

OBRA COMPLETA DISPONIBLE EN EL GEOPORTAL DEL ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA <http://atlasnacional.ign.es>  
Página de descargas <http://atlasnacional.ign.es/wane/ANE:Descargas>

## Capítulo 4 CLIMA Y AGUA

### Clima

MAPA DE RED DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS	92
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE JULIO	93
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE ENERO	93
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL	93
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÁXIMAS DE ENERO	94
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÁXIMAS DE JULIO	94
MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA	94
MAPA DE TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA	95
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÍNIMAS DE ENERO	95
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÍNIMAS DE JULIO	95
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA DE PRIMAVERA	96
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA DE VERANO	96
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA DE OTOÑO	96
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	97
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA DE INVIERNO	97
MAPA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA. MEDIA ANUAL	98
MAPA DE NÚMERO MEDIO ANUAL DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN MAYOR O IGUAL A 1 MM	98
MAPA DE NÚMERO MEDIO ANUAL DE DÍAS DE TORMENTA	98
MAPA DE NÚMERO MEDIO ANUAL DE DÍAS DE GRANIZO	99
MAPA DE NÚMERO MEDIO ANUAL DE DÍAS DE NIEVE	99
MAPA DE NÚMERO MEDIO ANUAL DE DÍAS DE NIEBLA	99
MAPA DE INSOLACIÓN ANUAL	100
MAPA DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL JULIO	100
MAPA DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL DICIEMBRE	100
MAPA DE BALANCE ENTRE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN	101
MAPA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MEDIA ANUAL	101
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. ANTICICLÓN DE INVIERNO	102
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. TEMPORAL DE FRÍO Y NIEVE	102
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. BAJA TÉRMICA ESTIVAL	102
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. TIEMPO DEL NOROESTE	103
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. TIEMPO DEL NORDESTE	103
MAPA DE SITUACIÓN ATMOSFÉRICA. TIEMPO DEL SUDOESTE	103
MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN KÖPPEN	104

### Aguas continentales y marinas

MAPA DE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS	105
MAPA DE ACUÍFEROS	106
MAPA DE RED DE ESTACIONES DE AFORO	106
MAPA DE APORTACIONES MEDIAS ANUALES DE CAUDAL	107
MAPA DE COEFICIENTE DE CAUDAL DE LOS RÍOS PRINCIPALES	108
MAPA DE TIPOS DE RÉGIMEN FLUVIAL	110
MAPA DE USOS DEL AGUA	112
MAPA DE CAPACIDAD DE LOS EMBALSES	113
MAPA DE TEMPERATURA MEDIA EN LA SUPERFICIE DEL MAR	114
MAPA DE SALINIDAD MEDIA EN LA SUPERFICIE DEL MAR	114

# Clima

Sección II Medio Natural

Analizar el clima de España supone hablar de diversidad. Existe una amplia variedad de climas en todo el territorio que, a su vez, se manifiestan a través de una multiplicidad de tipos de tiempo y de fenómenos meteorológicos contrastados, incluso entre áreas próximas. Tal diversidad es el resultado de la combinación de factores de tipo atmosférico y geográfico.

Por su latitud la España peninsular y las islas Baleares se localizan en el límite meridional del dominio templado y en contacto con las altas presiones subtropicales, en una zona con predominio de la circulación de vientos del oeste y suroeste; en verano, sin embargo, los anticiclones subtropicales dominan la atmósfera aportando una fuerte estabilidad. Una franja latitudinal intermedia que constituye el área de intercambio energético entre las masas de aire frío polar y las masas de aire cálido tropical, donde se localiza el frente polar. Su oscilación estacional norte-sur y la llegada de borrascas atlánticas asociadas a él suponen continuos y, a veces, bruscos cambios del tiempo atmosférico, característica esencial de buena parte de los climas de España. La variedad climática se acrecienta al pertenecer las islas Canarias al ámbito subtropical-tropical, menos afectadas por las pulsaciones del frente polar, y donde el dominio de las altas presiones es casi constante.

La posición geográfica de la península ibérica entre dos grandes masas continentales y entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo le



Inversión térmica con niebla



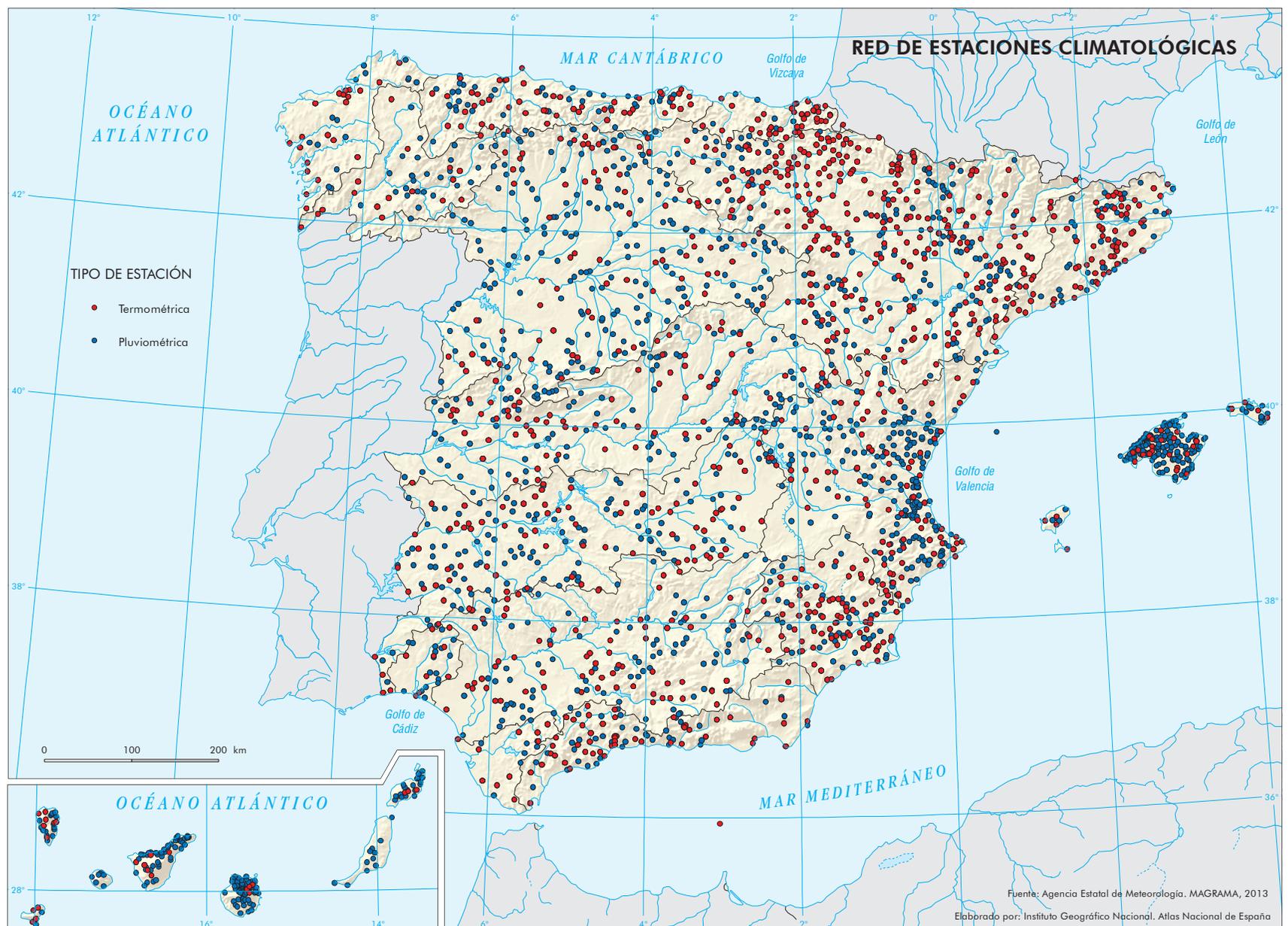
Observatorio meteorológico manual y automático

conferen, además, un papel de encrucijada de influencias marítimas y continentales diversas y contrastadas. Finalmente, las características del relieve aportan una mayor complejidad al mosaico climático español; en primer lugar por su elevada altitud media, que alcanza los 650 m, y que condiciona intensamente las temperaturas; y en segundo lugar por la disposición de las barreras montañosas, que generan fuertes contrastes espaciales en todos los elementos climáticos y meteorológicos, tanto a escala regional como local.

El objetivo de este apartado es ilustrar esa diversidad climática a través de la representación

cartográfica de algunos de los elementos más significativos que definen el clima, como la temperatura, la precipitación, la insolación, la radiación o la evapotranspiración. Para ello se han utilizado un total de 3.495 observatorios meteorológicos completos, termopluviométricos y pluviométricos que la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) tiene repartidos por todo el territorio.

Los mapas de las variables climáticas de temperatura y precipitación están referidos al periodo 1981-2010, y las series de datos termopluviométricos utilizados pasaron previamente por un control de calidad y homogeneidad.



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. MAGRAMA, 2013  
Elaborado por: Instituto Geográfico Nacional. Atlas Nacional de España

## Temperatura

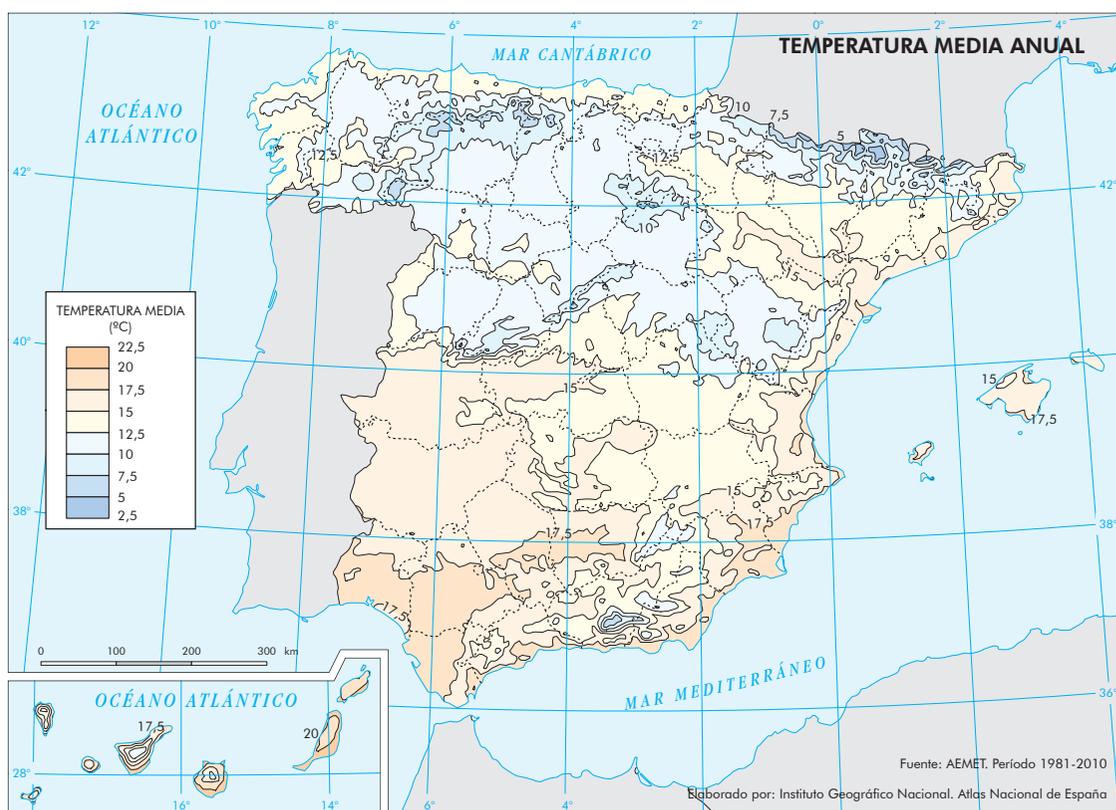
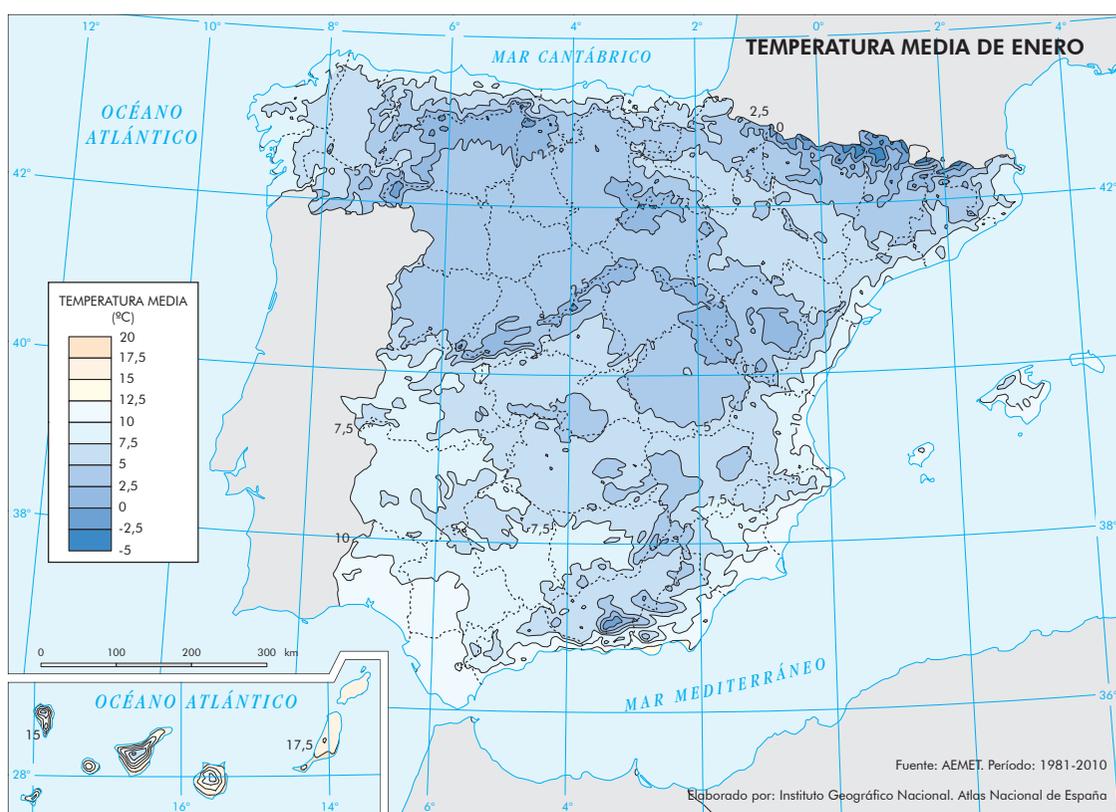
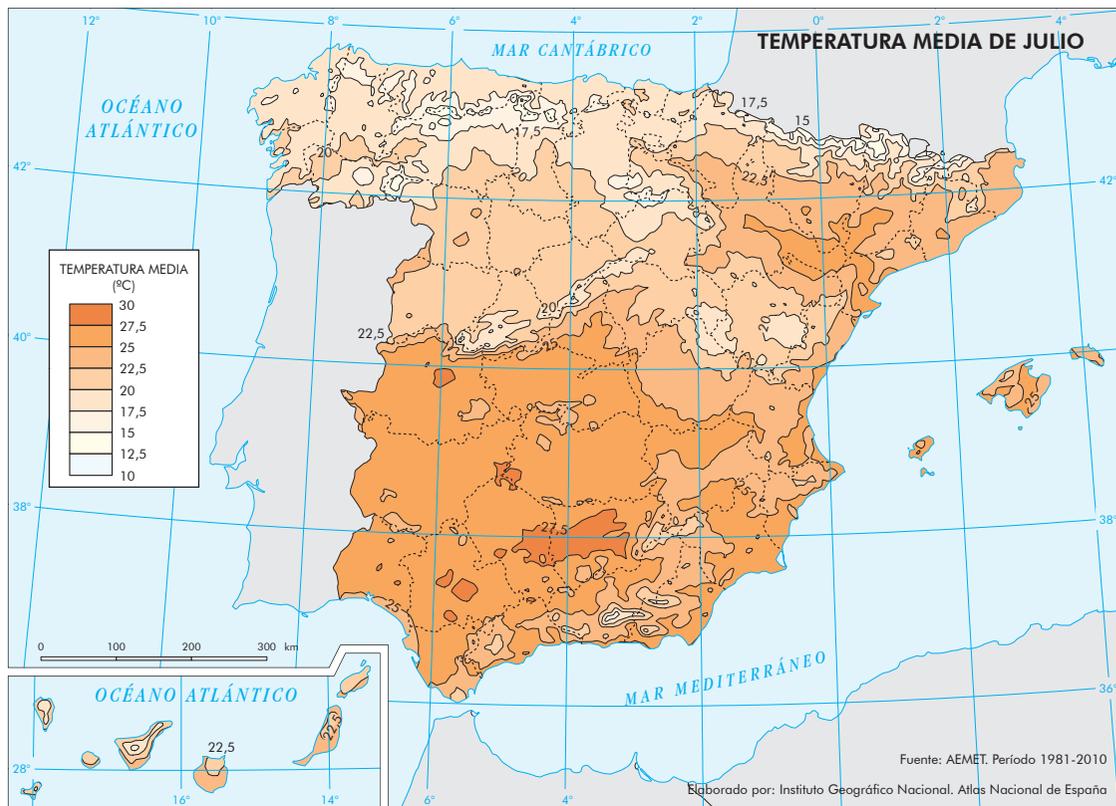
La distribución de la temperatura en España es muy irregular y está ligada, en primer lugar, a la latitud en la que se sitúa, desde 27° N en Canarias hasta los 43° N de los cabos gallegos más septentrionales; también a su extensión superficial, 505.990 km<sup>2</sup>, responsable de que el factor de la continentalidad cause importantes amplitudes térmicas en el interior peninsular; además, la distribución y altitud de los sistemas montañosos, donde el frío puede llegar a ser muy intenso, matizan las acusadas diferencias espaciales que hay en la temperatura. Por último, la inercia térmica del agua de los mares que bañan la Península y los archipiélagos balear y canario suaviza y retrasa los extremos térmicos.

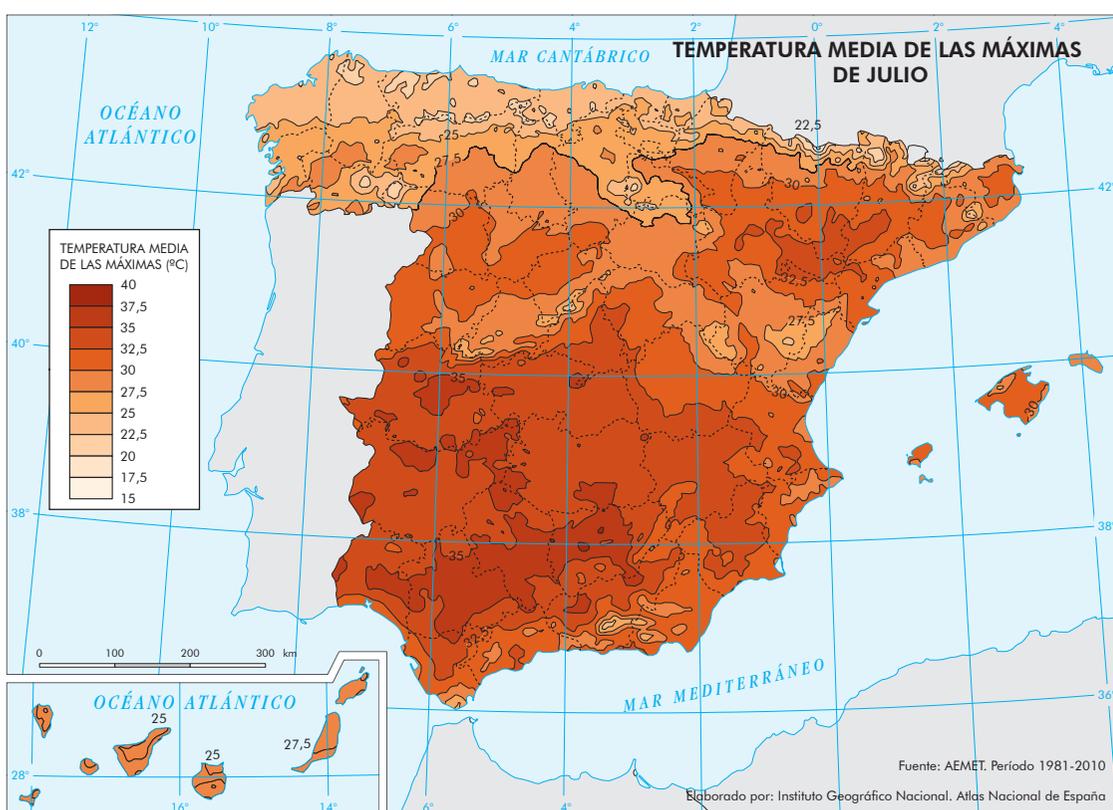
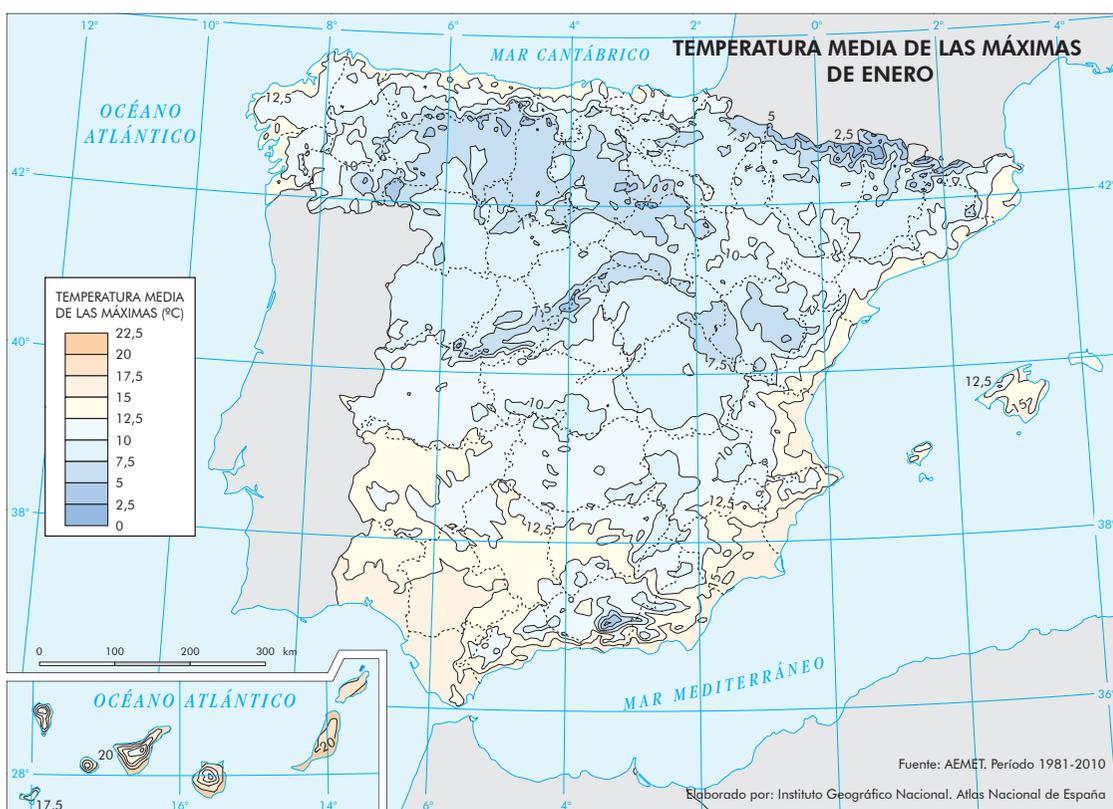
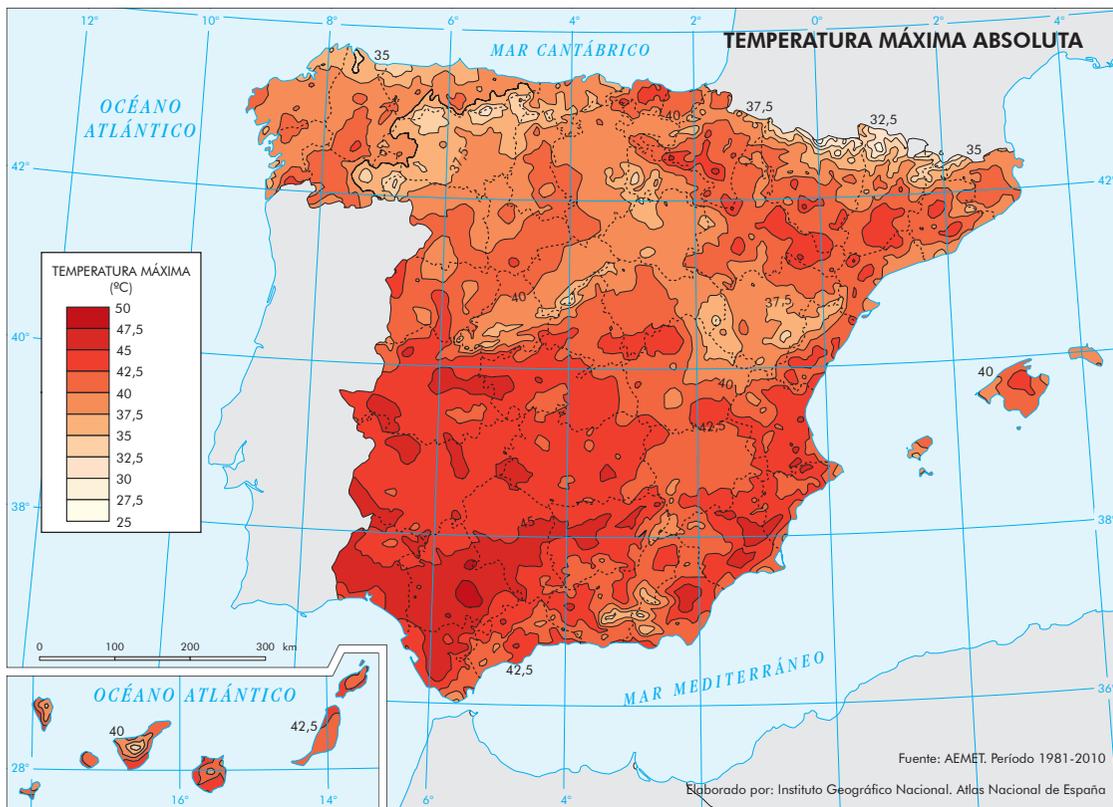
Las temperaturas medias anuales oscilan entre 0°C y 22°C. Las primeras se registran en los Pirineos, cordilleras Cantábrica e Ibérica y Sierra Nevada mientras que las segundas se dan en el extremo meridional del país, en las costas de las islas orientales de Canarias. El invierno se puede calificar de frío en las tierras del interior de la mitad norte peninsular, porque la temperatura no supera 6°C, mientras que en las del sur es suave, ya que la temperatura media duplica ese valor térmico. En cambio, el verano del norte peninsular se caracteriza por unas temperaturas agradables, inferiores a 18°C, y conforme se desciende en latitud se van incrementando dos grados más en la Meseta norte, cuatro en la Meseta sur y valle del Ebro, y hasta ocho grados en Andalucía, lo que permite calificar de verano tórrido a estas zonas donde la temperatura media de julio sobrepasa los 26°C.

