

Evaluación morfotectónica de Cantabria, España

Morphotectonic evaluation of Cantabria, Spain

Mario Octavio Cotilla Rodríguez, Diego Córdoba Barba

Resumen

La aplicación del método morfotectónico de Rantsman al territorio de Cantabria muestra su estructura contemporánea como parte de un macrobloque emergido y activo en la Península Ibérica. En este macrobloque Septentrional se delimitaron 2 mesobloques (Este y Oeste), con un total de 13 bloques, 10 morfoalineamientos de 2º-4º órdenes y 10 intersecciones principales (orden/cantidad=2º/1, 3º/4, y 4º/5). El territorio tiene una manifiesta diferencia neotectónica con las regiones vecinas de Asturias y País Vasco, con independencia de su localización. Sus características indican una menor actividad, ante la influencia de los esfuerzos desde los Pirineos, el Cantábrico y el Atlántico. Existe una correspondencia directa entre el relieve y la estructura profunda, y con la sismicidad.

Palabras clave: Cantabria, España, morfotectónica, Península Ibérica

Abstract

The application of Rantsman's morphotectonic method to the territory of Cantabrian shows its contemporary structure as part of an emerged and active macro block in the Iberian Peninsula. In this Northern macro block, 2 mesoblocks (East and West) were defined, with a total of 13 blocks, 10 morfoalignments of 2º-4º orders and 10 main intersection (order/quantity=2º/1, 3º/4 and 4º/5). The territory has a clear neotectonic differences with the neighbouring regions of Asturias and the Basque Country, regardless of their location. Its characteristics indicate less activity, due to the influence of efforts from the Pyrenees, the Cantabrian Sea and the Atlantic. There is a direct correspondence exists between the topography and the deep structure, as well as with the seismicity.

Key words: Cantabria, Iberian Peninsula, morphotectonics, Spain

Recibido el 04 de febrero de 2018, aceptado el 31 de mayo de 2018.

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid. E-mail: macot@ucm.es

Este artículo se inserta en los proyectos GR35/10-A (910549), TOPOIBERIA (CSD2006/0041) y TSUJAL (CGL2011-29474-C02-01).

Introducción

Este trabajo representa el noveno resultado de los autores con la aplicación del método morfotectónico de Rantsman en la Península Ibérica. La metodología también ha sido aplicada, con buenos resultados, en otras regiones del mundo y con diversos contextos geodinámicos. En este caso se aplica a Cantabria (Figura 1A-B), territorio español localizado en la parte norte-central de la Península Ibérica. Como antecedente a esta investigación hay algunos trabajos en la Península Ibérica

donde se combinan datos de sismicidad y tectónica. Sin embargo, éstos no enfrentan directamente el tema de la morfotectónica, pero sus resultados en los campos de geología, tectónica, sísmica, sismicidad y peligro sísmico pueden ser utilizados. Es decir, hay que realizar un análisis con la correspondiente selección crítica y siempre con el propósito de simplificar y reducir el tiempo y los gastos de la investigación. Así, el objetivo principal es la determinación en Cantabria de las unidades morfotectónicas y su actividad en el contexto de la Península Ibérica.

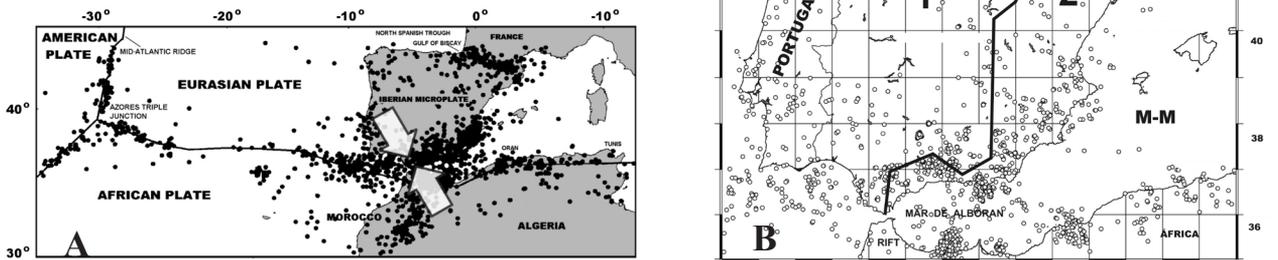


Figura 1. Marco tectónico contemporáneo de Cantabria en la Península Ibérica. Fuente: Cotilla & Córdoba (2004a,b). A) Esquema de la tectónica y la sismicidad regional (África-América-Europa). 1) Vectores de convergencia (flechas gruesas blancas); 2) epicentros (círculos negros); y 3) límites de placas (líneas negras). B) Sismicidad de la Península Ibérica. 1) Epicentros de terremotos (círculos en blanco); 2) zonas de escurrimiento superficial (1-3); 3) divisorias principales de primer orden (líneas gruesas negras); 4) área de estudio (rectángulo con líneas de puntos negras y la sigla C= Cantabria); y 5) lugares (M-C= Mar Cantábrico, M-M= Mar Mediterráneo, y O.A.= Océano Atlántico).

Figure 1. Contemporary tectonic frame of Cantabria in the Iberian Peninsula. Source: Cotilla & Córdoba (2004a,b) Scheme of the tectonic and regional seismicity (Africa-America-Europe). 1) Vectors of convergence (thick white arrows); 2) epicenters (black circles); y 3) plate boundaries (heavy black lines). B) Seismicity of the Iberian Peninsula. 1) Epicenter of earthquakes (white circles); 2) zones of superficial runoff (1-3); 3) main watersheds of first rank (heavy black lines); 4) study area (rectangle with back lines and points and the acronym C= Cantabria); y 5) sites (M-C= Cantabrian Sea, M-M= Mediterranean Sea, y O.A.= Atlantic Ocean).

En esta ocasión, se realizaron 3 campañas de recorridos de campo por Cantabria (superficie de ~5.400 km²) y por las 3 comunidades vecinas (Asturias, País Vasco, y N de Castilla y León). El territorio es prácticamente de montañas y está relacionado con un extenso y diverso paisaje costero.

Características geológicas y tectónicas

El territorio de Cantabria y sus inmediaciones han sido investigados con estudios geológicos en el sentido amplio del término. Entre los resultados más destacados se citan: Alonso, Pulgar, García-Ramos, & Barba (2010); Boillot & Malod (1988); Espina, De Vicente, & Muñoz-Martín (1996); Fernández-Lozano, et al. (2011); Fillón et al. (2016); Flor, 1983; Gallart, Fernández-Viejo, Díaz, Vidal, & Pulgar (1995); Gallastegui (2000); González Díez et al. (1996); González Trueba (2006); Hernaiz (1994); Herraiz et al. (2000); Hoyos (1987); Instituto Tecnológico y Geominero de España & Diputación Regional De Cantabria (ITGEDRC) (1990); Lepvrier & Martínez-García (1990); Marquínez (1992); Mary (1983); Mezcuca, Gil, & Benarroch (1996); Moreno, Mediato, & Canas (2009); Pérez-Estaún et al. (1988); Prieto & Vidal (1995); Pulgar et al. (1996); Rat (1988); Suárez, Alfonso, & Marcos (1996); Socías, Mezcuca, Lynam & Del Potro (1991); Tavani (2012); Vidal, Prieto, Cantero, Ortiz, & Torres (2001).

De ellos es factible concretar algunos aspectos necesarios para el trabajo: la línea de costa en la Cornisa Septentrional (~800 km) es relativamente lineal y tiene dirección E-O (figura 2), aunque se diferencia por tramos desde la Punta de la Estaca de

Bares (Galicia) hasta el Golfo de Vizcaya; el tramo de la costa de Cantabria tiene una longitud de ~260 km, aunque muy diversa y con importantes acantilados, ejemplo: Cabo de Ajo y Laredo (Bahía de Santoña); en Cantabria existe un predominio de rocas carbonatadas y las mayores altitudes del sector son Torre Blanca (2.619 m) y Peña Vieja (2.613 m); la convergencia entre las placas Europea e Ibérica en el Terciario produjo la colisión en los Pirineos y el Cantábrico.

Así ocurrió la subducción de la litósfera oceánica bajo la placa Ibérica en el segmento Centro-Occidental del Cantábrico; el sistema de Montañas de Cantabria es la extensión al O de los Pirineos; los perfiles sísmicos demuestran la continuidad del infracorrimiento de la corteza desde los Pirineos hacia Cantabria; en la Cordillera Cantábrica las principales alineaciones se relacionan con fallas inversas del Terciario, modeladas en el Cuaternario, y son parte del relieve más complejo de la Península; la parte meridional de la Cordillera Cantábrica define al borde N de la Meseta Ibérica, entre los bloques de Galicia y del País Vasco; se identifican dos sectores geológicos en la Cornisa Cantábrica (Oriental la cuenca Vasco-Cantábrica, y Centro-Occidental donde el zócalo Hercínico de la Cordillera Varisca); en los bloques Montes Vasco-Cantábricos hay levantamientos diferenciales que se consideran una reactivación de la etapa Alpina; en el mapa de anomalías de Bouguer aparece, para la parte septentrional de la Península Ibérica (Pirineos), una importante zona de mínimos valores (-100 mgal) con dirección E-O y figura elipsoidal y existe una compresión máxima N-S asociada a la sismicidad histórica.

