométrica en esta zona no es adecuada, puesto que, como ha sido sugerido por Marquínez (1992), la red hidrográfica de la Cordillera Cantábrica se encaja en un paleorrelieve terciario, por lo que la superficie inicial de inserción de los cursos fluviales no sería horizontal, uno de los presupuestos básicos de Strahler (1952) para la aplicación de este método. Ello permite sugerir, por otra parte, la restricción del empleo de este método para la realización de estudios comparativos entre distintas cuencas fluviales pertenecientes a una misma cordillera.

Tabla 1

Indices morfométricos clásicos: formulación y valores para la cabecera del río Nalón. A, P y L son, respectivamente, los valores de área (km²), perímetro y longitud (km).

Índice de compacidad (Gravelius, 1914)	$k = 0,28 P/\sqrt{A}$	$k=1,32$
Razón de elongación (Schumm, 1956)	$Re = 2\sqrt{A}/\pi L$	$Re = 0,33$
Razón de circularidad (Miller, 1953)	$Rc = 4\pi A/P^2$	$Rc= 0,56$
Factor de forma (Horton, 1932)	$F=A/L^2$	$F= 0,49$

Parámetros de intensidad fluvial

De acuerdo con López Bermúdez et al. (1988), los parámetros de intensidad fluvial relacionan los aspectos lineales de la cuenca con el área de la misma. Su valor, como será mostrado a continuación, varía de acuerdo con las características físicas de la cuenca de estudio.

Densidad de drenaje. Este parámetro fue formulado por Horton (1945) como la relación entre el sumatorio de longitudes de segmentos de cauce en la cuenca y el área de la misma. El resultado obtenido es de 2,62 km de cauce por km² de área, siendo la longitud total de cauces de 691,7 km. El valor alcanzado por la densidad de drenaje define una textura de tipo grosero, lo que, de acuerdo con los presupuestos teóricos de Morisawa (1985) para las características físicas de las cuencas, es coherente con los rasgos geológicos del sustrato paleozoico de la cuenca, litológicamente muy variado y compuesto por materiales como cuarcitas, muy resistentes a la erosión, y calizas, permeables. Asimismo, este valor se encuentra en consonancia con la elevada superficie cubierta por vegetación en la cuenca (70%), que favorece el aumento de la infiltración, y con el clima húmedo de la zona (1800 l/m² de precipitación anual).

Otros parámetros de intensidad fluvial. El valor de la constante de mantenimiento del cauce, definida por Schumm (1956) como la inversa de la densidad de drenaje, alcanza un valor de 0,38 km, lo que indica que la superficie de cuenca necesaria para mantener en funcionamiento un kilómetro lineal de cauce es de 0,38 km². El índice de frecuencia de cauces, definido por Horton (1932) como el número de cauces por unidad de área de la cuenca, es de 4,18 cauces por kilómetro cuadrado, valor similar al deducido para cuencas de zonas subáridas del Sureste de España (López Bermúdez et al., 1988).

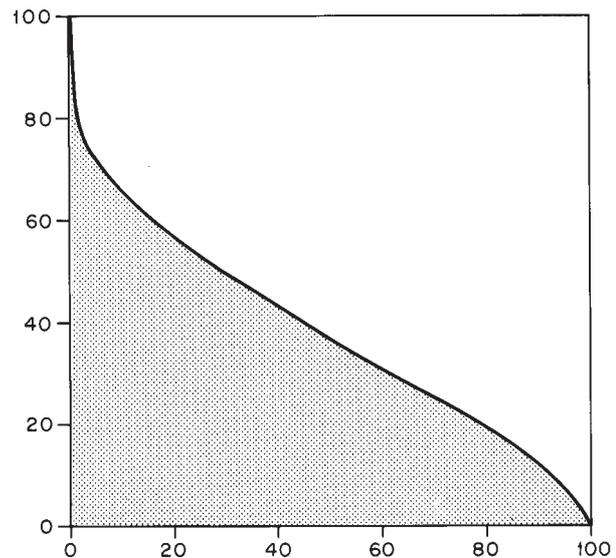


Figura 7. Curva hipsométrica para la cuenca alta del río Nalón, elaborada de acuerdo con el método de Strahler (1952) a partir de un mapa hipsométrico con una equidistancia de 100 m. Los valores (expresados en porcentajes) de la relación entre las áreas acumuladas por encima de cada curva de nivel considerada y el área total de la cuenca, se representan en abscisas. Los valores (también expresados en porcentajes), de la relación entre los desniveles parciales (calculados para cada curva de nivel considerada con respecto al nivel de base de la cuenca) y el desnivel máximo de la misma se representan en ordenadas. El porcentaje relativo de área por debajo de la curva es la integral hipsométrica.