Julio y agosto son los meses más cálidos del año mientras que enero es claramente el más frío. Las temperaturas medias en julio superan los 25°C en todo el territorio salvo en la cornisa cantábrica, que son inferiores, fruto de la influencia atemperante del mar y las brisas, y en las mayores alturas de las principales cordilleras. En invierno hace frío al norte del paralelo 40° puesto que, en general, las temperaturas medias de enero son inferiores a 5°C, excepto en los litorales y el valle del Ebro; al sur de dicho paralelo la temperatura está comprendida entre 7°C y más de 10°C, exceptuando las tierras altas. La excepción a esa templanza térmica del sur son los islotes de frío de las cimas del Sistema Bético. Fruto de la continentalidad las tierras del interior de la Península tienen una amplitud térmica media anual cercana a los 20°C mientras que en el litoral mediterráneo y Baleares es de 14°C o 15°C, en el litoral cantábrico alrededor de 11°C y en Canarias la diferencia térmica entre los meses más cálido y más frío del año no alcanza 8°C. De ahí el rasgo tan característico del clima de las islas Canarias: la suavidad térmica.



Helada con cencellada





El mapa de *Temperatura máxima absoluta* muestra cuán importante es la latitud en la que se encuentra España y su proximidad al gran foco de calor del Sahara. Si bien el calor se adueña del país, este es más intenso en la mitad sur peninsular y Canarias que en el resto del territorio. La efeméride más alta se produjo el 13 de julio de 2017 en Córdoba y fue de 46,9°C pero hay que decir que los 40°C se alcanzan fácilmente en algún momento del verano en muchos lugares. En cambio el mapa de *Temperatura mínima absoluta* pone en relieve la importancia de la altitud, porque es en las zonas más altas del país donde se dan las temperaturas más bajas, y la latitud ya que la mitad septentrional

### Temperaturas máximas extremas

Estación	Temperatura máxima (°C)	Fecha
Córdoba-aeropuerto	46,6	23-07-1995
Sevilla-San Pablo	46,6	23-07-1995
Murcia	45,7	04-07-1994
Badajoz-Talavera La Real	44,8	01-08-2003
Zaragoza-aeropuerto	44,5	07-07-2015
Gran Canaria-aeropuerto	44,2	13-07-1952
Málaga-aeropuerto	44,2	18-07-1978
Huelva, ronda este	43,8	25-07-2004
Guadalajara-El Serranillo	43,5	10-08-2012
Ciudad Real	43,4	24-07-1995
Lleida	43,1	07-07-2015
Toledo	43,1	10-08-2012
Cádiz, observatorio	43,0	19-08-1982
Valencia	43,0	27-08-2010
Granada-base aérea	42,8	29-07-1935
Jaén	42,8	09-08-2012
Logroño-Agoncillo	42,8	07-07-1982
Albacete-Los Llanos	42,6	17-07-1978
Cáceres	42,6	07-08-2005
Huesca-Pirineos	42,6	07-07-1982
Ourense	42,6	20-07-1990
Sta.Cruz de Tenerife	42,6	12-07-1952
Bilbao-aeropuerto	42,0	26-07-1947
Melilla	41,8	06-07-1994
Alicante	41,4	04-07-1994
Pamplona-Noain	41,4	10-08-2012
Girona-Costa Brava	41,3	05-07-2015
Almería-aeropuerto	41,2	30-07-1981
Lugo-Rozas	41,2	20-07-1990
Salamanca-Matacán	41,0	10-08-2012
Zamora	41,0	24-07-1995
Foronda-Txokiza	40,8	10-08-2012
Castellón de la Plana-Almazora	40,6	23-07-2009
Madrid, Retiro	40,6	10-08-2012
Hondarribia-Malkarroa	40,4	25-07-1995
Ceuta	40,2	30-07-2009
Teruel	40,2	10-08-2012
Valladolid	40,2	19-07-1995
Cuenca	39,7	10-08-2012
A Coruña	39,6	28-08-1961
Pontevedra	39,5	17-07-2006
Burgos-Villafria	38,8	04-08-2003
Segovia	38,6	24-07-1995
Palencia-Autilla Pino	38,5	19-07-1995
León-Virgen del Camino	38,2	13-08-1987
Palma De Mallorca, Cmt	38,0	21-07-2003
Soria	38,0	28-07-1951
Reus-aeropuerto	38,0	27-08-2010
Santander-Parayas	37,8	27-06-2011
Ávila	37,6	24-07-1995
Barcelona-aeropuerto	37,4	27-08-2010
Oviedo	37,0	18-07-2016

Fuente: AEMET, 2016

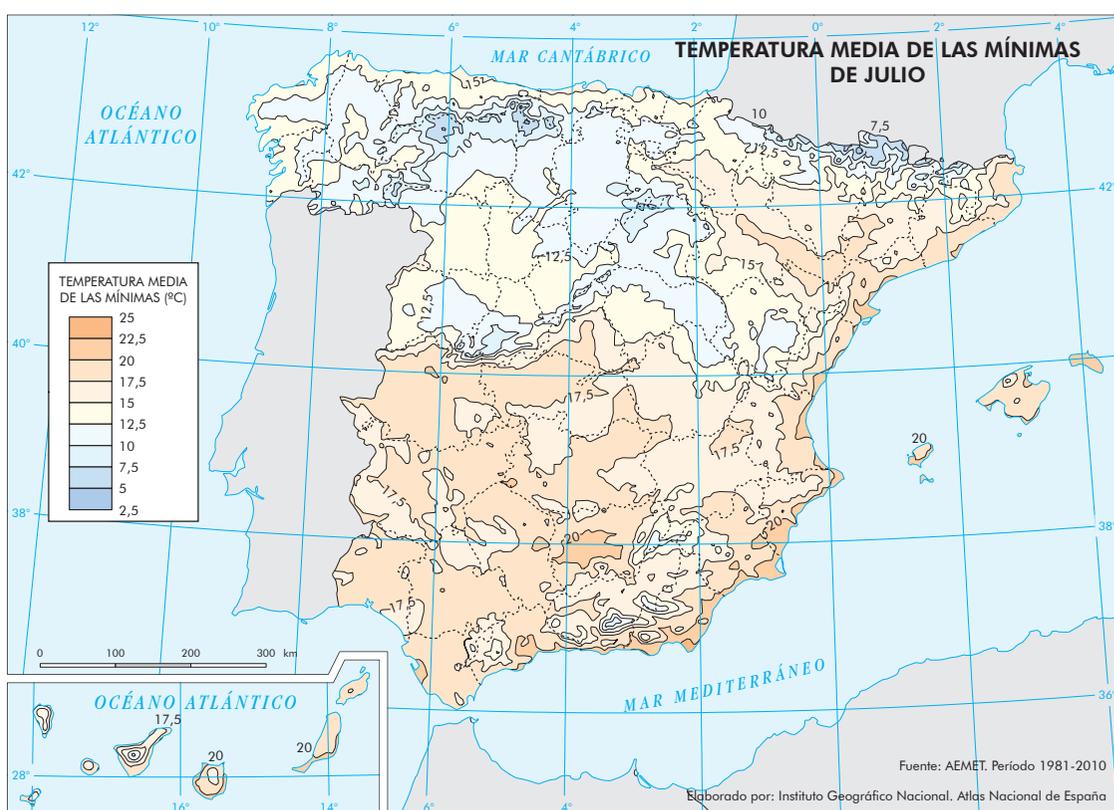
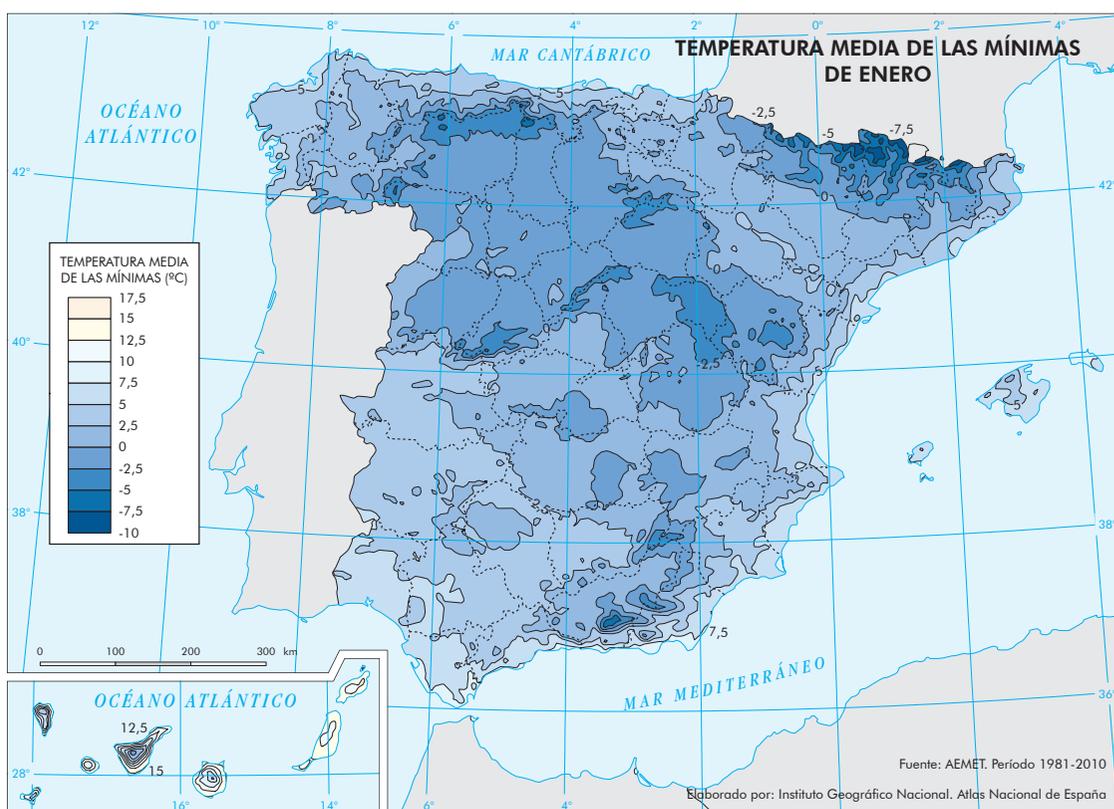
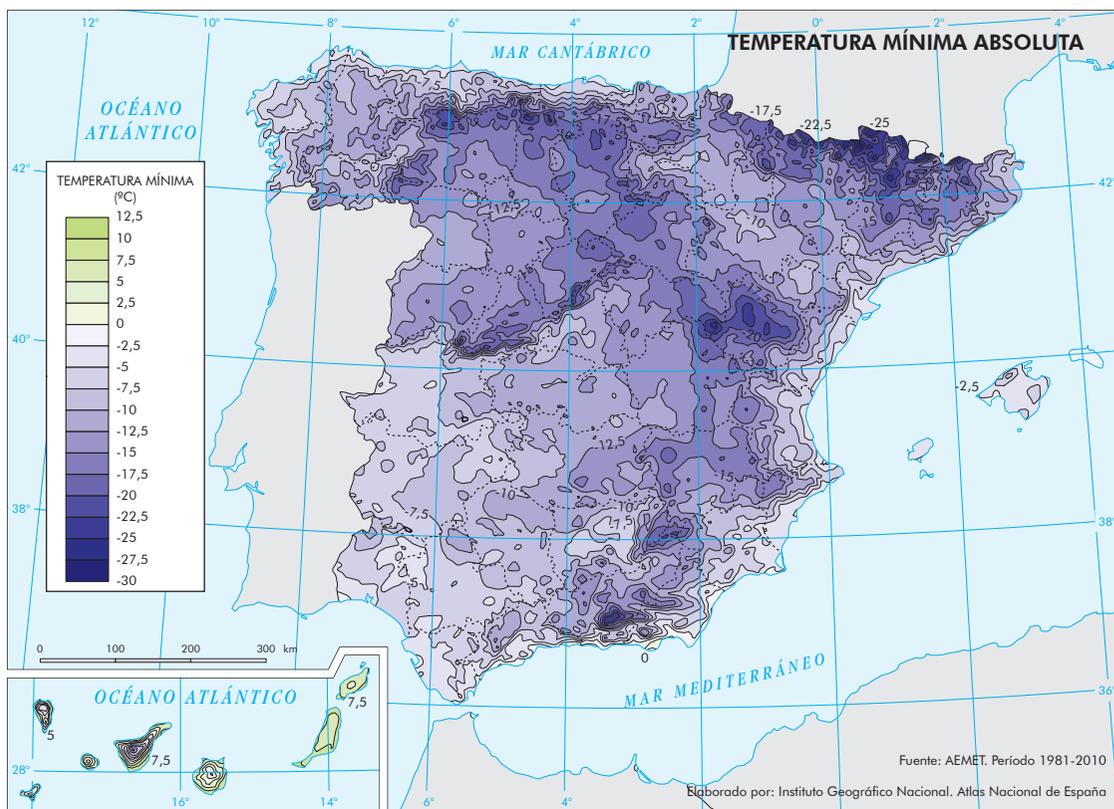
peninsular registra temperaturas más frías que la meridional.

Las temperaturas medias de las mínimas en enero y julio indican cómo es la temperatura al amanecer. En enero las personas que viven en las costas cantábrica y mediterránea o en el sur de Andalucía se despiertan con temperaturas superiores a 5°C, en cambio los de las zonas del interior lo hacen con más frío puesto que los termómetros marcan a menudo valores negativos; en julio los amaneceres más cálidos –con más de 20°C– se dan en la costa mediterránea y las Canarias orientales mientras que los más frescos se encuentran en la Meseta norte, con menos de 12°C.

### Temperaturas mínimas extremas

Estación	Temperatura mínima (°C)	Fecha
Albacete-Los Llanos	-24,0	03-01-1971
Burgos-Villafria	-22,0	03-01-1971
Salamanca-Matacán	-20,0	05-02-1963
Teruel	-19,0	26-12-2001
Foronda-Txokiza	-17,8	08-01-1985
Cuenca	-17,8	03-01-1971
León-Virgen del Camino	-17,4	13-01-1945
Pamplona-Noain	-16,2	12-01-1985
Ávila	-16,0	15-01-1985
Soria	-15,0	17-12-1963
Lleida	-14,2	08-01-1985
Ciudad Real	-13,8	03-01-1971
Granada-base aérea	-13,4	06-02-1954
Zamora	-13,4	03-01-1972
Huesca-Pirineos	-13,2	12-02-1956
Segovia	-13,2	01-03-2005
Hondarribia-Malkarroa	-13,0	03-02-1956
Girona-Costa Brava	-13,0	09-01-1985
Guadalajara-El Serranillo	-12,5	12-01-2009
Palencia-Autilla Pino	-12,3	12-01-2009
Logroño-Agoncillo	-11,6	25-12-1962
Valladolid	-11,5	14-02-1983
Zaragoza-aeropuerto	-11,4	05-02-1963
Madrid, Retiro	-10,1	16-01-1945
Lugo-Rozas	-10,0	23-12-2005
Toledo	-9,6	27-01-2005
Bilbao-aeropuerto	-8,6	03-02-1963
Ourense	-8,6	25-12-2001
Córdoba-aeropuerto	-8,2	28-01-2005
Barcelona-aeropuerto	-8,0	27-12-1962
Reus-aeropuerto	-8,0	11-02-1983
Jaén	-7,8	27-01-2005
Murcia	-7,5	16-01-1985
Badajoz-Talavera La Real	-7,2	28-01-2005
Valencia	-7,2	11-02-1956
Oviedo	-6,0	07-01-1985
Cáceres	-5,6	09-01-1985
Sevilla-San Pablo	-5,5	12-02-1956
Santander-Parayas	-5,4	21-01-1957
Alicante	-4,6	12-02-1956
Castellón de la Plana-Almazora	-4,4	16-01-1985
Málaga-aeropuerto	-3,8	04-02-1954
Pontevedra	-3,6	14-01-1987
Huelva, ronda este	-3,2	28-01-2005
A Coruña	-3,0	22-02-1948
Cádiz, observatorio	-1,0	11-02-1956
Ceuta	-0,4	05-01-1941
Palma de Mallorca, Cmt	-0,1	04-02-2012
Almería-aeropuerto	0,1	27-01-2005
Melilla	0,4	27-01-2005
Gran Canaria-aeropuerto	6,5	27-03-1954
Sta.Cruz de Tenerife	8,1	22-02-1926

Fuente: AEMET, 2016



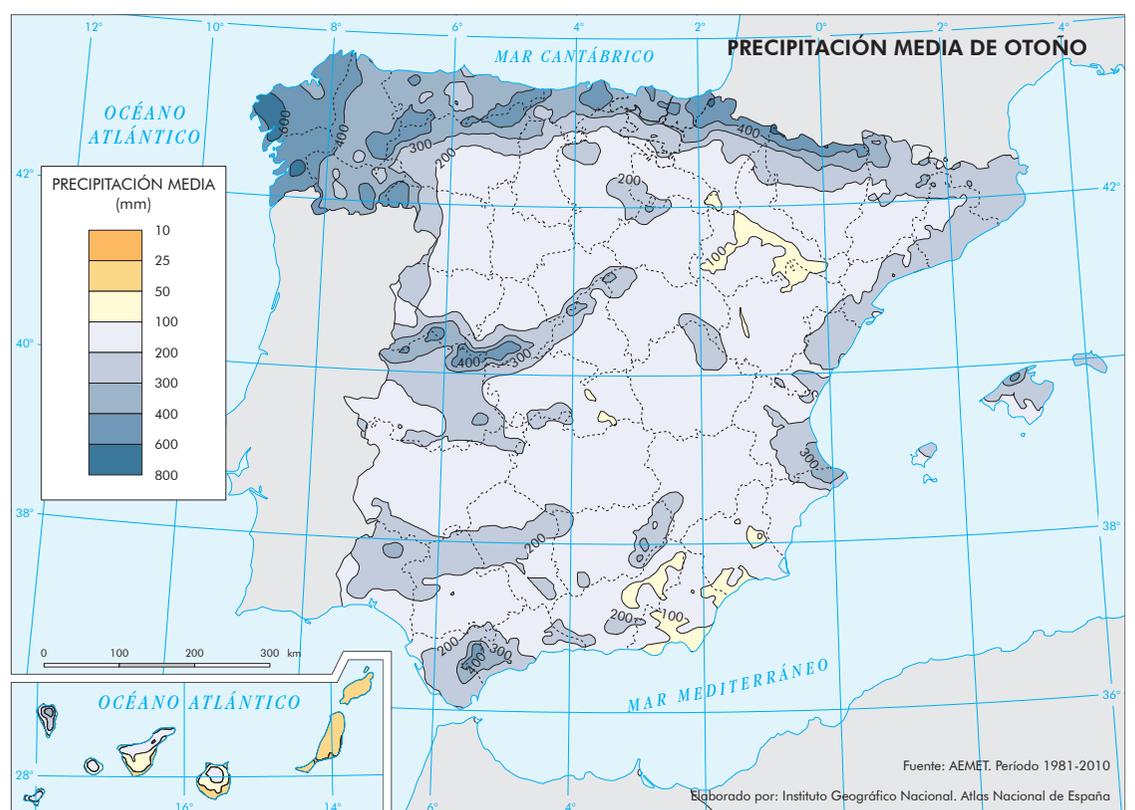
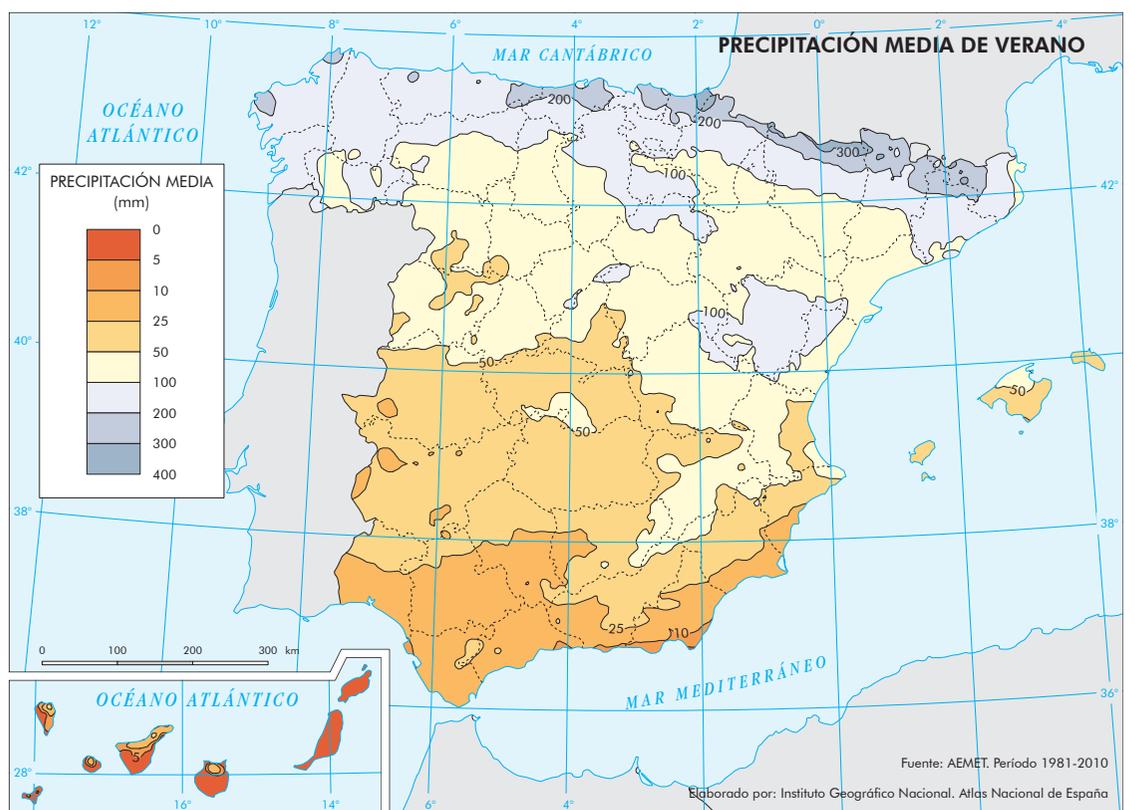
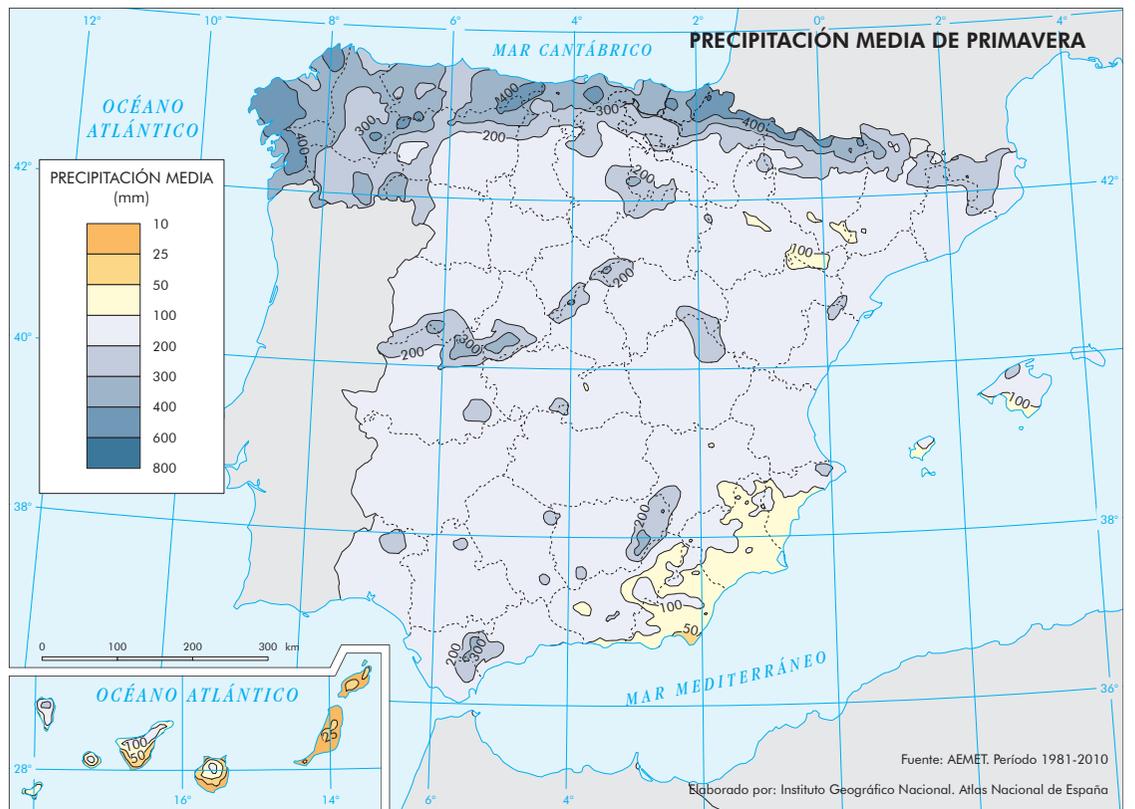
# Precipitación

