

**UNIVERSITAT
JAUME • I**

Trabajo de Final de Grado en Historia y Patrimonio

Análisis climático de España

Realizado por D. Rubén Sánchez Sánchez

Tutorizado por Dr. D. Enrique Montón Chiva

Fecha de lectura: 22-10-18

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es doble. Por un lado, se intenta describir y explicar el clima de España, desde el punto de vista de las propiedades y comportamiento de la atmosfera. Se expone, mediante análisis estadísticos, el clima de España en las variables de temperatura, precipitación, viento y radiación solar. Los datos han sido obtenidos a través de la plataforma Worldclim, surgida tras un proceso de recopilación de registros meteorológicos y su interpolación espacial. En este caso, se ha optado por utilizar los datos obtenidos cada 30 segundos durante los 12 meses del año, para, de esta forma, elaborar una media anual fidedigna.

Por otro lado, se busca conocer y manejar el programa RStudio con el que estos datos han sido trabajados, a fin de generar estadísticas y mapas que plasmen, de forma cromática, la distribución espacial de cada variable. A partir de los mapas e histogramas, se analizan las cuatro variables y su distribución, al tiempo que se consideran los factores explicativos. El resultado de dicho estudio es una completa síntesis climática de España.

Palabras clave: Clima, análisis, R, España, Geografía física

ABSTRACT

The objective of this work is double. On the one hand, it's aimed at describing and explaining the climate of Spain, from the point of view of the properties and the behavior of the atmosphere. It is exposed, through statistical analysis, the climate of Spain in the variables of temperature, precipitation, wind and solar radiation. The data have been obtained through the Worldclim platform, emerged after a process of compiling meteorological records and their spatial interpolation. In this case, it has been chosen to use the data obtained every 30 seconds during the 12 months of the year, in order to produce a reliable annual average.

On the other hand, the aim is to know and handle R and RStudio, the software with which these data have been worked on, in order to generate statistics and maps that capture, in a chromatic way, the spatial distribution of each variable. From the maps and histograms, the four variables and their distribution are analyzed, while the explanatory factors are considered. The result of this study is a complete climatic synthesis of Spain.

Keywords: climate, analysis, R, Spain, physical geography.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis padres por todo el apoyo que me han dado durante estos años para acabar mis estudios universitarios y por darme la oportunidad de cursar la carrera de Historia y Patrimonio. Mención especial a Sandra por su apoyo constante y ayuda desinteresada.

En segundo lugar, agradecer a mis compañeros de clase más cercanos, el apoyo, los consejos y los buenos momentos vividos que han hecho mucho más agradable el día a día en la universidad. No sería capaz de destacar a ninguno de ellos, ya que cada uno me ha aportado cosas diferentes. Me llevo a amigos de por vida.

Finalmente, no puedo dejar de mencionar a parte del profesorado por haber aprendido tanto de ellos. En especial, a Enrique Montón Chiva por su inestimable ayuda, por su profesionalidad y por la paciencia que ha tenido a la hora de marcarme el camino a cada paso de mi trabajo de final de grado.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	11
MÉTODO Y DATOS	11
R Y RSTUDIO	12
ESTADO DE LA CUESTIÓN	13
INTRODUCCIÓN GENERAL	13
ELEMENTOS DEL CLIMA	15
PRECIPITACIÓN.....	15
TEMPERATURA	17
VIENTO.....	20
INSOLACIÓN	21
HUMEDAD	22
PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	23
FACTORES DEL CLIMA	24
LATITUD	24
ALTITUD	24
INFLUENCIA DEL MAR.....	25
CORRIENTES DE CHORRO Y ANTICICLONES	28
MASAS DE AIRE	29
ANÁLISIS CLIMÁTICO	33
PRECIPITACIÓN.....	33
TEMPERATURA	43
VIENTO.....	51

RADIACIÓN SOLAR.....	57
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65

INTRODUCCIÓN

“España es un país en el que difícilmente se puede hablar de una característica climática uniforme, sino que existen una gran variedad de climas, cuyos efectos sobre diversos elementos son muy notables, como puede apreciarse, por ejemplo, en su gran variedad paisajística” (Aupí, 2004, p.13).

En este trabajo se presenta una síntesis de los elementos climáticos predominantes en España, lo que, entre otras cosas, permite valorar su gran diversidad. Por esta razón, es justo considerar la Península Ibérica como un “continente en miniatura” desde el punto de vista climático. En ella habita una extensa variedad de climas propios, con relevantes diferencias de temperatura y precipitaciones entre poblaciones muy cercanas. Contrastes tan marcados solo existen en una corta lista de lugares de Europa. En el tercer país más grande del continente europeo, los contrastes climáticos no tienen tanto que ver a su superficie sino a las fuertes diferencias territoriales que cohabitan dentro de la Península, hasta el punto de que dentro de una misma provincia podemos encontrar lugares climáticamente opuestos cuya distancia entre ambos es de apenas unas decenas de kilómetros (Aupí, 2004). A todo ello, hay que añadir la variedad aportada por los sendos archipiélagos.

Método y datos

Worldclim es una plataforma con acceso a un archivo de variables climáticas para modelos ecológicos y sistemas de información geográficos. Este archivo, de acceso libre y gratuito, fue diseñado y creado por Robert J. Hijmans, Susan Cameron y Juan Parra, en el museo de Zoología de Vertebrados en la Universidad estadounidense de Berkeley, California. Worldclim ha posibilitado desarrollar exponencialmente investigaciones, estudios y análisis sobre geografía, ecología y cambio climático en la última década. Worldclim, además, te da la posibilidad de descargar 19 variables climáticas, en diferentes resoluciones y formatos. Además te permite descargar datos de estaciones meteorológicas desde 1950 hasta el año 2000. Esta plataforma utiliza capas que contienen una serie de datos climáticos del presente, del futuro y del pasado, como por ejemplo: el último interglaciar, el último máximo glacial, Holoceno medio...etc. Este conjunto de capas tiene una resolución espacial de alrededor de 1 Km².

Trabajar con datos derivados de satélites, es muy positivo para lograr una mayor precisión en el estudio de las variables climáticas, especialmente en localizaciones muy elevadas o

aisladas. Las variables climáticas proceden de los valores mensuales interpretados en tendencias anuales y datos extremos de los factores ambientales. Estas variables son: precipitación total mensual, media mensual, temperatura mínima y máxima, y otras 19 variables más. Worldclim muestra, para la precipitación y temperatura, datos en promedio máximo y mínimo. En temperatura, los valores aparecen en grados centígrados multiplicados por diez, para así evitar la utilización de decimales y ocupar el menos espacio posible al almacenar. Esta plataforma aplica a los datos el sistema de redondeo y ajuste (Fick y Hijmans, 2017).

R y RStudio

R es un potente software de lenguaje de programación enfocado al análisis estadístico de datos. Es uno de los software que más se utiliza en investigación orientada al campo estadístico, ya que te ofrece la posibilidad de cargar una gran cantidad de bibliotecas o paquetes que permitirán crear una extensa gama de herramientas estadísticas y gráficas.

En este trabajo se ha trabajado R a través de su interfaz RStudio. Esta interfaz trae consigo una consola y un editor que nos ha permitido desarrollar las tareas de R de una manera más sencilla y eficiente.

Para la elaboración de las gráficas y los mapas de este trabajo, se han seguido una serie de pasos a la hora de trabajar los datos introducidos en la plataforma Worldclim de cada variable climática, que se han ido analizando, almacenando y convirtiendo en objetos hasta generar finalmente el mapa de España con los datos de cada variable integrados de forma cromática. La principal de las bibliotecas empleadas ha sido ggplot2.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Introducción general

El clima lo podemos definir como “el conjunto de características atmosféricas propias de una región a lo largo de las estaciones y de los años” (Fuentes, 2000, p. 15). La palabra “Klima” proviene del griego y significaba “inclinación”, aludiendo a los rayos del sol. El clima es “el conjunto de condiciones atmosféricas que se repiten con mayor frecuencia sobre un punto del planeta” y “a diferencia del tiempo, es un proceso a largo plazo” (VVAA, 2014, p. 13). Presenta una variabilidad interna en un gran abanico de escalas de tiempo y condicionado por factores externos: naturales (erupciones, volcanes); antropogénicos (alteraciones en la atmósfera). En el clima los fenómenos tienen interés por su duración o continuación y por su repetición, y se caracterizan en valores medios, máximos y mínimos (Aemet, 2011).

Se podría decir que el clima sería lo permanente, lo estable, lo estructural, lo abstracto, lo habitual, lo característico de la atmósfera sobre un lugar; es decir, aquellas condiciones atmosféricas susceptibles, por su permanencia, de generar un medio propio (tropical, polar...). En cambio, el tiempo es único, efímero, accidental, coyuntural, real. La climatología es el área de conocimiento dentro de la Geografía que analiza los climas, sus factores, distribución y efectos (Martín, 2003).