Por último, la longitud de flujo de escorrentía superficial, parámetro diseñado por Horton (1945) con el fin de cuantificar la distancia recorrida por las aguas de arroyada antes de su canalización en cauces definidos y cuyo cálculo propuso como la mitad del recíproco de la densidad de drenaje, proporciona un valor de 190 m.

Factores que controlan la morfología fluvial

En este último apartado se presentan y discuten los distintos factores litológicos, estructurales y geomorfológicos que influyen en el desarrollo de la morfología fluvial en la cuenca alta del río Nalón.

Factores litológicos. En primer lugar, se puede destacar la influencia de la litología del sustrato: en la zona existen dos grupos de formaciones paleozoicas: las alternancias detríticas carboníferas de las Formaciones Fito y Beleño, en las que se desarrollan laderas de pendientes inferiores a 30 grados, y las formaciones Barrios, Barcaliente y la Caliza de la Escalada, en las que pueden aparecer laderas escarpadas de más de 65 grados de pendiente. El primer grupo de formaciones, menos resistente a la erosión, favorece la instalación de redes hidrográficas de morfología dendrítica, valles abiertos y trazados de cauces subsecuentes, creando zonas favorables a la instalación de llanuras aluviales. Por el contrario, el segundo grupo de formaciones rocosas del sustrato paleozoico determina la formación de desfiladeros y hoces, con incrementos locales de pendiente en el perfil longitudinal que impiden la formación de depósitos. En las partes más altas de los cursos fluviales, la alternancia de estos dos tipos de sustratos rocosos ocasiona la aparición de perfiles irregulares con rupturas de pendiente. Por otra parte, la existencia de alternancias de sustratos con un comportamiento mecánico diferencial ha propiciado la génesis de depósitos aluviales aguas arriba de las zonas en que existen capas de cuarcitas y calizas que actúan como niveles de base locales, como la llanura aluvial del río Nalón aguas arriba de las Foces de Coballes, modeladas en la Caliza de la Escalada.

Factores tectónicos. De acuerdo con su disposición, en la zona se distinguen tres conjuntos de cauces. Uno de ellos discurre a favor de fracturas o de los materiales menos resistentes (Caliza de Lánchara, Formaciones Fito y Beleño), mostrando su trazado una orientación E-O, NE-SO y NO-SE. Los otros dos grupos de cauces discurren transversalmente a las principales alineaciones montañosas de la zona. Uno de ellos fluye desde la divisoria Sur de la cuenca hacia el Norte, con una componente N-S en su dirección, transversal a las estructuras hercínicas, y cortando las capas de materiales más resistentes. El otro discurre desde la divisoria NE de la cuenca hasta desembocar en el río Orle, drenando hacia el SO. Alvarez Marrón (1989) y Marquínez (1992) han relacionado la orientación de estas dos alineaciones con las direcciones impuestas por la Tectónica Alpina. La alineación

montañosa nororiental estaría asociada al movimiento vertical de la Falla de Ventaniella, y la del sur a la existencia de fracturas de dirección E-O del tipo de las que elevan el Bloque Hercínico sobre la Meseta. La primera de las alineaciones montañosas mencionada forma parte de la divisoria hidrográfica que separa los ríos cantábricos de los de la vertiente del Duero y que ha sido interpretada por Alonso et al. (1996) como los restos de una superficie estructural derivada de la flexión monoclinial regional que originó el levantamiento de la Cordillera Cantábrica durante la Orogenia Alpina. La divisoria hidrográfica actual se encontraría próxima a la culminación dorsal de la pared de la charnela de dicha flexión, que habría representado la divisoria inicial en el comienzo de la elevación de la Cordillera. Ambos bloques montañosos favorecen la existencia de una pendiente local hacia el SO, con la implantación de cauces que drenan en este sentido, y otra regional hacia el N, coherente con la del resto de la Cordillera, con la instalación de cauces que drenan de S a N.