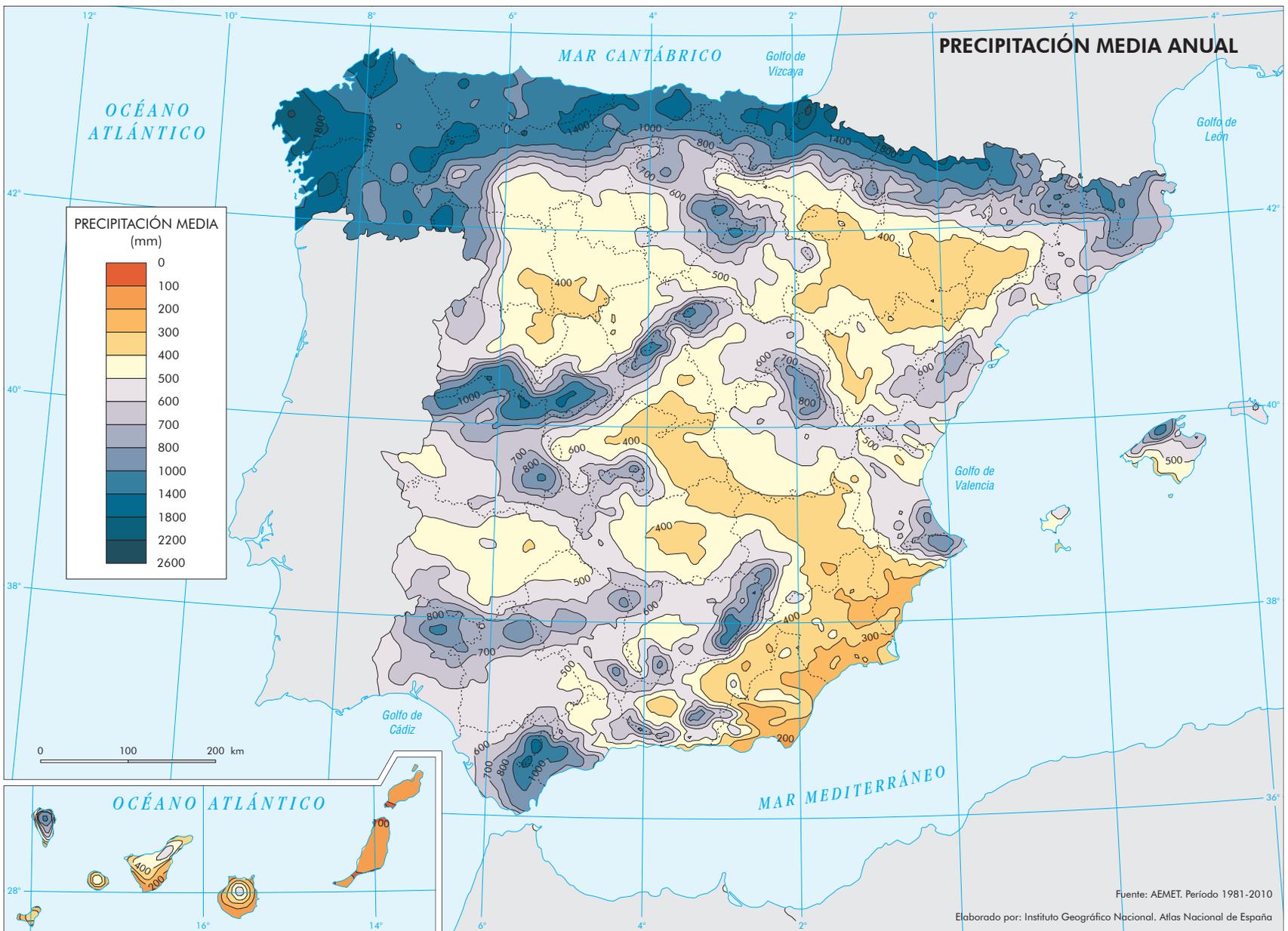
La distribución espacial de las precipitaciones en España presenta una gran complejidad. La disposición de los sistemas montañosos y de las grandes cuencas y depresiones interiores en relación al flujo de vientos húmedos dominantes del oeste, así como las variaciones de altitud son los principales factores responsables de los fuertes contrastes pluviométricos. Como describen Martín-Vide y Olcina (2001) muchos relieves montañosos son auténticos «islotas lluviosas» en medio de áreas más secas, o al revés, ciertas depresiones y valles, a resguardo de los flujos húmedos por el relieve circundante, se configuran como «sombras pluviométricas».

## Precipitación máxima en un día

Estación	Precipitación máxima (mm)	Fecha
Málaga-aeropuerto	313,0	27-09-1957
Alicante	270,2	30-09-1997
Valencia	262,6	17-11-1956
Bilbao-aeropuerto	252,6	26-08-1983
Sta.Cruz de Tenerife	232,6	31-03-2002
Hondarribia-Malkarroat	214,0	24-09-1959
Barcelona-aeropuerto	186,7	25-09-1953
Melilla	180,1	24-02-1985
Girona-Costa Brava	177,1	03-10-1987
Reus-aeropuerto	160,6	03-10-1955
Huelva, ronda este	160,0	26-09-1997
Cádiz, observatorio	155,0	10-10-2008
Córdoba-aeropuerto	154,3	02-11-1997
Albacete-Los Llanos	146,6	11-09-1996
Ceuta	146,5	06-03-2010
Castellón de la Plana-Almazora	141,0	04-09-1989
Santander-Parayas	134,4	27-08-1983
A Coruña	132,7	08-03-1999
Cáceres	128,5	05-11-1997
Palma de Mallorca, Cmt	124,3	04-09-2015
Badajoz-Talavera La Real	119,1	05-11-1997
Huesca-Pirineos	110,8	24-09-1959
Oviedo	109,5	06-05-1975
Sevilla-San Pablo	109,3	02-11-1997
Murcia	109,2	18-12-2016
Pontevedra	108,1	16-10-2014
Pamplona-Noain	107,4	09-10-1979
León-Virgen del Camino	98,5	26-09-1987
Almería-aeropuerto	98,0	20-06-1972
Zaragoza-aeropuerto	97,3	18-11-1945
Ourense	96,2	21-09-2002
Foronda-Txokiza	93,0	12-06-1977
Toledo	89,6	11-10-2008
Ávila	88,8	05-11-1997
Madrid, Retiro	87,0	21-09-1972
Gran Canaria-aeropuerto	85,0	28-09-1987
Lleida	83,6	26-09-1992
Teruel	82,4	02-07-1991
Jaén	81,0	15-08-1996
Ciudad Real	76,4	12-12-1996
Lugo-Rozas	73,8	09-06-2010
Guadalajara-El Serranillo	71,1	24-05-1993
Soria	70,0	13-07-1959
Cuenca	69,6	28-07-1972
Granada-base aérea	69,3	21-09-2007
Zamora	66,1	02-07-1961
Logroño-Agoncillo	64,6	29-06-1987
Palencia-Autilla Pino	62,7	13-06-1989
Salamanca-Matacán	59,0	03-11-1955
Valladolid	56,3	01-09-1999
Burgos-Villafria	52,4	05-11-1997
Segovia	40,8	19-06-1996

Fuente: AEMET, 2016





En España hay lugares que se encuentran entre los más lluviosos de Europa, como algunos sectores de Galicia y del norte peninsular, con más de 1.800 y 2.000 mm anuales, frente a otros como el cabo de Gata o algunas áreas de las islas Canarias que, con menos de 200 o 150 mm anuales, aparecen entre los más secos.

Los valores de *Precipitación media anual* permiten distinguir tres grandes áreas pluviométricas (Capel, 2000; Martín-Vide y Olcina, 2001): la España húmeda o lluviosa, delimitada por la isoyeta de los 800 mm; la España seca o de transición, que recoge entre 300 y 800 mm de promedio anual; y

la España árida o semidesértica, con precipitaciones inferiores a los 300 mm. La España lluviosa se corresponde con todo el norte peninsular, desde Galicia hasta el País Vasco, incluyendo el norte de Castilla y León, y alargándose hacia el este por Pirineos. Se llegan a rebasar los 1.400 mm, e incluso los 1.800 mm, en las tierras occidentales de Galicia, más expuestas a las perturbaciones atlánticas. También se sobrepasan estos valores en algunos sectores montañosos de la Cordillera Cantábrica, del interior del País Vasco y del norte de Navarra, donde se pueden superar los 2.000 mm. Igualmente, en otros sectores peninsulares e insulares,

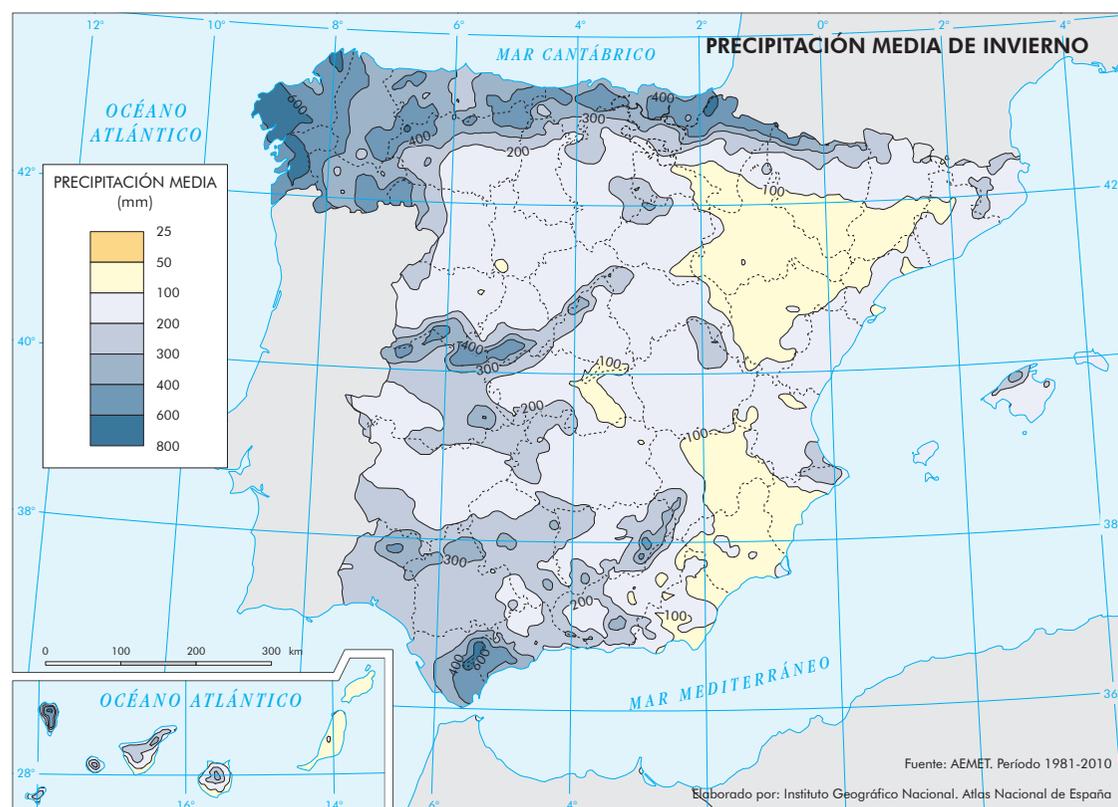
coincidiendo con áreas de montaña, se sobrepasa el umbral de los 800 mm: el Sistema Central, el Sistema Ibérico, la cordillera Prelitoral Catalana, los Montes de Toledo, Sierra Morena, las sierras de Grazalema, Ronda y Cazorra, Sierra Nevada o la serra de Tramuntana en Mallorca.

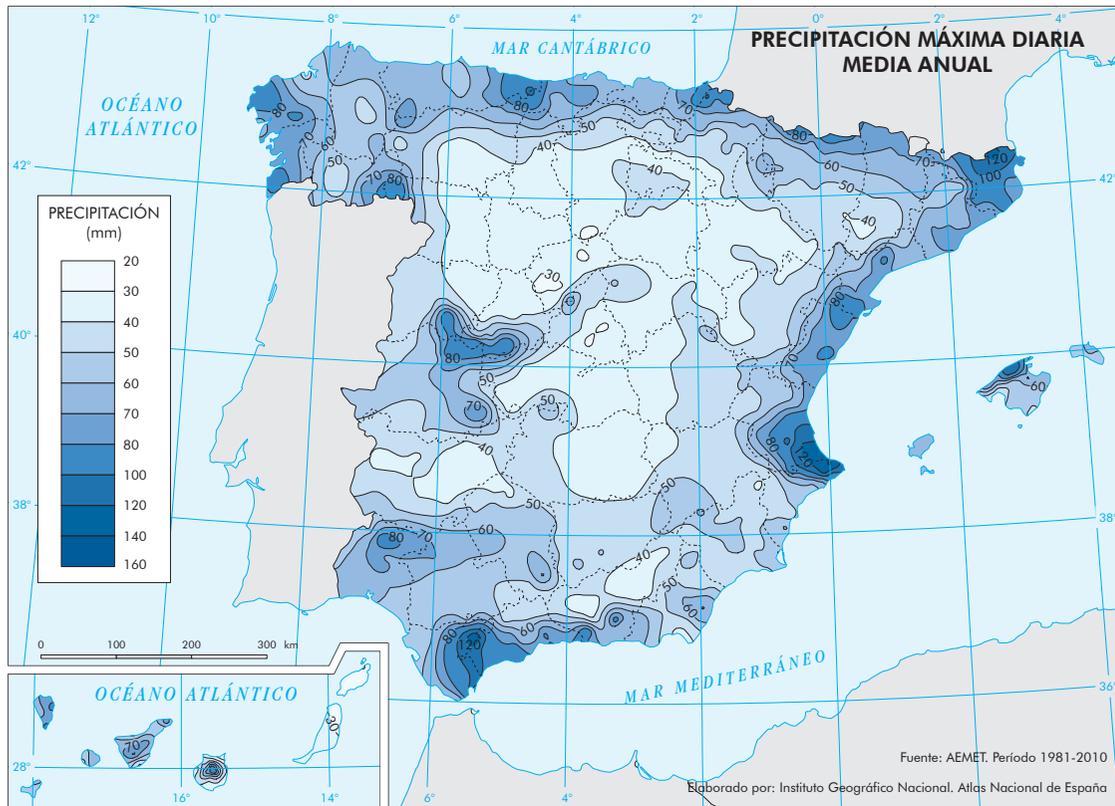
La España seca o de transición, con valores medios anuales entre 300 y 800 mm, abarca casi las tres cuartas partes del país. Aquí se incluyen las tierras llanas de las dos mesetas, las cuencas medias y bajas del Ebro y del Guadalquivir, así como buena parte de la fachada oriental mediterránea, salvo el sector sudoriental. También quedan incluidas las tierras altas y medianías orientadas al norte de las islas Canarias más montañosas, así como el resto de Mallorca, Menorca e Ibiza.

Finalmente, la España árida o semidesértica se circunscribe al sudeste peninsular, desde Alicante hasta Almería, así como a las áreas costeras de las islas Canarias, que reciben cerca de 100 mm en algunos sectores a sotavento de los vientos alisios.

Los valores del mapa de *Precipitación máxima diaria* dan idea de la intensidad y torrencialidad que pueden alcanzar las precipitaciones. Los valores más altos se alcanzan en buena parte del litoral, tanto peninsular como insular, y muy especialmente en el Mediterráneo, donde destacan los sectores de Valencia y Málaga. También algunas áreas de montaña del interior, como el Pirineo o el Sistema Central, se ven afectados por precipitaciones de elevada intensidad que suelen desencadenar episodios de inundación. A pesar de estar alejadas de las masas marinas, fuente principal de humedad, el efecto del relieve favorece ocasionalmente la torrencialidad de las precipitaciones. Por el contrario, en la mayor parte del interior peninsular las intensidades pluviométricas son muy inferiores.

Estas diferencias se observan también en los registros máximos diarios correspondientes a

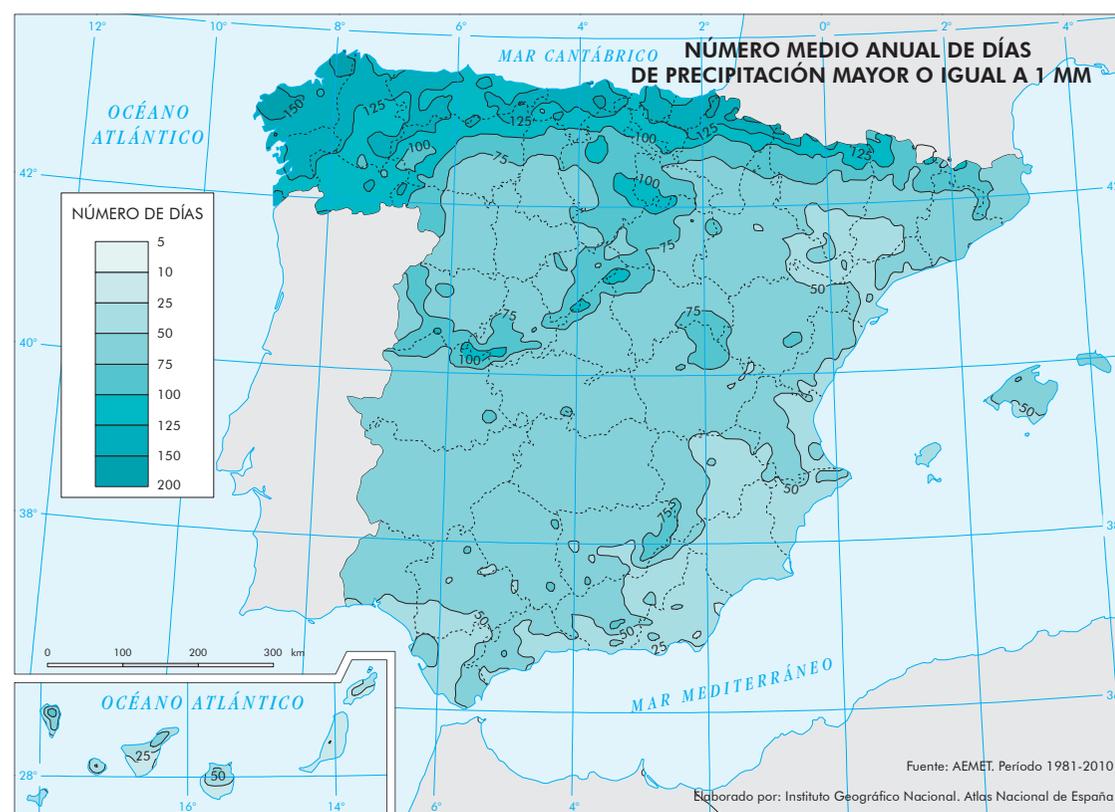




los observatorios principales de las capitales de provincia. Estos registros han tenido lugar mayoritariamente durante los meses de otoño y del verano, con episodios de carácter tormentoso. Aunque los valores máximos de las capitales sólo han superado los 300 mm en Málaga, en muchos puntos del Levante, Andalucía, Canarias, Baleares o Pirineos se han llegado a alcanzar intensidades muy superiores, como recoge la AEMET en sus estadísticas: 817 mm en Oliva (Valencia), 720 mm en Gandia (Valencia), 700 mm en Benasque (Huesca), 600 mm en Albuñol (Granada), 590 mm en San Andrés (Tenerife) o los 536 mm en Escorca (Baleares).

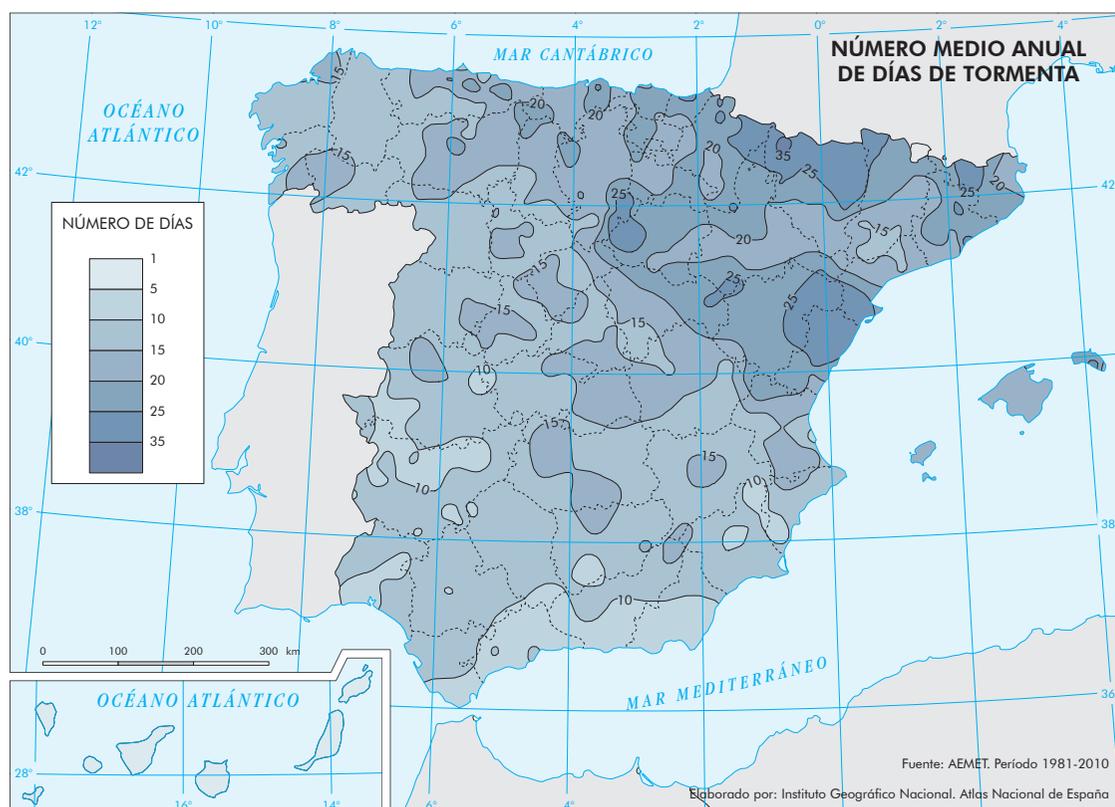
## Hidrometeoros

El reparto de los días de precipitación igual o superior a 1 mm muestra un fuerte gradiente entre las regiones del norte y del sur, con máximos relativos en las principales zonas de montaña. Se superan los 100 días en Galicia, norte de León, cordillera y litoral cantábricos, Pirineos, así como en los sectores de mayor altitud de los sistemas Central e Ibérico, por ser focos de condensación con lluvias orográficas. Los máximos se alcanzan al noroeste de Galicia y en algunos puntos de Gipuzkoa y norte de Navarra, donde se superan los 150 días de lluvia al año. En la mayor parte del interior peninsular y Baleares la frecuencia de lluvia oscila entre 50 y 100 días. En buena parte de la franja litoral mediterránea, todo el sudeste peninsular, el sudoeste de Andalucía, la depresión oriental del Ebro y en las medianías y zonas altas de las islas Canarias no se alcanzan los 50 días de promedio. El resto de dichas islas junto a algún sector del litoral almeriense apenas tienen 25 días de lluvia.



Las tormentas constituyen uno de los meteoros más espectaculares y amenazantes de los que se originan en la atmósfera, pues al aspecto oscuro de la base de los cumulonimbos se unen aguaceros intensos, a veces con granizo, fuertes rachas de viento y un potente aparato eléctrico. Pueden ocurrir en cualquier época del año, incluso en invierno, como los asociados al paso de frentes fríos, si bien son mucho más frecuentes e intensas durante el periodo estival. La mayor frecuencia de días de tormenta se observa en el cuadrante nororiental de la Península, con más de 15 días de media anual. Destacan Pirineos, el Sistema Ibérico, algunos sectores de la Cordillera Cantábrica y buena parte del valle del Ebro, donde tienen lugar en más de 20 ó 25 días. Estas áreas de montaña actúan como núcleos orográficos que favorecen el efecto de disparo vertical y los procesos termoconvectivos generadores de las tormentas.