El estudio del clima y su evolución es un asunto de interés general. El interés popular por el clima y la meteorología se incrementó de manera extraordinaria en la segunda mitad del siglo XX. El crecimiento de la población mundial, el avance de la tecnología y la diversificación de la actividad humana requirieron un constante estado de información con el fin de tener conocimiento, con precisión, fidelidad y antelación, de la evolución del tiempo con el objetivo de prevenir riesgos naturales como inundaciones, nevadas intensas, tornados...etc. En el caso de España, el interés popular por la evolución del clima estaba enfocado, en gran medida, en la preocupación de la disponibilidad de los recursos hídricos (Aupí, 2004).

Según Fuentes (2000), desde el punto de vista geográfico el clima se diversifica en cuatro escalas:

- Climas zonales. Se extienden por extensas áreas geográficas dominadas por la circulación general atmosférica, dando lugar a tres franjas en cada hemisferio: zona intertropical, templada y polar.
- Climas regionales. Los extensos dominios de los climas zonales se dividen en unidades de menos tamaño, con una clara influencia de factores geográficos como la orografía, la altitud, corrientes marinas...etc. Los climas regionales son los más comunes y los principales son: Climas intertropicales, climas templados, climas polares, climas secos, climas de montaña (Figura 1).

World map of Köppen-Geiger climate classification

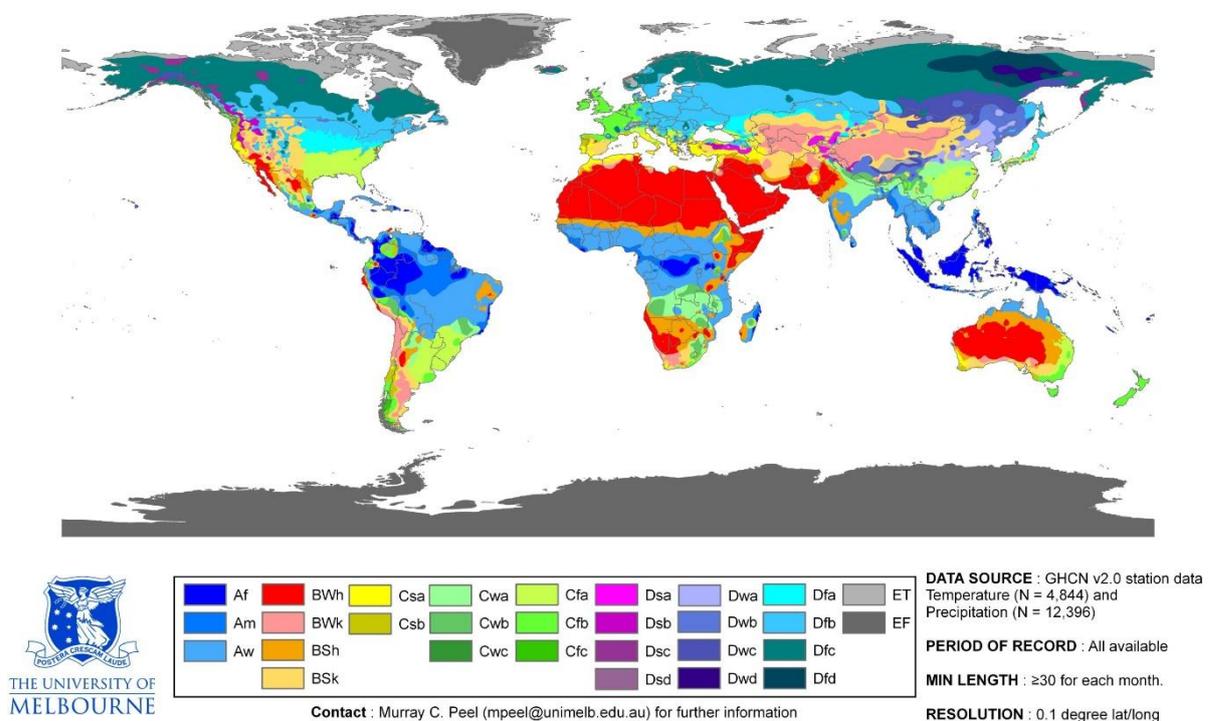


Figura 1: Mapa mundial de climas según la clasificación Köppen-Geiger. Fuente: Peel, Finlayson & McMahon (2007).

- Climas locales. Estas unidades son todavía menores en tamaño que las de los climas regionales, influidas por circunstancias geográficas locales específicas, como un bosque, un río, un valle, una ciudad...etc.
- Microclimas. Son climas de áreas muy delimitadas y definidas, donde los factores atmosféricos están supeditados por el entorno más cercano. Por ejemplo, un campo de cultivo, un invernadero o la calle de una localidad.

Elementos del clima

Para poder definir el clima de un determinado lugar debemos conocer los distintos elementos de los que se compone. “Un elemento climático no es más que una propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del clima en un lugar determinado para un periodo de tiempo dado” (Font, 2000, p. 47).

a) La precipitación. Es la “caída de partículas líquidas o sólidas de agua. Es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas, debido a lo cual su evaluación y el conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, son problemas básicos en hidrología” (Maderey, 2005, p. 15). Por norma general, las nubes se forman al enfriarse el aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede ser debido a varios procesos que conducen al descenso de presión y descenso de temperatura. La intensidad y cantidad de precipitación dependen del contenido de humedad del aire y de la velocidad vertical de éste. Según Maderey Rascón (2005), gracias a estos procesos las precipitaciones se originan desde tres orígenes distintos:

- 1) Precipitación ciclónica, asociada al paso de una perturbación (huracán, ciclón, tifón...)
- 2) Precipitación orográfica, producido por el ascenso de aire húmedo al colisionar con un obstáculo geográfico, como una montaña.
- 3) Precipitación convectiva. Se forma de la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes.

La lluvia es, sin duda, el elemento climático más conocido e importante en España, el que genera más interés y preocupación; del que más se habla y que siempre es noticia, ya sea por su escasez o por su exceso. De la lluvia depende nuestro suministro de agua y, por lo tanto, nuestra vida, nuestros trabajos, nuestros placeres. Una insuficiencia en la lluvia caída puede traer grave consecuencias, como también pueden traer las inundaciones ocasionadas por las lluvias excesivas. Al hablar de lluvia se incluye muchas veces, directamente a la nieve, que puede ser más importante en muchas zonas de la Península que la lluvia, por lo tanto, sería más correcto utilizar el término “precipitación” cuando nos referimos a una cantidad de agua caída desde las nubes al suelo, ya sea en forma líquida o sólida (Font, 2000).

La cantidad de precipitación surgida en el periodo de un año en un determinado territorio se denomina pluviosidad, cuyo instrumento utilizado para su medición es el pluviómetro (Figura 2), y su unidad de medida es el milímetro por metro cuadrado (Font, 2000).



Figura 2: Estación meteorológica de la Universitat Jaume I en el monte Bartolo con el pluviómetro en su parte superior.

Para caracterizar el régimen de precipitaciones se debe considerar la precipitación media anual y además su distribución en el tiempo a lo largo de las diferentes estaciones del año (Aemet, 2011). En el caso de España, este total anual medio se ha utilizado, tradicionalmente, para distinguir tres grandes zonas: la España lluviosa, la España seca y la España semiárida. Sin embargo, el mapa de la media de la precipitación anual en España es bastante complejo, con muchas zonas con índices pluviométricos altos o bajos dentro de áreas que presentan la característica contraria (De Castro y Martín, 2005). La España lluviosa comprende prácticamente todo el Norte y Noroeste del país. En la mayoría de los casos, los valores medios están por encima de 1.000 mm, aunque en las zonas más dadas a recibir el flujo de aire marítimo húmedo pueden superar los 2.000 mm. La España seca es la zona más extensa y ocupa una gran área de la Península Ibérica, que incluye las llanuras de las dos mesetas, la cuenca del Ebro, la cuenca del Guadalquivir, y gran parte de la costa este; excepto el sudeste, el sur del Mediterráneo y el Atlántico sur. La España semiárida ocupa la zona del sudeste del país: gran parte de la provincia de Almería, y zonas de

Murcia, Granada y Alicante. También hay pequeñas áreas en la cuenca del Ebro y del Duero, como en pequeños enclaves de Lanzarote y Fuerteventura. Excepto la isla de La Palma, todas las Islas Canarias tienen alguna zona de carácter semiárido. La precipitación anual en la Península Ibérica va disminuyendo de Norte a Sur y de Oeste a Este. Si hiciéramos una línea diagonal desde Galicia a Almería, podríamos observar el radical contraste en lo que a precipitaciones se refiere (De Castro y Martín, 2005).