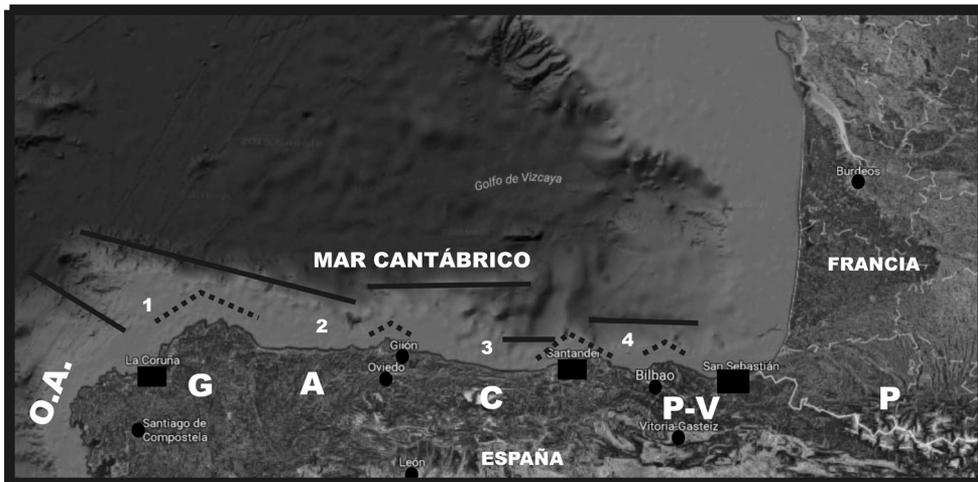


Figura 2. Esquema de la Cornisa Cántabra. Fuente: Elaboración propia (2018) 1) Principales alineamientos de la zona marítima (líneas negras); 2) segmentos costeros (1-4); 3) regiones (A=Asturias, C=Cantabria, G=Galicia, O.A.=Océano Atlántico, P=Pirineos, y P-V= País Vasco); 4) zonas costeras curvas (líneas de puntos); y 5) localidades (círculos y rectángulos negros).

Figure 2. Scheme of the Cantabrian Cornice. Source: Own elaboration (2018) 1) Main alignments in the marine zone (black lines); 2) coastal segments (1-4); 3) regions (A=Asturias, C=Cantabria, G=Galicia, O.A.=Atlantic Ocean, P=Pyrenees, and P-V=País Vasco); 4) coastal curved zones (lines of points); and 5) localities (black circles and rectangles).

Datos de sismicidad

Los datos y las características de la sismicidad y del peligro sísmico de Cantabria se obtuvieron mayoritariamente de los siguientes trabajos: Álvarez Marrón et al. (1996); Cotilla & Córdoba, (2004a); Galbis (1932); Herraiz et al. (2000); Instituto Geográfico Nacional (IGN) (1996, 1999, 2000); ITGEDRC (1990); López-Fernández et al. (2004); Martínez Solares (2003); Mezcua (1982); Mezcua & Rueda (2006); Pedreira, Pulgar, Gallart, & Díaz (2003) y Udías & Buforn (1991). De ellos se puede asegurar que: la actividad sísmica de la Península Ibérica es moderada y los mayores niveles se concentran principalmente en la zona meridional y en los Pirineos (figura 1A,B); los terremotos más fuertes de la

Península Ibérica aparecen en la tabla 1, ninguno en la zona de estudio; la actividad sísmica registrada en Cantabria se resume en la tabla 2, y muestra su muy bajo nivel; hay 3 isosistas que confirman la sismoactividad: del territorio emergido (2 isosistas completas=Nº 1 y Nº 3) y de la parte marina (1/2 isosistas=Nº 2) (tabla 3). Es decir, 2 epicentros están en tierra y otro en el suelo marino; el mapa zonas sismotectónicas incluye a Cantabria y Asturias en la Zona-C (Mmax=5,4) y a Galicia en la Zona-B4 (Mmax=5,6-5,8); en otra zonación sismotectónica se asegura hay 2 Dominios de niveles IV y V. El Dominio IV se localiza en el Margen Cantábrico y está relacionado con estructuras recientes NO-SE; mientras que el Dominio V está al S de la Cordillera Cantábrica y es prácticamente asísmico;

en la etapa actual existe una compresión general de dirección NO-SE que justifica la ocurrencia de terremotos y los mapas de densidad de epicentros, y de actividad

sísmica indican una diferenciación transversal de la sismicidad con máximos valores en Galicia y los Pirineos, y un mínimo definido en Cantabria.

Tabla 1

Terremotos principales de la Península Ibérica. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN). (1996)

Table 1

Main earthquakes of the Iberian Peninsula. Source: Instituto Geográfico Nacional (IGN). (1996)

Nº	Fecha	M / I (MSK)	Localidad	Muertos
1	02.02.1428	- / IX-X	Queralbs (Girona)	800
2	23.03.1748	6,2 / IX	Estubeny (Valencia)	38
3	01.11.1755	8,5 / X	SO Cabo de San Vicente	15.000
4	21.03.1829	6,6 / IX-X	Torre vieja (Alicante)	389
5	25.12.1884	6,5 / IX-X	Arenas del Rey (Granada)	839

Tabla 2

Terremotos importantes en Cantabria. Fuente: IGN (1996)

Table 2

Important earthquakes in Cantabria. Source: IGN (1996)

Nº	Fecha	Tiempo	M / I / h (km)	Coordenadas Lat N / Lon O	Localidad
1	27.04.1932	23:20	- / IV / -	43,30 / 04,40	Cabezón de Sal, Santander
2	28.04.1932	02:53	- / III / -	43,30 / 04,40	Cabezón de Sal, Santander
3	03.05.1932	11:32	- / II / -	43,30 / 04,40	Cabezón de Sal, Santander
4	04.05.1932	16:30	- / IV / -	43,30 / 04,40	Cabezón de Sal, Santander
5	09.05.1965	12:57:29	3,6 / - / -	43,14 / 04,04	NE de Reinosa, Santander
6	29.11.1982	07:15:19,6	3,5 / - / 0,9	43,80 / 05,50	Mar Cantábrico
7	26.10.1989	03:14:53,20	3,4 / - / -	43,77 / 06,12	Mar Cantábrico
8	27.03.1990	00:02	3,1 / - / 5,0	43,08 / 04,47	Santander

Tabla 3

Isosistas de la zona septentrional. Fuente: Mezcua (1982)

Table 3

Isosists of the north zone. Source: Mezcua (1982)

Nº	Fecha / Tiempo	Coordenadas	M / I	Forma/ Figura	Lugar
1	16.10.1938/ 02:19:45,0	43,15 N / -03,17 O	4,9 / VII	circular / completa	Arredondo
2	03.05.1962/ 23:27:22,8	43,53 N / -07,09 O	4,3 / VI	elíptica / ½	Mar Cantábrico
3	18.03.1966/ 13:51:36,0	43,15 N / -03,18 O	3,8 / VI	elíptica / completa	Embalse de Ordunte

Materiales y métodos**Evaluación morfotectónica**

La experiencia acumulada en cuanto a los métodos morfotectónicos está en muchos trabajos, entre ellos: Alekseevskaya, Gabrielov, Gelfand, Grishiani, & Rantsman (1977); Cotilla & Córdoba (2003, 2004a,

2004b, 2009, 2013a,b, 2015a, 2016); Cotilla, Córdoba, & Herraiz (2005; 2007); Cotilla, Córdoba, & Sánchez (2012); Cotilla-Rodríguez et al. (2017); Rantsman (1979). En la tabla 4 se indican los 20 métodos aquí aplicados (implementados en un SIG), mientras que la tabla 5 contiene algunas definiciones que servirán de apoyo al lector.