Algunas de estas tormentas vienen acompañadas de granizo. Este sólido y temido hidrome-



Alberto Martí

Nevada

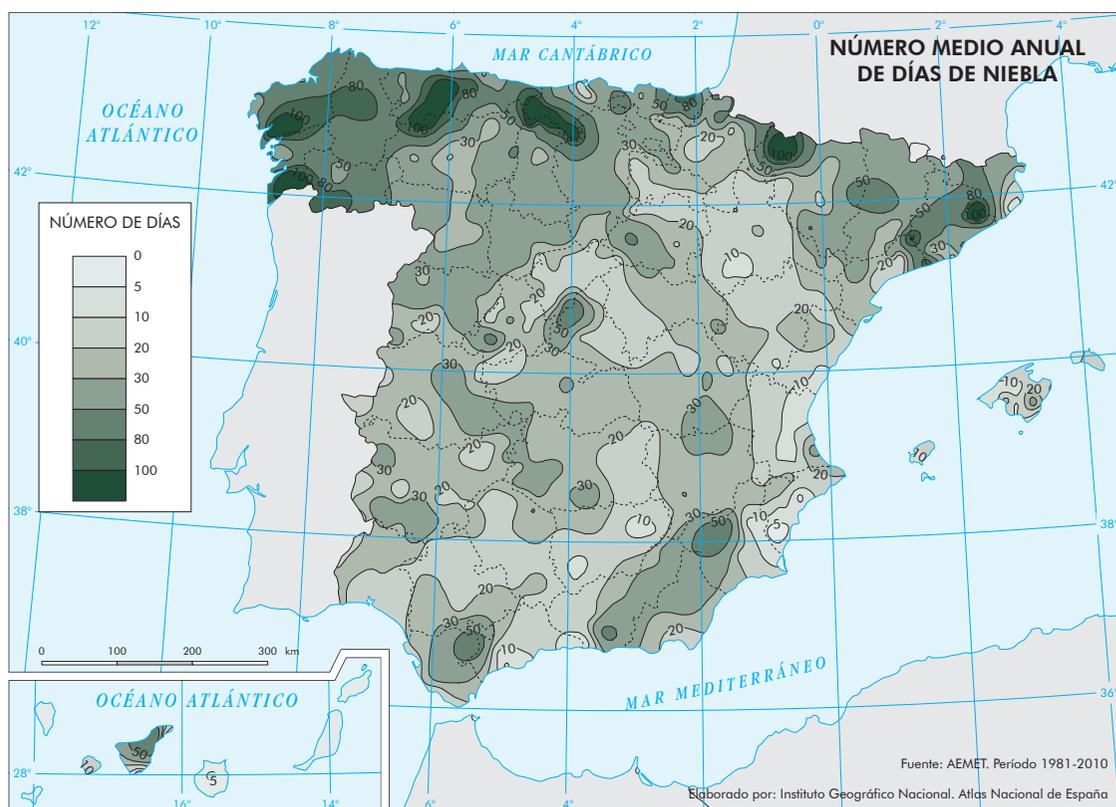
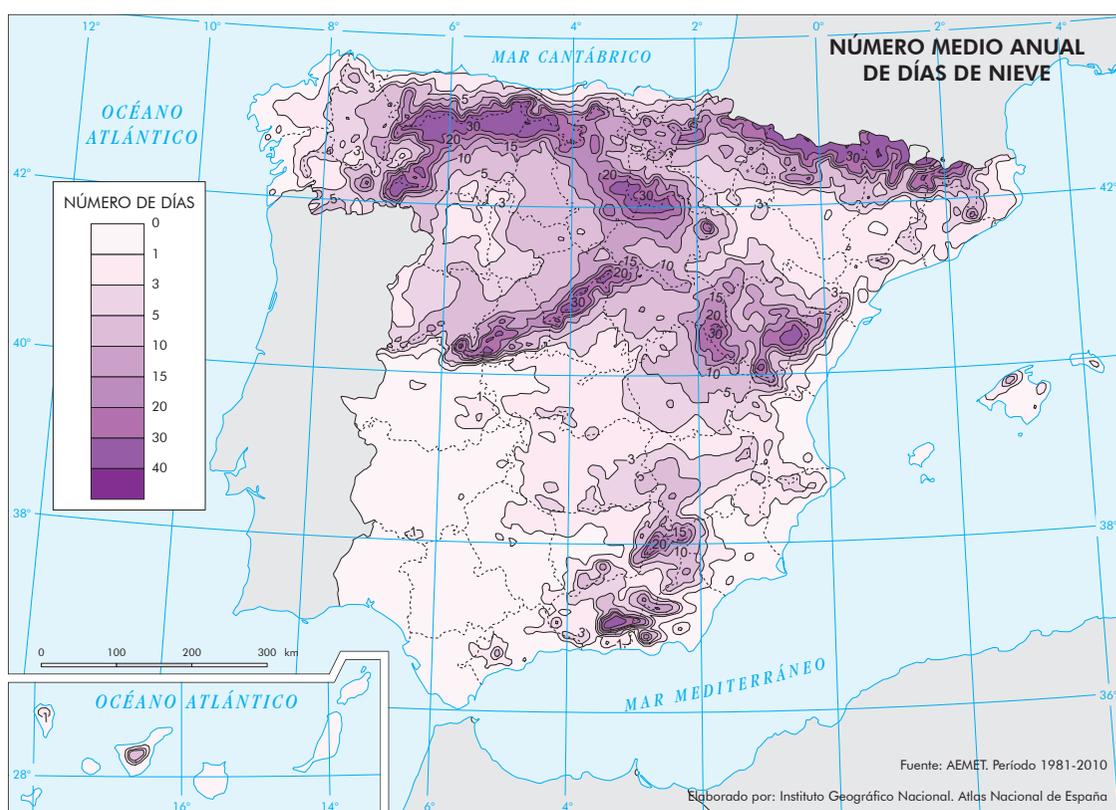
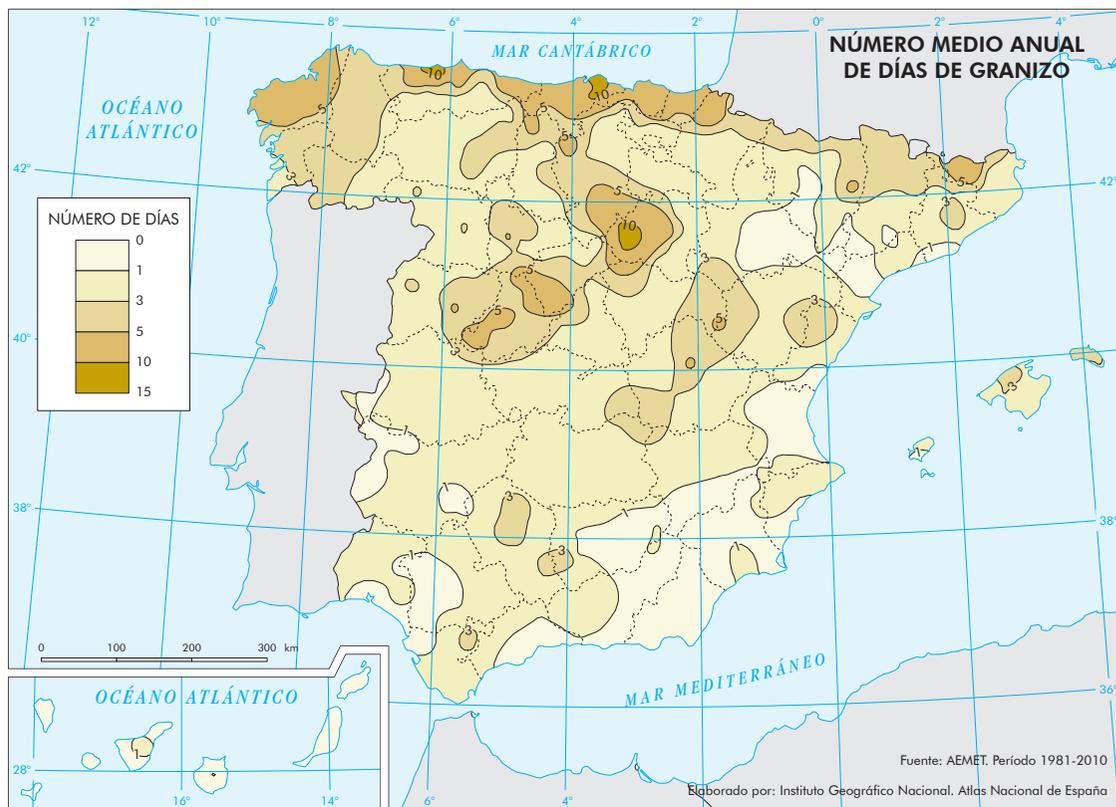
teoro es poco frecuente en España, si bien las consecuencias económicas que puede ocasionar un solo día en el sector agrícola son muy graves. Hay que decir que los registros sobre la frecuencia del granizo no son del todo precisos, por su incidencia a veces muy localizada, que puede no coincidir con el observatorio más próximo. Según las estadísticas la mayor frecuencia de días de granizo tiene lugar en el litoral norte y noroeste, con más de 5 o 10 días por año; estos suelen venir asociados a frentes y perturbaciones atlánticas, y generalmente es granizo de muy pequeño tamaño. Las áreas de montaña de la mitad norte peninsular registran más de 3 días con granizo, acompañando casi siempre a episodios tormentosos que, aunque poco frecuentes en el resto del país, son los más peligrosos, especialmente en el valle del Ebro, la Comunitat València y Murcia, con cultivos hortofrutícolas muy sensibles.

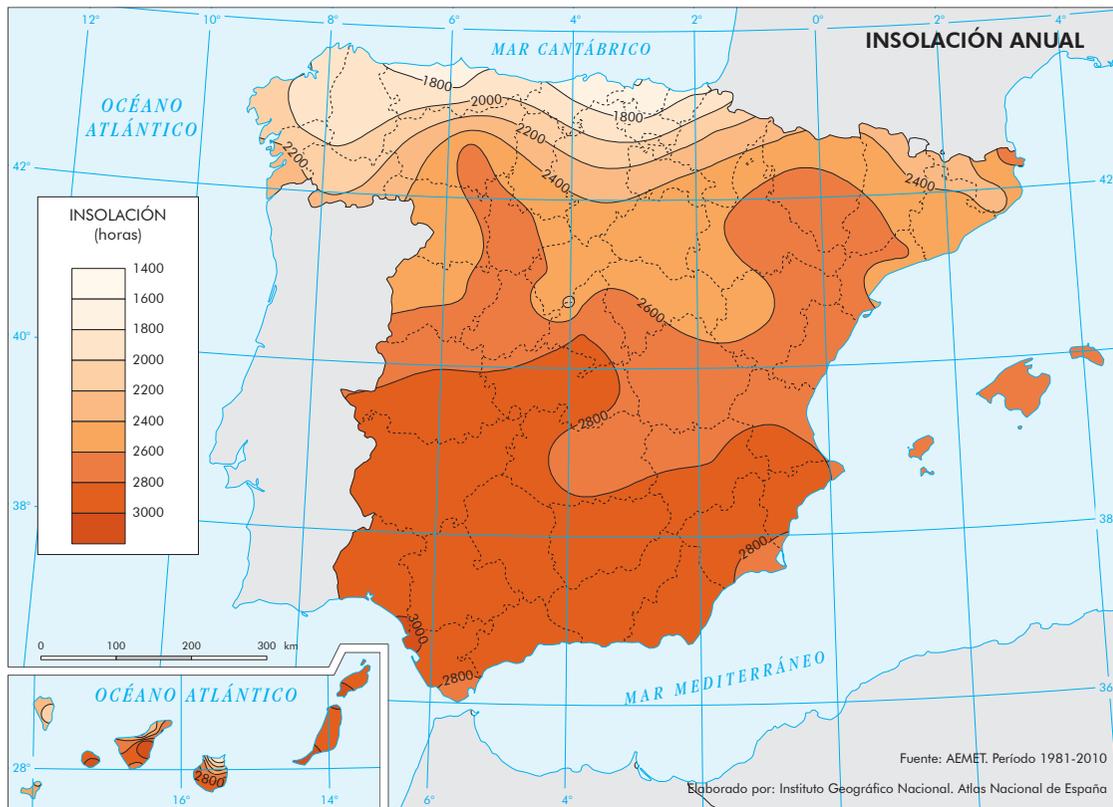
Los días de nieve constituyen un acontecimiento poco habitual en gran parte de España, salvo en las áreas de montaña donde el factor altitudinal favorece la aparición del blanco meteorológico con relativa frecuencia, desde finales del otoño hasta bien entrada la primavera. La nieve es más frecuente en la mitad norte peninsular, más expuesta a la llegada de masas de aire frío y húmedo desde latitudes polares, que desencadenan precipitaciones en forma de nieve. Todos los sistemas montañosos registran por encima de los 1.500 m más de 30 días de nieve al año, siendo más frecuentes y copiosas en la Cordillera Cantábrica y en Pirineos. En Baleares sólo en las cimas de la serra de Tramuntana la nieve tiene cierta frecuencia, al igual que en los niveles altos de Tenerife. En los litorales mediterráneo y atlántico, así como en el sudeste peninsular la nieve es rara o prácticamente desconocida.

La distribución de días de niebla es muy irregular, con valores que oscilan entre los 10 días de algunos sectores del litoral mediterráneo y los más de 100 que se registran en algunos puntos de Galicia y del norte peninsular, sobre todo en zonas elevadas de la Cordillera Cantábrica. Ello se debe a que el origen de la niebla y los momentos temporales en que se producen son muy diversos. Las nieblas de carácter orográfico se forman en las áreas de media y alta montaña en cualquier época del año. Las nieblas formadas por irradiación nocturna se producen en el fondo de valles y depresiones, como las del Ebro, Duero o Tajo, y bajo situaciones de fuerte estabilidad atmosférica, principalmente durante el invierno. Y finalmente las nieblas de advección que afectan a los sectores costeros, más frecuentes durante el verano, y en las medianías de las vertientes septentrionales de Canarias. En La Laguna (Tenerife) la niebla tiene lugar el 90% de los días de junio y julio, con el consiguiente impacto en el aeropuerto de Tenerife Norte (anteriormente Los Rodeos).



Granizo

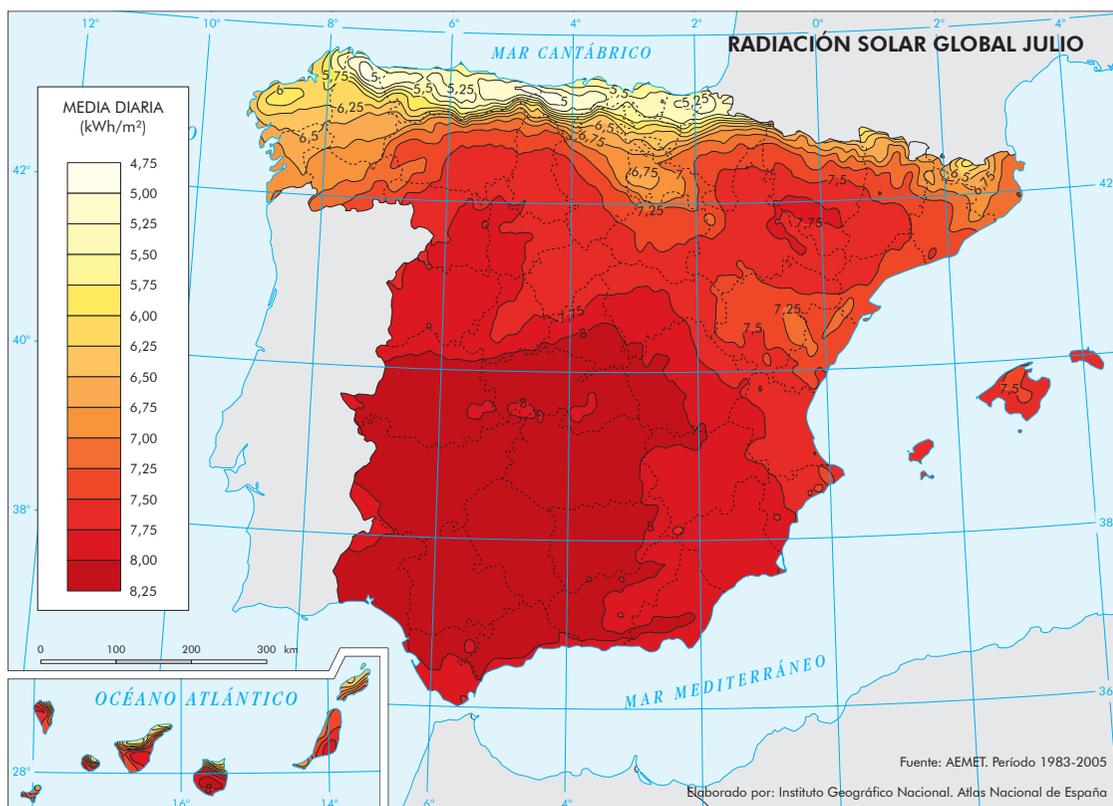




## Insolación y radiación

En el mapa de *Insolación anual*, que muestra el número medio de horas de sol en España, se pueden diferenciar tres grandes áreas. En primer lugar la cornisa cantábrica, desde el norte de Galicia hasta la Navarra atlántica, donde la frecuente nubosidad que llega desde el Atlántico impide que se superen las 1.800 o 2.000 h de sol al año. Una segunda área, con valores anuales entre 2.000 y 2.600 h, se extiende, desde el sur de Galicia, por buena parte de Castilla y León, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña, así como las vertientes septentrionales de las islas Canarias más montañosas. Por último, la mitad meridional de la Península junto a una parte de la cuenca del Ebro y el centro de la cuenca del Duero, Baleares y el resto de Canarias, disfrutan de una elevada insolación, con más de 2.600 h al año. La Costa de la Luz entre Cádiz y Huelva, junto a Lanzarote y Fuerteventura, son las tierras que registran los máximos de insolación, con valores que superan las 3.000 h anuales.

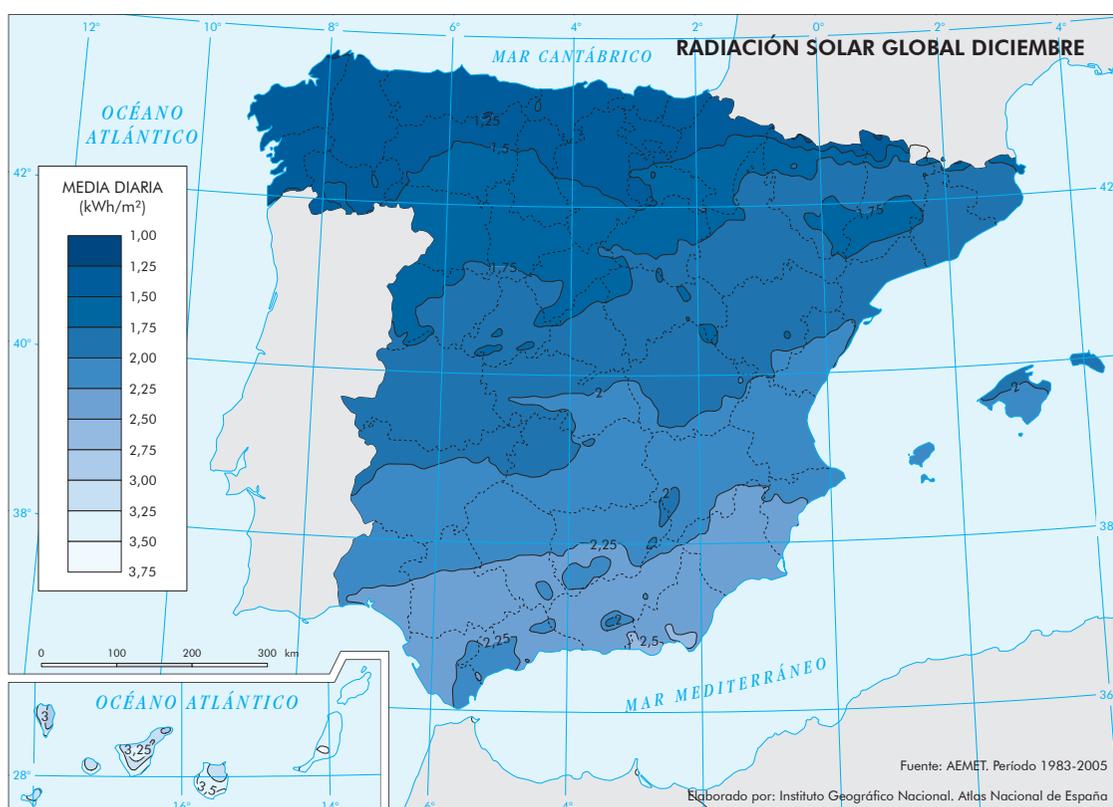
Tanto la variación espacial de la insolación como de la radiación solar están sujetas fundamentalmente al factor latitudinal, que dibuja un claro gradiente norte-sur en ambos parámetros. Por el efecto del relieve, en verano, se produce un fuerte contraste entre la vertiente norte de la Cordillera Cantábrica y el resto de la Península, debido a la frecuencia con la que la nubosidad de estancamiento cubre todo el norte peninsular bajo situaciones anticiclónicas con vientos del nordeste. Gradientes muy marcados se encuentran también entre las vertientes septentrionales y meridionales de las islas Canarias, sobre todo en Tenerife, Gran Canaria y La Palma.

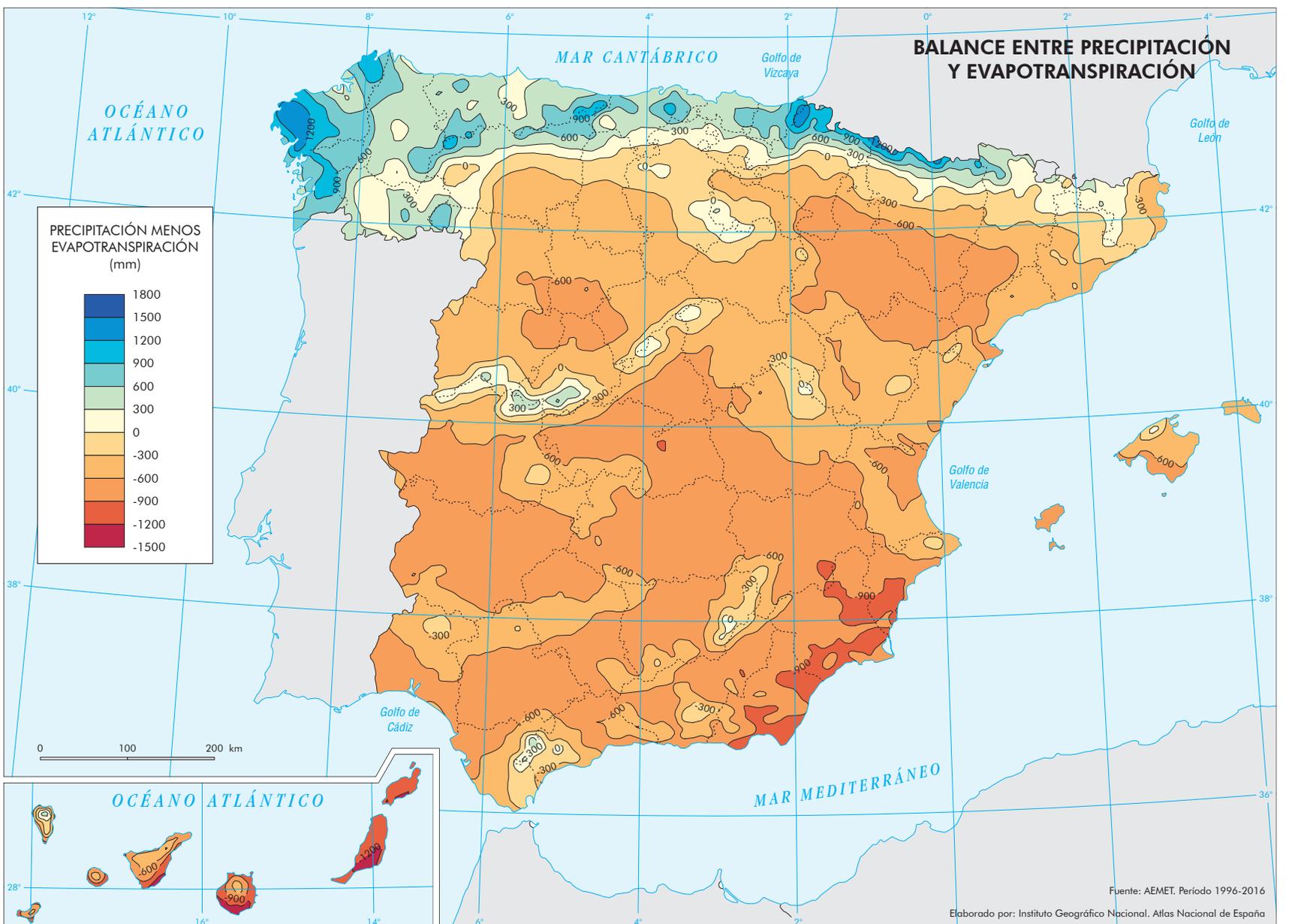
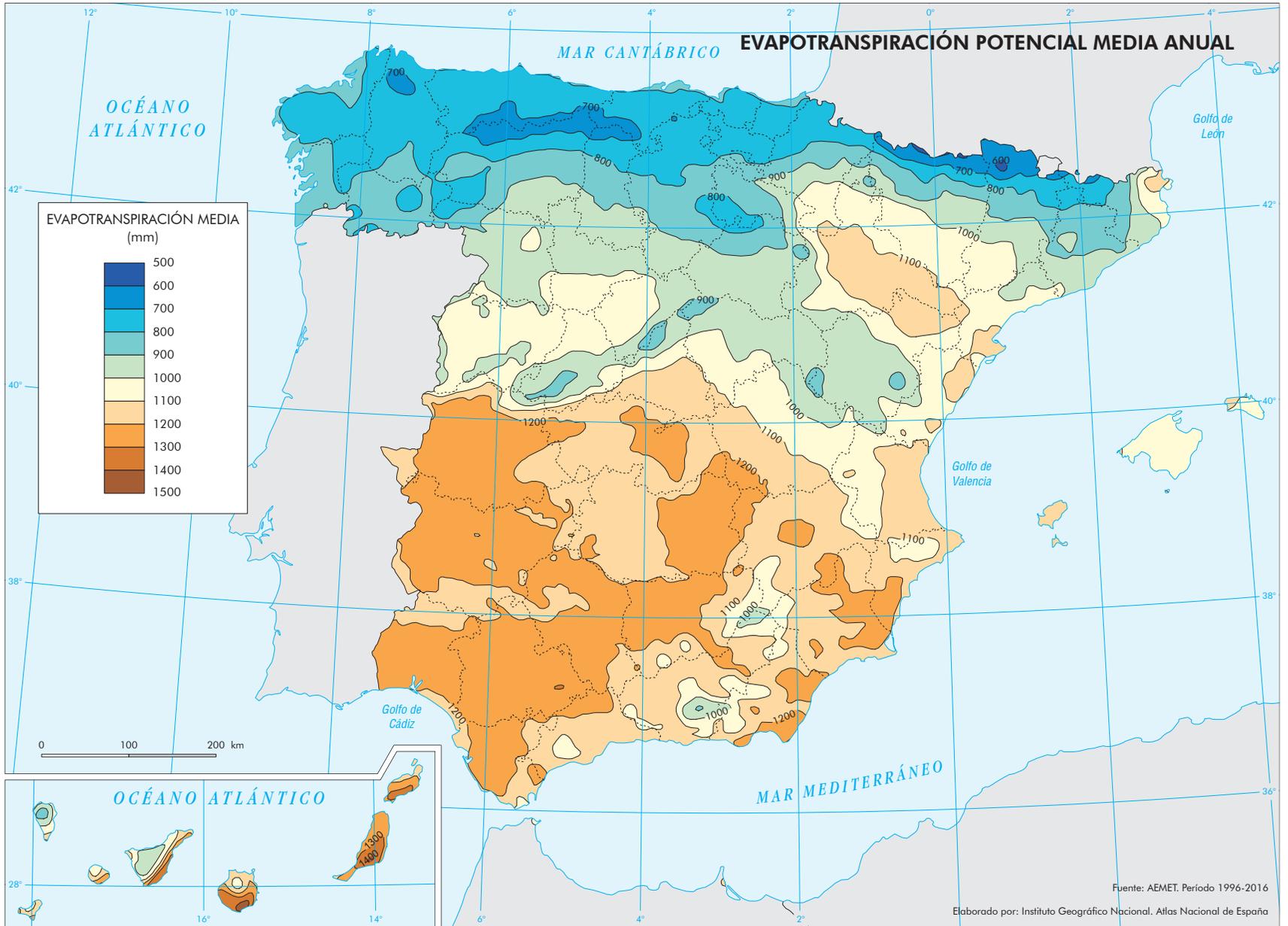