Uno de los hechos climáticos más sorprendentes de la Península es la extraordinaria variación de regímenes pluviales estacionales. Por consiguiente, no existe una estación general de lluvias, ni siquiera una estación seca, aunque sí es verdad que un gran tanto por cien de España está bajo el sometimiento de veranos secos o muy secos. Esta variedad de regímenes pluviales estacionales nos posibilita elaborar un complejo mosaico. En España hay, al menos, 13 regímenes pluviales de los, teóricamente, 24 posibles. Esto viene dado como resultado de la disposición decreciente de las cantidades medias de las cuatro estaciones (De Castro y Martín, 2005).

En lo referente a la nieve, cabe destacar que es un fenómeno poco frecuente. El número de días con nieve solo es perceptible en las grandes sierras de la Península. Como hemos visto anteriormente con las precipitaciones, la nieve también es más frecuente en la parte norte de la Península que en la parte sur, entre los 1.800 metros en la parte norte y los 2.300 metros en la sur. De hecho, en estas cotas hay más días de nieve que de lluvia. El granizo también es un fenómeno poco frecuente, con una frecuencia media de menos de 5 días al año en la mayor parte de España. Incluso el promedio llega a bajar a un día al año en zonas de Andalucía y Canarias, las zonas menos afectadas. Esta leve frecuencia nada tiene que ver con las graves consecuencias económicas que supone para el sector agrícola. Los cultivos, muy sensibles al granizo, sufren graves daños y por consiguiente, importantes pérdidas económicas. La zona más afectada con un número de días algo superior a 10, es La Coruña, Asturias y Cantabria. El calendario del granizo en España es dual: en la mayor parte del país ocurre en los meses más cálidos del año (de primavera a otoño) causado por grandes tormentas, mientras que en la zona norte ocurre en los meses más fríos, debido a los frentes fríos procedentes del norte (De Castro y Martín, 2005).

b) La temperatura. Según Gil y Olcina (1997, p. 106), puede definirse como “la magnitud física que indica, objetivamente, el grado de frío o calor existente en la atmósfera”. Es decir, la cantidad de calor que retiene el aire en un determinado momento. La temperatura es un elemento esencial del clima, el más importante desde muchos ámbitos, ya que ejerce

un papel fundamental en el reparto de la fauna y la flora sobre el planeta Tierra. La temperatura depende, en gran parte, de la naturaleza del suelo. Los tipos principales de la superficie del suelo, tierra, agua y nieve o hielo, son muy buenos radiadores, pero se diferencian en otras cualidades que afectan su calentamiento y enfriamiento (Martín, 2003).

El instrumento más fiable utilizado para la medición de este elemento es el termómetro, el cual puede emplear como unidades de medida las escalas Celsius, Kelvin, Rankine, Centígrada, Fahrenheit...etc. Estos termómetros se encuentran instalados en unas casetas (garitas meteorológicas) (Figura 3) elevadas a una altura de metro y medio del suelo, y en España, utilizan para su medición la escala centígrada (Aemet, 2011).



Figura 3: Estación meteorológica de la Universitat Jaume I de Castelló.

A través de la temperatura podemos determinar la amplitud térmica (diferencia entre la temperatura mínima y la temperatura máxima) (Font, 2000).

Los valores medios en el mes y en el año son las medias de los valores máximo y mínimo diarios observados de la temperatura (Aemet, 2011).

En cuanto a la distribución de la temperatura media anual sobre la Península encontramos una enorme desigualdad. Las diferencias latitudinales entre el norte y el sur de España, junto con las diferentes características del océano Atlántico y la Mediterráneo, dan lugar a ciertas disimilitudes. Esta desigualdad viene provocada también, entre otros factores, por la compleja orografía de la Península. En definitiva, su orografía y su situación geográfica, en latitudes medias de la zona templada del hemisferio Norte, hace que el país tenga tal diversidad climática que pasamos de lugares con suaves temperaturas, en torno a los 15 °C, a otros que superan los 40 °C, sobre todo en verano (Martín y Olcina, 2001).

En cuanto a las Islas Canarias, su ubicación geográfica, en pleno Atlántico y próxima al trópico de Cáncer y a las costas del Sahara, proporciona un clima subtropical muy marcado. A su vez, la altitud genera un clima con temperaturas suaves durante los doce meses del año en el litoral, frescas en el interior, y frías en los picos, por encima de los 2.000 metros. Como resultado, se diferencian tres variedades: una variedad litoral, donde la temperatura media anual oscila entre 18 °C y 21 °C; una variedad interior, solo encontrada en islas montañosas, con más precipitaciones y una temperatura que oscila entre 13 °C y 16 °C; y la tercera variedad que es la de altitud, con medias anuales inferiores a 12 °C, y una mayor precipitación (Gil y Gómez, 2001).

Las temperaturas medias anuales de las Islas Baleares oscilan entre los 17 °C grados, aunque debido a la latitud, podemos encontrar que en Formentera, la media asciende a 18 °C. El mes más frío es Enero y el más cálido es Agosto, con una oscilación anual de 14 °C (Font, 2000).

Una de las características más determinantes del clima de España son las extremas temperaturas. Cada verano algunas ciudades, sobre todo de Andalucía y de la mitad sur de España, superan el umbral de los 40°C, como Sevilla y Córdoba. Incluso este umbral se ha visto radicalmente superado en ocasiones. El caso más definitorio es el de la localidad sevillana de Écija. En numerosas ocasiones el termómetro de su localidad ha superado los 47°C, incluso se mantuvo así durante varios días en Julio de 1967. No solo Écija sucumbe a estas olas de calor, también tenemos casos parecidos en Sevilla y Córdoba, donde se alcanzaron los 46°C. A pesar de estos datos, cabe destacar que las temperaturas superiores a 40°C no solo se registran en Andalucía, también en áreas de Castilla La Mancha, Extremadura y Murcia, y en menor medida, en tierras bajas de Navarra, La Rioja, Aragón, Valencia, Mallorca, interior de Cataluña y llanuras de Orense (Martín y Olcina, 2001).

Estas temperaturas extremas se deben, entre otros factores, a la advección del aire procedente del Sahara en las capas inferiores de la troposfera, normalmente en el sur de España, y al impacto del viento föhn en zonas como la costa Valenciana, la sierra de Gredos o la cordillera Cantábrica.

En cuanto a las temperaturas mínimas, la continentalidad y las altitudes del interior de la Península Ibérica y de las sierras posibilitan temperaturas muy bajas. De hecho, los observatorios de Castilla La Mancha y Castilla y León han registrado temperaturas mínimas inferiores a -10°C y en algunos lugares, como Molina de Aragón (Guadalajara),

inferiores a -20°C . Estas extremas temperaturas se pueden encontrar en lugares como Granada, interior de Galicia y Cataluña, costa guipuzcoana y Pirineos. Significativo es el caso de un área situada en una zona de la cordillera Ibérica entre Zaragoza, Teruel y Guadalajara que, a pesar de que su altitud supera escasamente los 1.000 metros, es considerada como una de las zonas más frías de España (Martín y Olcina, 2001).

c) El Viento. Son corrientes de aire en movimiento, las cuales se producen como consecuencia de diferencias de la presión atmosférica. Del viento interesan, en especial, dos datos: el rumbo y la velocidad. El rumbo nos señala el origen del viento y se puede indicar mediante la rosa de los vientos (con 8 o 16 rumbos) o en grados sexagesimales y centesimales. Para saber la velocidad del viento se usa el anemómetro (Figura 4) y se expresa, normalmente, en m/s, km/s, nudos (kn)...etc (Gil y Olcina, 1997).



Figura 4: Estación meteorológica de la Universitat Jaume I en el Casino Antiguo de Castellón con los sensores de viento en sus extremos superiores.