Geomorfología y evolución cuaternaria. La acción glacial en la zona ha dado lugar a la modificación geométrica de los perfiles longitudinales y transversales de los ríos mediante la erosión de vertientes y fondos de valle, así como a la acumulación de depósitos de origen glacial (Jiménez Sánchez y Marquínez, 1990; Jiménez Sánchez, 1996). Uno de los factores relacionados con la formación de las terrazas podría ser la evolución de los frentes glaciares en la zona, aunque la interpretación de su origen requiere la existencia de más datos a escala regional acerca de las variaciones eustáticas y climáticas experimentadas a lo largo del Cuaternario en toda la Cordillera. Por otra parte, se hace preciso disponer de dataciones cronológicas absolutas que permitan plantear hipótesis de correlación de los depósitos observados en la zona con los ya datados por métodos radiométricos o arqueológicos en otras áreas de la vertiente Cantábrica (González Díez et al., 1996). Localmente, el desencadenamiento de movimientos en masa, que actúan como niveles de base transitorios, ha generado la aparición de llanuras aluviales por represamiento de la corriente fluvial aguas arriba del obstáculo. Un caso particular es la desviación del río Nalón hacia la galería kárstica por la que circula actualmente

(Cueva Devoyu), debido a la existencia de un desprendimiento rocoso que obtuvo el antiguo valle, hoy abandonado a 10 m sobre el cauce actual en la zona de Les Llanes.

Conclusiones

La acción de los cursos fluviales en el sector más alto de la cuenca del río Nalón ha originado la aparición de cuencas torrenciales y de valles con perfiles irregulares con desarrollo de depósitos de llanura aluvial, así como a tres niveles de terrazas, cuya definición morfológica no resulta precisa. La red hidrográfica cumple los presupuestos teóricos de Horton y los distintos parámetros geométricos y de relieve sugieren un alto potencial erosivo en la cuenca y una rápida respuesta frente a la precipitación, lo que debe ser contrastado con otras cuencas de la Cordillera Cantábrica. El valor alcanzado por la integral hipsométrica, típico de un paisaje fluvial maduro, pone de manifiesto las limitaciones de este método cuando no se cumplen los presupuestos teóricos para su aplicación. Sin embargo,

el valor obtenido para la densidad de drenaje está en consonancia con las predicciones teóricas acerca de las características de la cuenca deducidas a partir de su valor: el clima húmedo (más de 1800 l/m² anuales de precipitación), una cubierta vegetal de más del 70% de la superficie de la cuenca y la existencia de formaciones permeables y resistentes en el sustrato geológico. La morfología fluvial se encuentra condicionada por la variedad litológica del sustrato, la influencia de la tectónica hercínica y alpina y la evolución cuaternaria de la zona, para cuya valoración adecuada faltan todavía datos de carácter regional.

Agradecimientos

Los datos expuestos en este trabajo pertenecen a la Tesis Doctoral de la autora, dirigida por J. Marquínez (Departamento de Geología, Universidad de Oviedo) y financiada por una beca del Ministerio de Educación y Ciencia. El tratamiento de los datos con un Sistema de Información Geográfica fue posible gracias a R. Menéndez Duarte y A. M. Felicísimo (INDUROT, Universidad de Oviedo). Actualmente, prosigue la investigación en la zona en el marco del proyecto "Cambio climático y evolución cuaternaria en el Parque Natural de Redes, Cordillera Cantábrica, Asturias" (PP-REC-98-03) financiado por la FICYT.