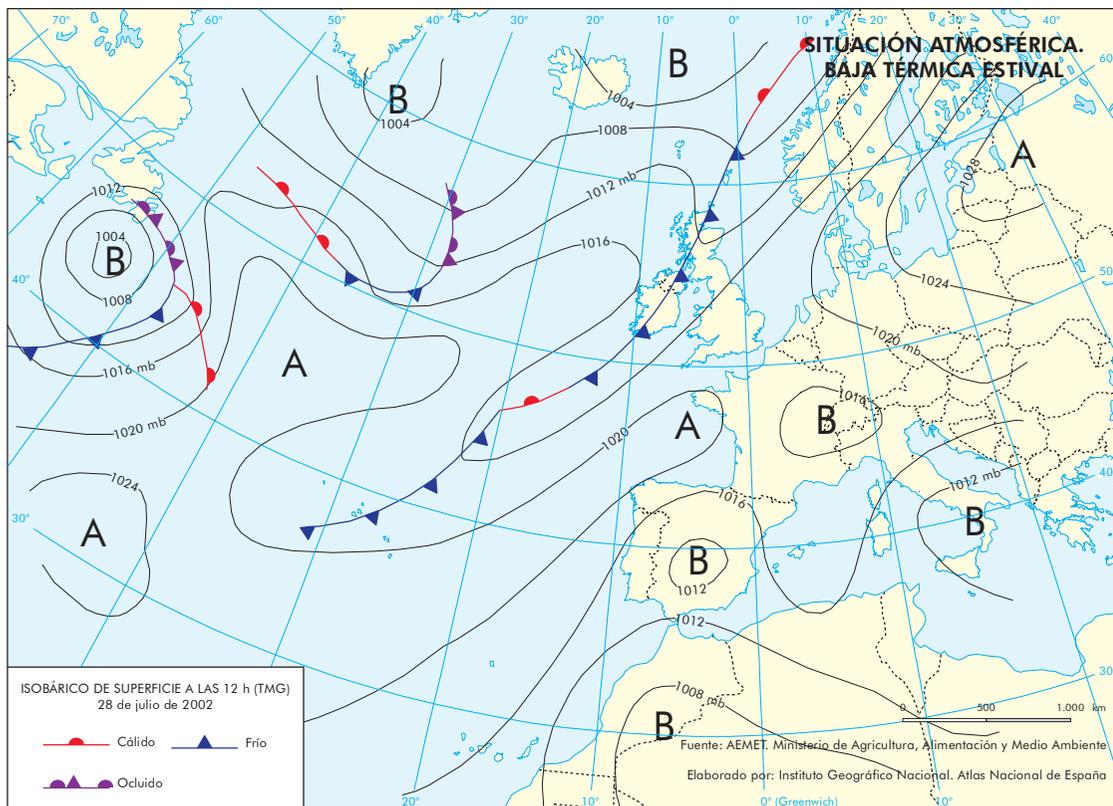
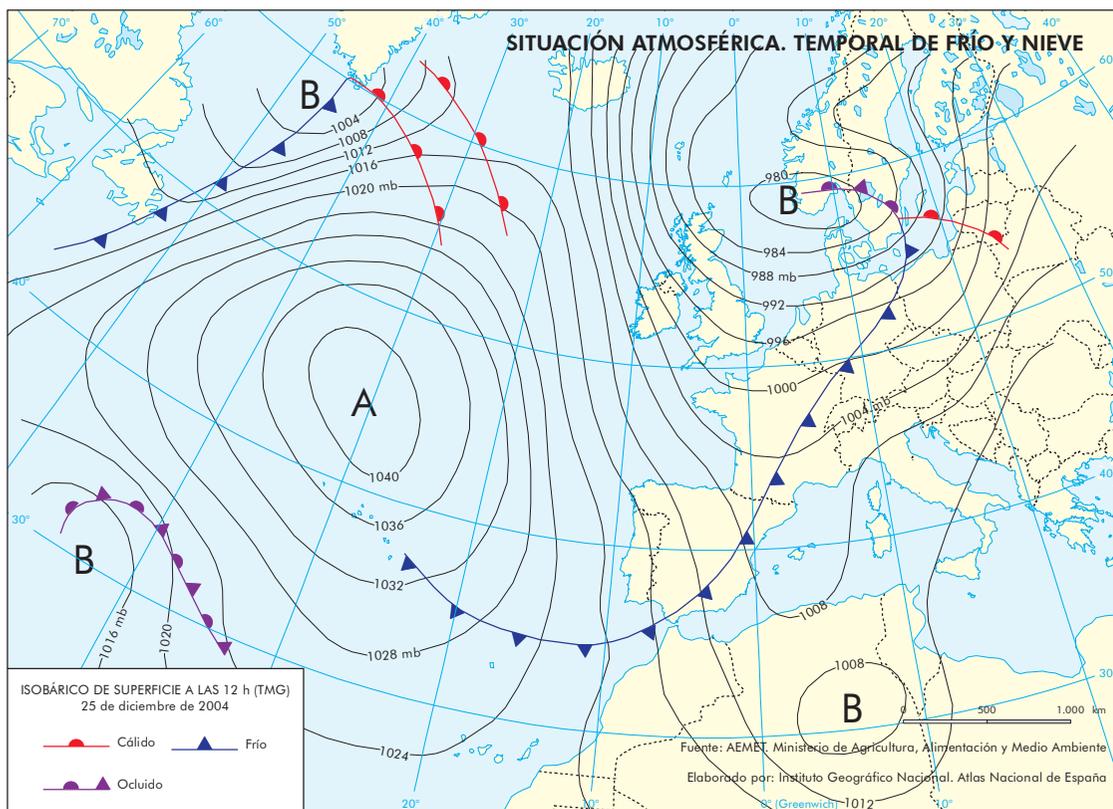
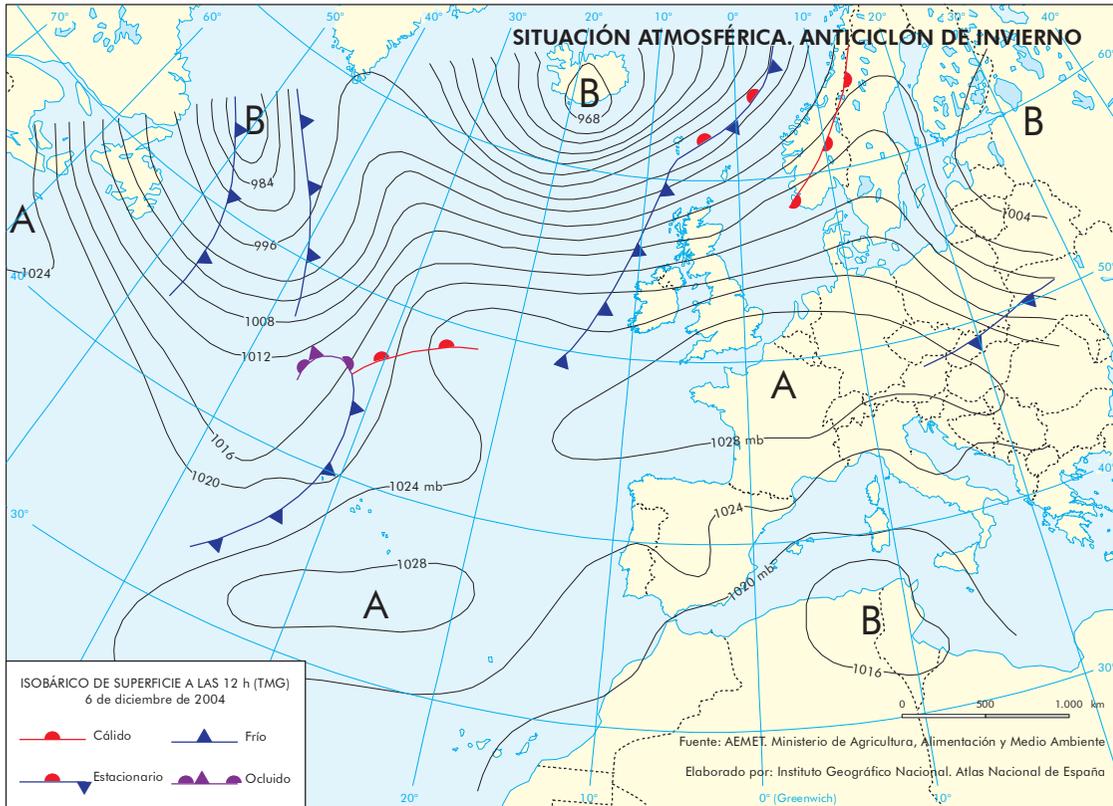
## Evapotranspiración y balance de humedad

Como evapotranspiración se conocen los procesos de evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas; la evapotranspiración potencial (conocida por las siglas ETP) es la que existiría si hubiera agua suficiente en el suelo para evaporarse. Está condicionada por factores meteorológicos (radiación, temperatura, humedad del aire, viento), edáficos (tipo de suelo y su estado de humedad) y características de la cubierta vegetal. Constituye un indicador climático de particular interés cuando se relaciona con la precipitación y la absorción del suelo, porque es un buen exponente de la aridez del clima. Se expresa en mm por unidad de tiempo y para su estimación se emplean diferentes fórmulas.

Aplicando el método FAO (siglas en inglés de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) de Penman-Monteith, se comprueba que los valores de la ETP muestran estrecha relación con las temperaturas y ponen en evidencia las diferencias entre el norte y el sur peninsular y las variaciones con la altitud. Los valores mínimos se dan en el norte de España, con totales promedio anuales por debajo de los 800 mm en su mayor parte, e incluso inferiores a los 700 mm en la Cordillera Cantábrica y los Pirineos, en correspondencia con las condiciones térmicas más frías de las áreas de montaña. En la Meseta norte oscilan en torno a los 800-1.100 mm, y aumentan progresivamente hacia el sur y la vertiente mediterránea. En la Meseta meridional, al igual que en el centro de la depresión del Ebro, se superan los 1.100 mm, y cantidades superiores a los 1.200 mm se alcanzan en amplias zonas de Extremadura y la cuenca del Guadalquivir, a causa sobre todo de las altas temperaturas del verano.







En el archipiélago canario, por las características térmicas de su clima, la ETP es elevada en todas las islas, solo matizada por la acción de la altitud.

La evapotranspiración puesta en relación con la precipitación permite obtener el balance hídrico de una región, que diferencia las áreas con excedente o déficit de agua. En el caso de España el balance dibuja dos grandes dominios de desigual extensión, que concuerdan en buena medida con las regiones de clima húmedo y clima seco. El primer dominio se localiza en el norte peninsular y tiene un claro excedente de agua, que varía entre 300 y más de 1.800 mm. Coinciden los valores más altos con las zonas de mayor precipitación del país: Galicia costera y Pirineo occidental. También por su elevada pluviosidad, el balance es positivo en el Sistema Ibérico septentrional y sierras de Gredos y Grazalema. El resto del territorio es claramente deficitario, con balances negativos superiores a 600 mm en amplias zonas de la Meseta meridional y las depresiones del Ebro y Guadalquivir. Pero la aridez se hace aún más patente en el sudeste de la Península y las islas Canarias orientales, donde a la escasez de lluvias se suman las elevadas temperaturas.

## Tipos de tiempo

**Anticiclón de invierno.** Esta situación atmosférica se caracteriza por el claro dominio de las altas presiones sobre la península ibérica, relacionado con la presencia del anticiclón continental europeo o con el anticiclón de las Azores y, en ocasiones, con ambos, en una configuración puente entre los dos centros de acción. Estas condiciones isobáricas son más frecuentes en invierno y originan tiempo estable, seco y soleado, con posible inestabilidad en el este peninsular y las islas Baleares. En estas circunstancias, con la pérdida de calor nocturno por irradiación, se producen fuertes heladas, con escarcha y frecuentes fenómenos de inversión térmica, que generan espesos bancos de niebla en los valles y depresiones del interior, como las cuencas del Ebro y Duero, casi tan duraderas como el anticiclón que las provoca. Esta situación impide los movimientos ascendentes del aire, lo que favorece los estados de contaminación atmosférica en las grandes ciudades y en aquellos sectores de fuerte emisión de contaminantes. En las islas Canarias esta situación favorece la circulación de vientos del noreste, alisios, y el cielo puede quedar cubierto por el denominado mar de nubes en las laderas de barlovento, mientras domina el sol en las situadas a sotavento.

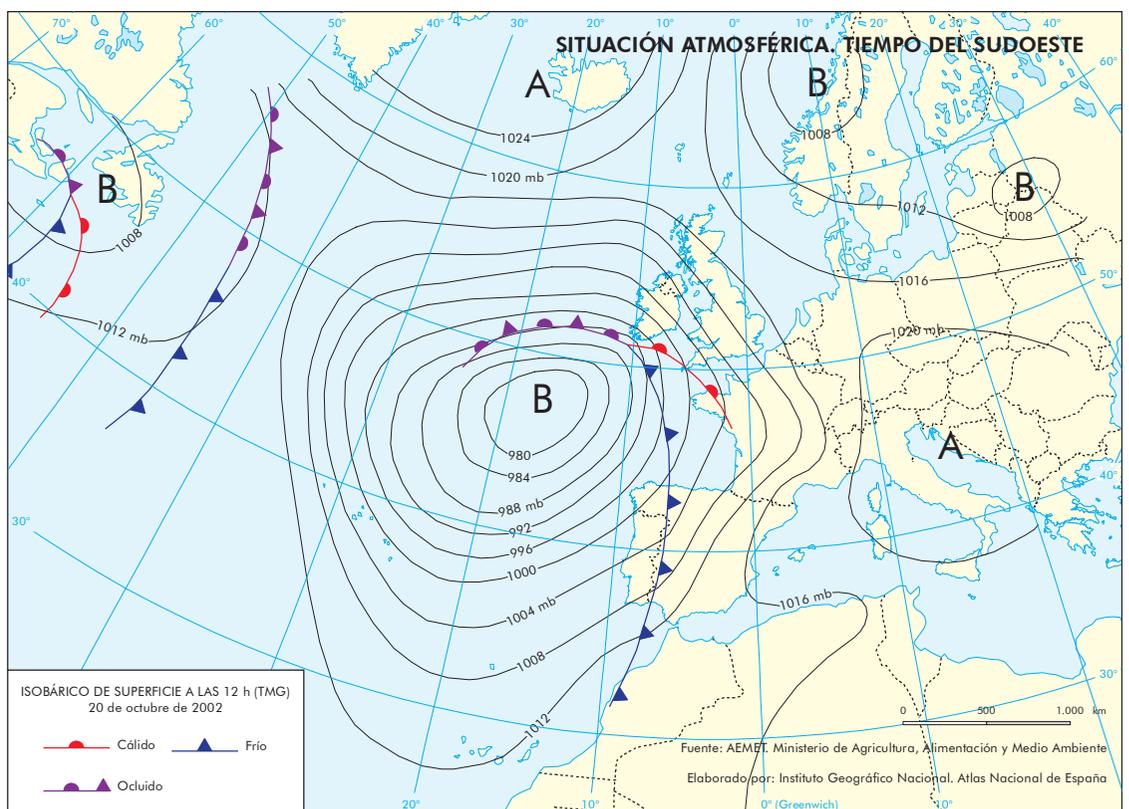
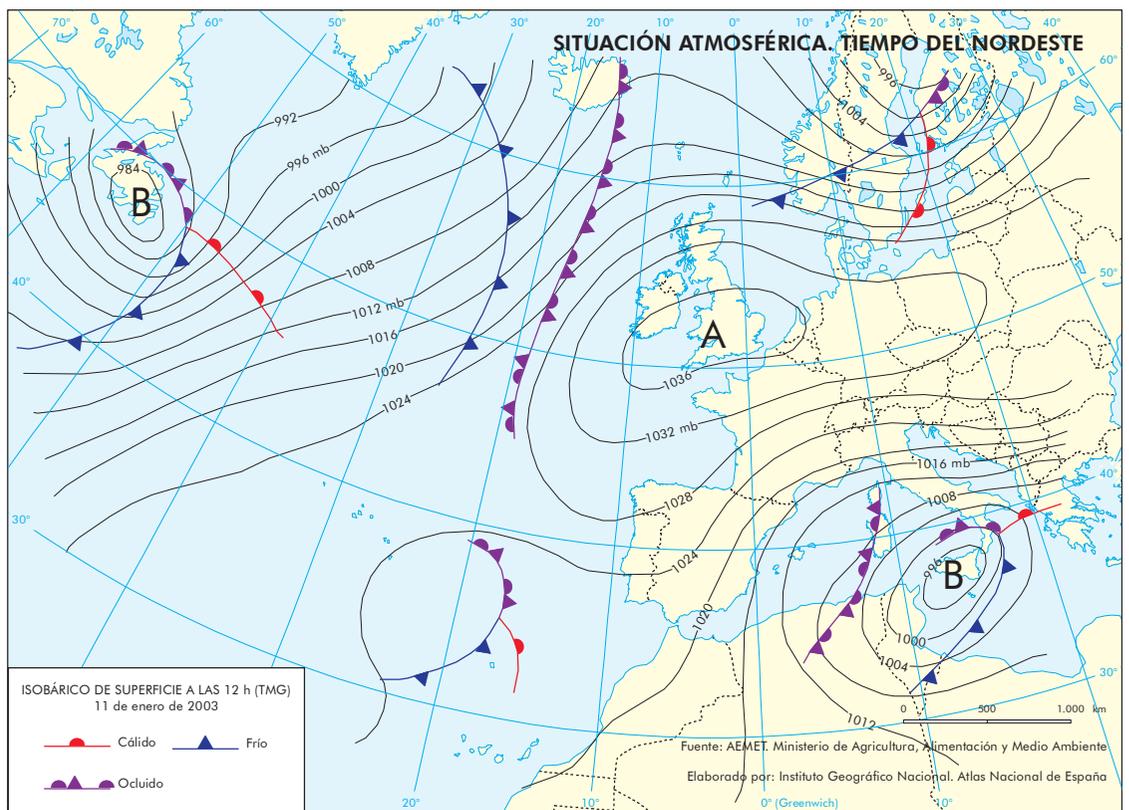
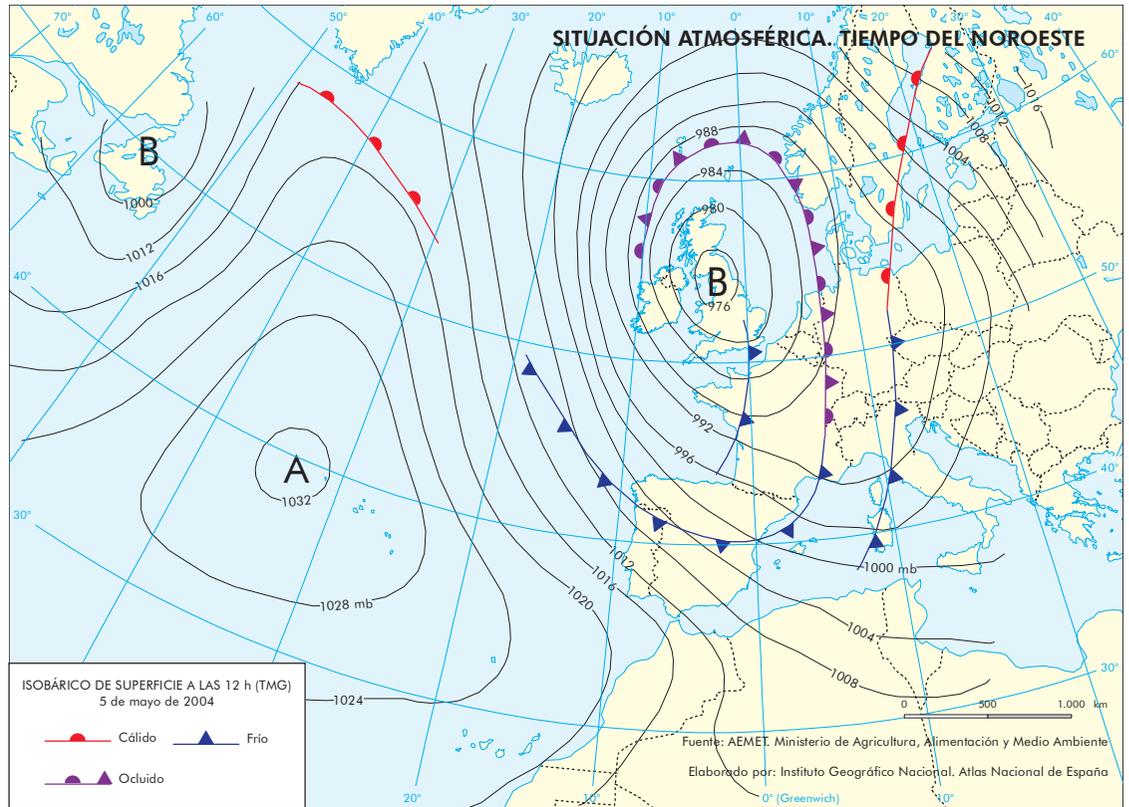
**Temporal de frío y nieve.** Esta situación atmosférica se origina cuando un potente anticiclón, orientado según los meridianos, se sitúa sobre el Atlántico norte y un área depresionaria se localiza en el Mediterráneo occidental. En altura aparece una situación de bloqueo de la circulación zonal debido a la ondulación de la corriente en chorro sobre el océano, que impulsa el aire frío desde el Ártico hasta el norte de África. Se generan así profundas vaguadas, a las que se aplica el nombre de coladas de aire ártico, que ocasionan descensos térmicos acusados, fuerte inestabilidad y fenómenos tormentosos al paso de los frentes fríos. Aunque puede registrarse entre octubre y abril, esta configuración es más propia de invierno. El tiempo que le acompaña se caracteriza por el temporal de frío y nieve, y un considerable descenso de las temperaturas en la práctica totalidad de la península ibérica y Baleares. Las nevadas son copiosas en la vertiente norte de los sistemas montañosos y en las tierras del interior meseteño,

y los vientos particularmente fuertes en el noreste y el archipiélago balear, donde pueden ir acompañados de intensa actividad convectiva.

**Baja térmica estival.** Es una situación sinóptica típicamente estival generada por el desplazamiento hacia la península ibérica del anticiclón de las Azores y de advecciones de masas de aire tropical. Se caracteriza por el escaso gradiente bórico en superficie, la presencia de una dorsal anticiclónica en altura y la formación en la España meridional de pequeños núcleos de baja presión de origen térmico, fruto del intenso calentamiento del suelo. La Península está dominada por un ambiente de gran estabilidad, con temperaturas iguales o superiores a las normales y cielos despejados, aunque no es extraña la presencia de calimas, formadas por partículas muy finas y secas de polvo en suspensión en la atmósfera, que reducen la visibilidad. En ocasiones se originan fuertes gradientes térmicos en las regiones interiores que dan lugar a pequeños remolinos de polvo o tolvaneras. En este medio tan estable las únicas perturbaciones son las generadas por movimientos convectivos junto a la costa o en los sistemas orográficos, donde se pueden producir núcleos tormentosos aislados, a veces aparatosos y acompañados de granizo.

**Tiempo del noroeste.** El tipo de tiempo del noroeste se relaciona con la descarga fría que tiene lugar al paso sobre la península ibérica de un frente frío asociado a una depresión localizada en latitudes superiores. A la vez, el anticiclón atlántico se dispone en sentido de los meridianos y contribuye a reforzar la entrada del aire polar marítimo. Esta situación da lugar a la aparición de un tiempo inestable, con descenso de las temperaturas y precipitaciones generalizadas en la mitad septentrional en grado diverso en relación con la intensidad de la expansión de la masa de aire y de la época del año en que se produce. Por esta razón es imposible establecer un patrón único de tiempo en toda España. En verano, la llegada del aire polar provoca un claro refrescamiento de las temperaturas y la posibilidad del desarrollo de chubascos tormentosos en áreas de montaña y del interior, acompañadas a veces de granizo. En invierno, el descenso térmico va acompañado de precipitaciones de nieve en los sistemas montañosos, sobre todo en la mitad occidental peninsular; por el contrario, en la mitad oriental las temperaturas pueden ser relativamente altas y la lluvia inexistente. La inestabilidad y el ambiente desapacible se agrava a veces con la presencia de vientos fuertes, principalmente en la fachada septentrional y el nordeste peninsular.