A partir del viento se producen desplazamientos de aire desde las zonas con mayor presión a las de menos presión. El caso de España es complejo. Si la Península fuera más plana y su altitud media estuviera por debajo de la actual, los mapas de isobaras medias, al nivel del mar, nos proporcionarían una verídica percepción de la circulación media del aire. Debido a la compleja orografía de España, llena de desniveles y sistemas montañosos, no es posible conseguir fielmente una imagen que explique y represente las condiciones medias de la circulación del aire sobre España cerca del suelo (Font, 2000). La naturaleza

peninsular de la mayor parte de España, su complicada orografía y la insularidad del resto del territorio favorece que los vientos locales y regionales lleguen a ser elementos climatológicamente significantes. Entre los vientos regionales, podemos destacar el viento del noroeste, viendo del norte, viento del este, viento del oeste y viento del suroeste. Los vientos alisios son muy comunes en las Islas Canarias. Además de estos, el régimen de las brisas marinas caracteriza la atmósfera de las costas durante la mitad más cálida del año. Los valores más bajos de la velocidad del viento se registraron en regiones protegidas del viento como la zona del Bierzo, los valles de Orense, las llanuras de Álava y el interior de Cataluña. Los valores más altos se registraron en Tarifa y en los observatorios de montaña de Izaña, en Tenerife y Montseny, en Barcelona. Cabe destacar que las cimas de las montañas reciben más viento que las depresiones. Respecto a las ráfagas máximas, el máximo registrado fue en Izaña donde se superaron los 200 Km/h. Las ráfagas máximas suelen tener lugar de octubre a marzo. Si juntamos la alta velocidad del viento con las máximas ráfagas, encontramos que es en el estrecho de Gibraltar y la costa de Guipúzcoa donde sus índices son más notables (De Castro y Martín, 2005).

d) La Insolación. “La insolación es la cantidad de radiación solar directa incidente por unidad de área horizontal durante un periodo de tiempo determinado” (Font, 2000, p. 48).

El sol es la fuente de energía que da calor a la tierra y el que sustenta la máquina térmica que gobierna el clima de este planeta. La energía solar llega a la superficie exterior de la atmósfera en forma de radiación de manera prácticamente constante. De esta energía solar que llega a la superficie exterior de la atmósfera, alrededor de un 40% se refleja hacia el espacio; del resto, tras pasar por la atmósfera, una parte es dispersada por las moléculas del aire y por partículas diminutas y otra parte es absorbida por estas moléculas y partículas. De la energía que al final llega al suelo, una parte la absorbe el propio suelo. Esta parte es con diferencia la más decisiva en el control de la temperatura del aire y, por lo tanto, en el del resto de elementos climáticos cuyos valores, de manera directa o indirecta dependen de la temperatura (Font, 2000). Hay, fundamentalmente, tres tipos de radiación: ultravioleta, que representan el 9% del total de la radiación solar; visible, con un 41%; e Infrarroja, con un 50% del total (Fuentes, 2000).

Cabe destacar que todos los puntos de la tierra poseen la misma insolación teórica: 4.380 horas. Esta insolación teórica común viene después afectada por otros factores, especialmente la nubosidad y la altura del sol, es decir, el ángulo que forman los rayos

solares con la superficie terrestre. La altura del sol depende de la latitud, época del año y hora del día (Gil y Olcina, 1997).

e) La humedad. Es la cantidad de vapor de agua existente en el aire. En el aire se halla siempre una cierta cantidad de vapor de agua, pero tal cantidad difiere dependiendo del lugar y del momento, lo que no ocurre con otros gases atmosféricos que siempre mantienen sus mismas proporciones, como el oxígeno y el nitrógeno. Esta conducta tan diferente del vapor de agua hace que se pueda llegar a considerar el “aire seco” y el vapor acuoso como los dos únicos componentes de la atmósfera. La importancia del vapor acuoso en meteorología es vital, tanto por su estrecha relación con los fenómenos que producen la condensación y la precipitación, como por su rol de verdadero “combustible” del que se nutren muchos componentes de la enorme máquina térmica que es, en definitiva, la atmósfera. Los instrumentos utilizados para registrar la humedad son el higrómetro y el psicrómetro (Font, 2000).

En el caso de España, la humedad debido al contraste entre el aire húmedo marítimo de las costas y la sequedad de los lugares lejanos al mar, da como resultado unos patrones espaciales y temporales muy variados. Se puede encontrar, por un lado un 88% en Monte Hacho, en la provincia de Ceuta, una zona muy expuesta al aire húmedo que transita por el Estrecho de Gibraltar; y por otro lado, un 49% en Izaña, a una altura superior a 2.300 metros, donde circula un aire muy seco que cambia la inversión térmica de los vientos. En las islas canarias más montañosas, como Tenerife o La Palma, hay un incremento de humedad que llega a valores considerables, debido al persistente mar de nubes (Figura 5).



Figura 5: Mar de nubes en la isla de Tenerife, por debajo del Teide.

Además de estos lugares, los valores anuales de humedad superan el 70% en tierras gallegas, asturianas y cántabras, donde se aproximan al 80%. En definitiva, es en las costas y, sobre todo, en el norte de la Península donde se presenta mayor índice de humedad relativa. Por contrario, se encuentran los promedios anuales más bajos en los lugares más alejados del mar, como Madrid (De Castro y Martín, 2005).

f) La presión atmosférica. El aire, como todo cuerpo sometido a la gravedad, tiene un peso. La presión atmosférica no es más que el peso que ejerce el aire sobre la superficie terrestre (Fuentes, 2000). Este elemento climático tiene como peculiaridad que ni se puede ver ni se puede sentir, no obstante, es uno de los más famosos gracias a la estrecha relación entre sus alteraciones y los cambios en el tiempo atmosférico (Font, 2000).

La presión se puede medir en hectopascales o en milibares. La ecuación por la cual siempre que la presión suba el tiempo va a tender a mejorar y cuando baje el tiempo va a empeorar, no es del todo cierta, al menos no siempre. Tampoco es cierto que el buen tiempo tiene que estar a la fuerza bajo la influencia de altas presiones, los conocidos “anticiclones”, y el mal tiempo a los de las bajas presiones. Lo único que se puede afirmar con certeza es que no hay otro elemento que nos dé tanta información sobre el estado general del tiempo como la presión atmosférica (Font, 2000).

La Península Ibérica se encuentra en un área perturbada de los vientos de poniente, y es a su vez, zona de tránsito de las diferentes masas de aire alógenas que irrumpen con rasgos termodinámicos diversos, como la temperatura o la humedad: aire polar marítimo, aire polar continental, tropical continental, ártico...etc. Todo este conjunto de masas de aire, dominadas por la circulación general, hacen que la presión atmosférica sea diferente en el curso del año en las diferentes zonas de España, y que no sea igual durante todas las estaciones anuales. El índice de presión media anual está por encima del valor medio normal en toda la superficie peninsular. Esto se debe, a grosso modo, a la cercanía del máximo subtropical de las Azores, epicentro de acción primordial y quien condiciona el clima de España (Capel, 1981).

En la gran parte de España, la presión atmosférica tiene su máxima en invierno, prácticamente siempre en Enero, y los valores más bajos en primavera, especialmente en Abril, y en verano. Éste es, aparentemente, el patrón contrario de lo que se espera. De todas formas, se encuentran casos en observatorios del norte de la meseta donde se presenta el máximo valor en un mes de verano, aunque con escasas diferencias respecto a

los meses de invierno. El comportamiento estacional general se debe al predominio de las presiones relativas en las zonas continentales de la Península en verano, como resultado del calentamiento del aire con su consecuente caída de presión atmosférica. En cambio, en la zona cantábrica hay un cinturón de alta presión asociado con el anticiclón de las Azores, que se prolonga hacia el norte de la Península; y al predominio en invierno de altas presiones térmicas en el interior donde surgen depresiones frontales y frentes fríos (De Castro y Martín, 2005).

Factores del clima

Según Font (2000), los agentes encargados de modificar el comportamiento de estos elementos del clima, son los denominados factores del clima. Debido a la interacción de los mismos se determinan las diversas características particulares que diferencian los distintos tipos de clima existentes. Para comprender el clima de un país determinado, se necesita conocer dichos factores climáticos. Los principales factores son:

a) Latitud. Se denomina como la distancia de cualquier punto de la tierra hasta cualquier punto del ecuador. Se mide en grados. Este factor influye de forma directa en la temperatura. Los lugares más cercanos al ecuador (0° latitud) reciben energía más concentrada del sol que aquellos lugares que están más alejados. Los lugares alejados del ecuador reciben la energía del sol más esparcida en un mayor espacio y mucho menos concentrada. Por lo tanto, mientras más cerca nos encontremos al ecuador, más altas serán las temperaturas. La Península Ibérica está situada entre los paralelos 36 y 44° latitud Norte. Se trata de una localización en un marco latitudinal mayoritariamente subtropical, aunque cabe destacar que el extremo septentrional de la Península no lo es, sino que es templado (Martín y Olcina, 2001). “Su localización en la zona templada, motiva la existencia de dos estaciones bien marcadas, verano e invierno, separadas por otras dos de transición, primavera y otoño, lo que le concede una animada variedad estacional” (Masach, 1954, p. 10). Al tener contacto del Atlántico y el Mediterráneo, y estar sujeta a la masa continental euroasiática, la Península es un lugar de paso de masas marítimas de poniente, lugar de paso de todas las masas de aire que fluyen por Europa occidental y meridional, es decir, un cruce de masas de aire de diferentes orígenes (Capel, 1981).