Tabla 4

Métodos aplicados. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 4

Methods applied. Source: Own elaboration (2018)

Nº	Método	Nº	Método
1	Hipsométrico	11	Superficies básicas (isobasitas)
2	Cotas máximas	12	Diferencia de superficies básicas
3	Cotas mínimas	13	Amplitud del relieve
4	Disección vertical	14	Red fluvial (ríos, cuencas, divisorias)
5	Disección horizontal	15	Elementos lineales del relieve
6	Pendientes máximas	16	Factor de cambio espectral de las cuencas (Fce)
7	Pendientes medias	17	Índice de simetría de las cuencas (Ig)
8	Intensidad Potencial de la erosión fluvial (Ipef)	18	Índice de forma y orientación de las cuencas (Ifo)
9	Superficies de cimas	19	Factor de cambio de las pendientes (Fcp)
10	Morfoisohipsas	20	Coeficiente de sinuosidad (Ks)

Tabla 5

Breves definiciones. Fuente: Cotilla & Córdoba (2004a,b)

Table 5

Brief definitions. Source: Cotilla & Córdoba (2004a,b)

Nº	Elemento	Definición
1	Alineamiento	Zonas lineales del relieve que delimitan Unidades Territoriales (UT). Se clasifican jerárquicamente y atendiendo a su dirección.
2	Bloque	UT donde se considera la historia neotectónica.
3	Zona de alineamiento	Conjunto de zonas lineales.
4	Divisoria Principal de Aguas	Sucesión ordenada jerárquicamente de los parteaguas o líneas divisorias de las cuencas fluviales.
5	Intersección (nudo)	El cruce jerárquico de las zonas de alineamientos.
6	Macrobloque	UT que se fundamenta por el proceso predominante de formación y a las características tectónicas de gran escala.
7	Megabloque	UT de mayor dimensión que contiene las estructuras de igual desarrollo dentro de un mismo proceso orogénico. Ella incluye a los otros 5 niveles.
8	Mesobloque	UT que se atiene a la diferenciación del relieve (parámetros y elementos).
9	Microbloque	UT obtenida a partir de las características cuantitativas mínimas.
10	Nanobloque	UT obtenida a partir de las características cuantitativas máximas.
11	Unidad Territorial	Grandes unidades de un territorio, emergido y sumergido, que tiene características morfoestructurales diferenciadas con su entorno inmediato y aledaño. Se pueden diferenciar sus regiones en al menos 6 niveles jerárquicos.

Los métodos geomorfológicos (estructurales y morfoesculturales) se han utilizado, mayoritariamente, en la morfotectónica por especialistas rusos. Éstos permiten identificar las morfoestructuras surgidas de la acción neotectónica y de los procesos morfoesculturales. En este campo neotectónico se identifican también los elementos estructurales y tectónicos, y también las deformaciones de los niveles geomorfológicos. Así están: los límites principales de las Unidades Tectónicas o Unidades Morfotectónicas; los elementos lineales (o alineamientos) y las intersecciones (o nudos) de los alineamientos. Todo este entramado tiene una jerarquía asociada con las etapas de la evolución tectónica. Entonces, puede considerarse al conjunto morfotectónico como una onda que

tiene diversos componentes, de diferente frecuencia y amplitud (Cotilla & Córdoba, 2004a,b).

Los resultados de estos estudios se aplican en problemas geofísicos, ya que emplean criterios interdisciplinarios y permiten la ubicación de perfiles sísmicos y la determinación de las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia de terremotos (que no es objetivo del trabajo). Al respecto de este último aspecto hay resultados que demuestran que esta técnica morfotectónica es muy laboriosa, requiere mucho tiempo, experiencia en trabajos de campo e inclusive el manejo adecuado de datos de otras especialidades y la existencia del sistema morfoestructura-movimientos tectónicos recientes-sismicidad.

Resultados**Características morfoestructónicas determinadas**

La aplicación en Cantabria de los métodos indicados en la tabla 4 ha permitido determinar, con el estudio de los

mapas cartográficos de diferente escala, de imágenes digitales del relieve y los recorridos de campo, la estructura de bloques y alineamientos principales (tabla 6; figura 3); la red fluvial (ríos, cuencas y divisorias) (tablas 7, 8, 9, y 10; figura 4) y el sistema de áreas y sectores de distinto rango altimétrico y actividad vertical (tablas 11 y 12).

Tabla 6

Fracturas en los bloques. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 6

Fractures in the blocks. Source: Own elaboration (2018)

Longitud de fracturas (km)					
Bloque	<1 / <5 / <10	Bloque	<1 / <5 / <10	Bloque	<1 / <5 / <10
B1	15 / 3 / -	B6	3 / - / -	B10	12 / 4 / 2
B2	18 / 3 / -	B7	5 / 6 / 1	B11	10 / 2 / 1
B3	25 / 7 / 2	B8	19 / 3 / 2	B12	15 / 4 / 1
B4	21 / 5 / 1	B9	5 / 2 / 1	B13	17 / 5 / 2
B5	30 / 5 / 2				
Σ=	109 / 23 / 5	Σ=	32 / 11 / 4	Σ=	54 / 15 / 6
Total = 195 / 49 / 15					

El territorio cántabro tiene una densidad de fracturas (tabla 6) muy inferior (0,07%) a la determinada por los autores en Asturias (0,21%) y Galicia (0,15%). Las fracturas se relacionan principalmente con

la disposición de la red fluvial y asocian con 13 bloques. Existe una importante diferencia entre el primer y segundo grupo de bloques (al E/B3-B9=0,02%) y (al O/ B1-B2=0,05%).

Tabla 7

Ríos principales por cuenca. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 7

Main rivers by basin. Source: Own elaboration (2018)

Sigla / Nombre	L (km) / h(m)	Ks / Inflexiones	Área (km ²)	Orden / Asimetría	V / U / Total
1 / Deva	64 / 1.100	0,65 / 6	1.195	7 / Si	27 / 45 / 72
2 / Narsa	46 / 1.365	0,61 / 1	420	4 / Si	18 / 27 / 45
3 / Escudo	20 / 516	0,77 / 2	72	3 / Si	4 / 10 / 14
4 / Besaya	47 / 870	0,83 / 3	46,5	6 / Si	15 / 29 / 44
5 / Pas	60 / 1.200	0,68 / 3	649	7 / Si	25 / 41 / 66
6 / Miera	41 / 1.280	0,91 / 1	295	4 / Si	11 / 17 / 28
7 / Campiazo	22 / 100	0,90 / 1	652	3 / Si	3 / 10 / 13
8 / Asón	44 / 680	0,71 / 2	551	4 / Si	13 / 22 / 25
9 / Agüera	21 / 500	0,77 / -	136	3 / Si	4 / 11 / 15

Tabla 8

Otros datos de los ríos. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 8

Other data of the rivers. Source: Own elaboration (2018)

Sigla	Ipef	Fce	Ig	Ifo	Fcp
1	7,3	0,41	0,75	0,57	0,45
2	4,1	0,26	0,49	0,75	0,49
3	0,9	0,18	0,5	0,77	0,24
4	5,9	0,55	0,61	0,61	0,59
5	5,3	0,51	0,58	0,63	0,55
6	5,1	0,61	0,32	0,71	0,48
7	0,9	0,18	0,30	0,80	0,60
8	4,2	0,65	0,41	0,73	0,60
9	4,0	0,58	0,43	0,80	0,41

Nota: En la tabla 4 aparecen estos índices.

Tabla 9

*Dirección media de la red fluvial (%).**Fuente: Elaboración propia (2018)*

Table 9

*Mean direction of fluvial network (%).**Source: Own elaboration (2018)*

Dirección	Cantidad
N	36
E-O	25
NE	24
NO	13

Tabla 10

*Relaciones de bifurcación anómalas. Fuente:**Elaboración propia (2018)*

Table 10

*Anomalous bifurcation rates. Source: Own**elaboration (2018)*

Rb	%
1-2	32
2-3	26
3-4	10

La organización fluvial de superficie en Cantabria tiene 3 vertientes la principal, la más numerosa, se dirige al Mar Cantábrico; la mediterránea asociada a la cuenca del río Ebro drena al SE y la atlántica, vinculada con el río Duero va hacia el SO (figuras 1 y 3). Este cuadro hidrográfico divergente se puede interpretar como el resultado de los procesos tectónicos y el consecuente basculado de las regiones. Las observaciones de campo y los datos presentados en las tablas 8, 9 y 10 lo

confirman. En este sentido, se ha reconocido en el terreno que algunos tramos de los ríos están controlados por fallas. En todos ellos hay una acusada y manifiesta asimetría transversal. También están identificadas 10 áreas anómalas al O del río 4 (Besaya), y 7 áreas al E (figura 4). El conjunto de ríos 1, 2, 3 y 4 discurren al NO-NNO; mientras que el otro conjunto restante lo hace al N. Otro contraste está en la diferenciación por las pendientes anómalas, así para el primer grupo