**Tiempo del nordeste.** La advección del nordeste o continental europea se produce por la presencia de un potente anticiclón de bloqueo sobre Europa central y occidental, abarcando buena parte de la península ibérica, combinado con una depresión en el Mediterráneo. En altura domina un índice de circulación muy bajo, con ondulación anticiclónica, que contribuye a dirigir hacia España masas de aire continental europeo. Su frecuencia es baja, pero cuando se establece, preferentemente entre noviembre y marzo, la entrada de aire polar origina un descenso generalizado de las temperaturas y rigurosas heladas nocturnas. Esta situación provoca intensas olas de frío, en particular cuando las masas de aire que llegan a la Península son masas árticas del interior de Rusia. Salvo el litoral penibético, protegido por altos núcleos montañosos, el frío llega prácticamente a toda la Península, incluso a las costas cantábrica y levantina. Por lo general, esta advección no origina precipitaciones, debido al bajo contenido higrométrico del aire,



salvo cuando recorre el mar Mediterráneo y se carga de humedad. En este caso, provoca lluvias y nevadas en la fachada mediterránea y en los sistemas montañosos, y llega a alcanzar las islas Canarias.

**Tiempo del sudoeste.** Esta situación resulta de la presencia de una extensa borrasca situada en el norte o noroeste de la Península y de la circulación atmosférica en altura, caracterizada por suaves ondulaciones que canalizan masas de aire tropical marítimo hacia las tierras ibéricas. Puede tener lugar en cualquier momento del año, aunque es más propia del invierno, cuando el anticiclón de las Azores se sitúa en latitudes bajas y la circulación zonal facilita el paso de las perturbaciones atlánticas. Estas condiciones provocan el aumento de la temperatura, elevada nubosidad y lluvias generalizadas al paso de los frentes. El golfo de Cádiz es vía de entrada de los flujos húmedos del océano, que riegan con generosidad el sur peninsular. Son los denominados vientos ábregos o llovedores, responsables de algunos de los temporales de lluvia más fuertes del valle del Guadalquivir y barreras montañosas bien expuestas. Hacia el norte las precipitaciones se reducen notablemente a sotavento de las cordilleras y llegan a desaparecer en la cornisa cantábrica, donde el efecto foehn origina un considerable ascenso de las temperaturas.



Mar de nubes en Tenerife

dos umbrales de temperatura y precipitación. De acuerdo con ella, casi toda España queda incluida dentro de los climas templados C. En el norte el clima es lluvioso todo el año (Cf); en el resto, el verano es seco (Cs), y se añade a o b en función de si el mes más cálido sobrepasa o no los 22°C. Se diferencian también zonas secas, B, y las montañas con climas fríos, D.

El norte de España tiene un clima templado lluvioso; en la costa la temperatura de invierno es muy moderada y el verano resulta fresco: es un clima típico Cfb. Hacia el interior se inicia la transición hacia el verano seco (s) y más cálido (a), mientras en las montañas es frecuente la nieve y se llega al clima Df. El clima con verano seco o mediterráneo es el de mayor representación superficial, pero tiene un variado abanico

de subtipos. El clima de invierno suave, Csa, es la forma más genuina de influencia marítima, como ocurre en la costa oriental, las islas Baleares y el sur peninsular. Hacia Extremadura y la Meseta sur las condiciones son ya más secas y manifiestan un claro matiz continental. Este aumento de la continentalidad se observa en la cuenca del Duero, donde domina el clima Csb, de verano corto e invierno muy frío. La progresiva degradación del clima mediterráneo hacia condiciones más secas conduce a un clima estepario caluroso (BSh), o frío (BSk) en la Mancha y valle del Ebro, y a condiciones desérticas, tipos BWk y BWb, en el sudeste español. El clima estepario y el desértico domina también en las islas Canarias, salvo en altitud, donde se pasa rápidamente a climas Csa y Csb.

## Clasificación climática

Para delimitar los distintos climas de España se ha utilizado la clasificación de Köppen-Geiger. El método identifica cada tipo de clima con una serie de letras, y los define a partir de determina-



# Aguas continentales y marinas

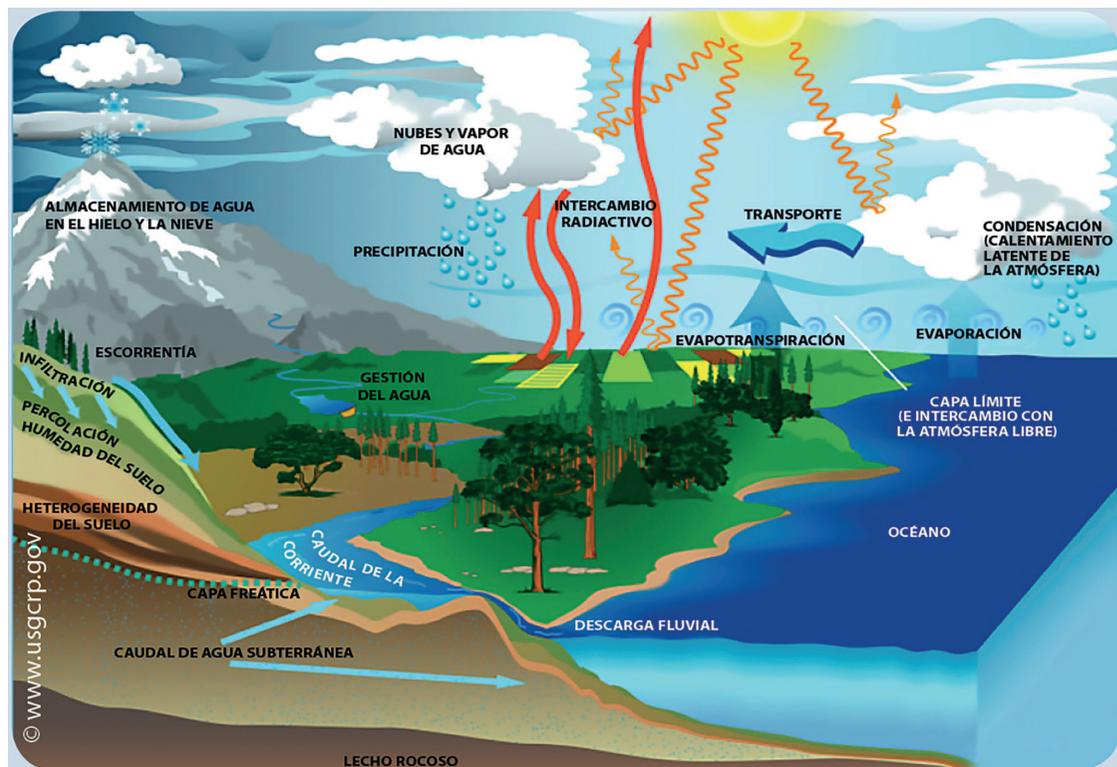
El agua es la única molécula del planeta que aparece de forma natural en tres estados físicos diferentes (sólido, líquido y gaseoso). En su conjunto, esa agua integra la hidrosfera, cuya unidad es posible gracias al *calor latente*, que es el proceso de consumo o liberación de energía que conlleva el cambio de estado físico del agua.

Esa unidad es continua o indivisible porque diversas fuerzas posibilitan la movilidad del agua en diferentes sentidos, desencadenando un intercambio desde unos reservorios o dominios hídricos a otros. El motor de este intercambio es el aporte de energía solar.

La distribución de los recursos hídricos sobre la superficie terrestre es muy desigual. En torno al 97% del volumen total del agua de la hidrosfera se encuentra en mares y océanos. Entonces, sólo alrededor del 3% integra el agua residente en los continentes y en la atmósfera. Algo más de tres cuartas partes del agua existente en los continentes se acumula en los glaciares. También resulta muy relevante el volumen de las aguas subterráneas. Por su parte, son muy reducidas las cantidades de agua residentes en ríos, lagos y suelos (humedad del suelo), si bien cualitativamente las aguas de ríos y lagos son muy relevantes en el establecimiento de asentamientos humanos y en el desarrollo de sus actividades económicas.

Este conjunto de componentes o dominios de la hidrosfera y al desplazamiento que el agua realiza entre ellos se conoce con el nombre de *ciclo hidrológico* o *ciclo del agua*. Ese desplazamiento se materializa a partir de los denominados procesos hidrológicos: precipitación, interceptación, infiltración, percolación, escorrentía y evapotranspiración. A escala global (planeta o conjunto de la hidrosfera) el ciclo hidrológico funciona como un sistema cerrado, es decir, el volumen de agua implicado es siempre el mismo, ya que hay entrada de energía en el sistema (radiación solar) pero no hay ni entrada ni salida de materia. Sin embargo, a cualquier otra escala (regional, continental, cuenca hidrográfica), el ciclo hidrológico funciona como un sistema abierto, con entrada de materia a partir de las precipitaciones y salida mediante escorrentía y evapotranspiración.

La trayectoria del agua dentro del ciclo no es lineal, sino que puede seguir caminos muy distintos. Así, no toda el agua de las precipitaciones llega al suelo, ya que una parte se evapora en la trayectoria y otra es retenida por la vegetación. De la retenida por la vegetación una parte es evapotranspirada y otra escurre hasta el suelo. Del agua que llega al suelo, una fracción se evapotranspira, otra se infiltra y otra se moviliza sobre la superficie a partir de la escorrentía superficial. El agua infiltrada en el suelo puede tomar caminos muy diferentes: la energía calorífica puede activar la evapotranspiración de una parte, en tanto que otra puede engrosar la escorrentía superficial y subsuperficial y otra puede percolar hasta los acuíferos. A través de la escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea, una porción del agua residente en la superficie terrestre, el suelo y las acumulaciones de agua subterránea, puede acabar llegando a ríos y océanos. Desde estos



Ciclo del agua

océanos se alimenta una cuantiosa evaporación que a su vez abastece a las precipitaciones.

## Aguas continentales

En la península ibérica tienen representación todos los dominios hídricos de tipo continental que forman parte de la hidrosfera. Los glaciares están reducidos a un mero testimonio. Son glaciares de montaña ubicados en los Pirineos, que en la vertiente española llegaron a cubrir cerca de 1.800 ha, a principios del siglo XX, y que se han reducido hasta 160 en 2012.

La importancia del agua acumulada en el suelo es muy variable en diferentes ámbitos del territorio español. En el sector más septentrional, atlántico-cantábrico, así como en las áreas montañosas más elevadas es fácil encontrar los suelos saturados de agua durante una buena parte del año. Sin embargo, en las zonas semiáridas, tan extensas en la península ibérica, es difícil que se cubra la capacidad de infiltración del suelo, llegando a saturarse, excepto en episodios de lluvias intensas.

Los procesos kársticos, glaciares, fluviales y litorales han excavado depresiones cerradas que

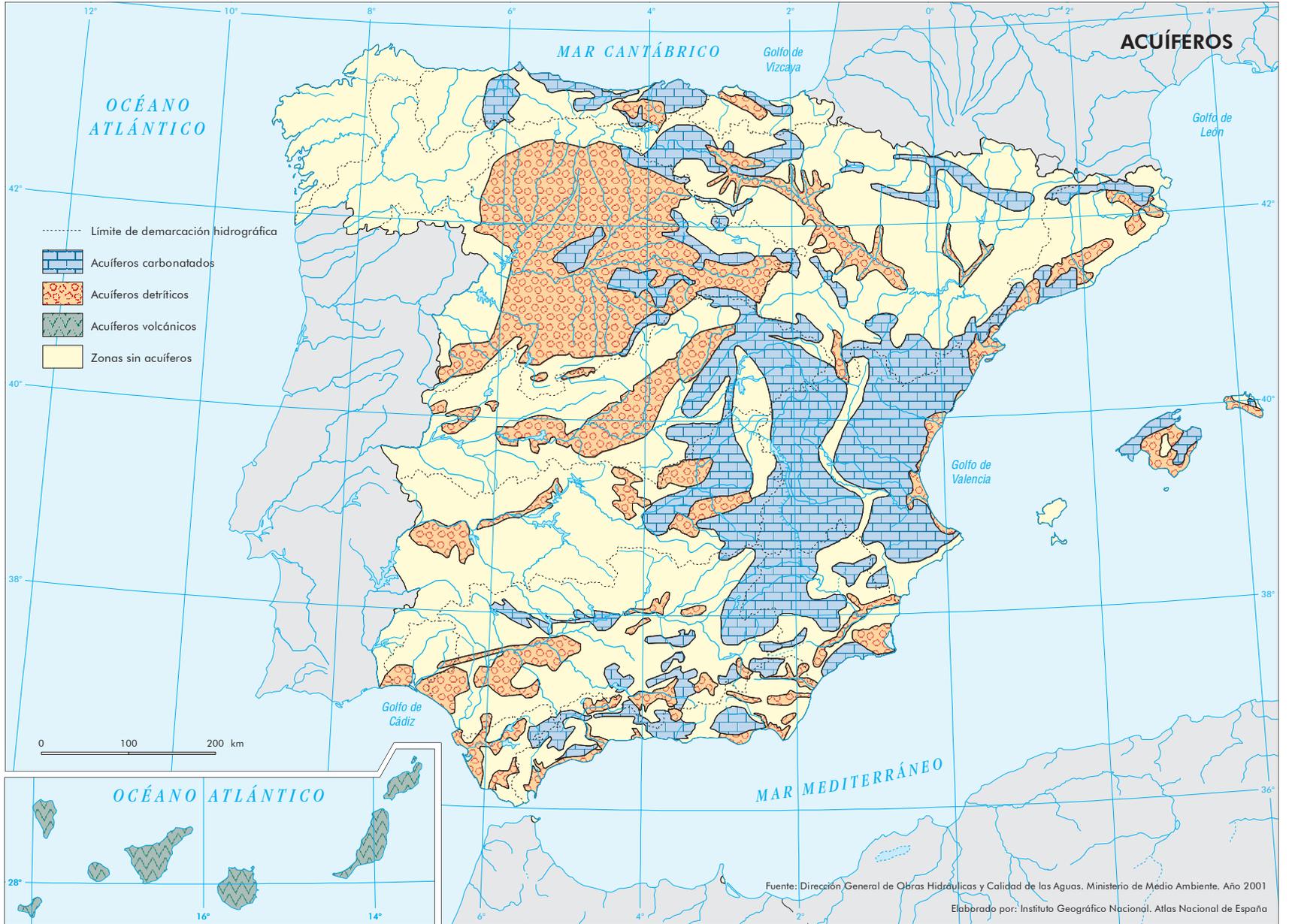
se rellenan de agua, es decir, lagos. Ahora bien, el volumen de reservas hídricas que globalmente contienen no es elevado.

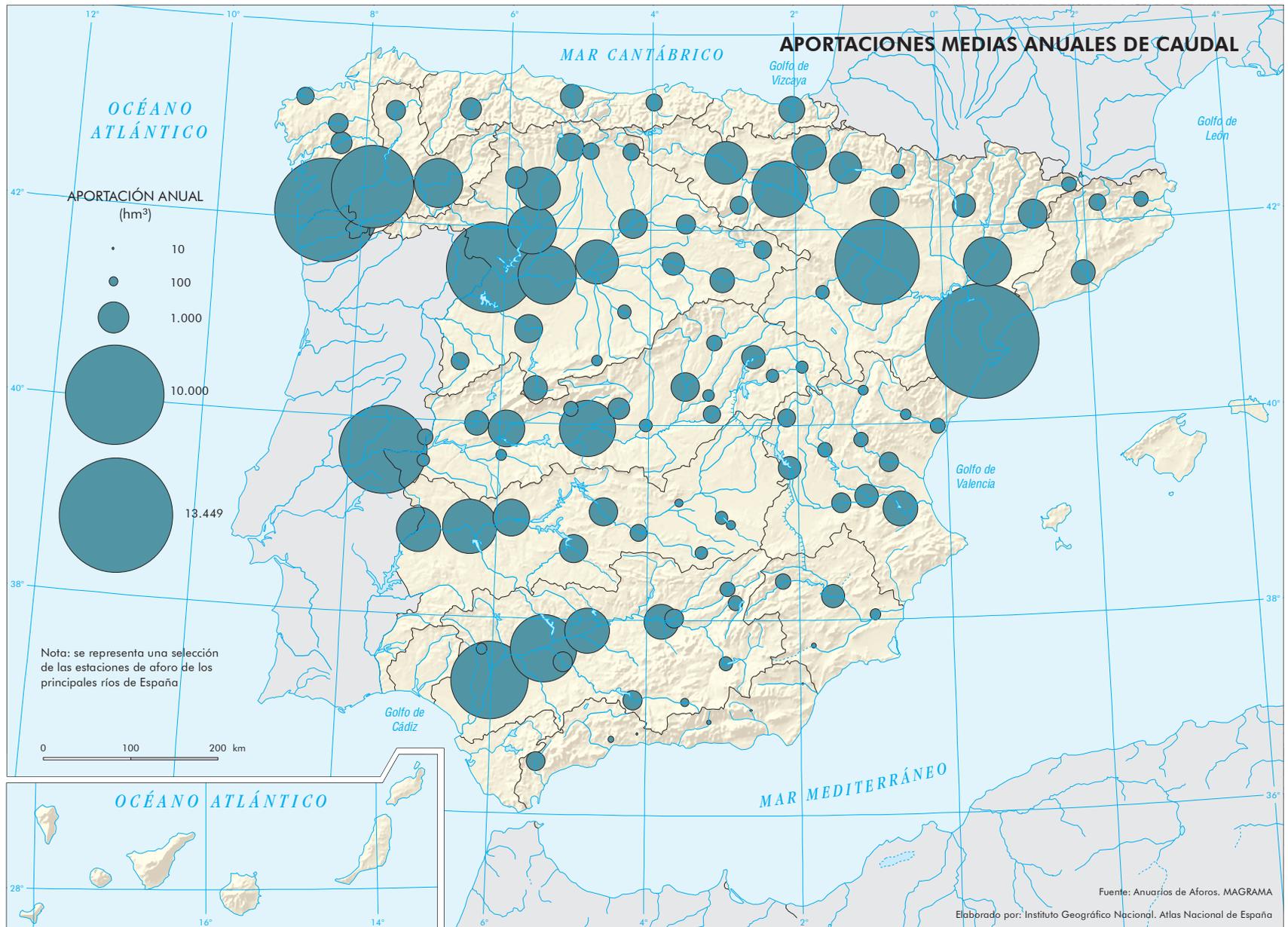
Ríos y acuíferos son los dominios hídricos, o tipos de masas de agua, de mayor importancia en el territorio español. Son esenciales tanto para abastecimiento de núcleos de población como para uso agrícola, industrial o hidroeléctrico. Al margen del agua que acumulen, no hay que olvidar la enorme impronta que glaciares, lagos y ríos, tienen en el paisaje.

### Demarcaciones hidrográficas

El territorio español, como todas las zonas emergidas, tiene un relieve estructurado en cuencas vertientes, en cada una de las cuales una red de cauces, que va confluyendo en uno principal, se encarga de conducir el agua hacia el mar. Con la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) aparecieron los términos de *masa de agua* y *demarcación hidrográfica*, que se refiere a las grandes cuencas vertientes. Las masas de agua se integran y gestionan en las demarcaciones. Se definieron un total de 4.630 masas de agua en España, de las cuales 3.792 corresponden a la categoría de río, 319 a lagos, 168 a aguas

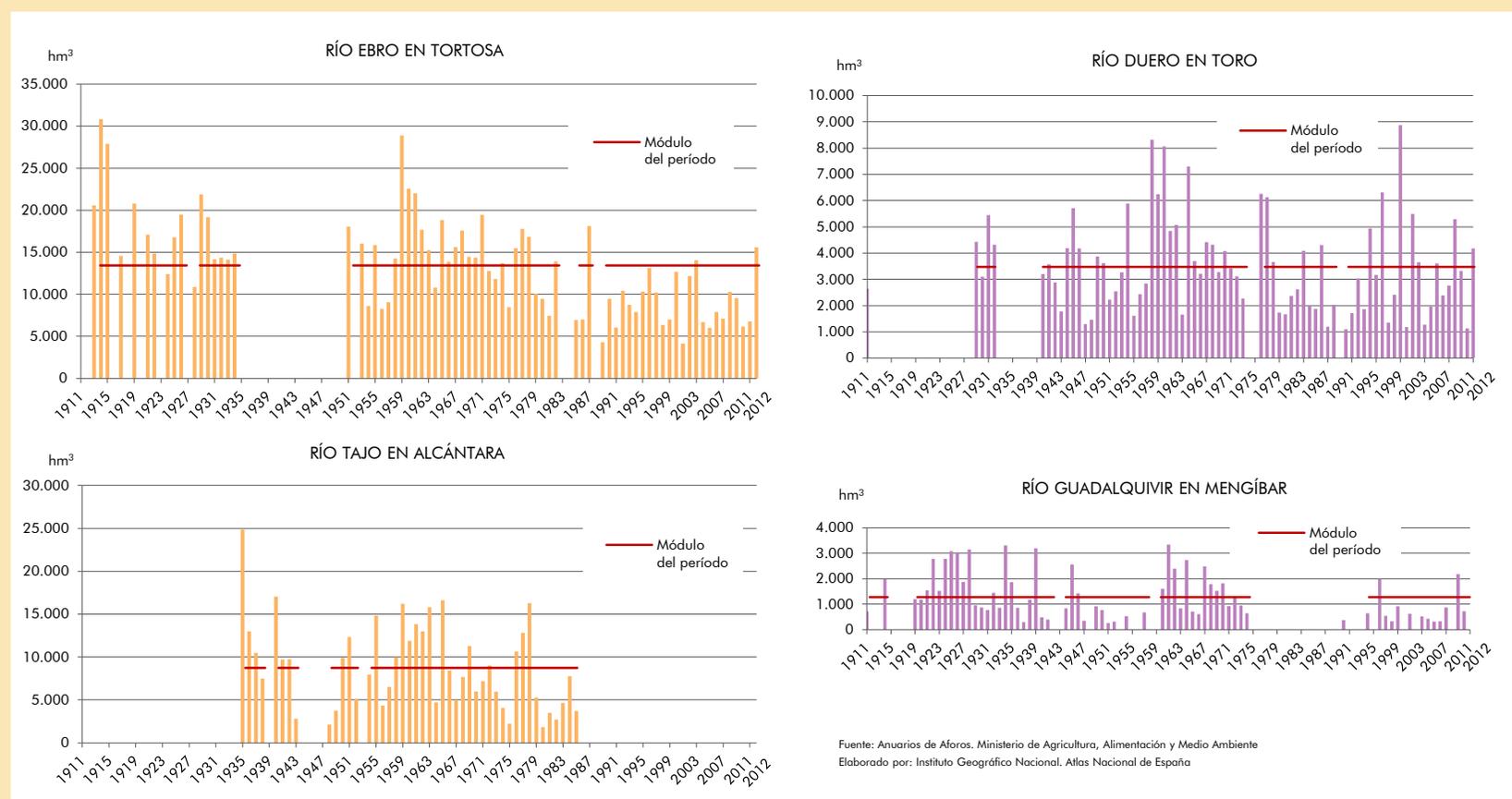




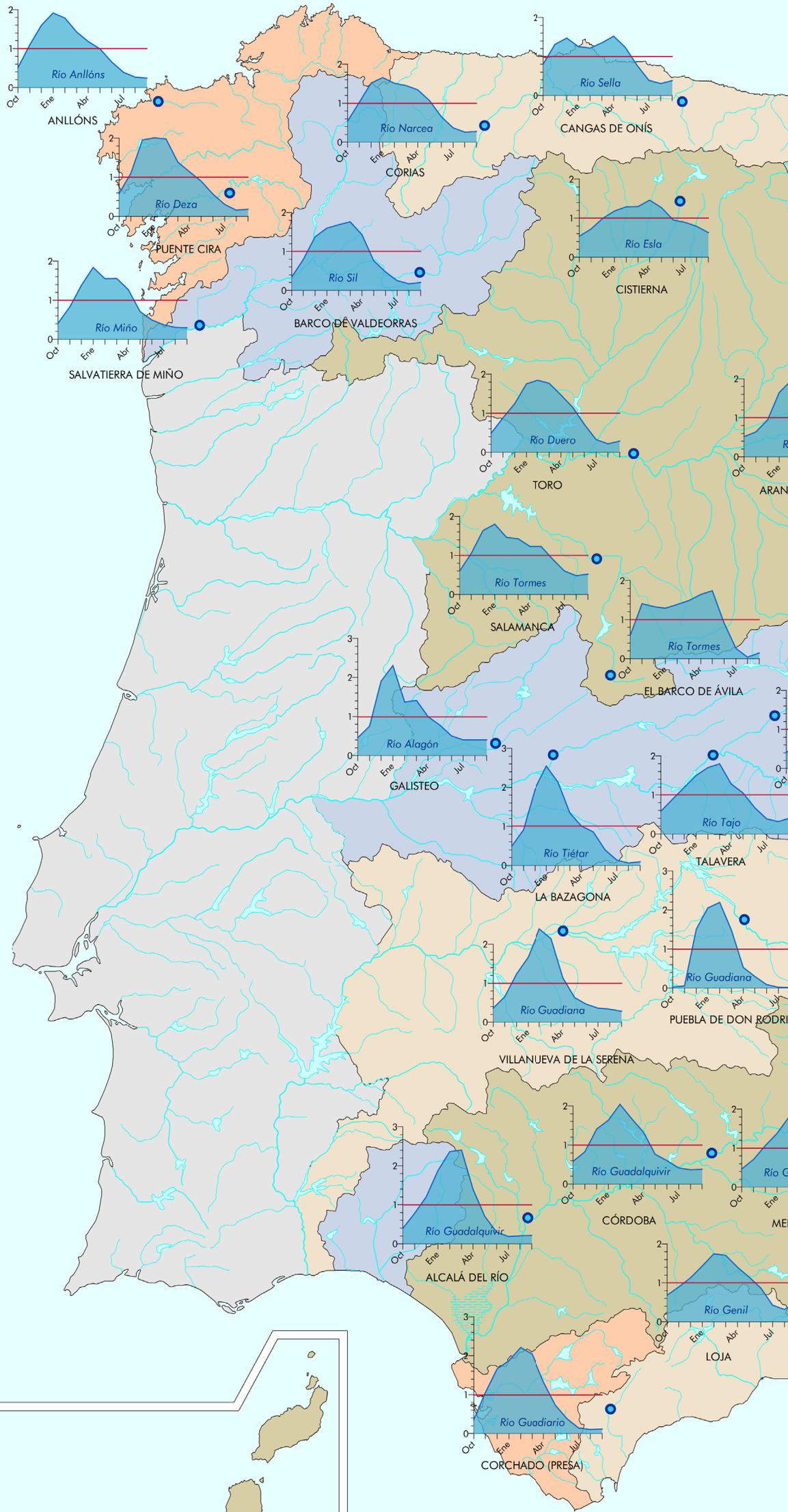


## Histogramas de aportaciones anuales

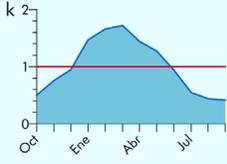
Estas gráficas permiten apreciar de manera sencilla y clara las fluctuaciones que en distintos años presentan las aportaciones de algunos ríos españoles, así como su relación con el módulo anual (volumen de agua que llevaría un río si su cantidad siempre fuera constante). Estas aportaciones anuales son más regulares en los ríos cantábricos y pirenaicos, menos regulares en los ríos que surcan las grandes cuencas y muy irregulares en los ríos mediterráneos. El grado de irregularidad interanual está directamente asociado al de las precipitaciones.