b) Altitud. La altitud se considera como la altura de cualquier punto en relación con el nivel medio del mar. Dicho factor influye de forma inversa sobre la temperatura y la presión atmosférica, puesto que a mayor altitud, menor será la temperatura y la presión. Esto es debido a la densidad del aire, o a lo cerca o lejos que estén entre sí las moléculas de

aire. Las moléculas de aire se unen gracias a la gravedad. A gran altitud las moléculas de aire están más espaciadas, por lo tanto el aire será menos denso. El aire tiene menos capacidad de atrapar el calor del sol, así que las temperaturas serán más frías. A baja altitud, las moléculas de aire están más juntas, creando un aire más denso, así, el aire tiene mayor capacidad de atrapar calor, por lo que las temperaturas serán más cálidas. España tiene una importante altitud media, con 650 metros. Más de la mitad de la superficie española supera los 600 metros de altitud y casi un 20% supera los 1.000 metros. Estas importantes altitudes condicionan drásticamente la temperatura. La temperatura media anual varía en España, debido a la altitud, en más de 22° C. Si en las costas ibéricas la temperatura media anual ronda los 15 °C, en las alturas de las cordilleras españolas, la temperatura es negativa en lugares con altitudes superiores a 2.500 metros. Por lo tanto, España tiene un registro muy amplio de valores térmicos debido a las diferencias altitudinales respecto a las latitudinales. El ejemplo más significativo es el de las ciudades de Castilla-León que con frecuencia sufren en invierno temperaturas mínimas más severas que las de muchas zonas de Centroeuropa y Escandinavia (Martín y Olcina, 2001).

c) La influencia del mar. Es uno de los condicionantes claves del clima. Debido a la mayor aptitud de adquirir calor del agua en comparación con la tierra, da como resultado que el agua conserve más el calor que la propia tierra, es decir, es más lenta en calentarse pero más lenta en perder calor, lo que la convierte en una influencia a la hora de moderar la temperatura, incluso teniendo efecto hasta muy en el interior de los continentes. La singular forma de la fachada occidental europea, donde tierras y mares se relevan desde Gibraltar hasta la Península de Escandinavia, unido a la falta de relieves acusados que bloqueen el avance del viento marítimo, posibilita que la actuación del mar tenga influencia a distancias de cientos de kilómetros (Capel, 1981).

Las temperaturas de las costas peninsulares conservan valores suaves durante todo el año, especialmente, las costas mediterráneas por ser un mar cerrado. Esta característica del mar Mediterráneo, junto con la ubicación entre Europa meridional y el continente africano, tiene gran influencia en la temperatura del agua, que en época estival se registra entre los 20 y los 25 °C en la parte occidental del Mediterráneo. Este mar mantiene una temperatura constante de alrededor de 13° C hasta los 4.000 metros de profundidad, a causa de lo poco profundo del estrecho. Esta homotermia tiene una gran influencia sobre la temperatura en todo el año sobre las costas mediterráneas. La temperatura de las aguas atlánticas puede parecer fría si la comparamos con los índices térmicos del mar Mediterráneo. En el litoral

que va desde el Cantábrico hasta Cádiz, la media del mes más frío se sitúa entre los 11 y 14 °C, elevándose a 17 - 20 °C en época estival. En el momento en que el aire marítimo se dirige hacia la Península, procurará estabilizar la temperatura (Capel, 1981). En definitiva, “los océanos actúan a modo de gigantescos recipientes de la energía radiante que nos envía el sol” (Font, 2000, p. 37). Así de importante es la presencia del Océano.

Y esta influencia marítima viene muy marcada por el relieve. El relieve son las distintas formas que presenta la corteza terrestre, es decir, los distintos desniveles que pueda presentar la superficie terrestre (Font, 2000). Los geógrafos usan el término *relieve* para describir la diferencia de altura entre el punto más alto y el más bajo en un localización determinada. Es decir, una localización montañosa tiene un relieve alto (grandes diferencias entre el punto más alto y el punto más bajo) mientras que una localización de una llanura tiene un relieve bajo (pequeñas diferencias de un punto a otro). “La influencia del relieve en el clima se basa en determinar la incidencia de la disposición u orientación de las alineaciones montañosas, su anchura y robustez, así como, las pendientes” (Martín y Olcina, 2001, p. 16).

En el caso de España la complejidad y diversidad es enorme. El relieve se podría ordenar tomando como referencia el altiplano central de la Meseta y expandir hacia los rebordes de ésta (macizo Galaico, Sierra Morena, cordilleras Ibérica y Cantábrica) y de estos a sus depresiones (Ebro y Guadalquivir) y cordilleras (Bética y Pirineos). La misma meseta se divide en dos por el Sistema Central, dando lugar a las submeseta norte y a la submeseta sur. Además, aparecen otras alineaciones de menor tamaño pero con una clara influencia en el clima de las regiones donde se encuentran. En general, dominan las grandes alineaciones con orientación zonal o subzonal, por lo que los vientos o corrientes de dirección Norte o Sur van a toparse con un importante obstáculo para su circulación. Esto da como resultado una paradoja: teniendo España un carácter peninsular rodeado de mares por doquier apenas tiene influencia marítima debido a la ubicación e influjo de los sistemas montañosos tan próximos a la costa, como la cordillera Bética y la Cantábrica. La influencia marítima solo fluye con facilidad por la Península por el valle del Guadalquivir, y no tanto por el valle del Ebro ya que su depresión se ve clausurada por la cordillera Costera Catalana y la cordillera Ibérica, presentando de esta manera un carácter continental. La elevada continentalidad de España se debe además a la limitada articulación de sus costas, poco recortadas e, incluso, rectas en muchas áreas. No existen grandes entrantes de mar en tierra, excepto las Rías en Galicia. En definitiva, definiríamos a la Península Ibérica como un

relieve encastillado, con una gran extensión interior de la Meseta escudada de sus rebordes montañosos, cual torres defensoras; los extensos fosos exteriores de las depresiones de Ebro y Guadalquivir y, a más distancia, los Pirineos y las cordilleras Béticas, como fortalezas aislantes de las influencias del nordeste y del sur (Martín y Olcina, 2001).

El archipiélago canario tiene una estructura muy distinta a la de la Península Ibérica, ni siquiera concuerda con la de África. Sí comparte similitudes con las Islas Azores, Madeira, Cabo Verde, todas ellas volcánicas y ubicadas en el Atlántico. Al haber sido formadas por erupciones, las Islas Canarias (y en general las islas volcánicas), tienen muchos contrastes altitudinales entre unas islas y otras. Por ejemplo, en Lanzarote y Fuerteventura, la mayor altitud ni siquiera llega a los 800 metros, mientras que en Tenerife o La Palma nos encontramos con el Teide, con 3.718 metros, llegando a ser el punto más alto de España y con Roque de los Muchachos con 2.423 metros (Gil y Gómez, 2001).

En España, la orografía está dispuesta a modo de muralla defensiva que impide el acceso al interior de los influjos que vienen del mar, por ello son pocas las zonas que disfrutan de estas condiciones, que se limitan a estrechas orlas costeras. En palabras de Aupí (2004), “la acción combinada del viento y del relieve causan notables ascenso térmicos y bruscas disminuciones de humedad a sotavento de las barreras orográficas”. Es el llamado efecto Föhn. El viento Föhn, que da nombre al fenómeno, es habitual en tierras alpinas y se caracteriza por perder su carga de humedad al atravesar una barrera orográfica y, por consiguiente termina calentándose. Esto ocurre exactamente en la Península Ibérica, donde tiene gran influencia en las costas cantábrica y mediterránea. En ambos casos, su irrupción causa las temperaturas más elevadas del año. También irrumpe en la época invernal, provocando temperaturas extraordinariamente elevadas. En el norte, es la cordillera Cantábrica quien ejerce el rol de barrera orográfica, mientras que en las costas mediterráneas son las mesetas y la cordillera Ibérica quienes actúan de barrera. En las costas cantábricas, el efecto föhn lo genera el viento del sur, dando pie a temperaturas de 42° C en Bilbao y Santander en los años 40. En la costa mediterránea es el aire de poniente quien genera el fenómeno, dando lugar a vientos que propician con facilidad incendios forestales (Aupí, 2004).