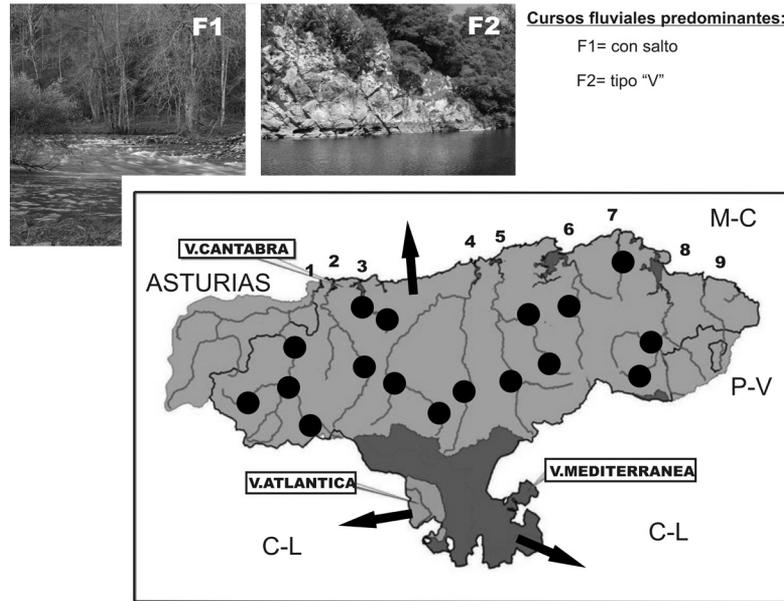


Figura 3. Regiones y principales ríos. Fuente: Elaboración propia (2018) 1) selección de la red hidrográfica (ríos con un número de identificación. Ver tablas 7 y 8); 2) sentido principal del escurrimiento superficial (flechas gruesas negras); 3) las 3 vertientes (en escala de grises: atlántica, cántabra, y mediterránea); 4) selección de áreas anómalas (círculos negros); 5) lugares (Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Mar Cantábrico, y P-V=País Vasco); y 6) dos fotos de segmentos fluviales característicos.

Figure 3. Regions and main rivers. Source: Own elaboration (2018) 1) selection of the hydrographic network (rivers with an identification number. See Tables 7 and 8); 2) main sense of the superficial runoff (thick black arrows); 3) three slopes (on a gray scale: Atlantic, Cantabrian, and Mediterranean); 4) selection of anomalous areas (black circles); 5) sites (Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Cantabrian Sea and P-V=País Vasco); and 6) two photographs of the characteristic fluvial segments.

de ríos hay 20, y sólo 9 en el segundo. Estas características confirman la diferenciación tectónica transversal del terreno. El orden máximo de los ríos determinado es 7, y se corresponde con la cuenca del río Deva (Nº1), compartida con Asturias.

El método de las morfoisohipsas, con sucesivas generalizaciones (isolíneas de 400-1.800 m), permitió proponer la estructura, la forma y las características cuantitativas de 9 bloques y sus zonas de articulación, así como las principales deformaciones y tendencias de movimiento figura 4). En este marco hay un arreglo de esos bloques con 40 alineaciones, 4 zonas de deformación y articulación. Los sistemas de bloques

tienen un marcado escalonamiento N-S, y orientación E-O; mientras que los restantes niveles están muy fragmentados.

Acorde con las isobasitas, determinadas y sus diferencias (tabla 11), se tienen las zonas con los mayores ascensos (tabla 12). Ellas están en la zona S y se relacionan con los esfuerzos horizontales. Se ha determinado que la mayor intensidad regional está en el E (Pirineos) y hasta el País-Vasco; y que la combinación diferencial de los campos de esfuerzos del Océano Atlántico, Mar Cantábrico y de los Pirineos provoca un ligero giro de los bloques B1 y B2. Pero, estos valores son también menores que los determinados en Galicia y Asturias.

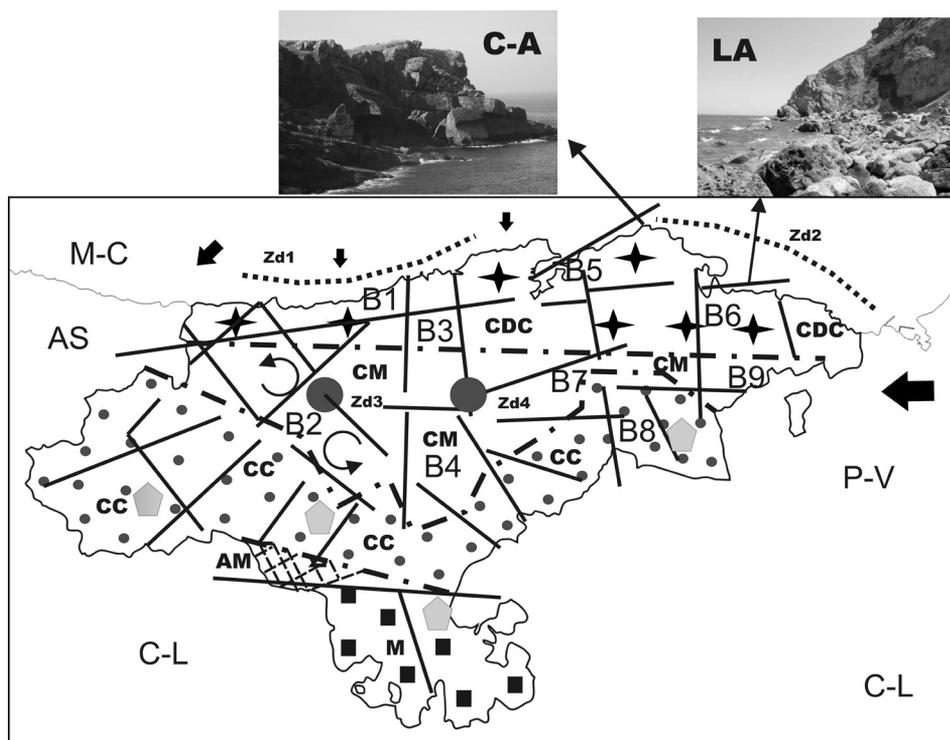


Figura 4. Regionalización del relieve. Fuente: Elaboración propia (2018) 1) alineaciones (líneas negras); 2) regiones (5 zonas delimitadas en líneas discontinuas y puntos: a) costera (intermedia (en blanco con la sigla CDC); b) intermedia (en blanco con la sigla CM); c) pre-montaña (círculos grises con la sigla CC); d) montaña (cuadrados negros con la sigla M); y e) alta montaña (cuadrículas con la sigla AM)); 3) zonas de levantamientos (flecha gruesa gris); 4) zonas de deformación (líneas de puntos arqueadas y círculos grandes grises con sigla Zd1); 5) bloques (B1); 6) tendencia de movimiento (círculo con flecha); 7) dirección de los esfuerzos principales (flechas negras); 8) lugares (AS=Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Mar Cantábrico, y P-V=País Vasco); y 9) dos fotos de acantilados (C-A=Cabo de Ajo, y LA=Laredo)

Figure 4. Relief regionalization. Source: Own elaboration (2018) 1) alignments (black lines); 2) regions (5 zones delimited in discontinuous lines and points: a) coastal (black stars with the acronym CDC); b) intermediate (in white with the acronym CM); c) pre-mountain (gray circles with the acronym CC); d) mountain (black squares with the acronym M); and e) high mountain (grid with the acronym AM)); 3) uplifting zones (thick gray arrow); 4) deformation zones (arched lines of points and large gray circles with the acronym Zd1); 5) blocks (B1); 6) trend of movement (circle with arrow); 7) strike of the main stress (black arrows); 8) sites (AS=Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Cantabrian Sea, and P-V=País Vasco); and 9) two photographs of the cliffs (C-A=Cabo de Ajo, and LA=Laredo).

Los 9 bloques de morfoisohipsas delimitados no coinciden espacialmente con los 13 bloques morfotectónicos delimitados (figura

6 y tabla 17). No obstante, su disposición se corresponde con los mesobloques morfotectónicos Este y Oeste.

Tabla 11
Diferencia de isobasitas. Fuente:
Elaboración propia (2018)

Diferencia de isobasitas	Mesobloques		
	Este	Oeste	Total
2-3	21	55	76
4-5	9	27	36
Clasificación	Poco activo	Activo	

Se puede asegurar que Cantabria es parte del macrobloque Septentrional donde también se encuentran Asturias y País Vasco (figura 5); que el alineamiento AL-1 es muy extenso, tiene rango regional y posee un arreglo de 8

Tabla 12
Actividad en los bloques. Fuente:
Elaboración propia (2018)

Intensidad de levantamiento	Muy activo	Activo	Débil
	%	3	15

nudos principales. Su dirección es E-O, y se localiza al S de la Cordillera Cantábrica y que los mesobloques delimitados (figura 4) se distinguen muy bien en cuanto a la intensidad de los levantamientos neotectónicos.