Fuente: Anuarios de Aforos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Elaborado por: Instituto Geográfico Nacional, Atlas Nacional de España



COEFICIENTE DE CAUDAL MENSUAL

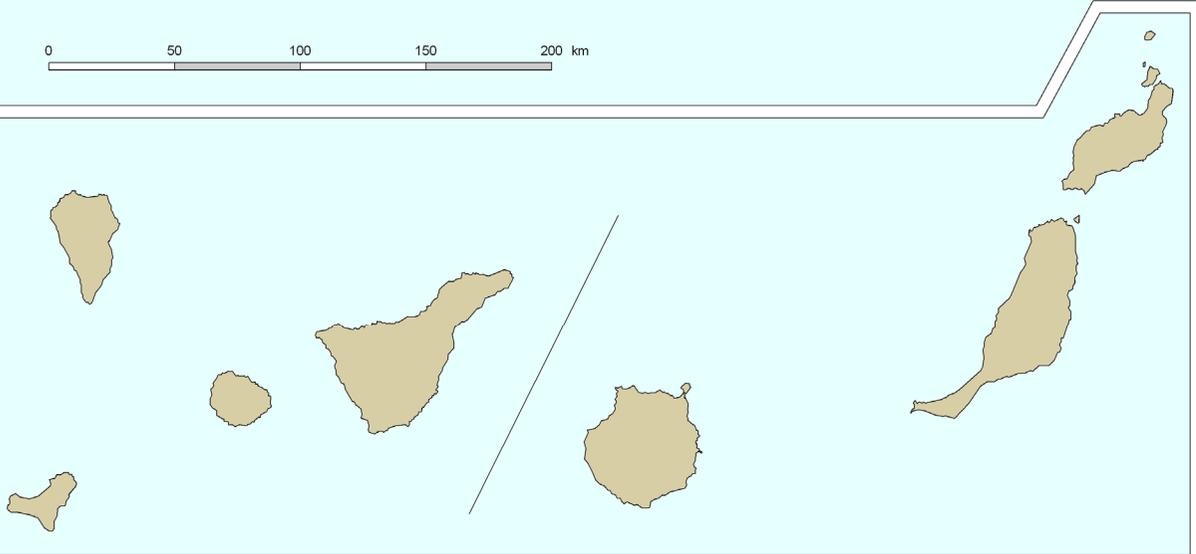
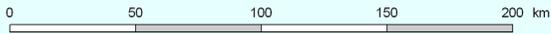


$k = \text{caudal medio mensual} / \text{caudal medio anual}$

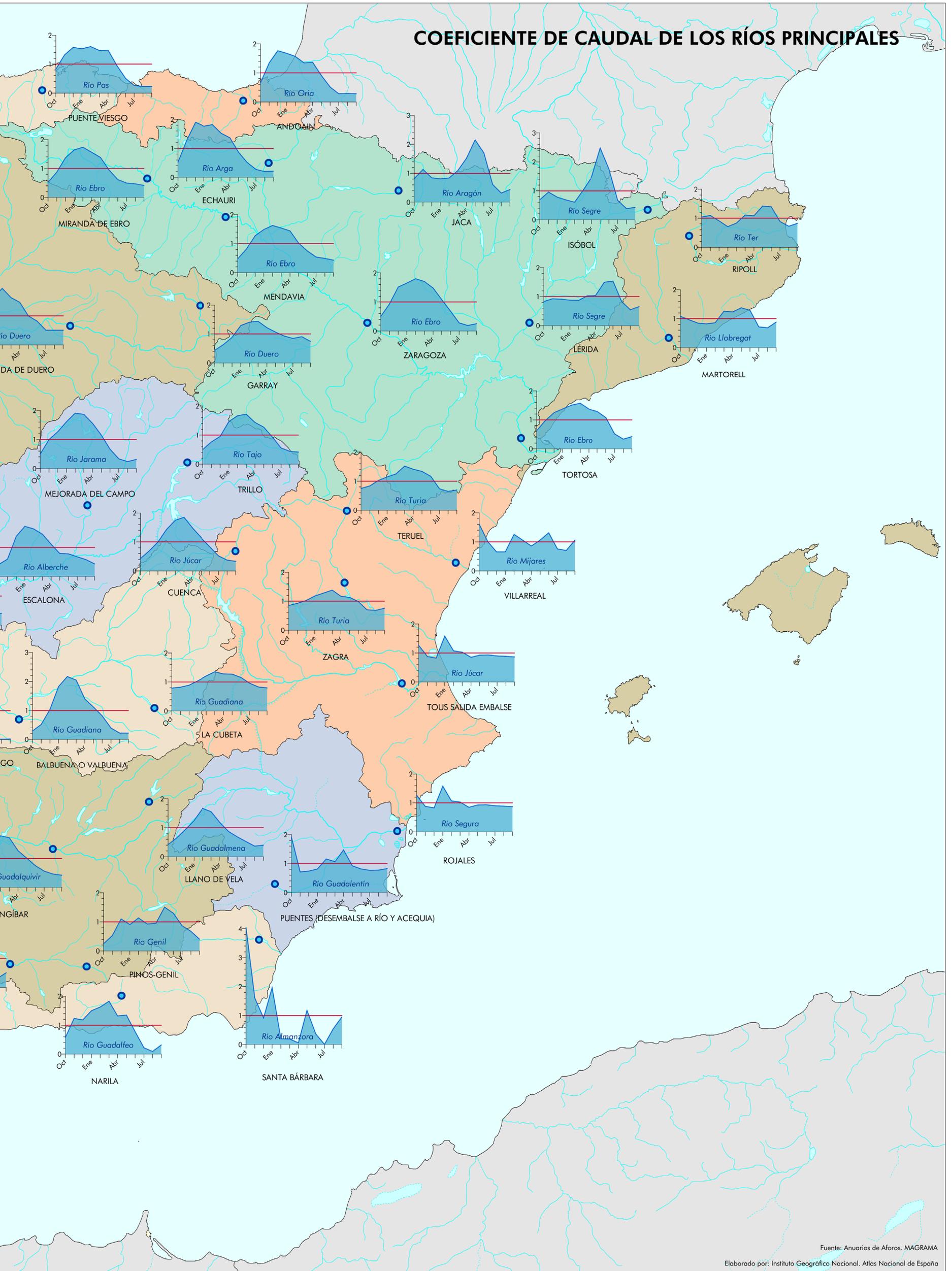
— Coeficiente medio anual  
 $k > 1$ : aguas altas;  $k < 1$ : aguas bajas

● Estación de aforo

Nota: se representa una selección de las estaciones de aforo de los principales ríos de España.



COEFICIENTE DE CAUDAL DE LOS RÍOS PRINCIPALES



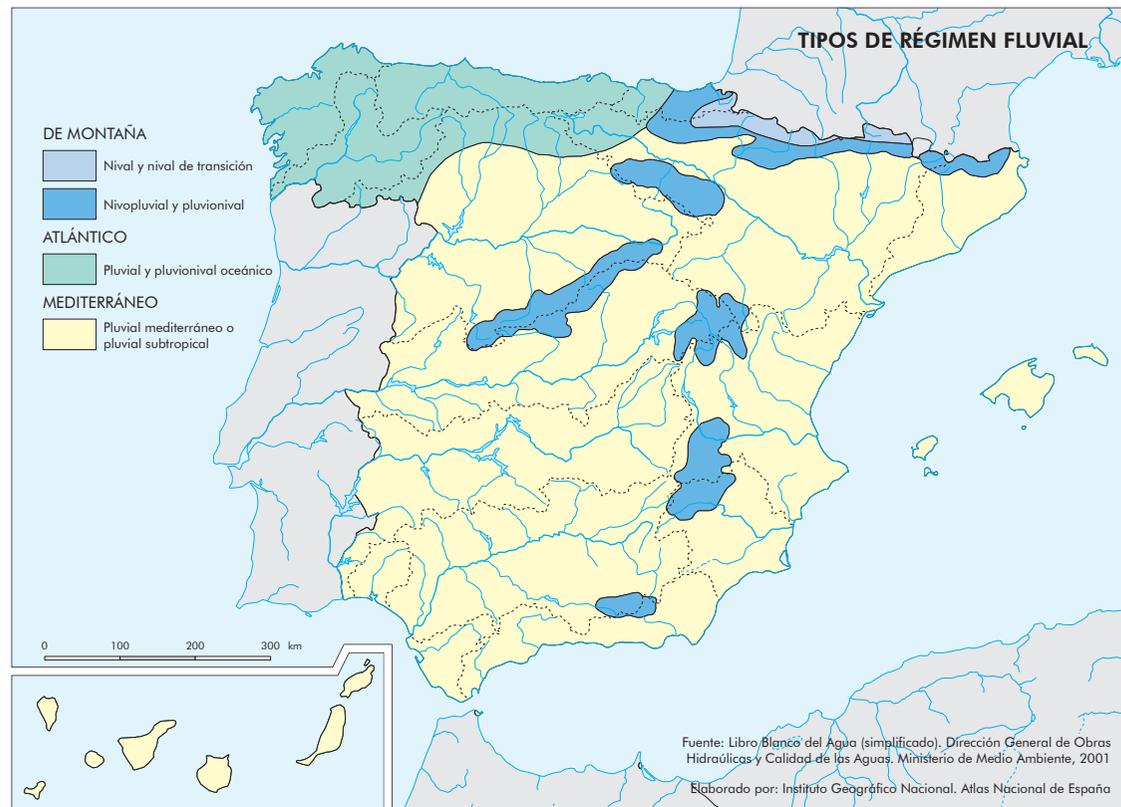
Fuente: Anuarios de Aforos. MAGRAMA

Elaborado por: Instituto Geográfico Nacional. Atlas Nacional de España

de transición y 351 son masas de agua costeras. Las demarcaciones hidrográficas peninsulares son 15 (ver mapa). De ellas 10 son intercomunitarias, es decir, se incluyen en varias comunidades autónomas: Miño-Sil, Cantábrico occidental, Cantábrico oriental, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar y Ebro. Y cuatro son intracomunitarias: Galicia Costa, Cuencas internas de Cataluña y tres demarcaciones andaluzas, Tinto-Odiel-Piedras, Guadalete-Barbate y Cuencas mediterráneas andaluzas. La cuenca con mayor número de masas de agua es la del Ebro con 699. La cuenca del Duero es la de más superficie de la Península, con casi 100.000 km<sup>2</sup>, pero si se restringe al territorio español la más extensa es la del Ebro, con 85.000 km<sup>2</sup>.

**Acuíferos**

Son formaciones rocosas delimitadas por rocas impermeables, en cuyo interior puede almacenarse y fluir el agua subterránea, en función de su porosidad y permeabilidad. Se recargan por infiltración y percolación y descargan a través de ríos y manantiales o en el mar. Hay 386 acuíferos catalogados en España, que cubren una extensión de más de 173.000 km<sup>2</sup> (ver mapa *Acuíferos*). El conjunto de mayor amplitud corresponde a la depresión del Duero, seguido del que se ubica debajo de buena parte de la cuenca del Júcar. Hay zonas prácticamente sin acuíferos y en otras estos son pequeños y aislados, no catalogados, aunque en total pueden sumar otros 120.000 km<sup>2</sup>. Las formaciones litológicas con menos agua subterránea son las silíceas debido a su impermeabilidad. Pueden distinguirse cuatro grandes tipos de acuíferos en España: los carbonatados en toda la España calcárea (cordilleras Cantábrica e Ibérica, Pirineos, Béticas y Baleares); los detríticos de las depresiones del Duero, Tajo, Guadiana, Ebro y Guadalquivir; los aluviales (incluidos en el mapa dentro de los detríticos) en terrazas, riberas y llanos litorales; y los volcánicos canarios en rocas basálticas de porosidad y permeabilidad muy variables.



**Caudales**

Se entiende por caudal la cantidad de agua que circula por un curso fluvial en un momento y un lugar determinados. La medida de la cantidad de agua que circula por los ríos se realiza en las estaciones de aforo. Son puntos de un río donde, a través de limnigrafos, se mide la altura de la columna de agua para luego convertir esos registros, a partir de las curvas de gasto, en valores de caudal expresados en m<sup>3</sup>/s. En España los primeros datos de caudal se miden a mitad del siglo XIX, pero hay que esperar al siglo XX para tener un seguimiento continuado de los caudales en los principales ríos. Actualmente existe una amplia red de estaciones de aforo. Las gestionadas por organismos de cuenca (confederaciones hidrográficas) dependientes del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Am-

biente (MAPAMA, antiguo MAGRAMA), junto a las regidas por Aguas de Galicia, están integradas en la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA). La componen más de 1.400 estaciones, actualmente funcionales, a las que habría que añadir otras 652 que ya no siguen activas. Además, la Agència de Medio Ambiente y Agua de Andalucía, la Agència Catalana de l'Aigua y el gobierno de Illes Balears gestionan casi otros 200 aforos. En torno a dos tercios de estas estaciones de aforo miden los caudales de los ríos, y otras registran el nivel de los embalses, el agua circulante por conducciones y datos evaporimétricos.

Junto a esta toma de datos es muy relevante su publicación, realizada a través del Anuario de Aforos. Arrancó en 1912 y ha ido cambiando del soporte papel al digital, de manera que hoy la accesibilidad a los registros de aforo de la red ROEA es

**Ríos principales de España, ordenados por longitud**

EBRO		GUADALQUIVIR	
Longitud	938 km	Longitud	649 km
Vertiente	mediterránea	Vertiente	atlántica
Cuenca	84.898 km <sup>2</sup> (17% superficie de España)	Cuenca	57.078 km <sup>2</sup> (11% superficie de España)
Régimen fluvial	pluvionival oceánico, nivopluvial y pluvial mediterráneo, régimen complejo determinado por sus afluentes	Régimen fluvial	pluvionival en la cabecera y pluvial subtropical en la mayor parte de la cuenca, con grandes contrastes entre fases de aguas altas y estiajes
TAJO		JÚCAR	
Longitud	847 km	Longitud	504 km
Vertiente	atlántica	Vertiente	mediterránea
Cuenca	55.781 km <sup>2</sup> (11% superficie de España)	Cuenca	21.023 km <sup>2</sup> (4% superficie de España)
Régimen fluvial	pluvionival y pluvial mediterráneo, con gran variabilidad estacional y estiajes marcados	Régimen fluvial	pluvial mediterráneo, con caudal bajo y estiaje muy intenso en verano
DUERO		SEGURA	
Longitud	729 km	Longitud	325 km
Vertiente	atlántica	Vertiente	mediterránea
Cuenca	78.864 km <sup>2</sup> (16% superficie de España)	Cuenca	15.984 km <sup>2</sup> (3% superficie de España)
Régimen fluvial	pluvionival y pluvial mediterráneo, con variabilidad estacional moderada debido a los aportes de acuíferos y grandes afluentes	Régimen fluvial	pluvial mediterráneo, con caudal muy bajo y estiaje muy intenso en verano
GUADIANA		MIÑO	
Longitud	700 km	Longitud	316 km
Vertiente	atlántica	Vertiente	atlántica
Cuenca	55.422 km <sup>2</sup> (11% superficie de España)	Cuenca	16.286 km <sup>2</sup> (3% superficie de España)
Régimen fluvial	pluvial subtropical matizado por los grandes acuíferos manchegos, con gran variabilidad estacional y estiaje intenso en agosto	Régimen fluvial	pluvial atlántico, con baja variabilidad estacional de máximo invernal y mínimo veraniego

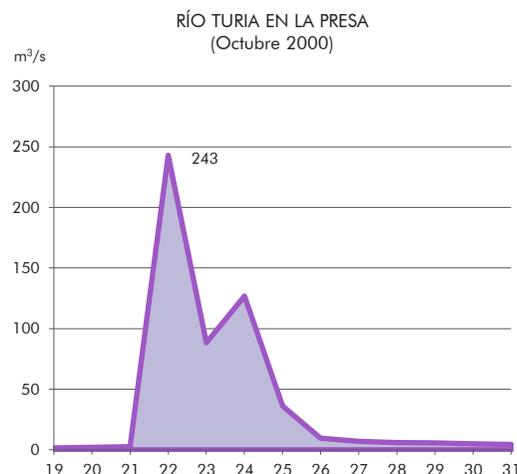
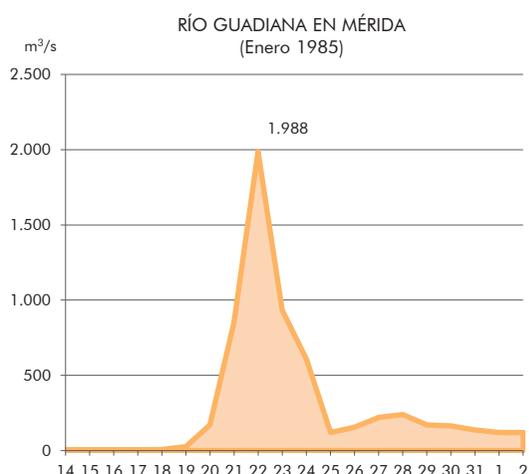
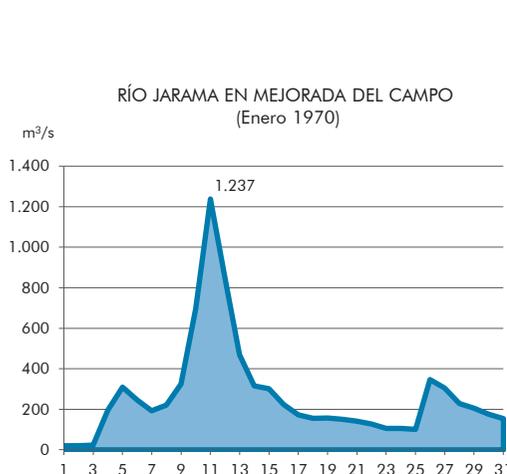
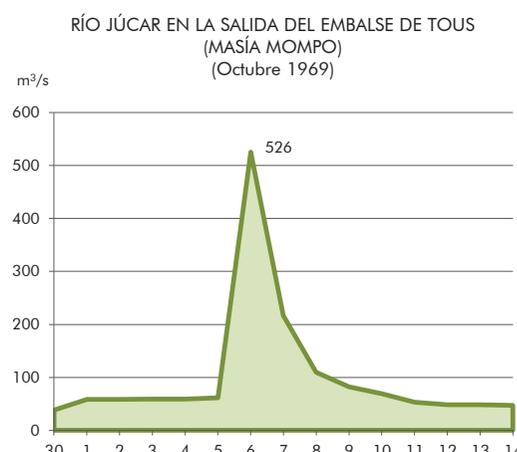
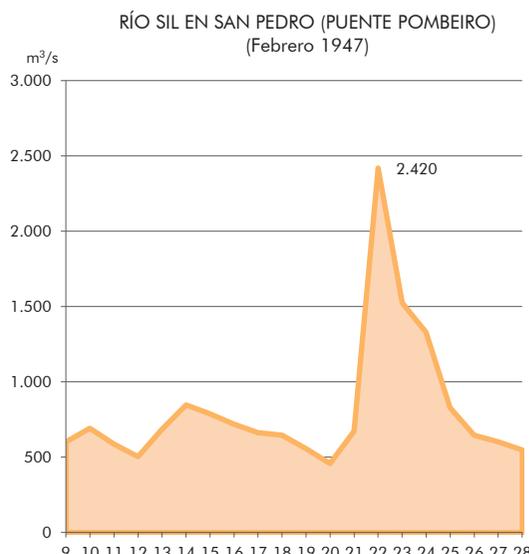
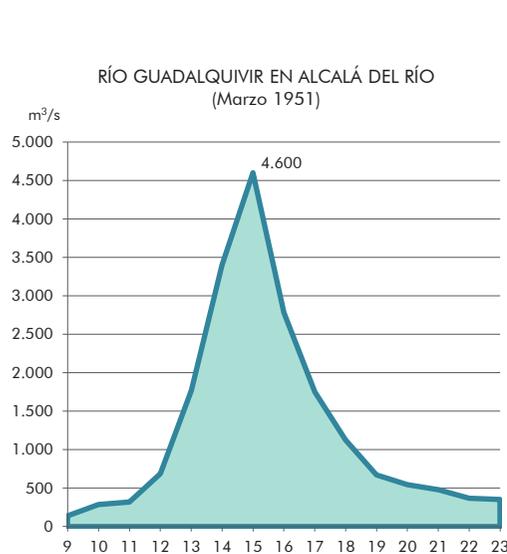
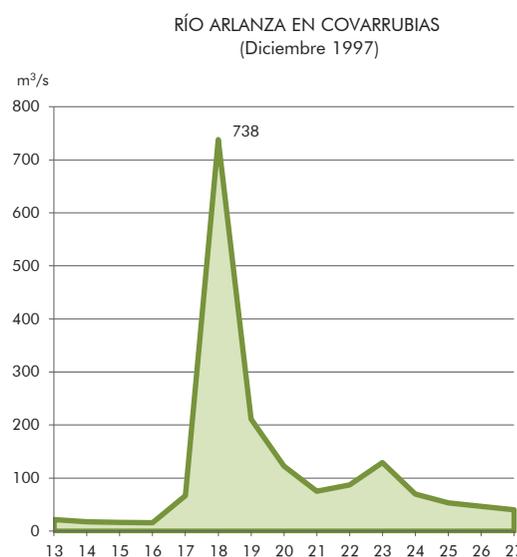
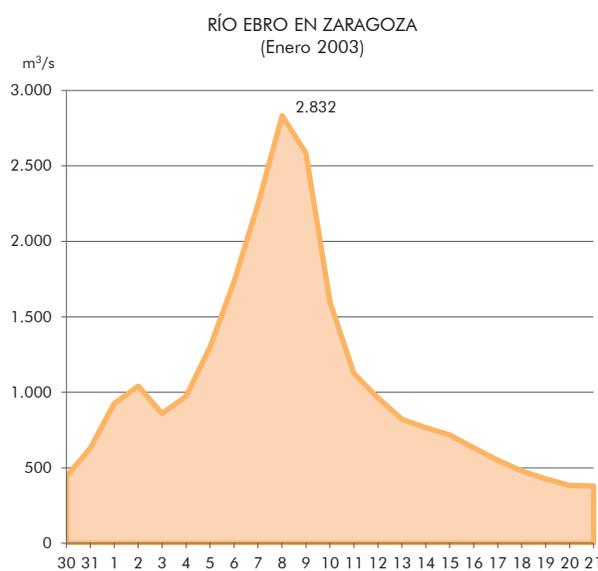
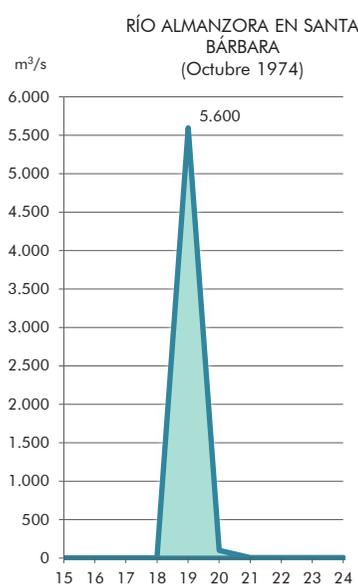
Fuente: CEDEX, Ministerio de Fomento y MAGRAMA, 2016

## Hidrogramas de grandes avenidas

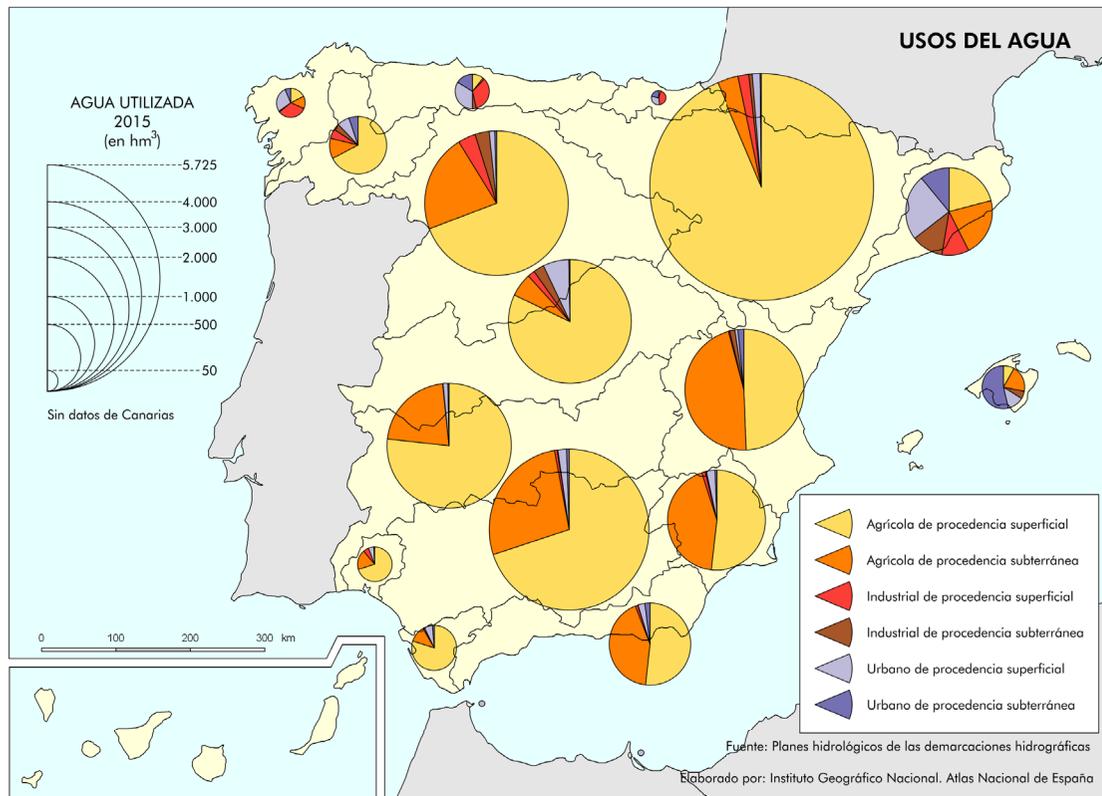
Dadas las graves consecuencias sociales y económicas que conllevan los desbordamientos producidos por las avenidas o crecidas extraordinarias, su estudio es objetivo prioritario en relación al comportamiento de los ríos. Su análisis y representación se realiza a través de los hidrogramas de crecida o de grandes avenidas, donde se evidencia tanto el caudal alcanzado por la crecida como su evolución temporal. En su eje vertical se señalan intervalos de caudal ( $m^3/s$ ) y en su eje horizontal el tiempo (días, en los ejemplos de esta página).