De la influencia del mar, condicionada por el la disposición del relieve deriva el concepto de continentalidad (la distancia del mar) ejerce un papel importante en el clima de España. La complejidad de la costa europea y española y del relieve se transforma en una enorme variedad climática. La Península Ibérica tiene una naturaleza maciza y, unido a la

configuración de sus costas y a su elevada altitud media, deja poco margen de acción a la influencia de los mares que la rodean, impidiendo que no alcance el interior. Según Vilá (1961, p. 78), “a pesar de encontrarse flanqueada casi completamente por los mares, las tierras ibéricas del interior puedan quedar parcialmente al margen de las influencias marítimas, dibujándose así dos áreas con unas características opuestas: por una parte, una aureola periférica, más o menos amplia, abierta a las influencias directas del Atlántico o del Mediterráneo; por otro lado, un ancho, compacto y continuo núcleo de tierras interiores, con una clara tendencia continental”. Es decir, el carácter macizo de la Península Ibérica desencadena una serie de rasgos en el centro de España típicos de climas continentales, y además, la ubicación de las cadenas montañosas hace aumentar las oposiciones pluviométricas, provocando convertir a la Península en una especie de continente de reducidas dimensiones con una continentalidad muy contrastada: muy caluroso en verano y muy frío en invierno (Capel, 1981). También la naturaleza del suelo tiene influencia en la continentalidad. Las superficies de carácter árido la aumentan y las superficies con vegetación la disminuyen (Font, 2000).

d) Corrientes de chorro y anticiclones. España se sitúa bajo dominio de la circulación de oeste, pero en contacto con las altas presiones subtropicales y con el Atlántico. Esto supone que le afecten los desplazamientos estacionales en latitud y las ondulaciones de la corriente superior del oeste, con las corrientes de chorro y su inestabilidad específica; con ellos conectan además, la fluctuación de las masas de aire, el frente polar y los centros de acción atlánticos en tierras españolas, con dirección Norte en época estival, y Sur en época invernal. Como resultado, el tiempo será muy diferente en función del dominio de una u otra situación (De Terán et al., 1986).

La corriente de chorro, o jet stream, es un flujo circumpolar del oeste de vientos muy vehementes concentrados en bandas estrechas y ubicados en las capas altas de la atmósfera, a altitudes de entre 9.000 y 15.000 metros. Estos vientos pueden llegar a tener una velocidad de 500 km/h en invierno. La corriente de chorro es el resultado de la gran variación de temperatura existente entre las bajas presiones polares y las altas presiones subtropicales

Si la corriente circula a gran velocidad (a partir de 200 km/h) apenas sufrirá ondulaciones y originará un Frente Polar seguido de las borrascas que éste trae. Si su velocidad se ve reducida, sufrirá ondulaciones y formará picos con altas y bajas que se materializarán en anticiclones y borrascas dinámicos. En época estival, la corriente sube hacia el Norte y en

Invierno se dirige hacia el sur, por lo que tiene mayor impacto en España en invierno, y sobre todo, en el área del Cantábrico (Font, 2000).

Hay tres sistemas de carácter físico que tienen un papel fundamental en el clima de España, pudiendo ser considerados como verdaderos centros de acción, estos son: altas presiones subtropicales, anticiclón invernal siberiano y depresión sahariana. El más relevante de todos es las altas presiones subtropicales que toman forma de un anticiclón bien determinado en el Atlántico, conocido como Anticiclón de las Azores. Un Anticiclón es una zona de la atmósfera en donde la presión es más alta que la de sus alrededores para el mismo nivel. El Anticiclón de las Azores, situado al oeste de la Península pero desplazándose latitudinalmente en función de las estaciones (hacia el norte en verano, hacia el sur en invierno), tiene una notable influencia en las precipitaciones invernales en el centro y suroeste de España, y es el que define los contrastes entre verano e invierno. El Anticiclón siberiano, formado en Eurasia, tiene incidencia en la Península al irrumpir ocasionalmente masas de aire frío polar continental ocasionando vientos secos y heladas en el interior de la Península. En cuanto a la depresión sahariana, ésta influye en el clima de España debido a la frecuencia e intensidad de la entrada de masas de aire caliente africano en la Península. Si entran a una altura considerable originará olas de calor (Font, 2000).

e) Masas de aire. Los factores externos más trascendentes para las temperaturas son, sin lugar a duda, las masas de aire. “Una masa de aire es una amplia célula atmosférica aproximadamente homogénea en el sentido horizontal” (Hufty, 1976, p. 90).

Una masa de aire conserva las características que ha adquirido en su origen, por lo tanto puede transportar y echar sus rasgos sobre la superficie de destino (Gil y Olcina, 1997).

Es condición necesaria para que adquiera tales rasgos y características que el aire permanezca de manera inmóvil. Para formar una masa de aire tiene que haber un estancamiento y un recorrido lo suficientemente extenso para que la geografía pueda imprimir sus características de origen. Estas masas de aire no se pueden crear en nuestras latitudes, ya que nuestra atmósfera está ininterrumpidamente perturbada. La localización de origen es un hecho clave cuando se analiza la masa de aire. En su emigración tiene un papel fundamental que el recorrido se haga a través de zonas marinas o zonas continentales; ahí radica la primera distinción entre las masas: continentales y marítimas (Capel, 1981).

Las cuatro masas de aire más importantes en la dinámica peninsular son:

1) **Ártico:** Se trata de aire muy frío, originado en latitudes polares, nacido de anticiclones térmicos permanentes y peliculares. En el hemisferio norte las masas de aire ártico se originan sobre la banquisa del océano Glacial Ártico, y su expansión varía en función de la época del año, debido al parcial deshielo del mar en verano. Esto supone que exista una banquisa permanente y otra, un trozo de ésta situada en el exterior, dependa de la estación. Es decir, la banquisa que origina el aire ártico tiene una mayor dimensión en invierno. Este fenómeno produce masas de aire de temperaturas muy bajas (entre -10 y -30°C), débil humedad, aire muy denso y gran estabilidad. El aire ártico pierde latitud de manera muy rápida y esto afecta a latitudes medias que reciben una fuerte inestabilidad atmosférica a su llegada. La época más común para proyectar olas de frío suele ser en enero y febrero (Gil y Olcina, 1997).

Las masas de aire ártico que llegan a España tienen su origen en la cuenca subártica, entre Groenlandia y el archipiélago de Spitzber. Llega al Mediterráneo principalmente por la cuenca del Ródano y, sobre todo, en primavera e invierno. Trae consigo un tiempo frío en cualquier época del año (Capel, 1981).

2) **Polar.** Estas masas de aire frío tienen origen en latitudes situadas entre $60-70^{\circ}$. Hay dos tipos: Masas de aire Polar Continental y Masas de aire Polar Marítimo. Las masas de aire Polar Continental se originan en los grandes anticiclones invernales, normalmente en Siberia y Canadá, aunque también en Escandinavia y en Centroeuropa.

Sus características esenciales son: temperaturas muy bajas, siempre negativas, en ocasiones inferiores a -20°C ; mucha densidad; gran estabilidad; registran fuertes contrastes estacionales. Suelen irrumpir en invierno debido a que se originan en altas presiones térmicas invernales, infrecuentes en verano (Gil y Olcina, 1997).

El aire polar continental que llega a la Península proviene del nordeste europeo, a veces formado incluso en Siberia. Este aire alcanza la Península normalmente en invierno, aunque también puede tener presencia en otoño o primavera, trayendo un tiempo seco, frío y estable (Capel, 1981).

Las masas de aire polar marítimas, en cambio, al alcanzar Europa occidental, lo hacen proyectando unos registros térmicos más suaves. Es un aire que puede haber tenido las características del aire continental originalmente, pero que al topar con superficies marinas cada vez menos frías al ir perdiendo latitud, ha alterado sus rasgos. Esto hace que haya disminuido progresivamente su estabilidad. Se trata, por tanto, de aire inestable, propenso a

ascender y a generar fuertes nubes. Es un aire que actúa de una forma u otra en función de la estación y del espacio. Durante el invierno, el tiempo alterado actúa en las áreas marinas, y al revés ocurre durante el estío, donde este aire polar es raramente protagonista. Es importante destacar la notable diferencia entre los dos hemisferios; debido a la distribución de tierras y mares, en el hemisferio meridional el aire polar marítimo es mucho más protagonista que el polar continental (Gil y Olcina, 1997). A la Península llega desde el Atlántico norte, entre las costas de Europa Occidental y Norteamérica. Se forma tras la desnaturalización del aire polar continental marítimo de Canadá modificando sus rasgos tras su largo trayecto por el mar, en dirección noroeste (Capel, 1981).