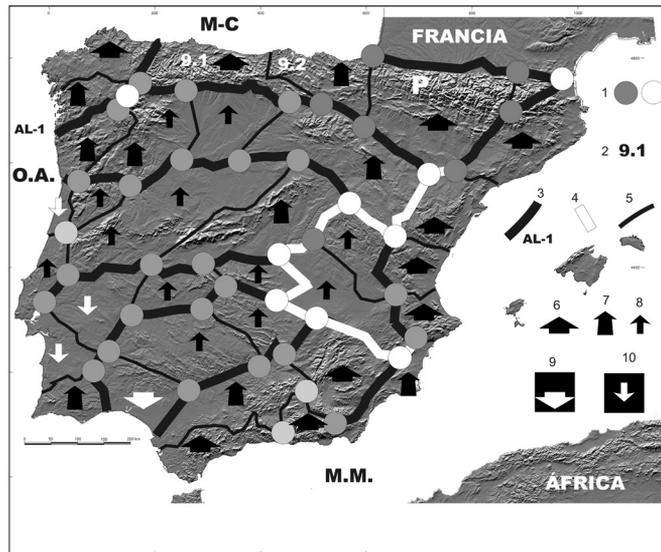


Figura 5. Esquema morfotectónico de la Península Ibérica. Fuente: Cotilla & Córdoba (2004a,b) 1) elementos indicados en la leyenda de la figura: 1=nudos principales (círculos); 2=mesobloques (9.1); 3, 4, 5=alineamientos principales (líneas irregulares de color (negro y blanco)); 6, 7, 8= zonas de levantamientos (muy activos, activos y débiles); 9, 10= zonas de descensos (muy activos y débiles); y 2) lugares (M.C.=Mar Cantábrico, M.M.=Mar Mediterráneo, O.A.=Océano Atlántico, y P= Pirineos).

Figure 5. Morphotectonic scheme of the Iberian Peninsula. Source: Cotilla & Córdoba (2004a,b) 1) elements indicated in the legend of the figure: 1=main knots (circles); 2=mesoblocks (9.1); 3, 4, 5=main alignments (irregular lines with (black and white)); 6, 7, 8=uplifting zones (very active, actives and weak); 9, 10=downthrow zones (very active and weak); and 2) sites (M.C.=Cantabrian Sea, M.M.=Mediterranean Sea, O.A.=Atlantic Ocean, and P=Pyrenees).

El principal resultado de este trabajo aparece en la figura 6, con algunos de los

elementos delimitados (tablas 13, 14, 15 y 16).

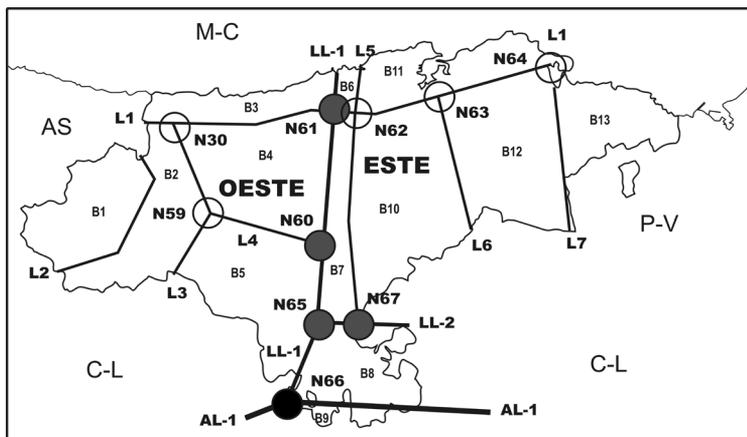


Figura 6. Esquema morfotectónico de Cantabria. Fuente: Elaboración propia (2018)

1) morfoalineamientos de 2º y 3er orden (líneas negras de diferente grueso, con siglas (L1). Ver tabla 13); 2) intersecciones de 2º-4º órdenes (círculos blancos, grises, y negros, con siglas (N30). Ver tabla 14); 3) mesobloques Oeste y Este. Ver tabla 15; 4) bloques (con siglas (B1). Ver tablas 16 y 17); y 5) lugares (AS=Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Mar Cantábrico, y P-V=País Vasco).

Figure 6. Morphotectonic scheme of Cantabria. Source: Own elaboration (2018) 1) morphoalignments of 2º y 3er rank (black lines of different thick, with acronym (L1). See table 13); 2) intersections of 2º-4º ranks (white circles, gray circles, and black circles, with acronym (N30). See table 14); 3) mesoblocks West and East. See table 15; 4) blocks (with acronym (B1). See tables 16 and 17); and 5) sites (AS=Asturias, C-L=Castilla y León, M-C=Cantabrian Sea, and P-V=País Vasco).

Tabla 13

Alineamientos principales (morfoalineamientos). Fuente:Elaboración propia (2018)

Table 13

Main alignments (morfoalignments). Source: Own Elaboration (2018)

Alineamientos	Localidades	Dirección/ Intersecciones	Longitud (km) / Orden / Ks
L1	Herrerías, Torrelavega, Renedo, Medio Cudero, y Santoña	E-O / 5	120 / 4 / 0,90
L2	Sierra Collaír, Potes, y Peñarrabia	N-S / -	35 / 4 / 0,81
L3	Sarceda,	N-S / 2	41 / 4 / 0,79
L4	Sarceda, y Barcena de Pie de Concha,	SE-NO / 2	26 / 4 / 0,94
L5	Renedo	N-S / 2	50 / 4 / 0,95
L6	Medio Cudero	N-S / 1	33 / 4 / 0,90
L7	Santoña	N-S / 1	35 / 4 / 0,91
LL-1	Barcena de Pie de Concha, Torrelavega, Reinosa y Mataporqueira	N-S / 4	64 / 3 / 0,95
LL-2	Reinosa, y Embalse del Ebro	E-O / 2	22 / 3 / 0,98
AL-1	Mataporqueira	E-O / 1	32 / 2 / 0,89

En la parte S-central del segmento de Cantabria aparece el nudo N66 (de 2º orden), que es uno de los nudos localizados en el alineamiento AL-1. Además, la estructura regional E-O, mencionada anteriormente, se interpreta a partir de la disposición del conjunto de 3 alineamientos L1, LL-2 y AL-1. Ellos tienen, no sólo, un marcado paralelismo, sino también relación con otras estructuras activas. Además, hay otros alineamientos de distinta categoría (tabla 13) que configuran un mosaico diverso de intersecciones (tabla 14) y de Unidades Territoriales superficiales (tabla 15). Entre ellos están los 2 alineamientos de 3er orden que tienen distinta dirección y características: 1) LL-1 se orienta N-S e incluye 4 nudos (N60, N61, N65, y N66). Esta estructura divide transversalmente a

los mesobloques Oeste y Este; y 2) LL-2 va E-O y posee 2 nudos (N65 y N67).

En los mesobloques Este/Oeste hay un total de 7/6 bloques, respectivamente (tabla 15). La cantidad de superficies de cimas es diferente (Este=219, y Oeste=239). También tienen diferencias en cuanto al total de: 1) tipos de valle fluvial (Este (V/U=64/111), y Oeste (V/U=71/130)) y 2) anomalías fluviales (Este=7, y Oeste=19) y 3) disección vertical del relieve (Este=470 m y Oeste=870 m). La geometría del mesobloque E es principalmente N-S y más homogénea y regular que la del mesobloque O. Esto coincide con los resultados presentados del análisis de la red fluvial. Además, destacamos que el mesobloque occidental tiene las zonas de levantamientos más intensas.

Tabla 14

Datos de los nudos. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 14

Data of the knots. Source: Own elaboration (2018)

Nº	Intersecciones / Orden	Compuesto por los alineamientos	Denominación	Mesobloque / Bloques
1	N30 / 4	L1-L3	Herrerías	Oeste/ B2-B3-B4
2	N59 / 4	L3-L4	Sarceda	Oeste/ B2-B4-B5
3	N60 / 3	LL-1-L4	Barcena de Pie	Límite/ B4-B5-B7
4	N61 / 3	LL-1-L1	Torrelavega	Límite/ B3-B4-B6-B7
5	N62 / 4	L1-L5	Renedo	Este/ B6-B7-B10-B11
6	N63 / 4	L1-L6	Medio Cudero	Este/ B10-B11-B12
7	N64 / 4	L1-L7	Santoña	Este/ B11-B12-B13
8	N65 / 3	LL-1-LL-2	Reinosa	Límite/ B5-B7-B8
9	N66 / 2	AL-1-LL-1	Mataporqueira	Límite/ B5-B8-B9
10	N67 / 3	LL-2-L5	Embalse del Ebro	Este/ B7-B8-B10

Discusión y conclusiones

En la figura 2 aparece la parte Norte la Península Ibérica (Galicia-Pirineos), donde se identifican, de O a E, 4 segmentos, sucesivos y escalonados, de costa (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco). También hay una diferenciación en cuanto a la curvatura de la línea costera

Cabo Ortegal, Galicia ($K_s=0,45$); Gijón, Asturias ($K_s=0,55$); Santander, Cantabria ($K_s=0,48$) y Bilbao, País Vasco ($K_s=0,40$). Todas esas curvaturas tienen la misma figura, con sentido al N. En la zona de la Plataforma Submarina adyacente también existe un escalonamiento lateral descendente de O a E, que se asocia con sistemas de fallas.