Referencias

- Alonso, J. L., Pulgar, J. A., García-Ramos, J. C. and Barba, P. (1996): Tertiary Basins and Alpine Tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain). In: *Tertiary Basins of Spain: Tectonics, climate and sea-level change* (Friend, P. F. and Dabrio, C. J. Eds.): 214-227. Cambridge University Press.
- Alvarez Marrón, J. (1989): *La estructura de la Región del Ponga (Zona Cantábrica, NO de España)*. Tesis Doctoral. Univ. Oviedo. 223 pp.
- Fariás, P. y Marquínez, J. (1995): El relieve de Asturias. En: *Geología de Asturias* (Aramburu, C. y Bastida, F., Eds.), 203-212. Trea.
- Fernández Iglesias, E., Marquínez García, J. y Menéndez Duarte, R. (1998): Cartografía y valoración geomorfológica de sistemas fluviales. En: *Investigaciones recientes de la Geomorfología Española*, (Gómez Ortiz, A. y Salvador Franch, F., Eds.), 717-720. Geofoma Ediciones.
- Fernández Martínez, M. V. (1981): Hidrografía de Asturias (IV). En: *Enciclopedia Temática Asturiana*, 10: 125-178. Silverio Cañada. Gijón.
- Fernández Menéndez, S., Marquínez, J. y Menéndez Duarte, R. A. (1992): Análisis morfométrico de sistemas torrenciales en el Occidente de la Cordillera Cantábrica. *Actas del II Congreso Geológico de España*, 2: 51-57.
- Fernández Rodríguez, F. J., Menéndez Duarte, R. A. y Marquínez, J. (1997): Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en la cartografía temática y clasificación geomorfológica de los sistemas fluviales en Asturias. *Rev. Soc. Geol. España*, 10(1-2): 117-130.
- González Díez, A., Díaz de Terán, J. R., Barba, J. R., Barba, F. J., Remondo, J. y Cendrero, A. (1996): Propuesta de un modelo cronológico para las terrazas de los ríos de la vertiente cantábrica. *Geogaceta*, 20(5): 1096-1099.
- Gravelius, H. (1914): *Flusskunde*. Goschensche Verlagshandlung Berlin.
- Gregory, K. J. y Walling, D. E. (1973): *Drainage basin form and process. A geomorphological approach*. Edward Arnold. London. 456 pp.
- Hernández Pacheco, E. (1914): Fenómenos de glaciario cuaternario en la Cordillera Cantábrica. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 45: 407-408.
- Horton, R. E. (1932): Drainage basin characteristics. *Am. Geophys. Union Trans.*, 13: 350-361.
- Horton, R. E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56: 275-370.
- Howard, A. D. (1967): Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *Bull. AAPG*, 51: 2246-2259.
- Jiménez Sánchez, M. (1994): *Geomorfología de la cuenca alta del río Nalón (Cordillera Cantábrica, Asturias)*. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo. 297 pp.
- Jiménez Sánchez, M. (1996): El glaciario en la cuenca alta del río Nalón: una propuesta de evolución de los sistemas glaciares cuaternarios en la Cordillera Cantábrica. *Rev. Soc. Geol. España*, 9 (3-4): 157-168.
- Jiménez Sánchez, M. (1997): Movimientos en masa en la cabecera del río Nalón (Cordillera Cantábrica, NO España). *Cuaternario y Geomorfología*, 11 (3-4): 3-16.
- Jiménez Sánchez, M. y Marquínez, J. (1990): Morfología glaciario en la cuenca alta del río Nalón, Cordillera Cantábrica. En: *Actas de la I Reunión Nacional de Geomorfología* (Gutiérrez Elorza, M., Peña, J. L. y Lozano, M. V., Eds.), 1: 179-189.
- Jiménez Sánchez, M.; Menéndez Duarte, R. A., Fariás, P. y Fernández Menéndez, S. (1996): La Fana de Genestaza: un ejemplo de sistema torrencial activo en la Cordillera Cantábrica. *Geogaceta*, 20 (5): 1109-1111.
- Julivert, M. (1960): Estudio geológico de la cuenca de Beleño, valles altos del Sella, Ponga, Nalón y Esla de la Cordillera Cantábrica. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 71: 1-346.
- López Bermúdez, F., Navarro Hervás, F., Romero Díaz, M. A., Conesa García, C., Castillo Sánchez, V., Martínez Fernández, J. y García Alarcón, C. (1988): Geometría de cuencas fluviales: las redes de drenaje del Alto Guadalentín. Proyecto LUCDEME IV. *Monografías*, 50. ICONA.
- Llopis Lladó, N. (1954): El relieve de la región central de Asturias. *Estudios geográficos*, 57: 501-550.

- Marquinez, J. (1992): Tectónica y relieve en la Cornisa Cantábrica. En: *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region* (Cearreta, A. y Ugarte, F., Eds.), 141-157. Servicio Editorial Universidad del País Vasco.
- Mc Cuen, R. H. (1989): *Hydrologic analysis and design*. Prentice Hall. 867 pp.
- Miller, V. C. (1953): A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch mountain area. *Office Naval Research Project NR 389-042, Tech. Rep., 3*. Columbia University.
- Morisawa, M. (1985): *Rivers. Form and process*. Geomorphology texts, 7. Longman London.
- Obermaier, H. (1914): Estudio de los glaciares de los Picos de Europa. *Trab. Mem. Mus. Nac. Cienc. Nat.*, 9: 1-42.
- Peón, A. y Flor, G. (1993): La red fluvial asturiana: características y origen. *Resúmenes de la XV Reunión de Xeología e Minería do NO Peninsular*, 32-35.
- Schumm, S. A. (1956): Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 67: 597-646.
- Schumm, S. A. (1963): A tentative classification of river channels. *U. S. Geol. Survey Circular*, 477.
- Strahler, A. N. (1952): Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 63: 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1979): *Geografía Física*. 767 pp. Editorial Omega.