Prácticamente todos los años se presenta en la Península y Baleares masas de aire polar ocasionando nevadas en la zona del Cantábrico, Pirineos y las zonas altas del norte de la Península. Estas masas causan en España las mayores olas de frío ocasionando graves daños en el ámbito agrícola y problemas en las comunicaciones en España. Su duración es de entre 3 o 4 días, aunque en ocasiones se ha extendido hasta alcanzar las dos semanas. Enero es el mes dónde normalmente tienen lugar, aunque también llegan en Diciembre y Febrero, y rara vez en Marzo o Abril. La mínima absoluta de una llegada de aire polar se registró en el año 1956 en Estany Gento, donde se llegó a -32°C (Aupí, 2004).

3) Tropical y Ecuatorial. En primer lugar, hay que distinguir entre las masas de aire Tropical Marítimo y las masas de aire Tropical Continental, ya que tienen rasgos y orígenes diferentes. El origen de las masas de aire tropical marítimo tiene lugar, en latitudes subtropicales, en lo que llamaríamos el máximo subtropical, como por ejemplo el Anticiclón de las Azores, Hawaii y California, en el hemisferio norte; y los anticiclones de Santa Elena, el Indico sur y la Isla de Pascual en el Hemisferio sur. Estas masas de aire se originan en áreas de calma en las que el aire se queda durante un tiempo suficiente contactando con el agua cálida para que esta le imprima su huella. Esta huella proporciona una temperatura elevada, llegando a Europa en época invernal con temperaturas de entre 10 y 15°C y con una notable humedad (Gily Olcina, 1997). Es el visitante más común de la Península, y en especial del sudoeste peninsular. Esta masa de aire tropical marítimo llega a España con elevados índices de humedad debido a su paso por el océano, y además trae temperaturas siempre elevadas independientemente de la estación del año (Capel, 1981).

Las masas de aire tropical continental muestran un notable contraste con las marítimas. Es un aire más cálido que el marítimo, que durante la época invernal llega a Europa y deja temperaturas de alrededor de 20°C , y en época estival trae olas de calor que superan los

40°C, por ejemplo en Andalucía y en la fachada oriental de la Península. Es un aire seco, con débil humedad, sin embargo de gran estabilidad, sobre todo en invierno. Tiene como origen los desiertos: en el hemisferio norte, los desiertos de Arizona, Nuevo México y Sahara; y en el hemisferio sur, el desierto de Atacama, Kalahari y el oeste de Australia.

En lo relativo a las masas de aire ecuatorial, se destacaría que realmente son masas de aire tropical marítimo pero modificado gracias a su paso por latitudes ecuatoriales. Es un aire muy cálido, pero su temperatura media es más baja que la del aire tropical. Además es húmedo, como se puede observar en la cuenca amazónica donde deja su impronta y proporciona altos índices pluviométricos alcanzando los 1300 mm/año (Gil y Olcina, 1997).

4) Mediterráneo. La masa de aire mediterráneo es una modificación de otras masas de aire que al llegar a la cuenca del Mediterráneo occidental, debido a su orografía y al estar rodeada de construcciones montañosas, se estancan y adquieren calor y humedad. El Mediterráneo actuaría como una región manantial de masas de aire en este caso. La masa de aire mediterráneo proporciona tiempo en calma, poca nubosidad y temperaturas elevadas con fuerte insolación y calimas (Gil y Olcina, 1997).

ANÁLISIS CLIMÁTICO

Precipitación

En España existe una modesta pluviometría si comparamos con otras zonas del planeta o incluso con el área occidental de Europa. Como bien afirma Bielza (1989): “España padece una acusada indigencia pluviométrica en la mayor parte de su territorio y no ya sólo por el volumen total de agua recogida, sino también por el ritmo acusadamente anárquico, irregular, con que se presentan las precipitaciones a lo largo de las estaciones” (p. 244). Al pertenecer a una latitud subtropical mediterránea, España recibe una pluviometría casi inexistente en algunas zonas del sureste. Como podemos apreciar en el mapa, las zonas con promedios por debajo de los 600 mm abarcan más del 60% del territorio español.

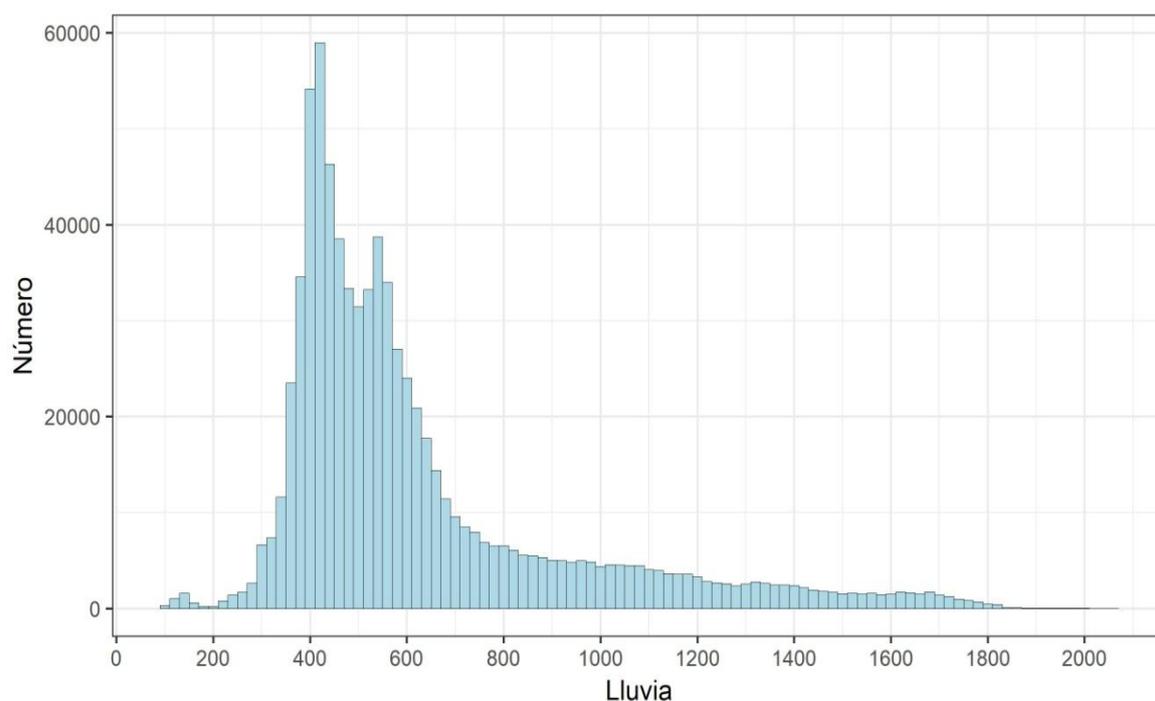


Figura 6. Precipitación total anual. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

En el histograma (Figura 6) se puede observar como los valores más representativos de precipitación se agrupan en el intervalo comprendido entre 350 y 650 mm aproximadamente. Valores típicos que frecuentan la mayor parte del territorio español, que abarca la España de transición y la España seca.

Por el contrario, poco frecuentes son los valores que van desde 700 a 1800 mm, que únicamente se registran en territorios septentrionales, como ocurre en Galicia, en Pirineos,

y en la cordillera Cantábrica, situados en la España más húmeda, que bien por relieve, latitud o situación acerca del mar, poseen los valores más altos del país.