Tabla 15

Algunos datos para los mesobloques. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 15

Some data for the mesoblocks. Source: Own elaboration (2018)

Nº	Características	Este	Oeste
1	Altitud máxima (m)	1.416	1.958
2	Altitud media (m)	680	820
3	Anomalías fluviales	7	19
4	Área (km ²)	725	492
5	Áreas de descenso (%)	35	21
6	Cantidad de cuencas fluviales	5	4
7	Cantidad de superficie de cimas	113	162
8	Cantidad de fracturas de $L > 2$ km / km ²	25	38
9	Cantidad máxima de terrazas marinas	6	8
10	Dirección predominante de la DPPO	E-O	E-O
11	Dirección principal del drenaje superficial	N-NE	N-NO
12	Dirección predominante de las fracturas	N-NE	NNO
13	Disección vertical (m)	470	870
14	Drenaje superficial promedio (km / km ²)	0,92	1,5
15	Forma de los valles fluviales (V / U)	64 / 111	71 / 130
16	Intersecciones principales 3er / 4º / 5º orden	4 / 3 / 37	3 / 2 / 15
17	Levantamiento (m) (diferencia isobasitas de orden):		
	2-3	21	55
	4-5	9	27
	2-5	20	46
18	Bloques	8	5
19	Microbloques	206	129
20	Nanobloques	514	341
21	Orden máximo del río	7	7
22	Pendiente media (‰)	19	23
23	Tipo de relieve	Montaña	Montaña
23	Tipo principal de drenaje	Superficial	Superficial

Nota: En la tabla 4 aparecen estos índices.

El conjunto de los sistemas de llanuras y sierras costeras (estrechas y alargadas) de Asturias y Cantabria constituyen un arreglo lateral con deformaciones altitudinales (427 m); longitudinales ((eje mayor E-O)~26 km); transversal ((N-S)~80 km) y lateral (~20 km). En específico, hay distintos valores de altitud y longitud, y de curvatura en el plano horizontal para las respectivas sierras del Cuera (1.318 m/38 km/ $K_s=0,90$) y del Escudo de Cabuérniga (891 m/12 km/ $K_s=0,77$) (figura 7). La disposición y la forma de las mencionadas sierras con relación a las líneas de costa, respectivas, son similares, pero diferente entre sí. Otra diferencia está en la concavidad de la costa de Asturias que es al S ($K_s=0,75$) y la de Cantabria lo es al N ($K_s=0,69$).

Estos rasgos también se identifican en los sistemas de montañas de Cantabria; por lo que aseguramos son parte inequívoca de los localizados en Asturias, País Vasco y N de Castilla y León. Entre ellos hay 3 sierras de dirección principal E-O (de Cornisa, del Escudo de Cabuérniga, y del Escudo). Estas estructuras tienen una organización regional en los planos vertical y horizontal; mientras que en otras elevaciones hay claros arqueamientos, que rompen esa regularidad regional, entre ellas están: 1) al E (Sierra de la Fuente, Sierra de la Peña Sagra, Sierra de la Peña Labra, y Sierra de Barcena Mayor); 2) al N (Picos de Europa, y Sierra de Cordel); y 3) al NO (Montes de Ucieda y Montes de Samo-Montes de Valnera).

Tabla 16

Características de los bloques. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 16

Some data for the mesoblocks. Source: Own elaboration (2018)

Bloques	Microbloques /Nanobloques	Localización en Mesobloque	Superficies de cimas Planas/ Puntiagudas / Σ	Puntos de control	Bloques de morfoisohipsas
B1	25 / 95	Oeste	16 / 27 / 43	21	B2
B2	46 / 110	Oeste	33 / 12 / 45	21	B2
B3	22 / 49	Oeste	5 / - / 5	14	B1
B4	36 / 87	Oeste	10 / 2 / 12	10	B2
B5	52 / 163	Oeste	27 / 30 / 57	20	B2
B6	4 / 10	Este	2 / - / 2	5	B3
B7	26 / 71	Este	9 / 5 / 14	10	B4
B8	25 / 80	Este	13 / 17 / 30	20	B4
B9	8 / 15	Este	3 / 7 / 10	18	B4
B10	40 / 73	Este	17 / 19 / 36	15	B5, B7, B8
B11	10 / 15	Este	5 / - / 5	10	B5
B12	27 / 67	Este	19 / 23 / 42	11	B7, B8
B13	14 / 20	Este	9 / 5 / 14	16	B6, B9
Σ	335 / 855	Este= 8 / Oeste= 5	168 / 147 / 315	191	9

Tabla 17

Descripción de los bloques. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 17

Description of the blocks. Source: Own elaboration (2018)

Bloques / Alineamientos	Denominación (Localidades)	Dirección / Hmáx(m)
B1 / L1-L2	Zambruria (Peña Vieja, Sierra de la Costa, Sierra de Andata y Sierra de Bejes)	N-S / 800
B2 / L1-L2-L3	Quebrada (Sierra Alba, Peña Quebrada, Pico Zambruria y Peña Prieta)	N-S / 1.958
B3 / LL-1-L1	Santillana (Santillana del Mar y San Felices de Bueiner)	E-O / 400
B4 / LL-1-L1-L3-L4	Icieda (Montes de Icieda y Sierra del Escudo de Cabuerniga)	E-O / 1.396
B5 / AL-1-LL-1-L3-L4	Cordel (Sierra de Peña Labra, Sierra Hajar y Sierra del Cordel)	N-S / 2.064
B6 / LL-1-L1-L5	Polanco/ (Polanco)	N-S / 300
B7 / LL-1-LL-2-L1-L5	Escudo (Peña Sombrero, Villapoderne y Sierra del Escudo)	N-S / 1.066
B8 / AL-1-LL-1-LL-2	Severa (Montes Claros y Peña Severa)	E-O / 1.533
B9 / AL-1	Revelillas/ (Revelillas)	E-O / 1.356
B10 / L1-L5-L6	Concha (La Concha y Pardillo)	N-S / 1.491
B11 / L1-L5	Santander (Santander, Santoña, Camarga, Barayo, Meruelo y Noka)	E-O / 300
B12 / L1-L6-L7	Cañoneras (Cañores y Sierra de Hornijo)	N-S / 1.600
B13 / L1-L7	Cabaña (Cabaña de la Sierra)	N-S / 800

Tabla 18

Resumen de las regiones. Fuente: Elaboración propia (2018)

Table 18

Summary of the regions. Source: Own elaboration (2018)

Región/ Zona	Macrobloques/ Mesobloques	Bloques/ Microbloques / Nanobloques	Alineamientos/ Nudos	Escarpes/ Sectores anómalos	V/U	Superficies de cimas/ Fracturas (km ²)
Asturias / Norte	1 / 1	8 / 208 / 668	64 / 130	21 / 98	87 / 91	310 / 0,21
Galicia / Norte	1 / 2	119 / 328 / 691	39 / 23	19 / 23	106 / 183	327 / 0,15
Centro	4 / 4	35 / 85 / 162	333 / 1.428	43 / 55	67 / 101	119 / 0,15
Almería / Sur	2 / 5	13 / 36 / 110	29 / 26	10 / 102	63 / 87	228 / 0,17
Cádiz / Sur	2 / 2	18 / 55 / 90	20 / 265	4 / 89	63 / 95	158 / 0,03
Córdoba / Sur	2 / 4	16 / 20 / 51	28 / 1.041	7 / 44	252 / 313	410 / 0,08
Granada / Sur	2 / 5	32 / 41 / 58	46 / 633	17 / 48	319 / 310	696 / 0,22
Jaén / Sur	2 / 4	24 / 60 / 257	52 / 57	9 / 101	57 / 86	300 / 0,11
Málaga / Sur	2 / 2	26 / 77 / 112	12 / 20	7 / 267	95 / 211	464 / 0,04
Murcia / Sur	2 / 3	47 / 160 / 500	17 / 16	9 / 95	55 / 110	258 / 0,08