Como se aprecia en los diferentes hidrogramas, las grandes crecidas suponen un incremento muy acentuado y rápido del caudal de los ríos. Ese aumento queda registrado en la curva de ascenso del hidrograma, que conduce hasta el pico o cresta de la crecida (máximo caudal registrado durante cada crecida). A partir de ahí la curva de descenso y la de agotamiento muestran el retorno de los caudales hasta su nivel habitual. Algunas crecidas sólo tienen un pico y su consiguiente curva de ascenso y descenso, pero otras tienen varios picos de crecida (uno principal y otros secundarios) con sus correspondientes curvas de ascenso y descenso.

Como se aprecia en las gráficas, las grandes crecidas de los diferentes cursos fluviales alcanzan un caudal máximo que multiplica por varias decenas e incluso alguna centena el valor del módulo anual.



Fuente: Anuarios de Aforos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Elaborado por: Instituto Geográfico Nacional, Atlas Nacional de España



## Embalses y usos del agua

Los 1.200 embalses existentes pueden almacenar más de 55.000 hm<sup>3</sup> y han modificado el paisaje de muchos tramos de río. En el mapa *Capacidad de los embalses* se localizan los más importantes. El mayor embalse es el de La Serena (río Zújar, Badajoz), construido en 1989, con capacidad para 3.220 hm<sup>3</sup>. Es el tercero más grande de Europa. Le sigue el de Alcántara (río Tago), con 3.162 hm<sup>3</sup>, y los de Almendra (río Tormes), Buendía (río Guadiela) y Mequinenza (río Ebro). España es el país del mundo con mayor capacidad de embalse en relación con su superficie. Los más grandes combinan objetivos de producción hidroeléctrica, abastecimiento agrario, industrial y urbano y laminación de crecidas. La evolución de sus reservas, con cuatro ejemplos representados en los gráficos, es otro indicador de años secos o con abundancia hídrica.

Más de 11.000 km de canales y acequias conducen el agua a las zonas de regadío, y más de 5.000 km de tuberías abastecen a ciudades e industrias. Hay también 40 trasvases, el más importante el Tajo-Segura, representado en el mapa con una línea tramada. Desde unos 500.000 pozos se bombean unos 5.500 hm<sup>3</sup>/año de aguas subterráneas. Entre el 80 y el 90% del consumo de agua en España se destina a usos agrarios. La infraestructura hidroeléctrica ha convertido a España en uno de los líderes mundiales actuales, con casi 20.000 MW de potencia activa.

La gestión de los embalses y de los usos del agua se realiza por las demarcaciones hidrográficas mediante los planes hidrológicos. El objetivo general se asienta en un uso sostenible del recurso, teniendo en cuenta que el uso prioritario del agua es la alimentación humana (agua de boca); en segundo lugar, se encuentran los usos ambientales, que en ríos regulados y alterados se tratan de cumplir con caudales ambientales y medidas de restauración fluvial; y, por último, aparecen los usos económicos, tanto agrarios como industriales. La planificación hidrológica debe velar también por cumplir con las exigencias ambientales de la Directiva Marco del Agua, que pretende alcanzar el buen estado ecológico para ríos, mares y aguas subterráneas, en calidad físico-química, biológica e hidromorfológica.

completa y sencilla a través del Sistema de Información del Anuario de Aforos.

La información aportada desde esta red de aforos se amplía con los registros del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH). Cada confederación hidrográfica gestiona de manera autónoma su propio SAIH, aunque las funciones básicas y la estructura sean similares en todos ellos. Gran parte de las estaciones de aforo de los SAIH están integradas en la red ROEA.

A partir de los valores registrados en los aforos situados en los ríos, se puede analizar su comportamiento: abundancia de caudal, variación estacional, irregularidad interanual y fenómenos extremos (crecidas y estiajes). La disponibilidad de agua de los ríos españoles es muy variable en función de la extensión de su cuenca y de sus características climáticas y ambientales. Dicha cantidad de agua se puede expresar a través del caudal, del caudal específico y de las aportaciones (volumen total de agua que discurre por un río en un periodo de tiempo determinado, generalmente mensual o anual). El mapa de *Aportaciones medias anuales de caudal* recoge las aportaciones disponibles en diferentes tramos de los principales ríos españoles, utilizando las series disponibles en cada aforo entre los años hidrológicos 1911-1912 y 2011-2012.

Las aportaciones más elevadas se dan en los tramos bajos del río Ebro y del Miño-Sil. El primero recorre una amplia cuenca y recibe abundantes aportaciones de sus afluentes pirenaicos. Miño y Sil tienen menor longitud, y cuenca de menos superficie, pero en la que se recogen precipitaciones regulares y abundantes. También los ríos Duero, con la importante contribución del Esla, Tago y Guadalquivir alcanzan en sus tramos bajos un destacado volumen de agua.

Las aportaciones medias anuales más bajas se corresponden con los ríos mediterráneos, a excepción del mencionado Ebro, que surcan el este y sudeste peninsulares. Sólo el río Júcar, en su tramo final, ronda los 1.000 hm<sup>3</sup> de aportación anual, quedando el resto de cursos fluviales mediterráneos muy alejados de esta cifra. En el centro de la península ibérica, diversos afluentes del Duero, Tago, Guadiana y margen derecha del Ebro evidencian también un escaso nivel de aportación.

En el mapa se aprecia con enorme claridad la mayor aportación de los ríos atlánticos que de los mediterráneos. También la buena disponibilidad de agua que poseen los ríos atlánticos y los afluentes pirenaicos del Ebro.

Los ríos peninsulares experimentan cambios de caudal en las diferentes estaciones del año y se representan en el mapa *Coefficiente de caudal de los ríos principales*. El ritmo de esas variaciones estacionales define el régimen fluvial. Puede analizarse a partir de los caudales medios anuales (m<sup>3</sup>/s). Para facilitar la comparación entre ríos con disponibilidades de caudal muy dispares, habitualmente se recurre al coeficiente de caudal, que es la relación entre el caudal medio de cada mes, siempre para una larga serie de años, y el módulo anual. Sus valores están normalmente comprendidos entre cero y tres. Los meses cuyo caudal circulante supere el módulo anual, tendrán un coeficiente de caudal superior a uno, en tanto que aquellos con caudal por debajo del módulo anual tendrán valores inferiores a uno.

Con estos valores mensuales del coeficiente de caudal se han representado en el mapa mencionado las gráficas de variación estacional de caudal de una selección de estaciones de aforo de los principales ríos de España. En ellas se evidencia que el ritmo estacional de los caudales de los ríos peninsulares ofrece marcadas diferencias según su ubicación y el régimen pluviométrico de la zona. Casi la totalidad de los ríos que vierten sus aguas al océano Atlántico tienen un periodo de aguas altas centrado en invierno y que puede prolongarse hacia el otoño o la primavera, según los casos. Este periodo se corresponde con la época de más lluvias y contrasta con una fase estival, en la que el sensible descenso de las precipitaciones se traduce en una fase de aguas bajas bien marcada. Los ríos cantábricos prolongan sus aguas altas durante todo el otoño, invierno y gran parte de la primavera, dada la continuidad de las precipitaciones.

En los tramos altos de los ríos pirenaicos, donde cobra protagonismo la nieve, es habitual un régimen de tipo nivo-pluvial con dos periodos de aguas altas y dos periodos de aguas bajas. El periodo de aguas altas principal se produce en la segunda parte de la primavera, frecuentemente en mayo, debido a la fusión de la nieve que se ha acumulado durante el invierno. Hay otro periodo de aguas altas secundario asociado a las precipitaciones de otoño. También son dos los periodos de aguas bajas: uno principal en verano, causado por el descenso de precipitación, y otro secundario en invierno, debido a la retención nival.

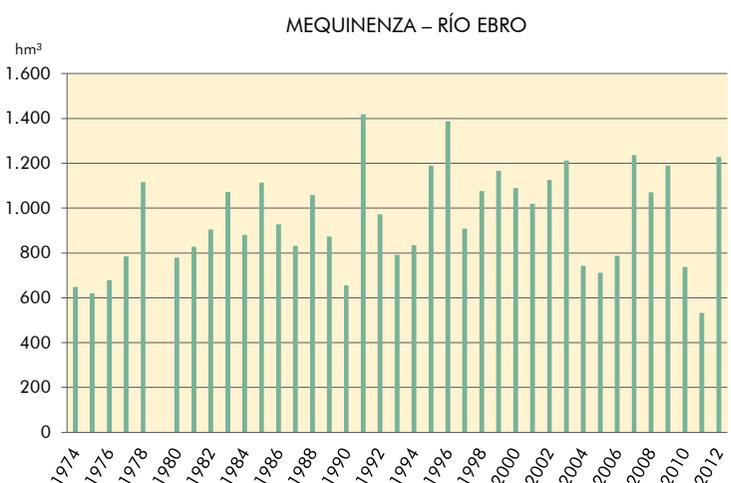
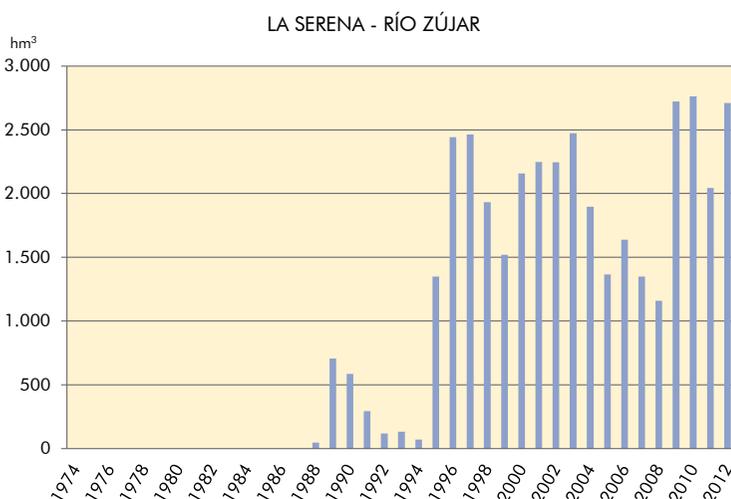
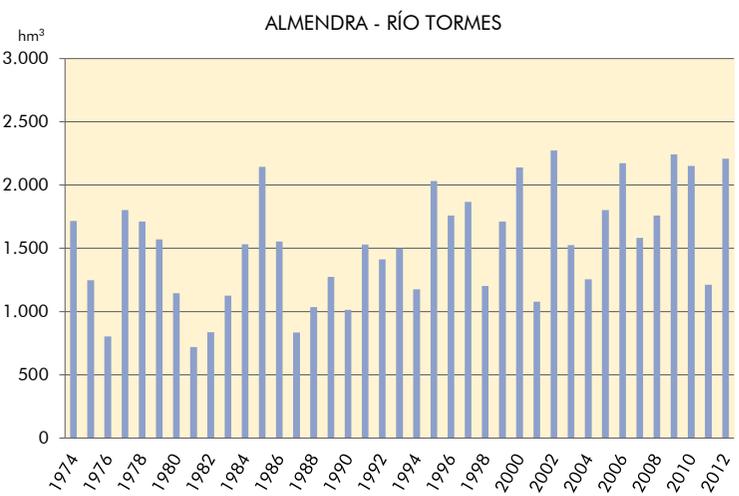
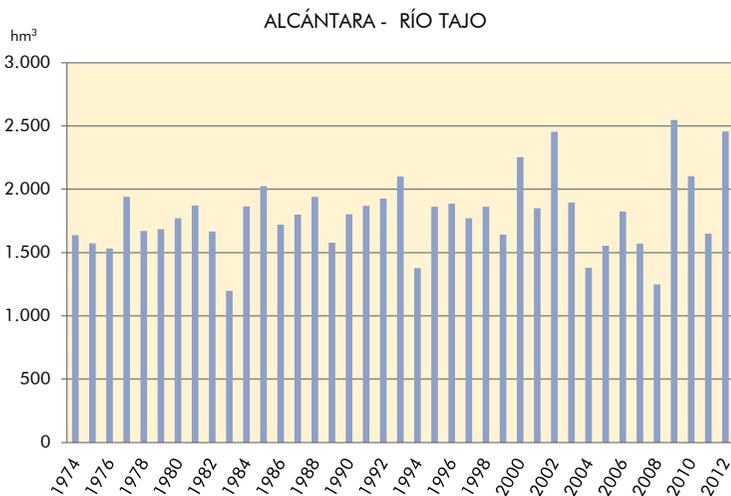
Los ríos mediterráneos se caracterizan por tener dos, tres y hasta cuatro periodos de aguas altas y otros tantos de aguas bajas, siguiendo el ritmo

irregular que la lluvia tiene en este ámbito territorial. Como rasgos constantes destacan las aguas altas ligadas a las lluvias otoñales y el acentuado estiaje durante los meses más cálidos de verano. Evidentemente, el río Ebro, dada su longitud y las diferentes influencias recibidas en su recorrido (oceánica en su cabecera, afluentes pirenaicos, etc.) no responde a este régimen característico del resto de los ríos que vierten sus aguas al Mediterráneo.

El mapa de *Tipos de régimen fluvial* confirma este comportamiento hidrológico remarcando los límites entre el ámbito atlántico y el mediterráneo, así como las áreas montañosas con mayor influencia nival en la escorrentía. En la tabla *Ríos principales de España* se caracteriza el régimen de cada uno de ellos.



### EVOLUCIÓN DE LA RESERVA MEDIA DE LOS PRINCIPALES EMBALSES 1974-2012



Fuente: Anuario de Aforos, 2012-2013. MAGRAMA  
Elaborado por: Instituto Geográfico Nacional. Atlas Nacional de España

## Aguas marinas

Con 7.700 km de costas, en España los mares marcan una notable influencia climática, cultural y como fuente de recursos naturales.

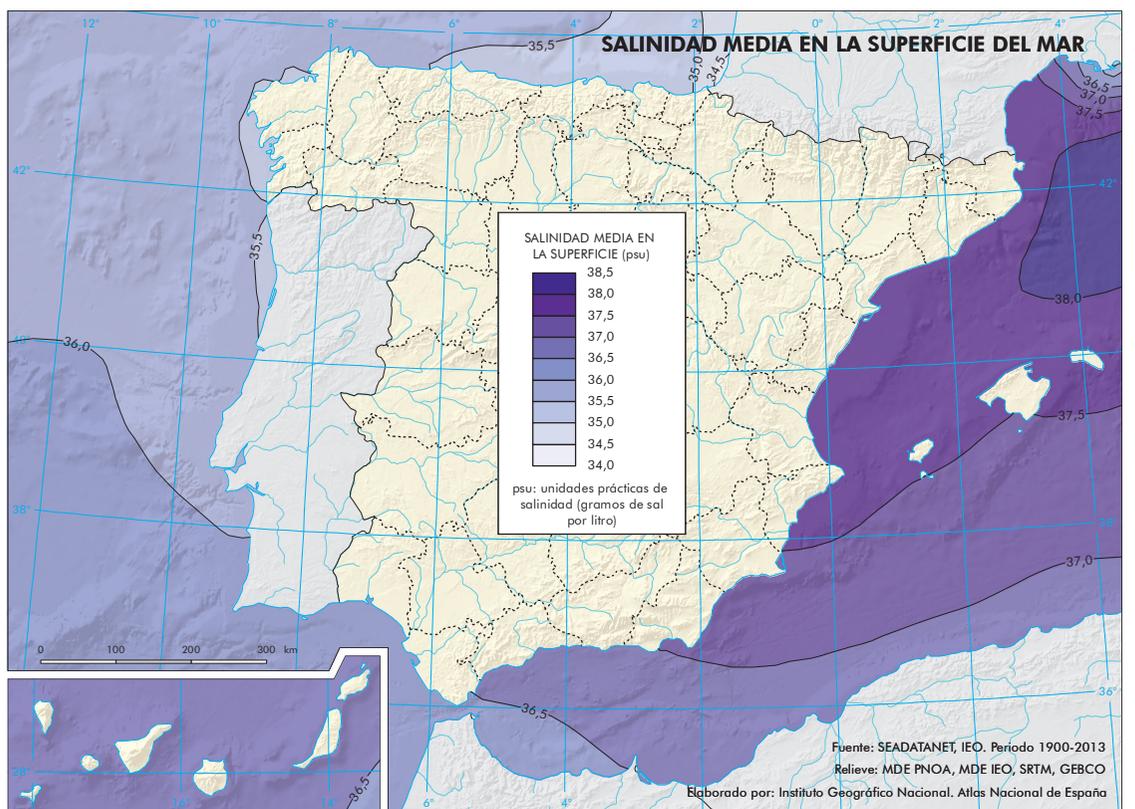
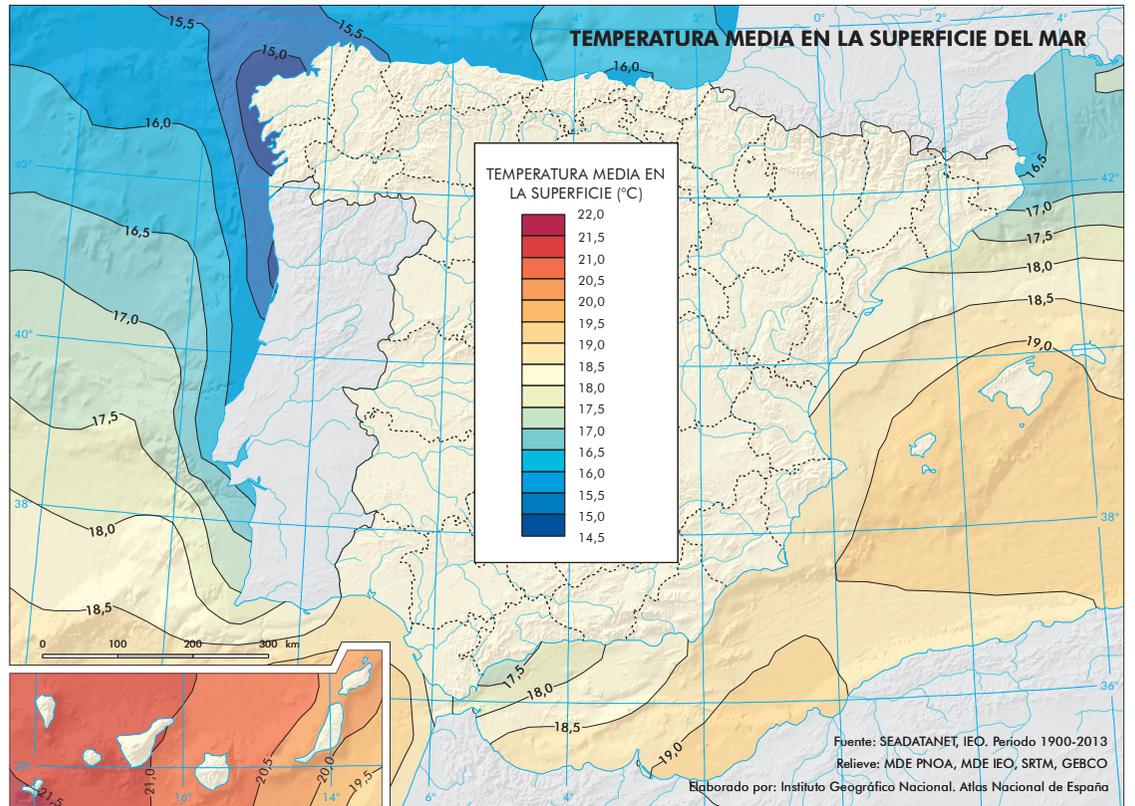
Con una superficie de más de 90 millones de km<sup>2</sup>, el gran océano Atlántico baña las costas occidentales y septentrionales de la península ibérica, así como las islas Canarias. La corriente cálida del Golfo dulcifica el clima de toda Europa occidental. En superficie, la temperatura del agua en agosto es de unos 19°C, en enero de unos 11°C en la costa cantábrica y de 15°C en el golfo de Cádiz. La Costa Canaria está dominada por una corriente fría (corriente de Canarias) en la que habita un importante banco pesquero, pero aun así la temperatura media del océano es más alta. La salinidad media oscila entre 36 y 37 gramos por litro de agua.

Las mareas tienen una amplitud media de unos 4 m. Hay una pleamar o marea alta cada 12 horas y 25 minutos. El oleaje suele ser importante, debido a los vientos. Destacan los temporales del norte y las galernas veraniegas. La costa norte peninsular está bañada por el mar Cantábrico, que se integra en el golfo de Vizcaya. Sus diferencias con el resto del Atlántico son mínimas. Lo más destacable son las grandes profundidades que se dan a pocos kilómetros de la costa.

Con 2,5 millones de km<sup>2</sup>, el Mediterráneo es un apéndice del Atlántico prácticamente cerrado, por lo que sus características son muy diferentes. La temperatura de sus aguas es más alta, de unos 14°C en enero y 25°C en agosto. La salinidad también es mayor, de 36,5 a 38 g/l, debido a la elevada evaporación y a la relativa pobreza de los aportes fluviales. El estrecho de Gibraltar es un pequeño paso de 14 km de anchura en el punto más estrecho y su profundidad varía entre los 280 m y los 1.000 m, por lo que no pueden entrar en el Mediterráneo las corrientes atlánticas profundas. Sí que existe una doble corriente de comunicación superficial que va del Atlántico al Mediterráneo, y por debajo de los 100 m al revés, ya que el agua mediterránea, más salada, pesa más. Por el hecho de ser un mar casi cerrado en el que apenas penetran las corrientes, las mareas son mínimas, de unos 40 cm, y el oleaje más tenue que el oceánico, lo que aumenta la contaminación de sus aguas, que no se renuevan, y permite la sedimentación en deltas de los materiales arrastrados por los ríos, lo que no ocurre en el Atlántico.

En la gestión de las aguas marinas intervienen dos directivas europeas. La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) establece un total de 351 masas de agua costeras, que cubren todo el entorno de la Península hasta una milla náutica mar adentro. La misma Directiva establece también las aguas de transición, que son masas de agua superficial (168 en total) próximas a la desembocadura de los ríos, parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce. La Directiva de Estrategia Marina (2008) sobre la protección y la conservación del medio ambiente propiamente marino, promueve un enfoque de gestión basado en la integridad del ecosistema.

En España la franja costera alberga el 44% de la población y el 80% del turismo, se han incrementado puertos e infraestructuras y, a raíz del agotamiento de los caladeros, se ha intensificado la acuicultura en las aguas costeras y de transición, con un notable incremento de instalaciones en todo el litoral. Todo ello implica una problemática ambiental en aumento en las últimas décadas.



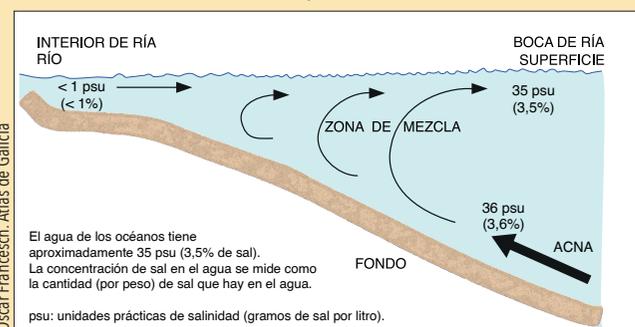
## Afloramiento costero en la rías gallegas

Una anomalía oceanográfica que se da sólo en el 1% de los océanos del mundo, se produce, de junio a octubre y con distintas intensidades, frente a la costa de Galicia. Se trata del afloramiento, que da lugar a una de las regiones oceánicas más productivas del mundo.

La persistencia de vientos del NE provoca que la capa superficial de agua del mar se desplace de la costa hacia el oeste acumulándose lejos de la misma y originando una depresión en la costa que tiende a ser igualada por el ascenso costero de una masa de agua profunda de origen polar, fría, denominada ACNA (agua central nordatlántica) que asciende por el talud continental hasta la superficie entrando dentro de las rías.

En su ascenso se va enriqueciendo de sales minerales del fondo (nitratos, fosfatos y silicatos), introduciéndolas en la zona superficial iluminada donde se inicia la cadena que conduce del fitoplancton a los peces. El aporte constante de agua enriquecida favorece la salida superficial de agua empobrecida funcionando las rías como una trampa que se enriquece en nutrientes.

En el interior de las rías el valor de la salinidad es variable, entre 3,5 y 3,6% de sal a la mezcla del agua salada de origen marino y el agua dulce de origen fluvial.



Circulación estuárica positiva dentro de las rías