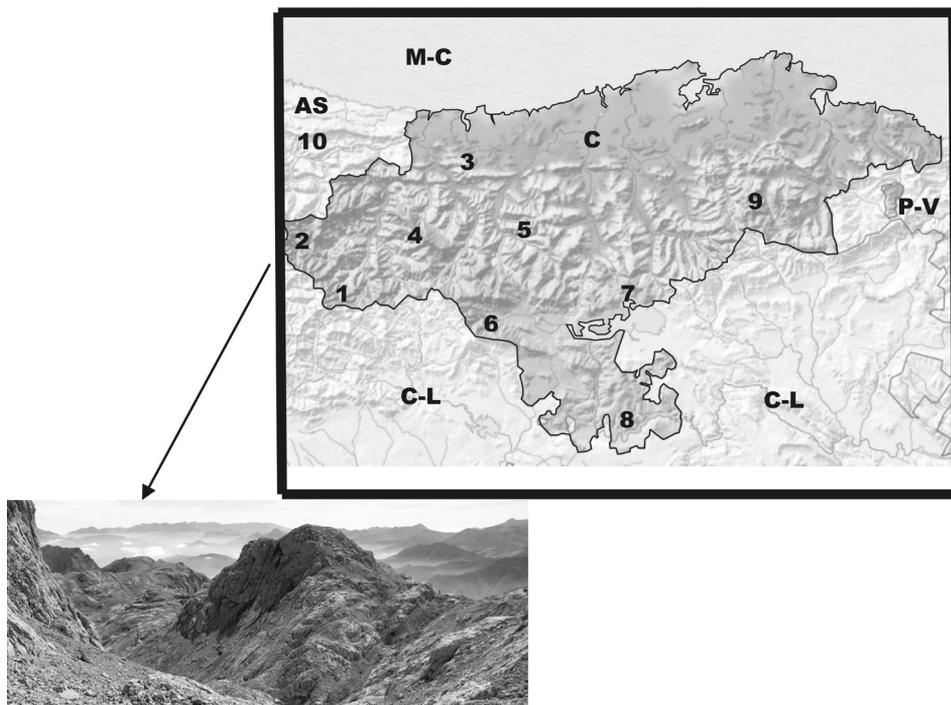


Figura 7. Zonas de montaña en Cantabria. Fuente: Elaboración propia (2018) 1) montañas (1=Peña Prieta, 2=Picos de Europa, 3=Sierra del Escudo de Cabuérniga, 4=Sierra de la Peña Sagra, 5=Sierra de Barcena Mayor, 6=Sierra de Peña Labra, 7=Sierra del Escudo, 8=Sierra de Valderrible, 9=Sierra del Hornijo, y 10=Sierra del Cuera (Asturias)); 2) lugares (AS=Asturias, C=Cantabria, C-L=Castilla y León, M-C=Mar Cantábrico, y P-V=País Vasco); y 3) foto (Picos de Europa).

Figure 7. Mountain zones of Cantabria. Source: Own elaboration (2018) 1) mountains (1=Peña Prieta, 2=Picos de Europa, 3= Sierra del Escudo de Cabuérniga, 4= Sierra de la Peña Sagra, 5=Sierra de Barcena Mayor, 6=Sierra de Peña Labra, 7=Sierra del Escudo, 8=Sierra de Valderrible, 9=Sierra del Hornijo, and 10=Sierra del Cuera (Asturias)); 2) sites (AS=Asturias, C=Cantabria, C-L= Castilla y León, M-C=Mar Cantábrico, and P-V=País Vasco); and 3) photo (Picos de Europa).

Las características y descripciones expuestas se corresponden con la actividad neotectónica del territorio de Cantabria. Así, se establece que ella tiene menor nivel que Asturias y País Vasco; y que es una zona de transición entre el E (Pirineos-País Vasco) y el O (Atlántico-Galicia-Asturias). Esto también está reflejado en los datos sismicidad. Todas estas zonas se localizan en el macrobloque Septentrional de la Península Ibérica. En su estructuración están 2 mesobloques, 13 bloques, 10

morfoalineamientos (2º-4º orden), y 10 intersecciones principales (2º-4º).

Por último, en la tabla 18 hay un resumen de anteriores estudios morfotectónicos realizados, por los autores, también en la Península Ibérica. En esta relación, ellos están divididos por zonas del megabloque (N=2, Centro=1, y S=7). Se indica que las estructuras del S son, con diferencia, las más activas; y que la zona septentrional es la de menor complejidad neotectónica.

Esto se confirma con la sismicidad representada en las figuras 1A-B.

Agradecimientos

Este resultado fue financiado por los proyectos: GR35/10-A (910549), TOPOIBERIA (CSD2006/0041) y TSUJAL (CGL2011-29474-C02-01).

Referencias

- Alekseevskaya, M., Gabrielov, A., Gelfand, I., Gvishiani, A., & Rantsman, E. (1977). Formal morphostructural zoning in mountain territories. *Journal of Geophysics Zeitschrift fur Geophysik*, 43(1-2), 227-233.
- Alonso J.L., Pulgar, J.A., García-Ramos, J.C. & Barba, P. (2010). Tertiary basins and Alpine tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain). In P. Friend y C. Dabrio (Eds.), *Tertiary Basins of Spain*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511524851.031>
- Álvarez-Marrón, J., Pérez-Estaún, A. Danñobeitia, J.J., Pulgar, J.A., Martínez Catalán, J.R., ... Córdoba, D. (1996). Seismic structure of the northern continental margin of Spain from ESCIN deep seismic profiles. *Tectonophysics*, 264(1-4), 153-174. [https://doi.org/10.1016/s0040-1951\(96\)00124-2](https://doi.org/10.1016/s0040-1951(96)00124-2)
- Boillot, G. & Malod, J. (1988). The north and north-west Spanish continental margin: A review. *Revista de la sociedad geológica de España*, 1, 295-316. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/d;jsessionid=7EFCF4A43A40CACD8B2497A555686433?doi=10.1.1.1021.7896&rep=rep1&type=pdf>
- Cotilla, M.O. & Córdoba, D. (2003). Caracterización morfotectónica de Galicia, España. *Revista geofísica*, 58, 5-56. Recuperado de <http://eds.a.zebcohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=74f3fb78-588f-4ebf-b8ea-278763391ba9%40sessionmgr4010>
- Cotilla M.O. & Córdoba, D. (2004a). Morphotectonics of the Iberian Peninsula. *Pure and applied geophysics*, 161(4), 755-815. <https://doi.org/10.1007/s00024-003-2473-2>
- Cotilla, M.O. & Córdoba, D. (2004b). Present geomorphological characteristics of Alboran islet and surroundings, Spain: a diagnosis. *Geografía física e dinámica quaternaria*, 27(1), 3-19. Recuperado de http://www.glaciologia.it/wp-content/uploads/Abstracts/Abstract_27_1/01_Cotilla_Rodri_3_19_abst.pdf
- Cotilla, M.O. & Córdoba, D. (2009). Morfotectónica de Murcia, España. *Revista geográfica*, 14, 77-110. Recuperado de http://bibliotecas.inah.gob.mx:8092/REGEOG_00_0146.html
- Cotilla, M.O. & Córdoba, D. (2013a). Delimitación de las unidades morfotectónicas en el sector Almería-Jaén, España. *Geología colombiana*, 38, 99-135. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/33924>
- Cotilla M. & Córdoba, D. (2013b). El terremoto de Lorca-Murcia, España (2011): interpretación morfotectónica. *Revista geográfica*, 154, 115-131. Recuperado de https://www.ipgh.org/assets/rgeog_154.pdf
- Cotilla, M. & Córdoba, D. (2015a). Morfotectónica del segmento Cádiz-Málaga, sur de España. *Revista geográfica*

- de América Central*, 2(55), 169-198. <https://doi.org/10.15359/rgac.2-55.7>
- Cotilla, M. & Córdoba, D. (2016). Morphotectonic interpretation of the 23.02.2015 Albacete earthquake, Spain. *Revista geográfica de América Central*, 2(57), 223-233. <https://doi.org/10.15359/rgac.57-2.8>
- Cotilla, M.O., Córdoba, D., & Herraiz, M. (2005). Main morphotectonic characteristics of Asturias, Spain. *Geofísica internacional*, 44(1), 65-101. <http://ojs.geofisica.unam.mx/ojs6/index.php/RGI/article/view/553/536>
- Cotilla M.O., Córdoba D., & Herraiz, M. (2007). A morphotectonic study of the central system, Iberian Peninsula. *Russian geology and geophysics*, 48(4), 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2007.03.005>
- Cotilla M.O., Córdoba D., & Sánchez, F.J. (2012). Morphotectonic study of two regions in the Centre-South segment of Spain: Córdoba and Granada. *Geotectonics*, 47(3), 215-240. <https://doi.org/10.1134/S0016852113030072>
- Cotilla-Rodríguez, M.O., Córdoba Barba, D., Núñez-Cornú, F.J., Gómez-Hernández, A., Pinzón-López, J.L., & Rivera Rodríguez, L.D. (2017). Morfotectónica de Jalisco y Oaxaca (1), México. *Revista geográfica de América Central*, 3(59), 197-248. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.3-59.7>
- Espina, R.G., De Vicente, G. & Muñoz-Martín, A. (1996). Análisis poblacional de fallas alpinas en el borde occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Cordillera Cantábrica, NO de España). *Geogaceta*, 20(4), 936-938. Recuperado de [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20\(4\)/Art50.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20(4)/Art50.pdf)
- Fernández-Lozano, J., Sokoutis, D., Willingshofer, E., Muñoz-Martín, A., De Vicente, G., & Cloetingh, S. (2011). Análisis integrado de la topografía y anomalías gravimétricas en modelación análoga: Un modelo de evolución del relieve en la Península Ibérica. *Revista de la sociedad geológica de España*, 24(3-4), 153-171. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/27044/>
- Fillon C., Pedreira, D., van der Beek, P.A., Huisman, R.S., Barbero, L., & Pulgar, J.A. (2016). Alpine exhumation of the central Cantabrian Mountains, Northwest Spain. *Tectonics*, 35(2), 339-356. <https://doi.org/10.1002/2015tc004050>
- Flor G. (1983). Las rasas asturianas: Ensayos de correlación y de emplazamiento. *Trabajos de geología*, 13, 65-81. Recuperado de <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/TDG/article/view/2769/2634>
- Fernández Viejo G., Gallart J., Pulgar J.A., Gallastegui J., Dañoibeitia J.J. & Córdoba D., (1998). Crustal transition between continental and oceanic domain along the North Iberian Margin from wide-angle seismic and gravity data. *Geophysical research letters*, 25(23), 4.249-4.252. <https://doi.org/10.1029/1998gl900149>
- Galbis J.V. (1932). *Catálogo sísmico de la zona comprendida entre los paralelos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° N*. Tomo 1, Instituto Geográfico, Catastral y Estadística. Madrid.
- Gallart J., Fernández-Viejo, G., Díaz, J., Vidal, N., & Pulgar, J.A. (1995). Deep structure of the transition between the Cantabrian Mountains and the North Iberian Margin from wide-angle ESCI-N

- data. *Revista de la sociedad geológica de España*, 8(4), 365-382.
- Gallastegui, J. (2000). Estructura cortical de la cordillera y margen continental cantábricos: Perfiles ESCI-N. *Trabajos de geología*, 22, 9-231. Recuperado de <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/TDG/article/view/2912/2777>
- González, A., Díaz de Terán, J.R., Barba, F.J., Remondo, J., & Cendrero, A. (1996). Propuesta de un modelo cronológico para las terrazas de los ríos de la vertiente cantábrica. *Geogaceta*, 20(5), 1.096-1.099. Recuperado de [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20\(5\)/Art26.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo20%20(5)/Art26.pdf)
- González, Trueba J.J. (2006) *El macizo central de los Picos de Europa: Geomorfología y sus implicaciones geológicas en la alta montaña cantábrica*. (Tesis doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, España). Recuperado de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10653/1de9.JJGT_cap1.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Hernaiz, P.P. (1994). La falla de Ubierna (margen SO de la cuenca Cantábrica). *Geogaceta*, 16, 39-42. Recuperado de <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo16/Art10.pdf>
- Herraiz, M., De Vicente, G., Lindo-Ñaupari, R., Giner, J., Simón, J.L., González-Casado, J.M., ... Lucini, M. (2000). The recent (upper miocene to quaternary) and present tectonic stress distribution in the Iberian Peninsula. *Tectonics*, 19(4), 762-786. <https://doi.org/10.1029/2000TC900006>
- Hoyos, H. (1987). Upper pleistocene and holocene marine levels on the Cantabrian Cornice (Asturias, Cantabria and Basque Country), Spain. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 10, 251-258.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) (2000). *Catálogo sísmico nacional*. Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) (1999). *Catálogo sísmico nacional*. Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) (1996). *Catálogo sísmico nacional*. Madrid.
- Instituto Tecnológico y Geominero de España & Diputación Regional de Cantabria (ITGEDRC). (1990) *Mapa geológico-minero de Cantabria*, escala 1:100.000.
- Lepvrier, C. & Martínez-García, E. (1990). Fault development and stress evolution of the post-Hercynian Asturias Basin (Asturias and Cantabria, northwest Spain). *Tectonophysics*, 184(3-4), 345-356. Recuperado de https://ac.els-cdn.com/004019519090447G/1-s2.0-004019519090447G-main.pdf?_tid=d6511b53-e49b-4508-9458-85cfee4abcfb&acdnat=1528407664_8fe70a86f16367d97044d669469c498d
- López-Fernández C., Pulgar, J.A., González-Cortina, J.M., Gallart, J., Díaz, J., & Ruiz, M. (2004). Actividad sísmica en el Noroeste de la Península Ibérica observada por la red sísmica local del Proyecto GASPI (1999-2002). *Trabajos de geología*, 24, 91-106. Recuperado de <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/TDG/article/view/2922/2787>

- Martínez Solares, J.M. (2003). Sismicidad histórica de la Península Ibérica. *Física de la tierra*, 15, 13-28. Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/FITE0303110013A/11787>
- Marquínez, J. (1992). Tectónica y relieve de la Cornisa Cantábrica. En A. Cearreta & F. Ugarte (Ed). *The Late Quaternary in the western pyrean Region* (pp. 141-157). Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Mary, G. (1983). Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno. *Trabajos de geología*, 13, 3-35. Recuperado de <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/TDG/article/view/2766/2631>
- Mezcua, J. (1982). *Catálogo general de isostas de la Península Ibérica* (Publicación Técnica N°202). Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- Mezcua J. & Rueda, J. (2006). Sismicidad, sismotectónica y evolución geodinámica de la Península Ibérica. *Física de la tierra*, 1, 137-155. Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/FITE0606110137A>
- Mezcua, J., Gil, A., & Benarroch, R. (1996). *Estudio gravimétrico de la Península Ibérica y Baleares*. Madrid: Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.
- Moreno F., Mediato, J.F. & V. Canas. (2009) *Terrazas marinas en el litoral de Cantabria. Controles litológicos del sustrato*. Trabajo presentado en el Sexto Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico, MIA09, 181-184.
- Pedreira D., Pulgar, J.A., Gallart, J., & Díaz, J. (2003). Seismic evidence of Alpine crustal thickening and wedging from the western Pyrenees to the Cantabrian Mountains (north Iberia). *Journal of geophysical research: solid earth*, 108(B4). <https://doi.org/10.1029/2001jb001667>
- Pérez-Estaún, A., Bastida, F., Alonso, J.L., Marquínez, J., Aller, J., Álvarez-Marrón, J., Marcos, A., & Pulgar, J.A. (1988). A thin-skinned tectonics model for an arcuate fold and thrust belt: the Cantabrian zone (Variscan Ibero-Armorican arc). *Tectonics*, 7(3), 517-537. <https://doi.org/10.1029/tc007i003p00517>
- Prieto, J.O. & Vidal, R. (1995). Nuevo modelo tectónico interpretativo para la Cuña de Ramales (Cantabria) y su relación con la zona noroccidental de la cuenca Vasco-Cantábrica. *Munibe*, 47, 29-36. Recuperado de <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/1995029036CN.pdf>
- Pulgar J.A., Gallart, J., Fernández-Viejo, G., Pérez-Estaún, A., Álvarez-Marrón J. & ESCIN Group (1996). Seismic image of the Cantabria Mountains in the western extension of the Pyrenees from integrated ESCIN reflection and refraction data. *Tectonophysics*, 264(1-4), 1-19. [https://doi.org/10.1016/s0040-1951\(96\)00114-x](https://doi.org/10.1016/s0040-1951(96)00114-x)
- Rantsman E.Ya. (1979). *Sites of earthquakes and morphostructures of mountain countries*. Editorial Nauka, Moscú.
- Rat P. (1988). The Basque-Cantabrian basin between the Iberian and European plates: some facts but still many problems. *Revista de la sociedad geológica de España*, 1(3-4), 327-348. Recuperado de [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/1\(3-4\)/Art04.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/1(3-4)/Art04.pdf)

- Socías I., Mezcuca, J., Lynam, J., & Del Potro, R. (1991). Interpretation of an aeromagnetic survey of the Spanish mainland. *Earth and planetary science letters*, 105(1-3), 55-64. [https://doi.org/10.1016/0012-821x\(91\)90120-7](https://doi.org/10.1016/0012-821x(91)90120-7)
- Suárez A., Alfonso J.L., & Marcos A. (1996). La colocación de los klippen del área del Porma (Zona Cantábrica, NO de España). *Geogaceta*, 20(4), 871-874. Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/12642/La-colocacion.pdf?sequence=2>
- Tavani S. (2012). Plate kinematics in the Cantabrian domains of the Pyrenean orogen. *Solid earth*, 3(2), 265-292. <https://doi.org/10.5194/se-3-265-2012>
- Udías A. & Buforn, E. (1991). Regional stress along Eurasia-Africa plate boundary derived from focal mechanisms of large earthquakes. *Pure and applied geophysics*, 136(4), 433-448. <https://doi.org/10.1007/BF00878580>
- Vidal R., Prieto, J.O., Cantero, M.A., Ortiz, J., & Torres, T. (2001). Estudio geomorfológico de la zona inferior del Valle de Carranza de la Cueva de Santa Isabel de Ranero. Bizkaia-País Vasco. *Munibe*, 51, 3-17. Recuperado de http://oa.upm.es/3413/2/TORRES_ART_2001_02.pdf