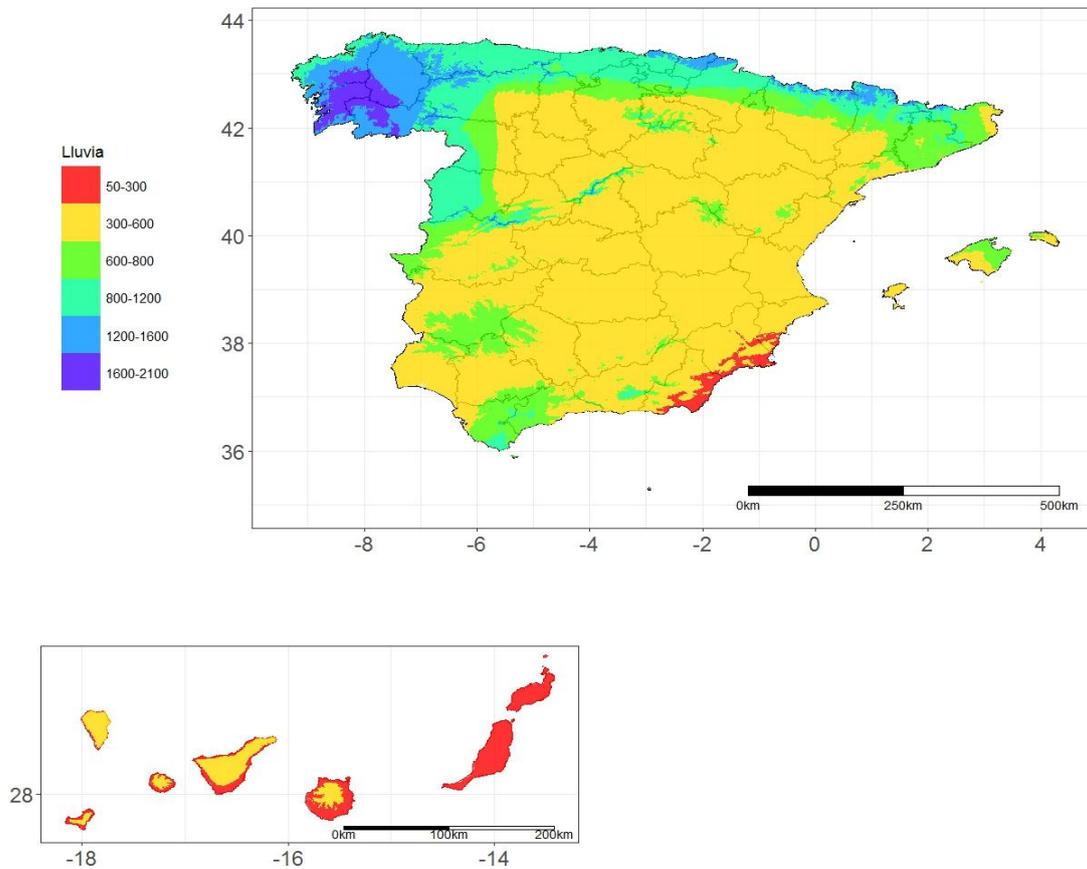


Figura 7. Precipitación total anual en mm. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Según los índices de pluviometría que observamos en el mapa (Figura 7), se pueden diferenciar cuatro Españas: España lluviosa (de color turquesa, azul y violeta), España de transición (de color verde), España seca (de color amarillo) y España semidesértica (de color rojo). La divisoria entre la lluviosa y la de transición se establece a partir de los 800 mm, la seca comprende entre los 300 mm y los 600 mm., y la semidesértica oscila entre 50 mm y 300 mm.

Cabe señalar, que aunque Capel (1981) divide España según sus índices de pluviometría en tres categorías (lluviosa, seca, árida), en este trabajo, con el fin de conseguir un mayor detalle, y con el mapa como referencia, se ha optado por dividir la categoría de España seca en dos partes: España de transición y la España seca.

Estas cuatro categorías no están perfectamente separadas en el mapa sino que se intercalan y yuxtaponen en muchas áreas, debido a la variedad climática de España.

La España lluviosa se localiza, básicamente, en el norte del país. La vertiente noroeste es el área pluviométrica con índices más elevados de España. Como vemos, el núcleo de la ría de Vigo que se expande desde allí hacia el centro de Galicia, es quien alcanza el índice más alto con más de 1600 mm. Esta área abarca casi la totalidad de la superficie de la provincia de Pontevedra, el suroeste de Lugo, el centro de Orense y la franja sureste de La Coruña. La causa de que esta zona tenga tanta riqueza pluviométrica se debe a los temporales que proceden del océano Atlántico, y a que la penetración de borrascas sea más potente y frecuente en el sector occidental que en el oriental.

Otro núcleo importante, con valores similares al anterior, es el formado por la cordillera Cantábrica, el litoral de Guipúzcoa y Vizcaya, el noroeste de Navarra y el Pirineo central (oscense e ilderdense). El Pirineo se ve afectado, en mayor medida, por las masas de aire procedentes del océano Atlántico y del mar Cantábrico, ya que son empujadas por vientos del oeste. Llegan húmedas y frías al Pirineo navarro y van perdiendo influjo en cuanto avanzan de oeste a este, por lo que cuando pasan por el Pirineo aragonés y llegan al Pirineo catalán están ya templadas. Es decir, en cuanto nos trasladamos de oeste a este, las precipitaciones tienden a reducirse (y la temperatura a incrementarse).

En el Pirineo central y oriental, por ejemplo, puede tener mayor efecto la influencia del Mediterráneo y las tormentas estivales (Martín y Olcina, 2001).

Como tercer núcleo a destacar, tomaremos varias zonas del Sistema Central. Con índices superiores a 800 mm tenemos áreas como: la sierra de Gredos; la sierra de Guadarrama, en la frontera entre Madrid y Segovia; y el área de Las Hurdes, en Cáceres.

El último núcleo a destacar, con valores inferiores a los anteriormente citados pero dentro de la categoría de la España lluviosa, lo formaríamos con una línea horizontal desde el litoral de la provincia de La Coruña hasta el área occidental de Girona, pasando por la parte occidental de Zamora y Salamanca, Asturias, León, Cantabria, País Vasco, bordes del Pirineo con menos altitud...etc. En el sur, con estos índices pluviométricos, además del área de Sierra Nevada, también podemos encontrar un núcleo en el sur de la provincia de Cádiz. Esto se debe gracias a la disposición de la sierra de Grazalema. Ésta obstruye el aire de Poniente y Levante, que al estar obligado a subir se enfría y se condensa, acarreado considerables precipitaciones.

Respecto a la España de transición, se registran valores de entre 600 y 800 mm, y abarca las zonas de los bordes de la España lluviosa, como las zonas meridionales de la cordillera Cantábrica y los Pirineos, y, además, núcleos del Sistema Central, Extremadura, Mallorca, Málaga, la Serranía de Cuenca, la sierra de Urbión y casi toda la provincia de Cádiz, Barcelona y Girona.

La mayor parte del territorio español registra índices de entre 300 mm y 600 mm. Las zonas secas abarcan la submeseta norte, donde van aumentando los valores pluviométricos en cuanto nos alejamos de la depresión del Duero para aproximarnos a las altas montañas que lo rodean; y la submeseta Sur, que atraviesa vastas superficies de Extremadura, Castilla la Mancha y, Castilla y León.

Hay dos factores claves que acusa la meseta. El primero es la gran distancia al mar. El segundo es la disposición de relieves circundantes que hacen que los flujos húmedos procedentes del mar no puedan penetrar con facilidad. Por ejemplo, la submeseta norte está encajada entre unidades de relieve, provocando que las masas de aire descarguen su humedad en los sistemas montañosos circundantes.

Por lo tanto, la orografía y la altitud son factores claves en la distribución de la precipitación ya que, por una parte, el cinturón de sierras periféricas provoca que el interior sea más árido, y por otra parte, con la altitud se incrementan las precipitaciones orográficas y las precipitaciones horizontales, por eso las tierras bajas del litoral y las islas sin mucho relieve acostumbran a recibir menores precipitaciones (Martín y Olcina, 2001).

En el litoral mediterráneo y en Baleares, la causa de las modestas precipitaciones es la limitada actividad con que llegan a estas zonas las borrascas y frentes que penetran por el oeste peninsular.

En cuanto a la España semidesértica o árida, ocupa un pequeño porcentaje de la Península, y se concentra en el sudeste de la costa levantina, en las provincias de Murcia y Almería. Esta zona, es el área pluviométrica menos importante, con valores por debajo de los 300 mm, y con el índice más bajo de todo Europa que se sitúa en El Cabo de Gata con 117 mm, valor comparable al desierto del Sahara. La aridez en este núcleo se debe a que la zona se encuentra protegida de las borrascas procedentes del atlántico por los relieves de las cordilleras Béticas, además las borrascas mediterráneas llegan con dificultad. Otro motivo es la frecuencia de penetraciones de masas de aire seco desde el continente africano.

En las Islas Canarias, pertenecientes a esta categoría con medias inferiores a 300 mm, nos encontramos con las islas de Fuerteventura, Lanzarote y Gran Canarias. En este archipiélago, según Font (2000) la aridez se explica porque: “para que se produzcan lluvias importantes es necesario que previamente la circulación general del alisio haya sido sustituida por otras situaciones meteorológicas que traigan consigo la desaparición temporal de la inversión de temperatura. De éstas las más frecuentes están constituidas por invasiones de aire polar marítimo, el cual al ser obligado a ascender por el relieve, es responsable de la mayoría de lluvias” (p. 301).

En definitiva, afirmaríamos que hay tres factores principales que afectan a la actividad pluviométrica: relieve, latitud, apertura al mar. El relieve tiene una influencia considerable en el régimen de precipitaciones. En el mapa se puede ver una reducción de precipitaciones entre la costa atlántica y la mediterránea. Esto se debe, en gran parte, al relieve que debido a la naturaleza maciza de España, no beneficia la penetración de masas marinas húmedas y obliga a disminuir su actividad al llegar al interior, reduciendo así las precipitaciones. La latitud también tiene rol importante. La localización latitudinal de España propicia precipitaciones más cuantiosas y regulares en la franja norte, donde las borrascas del frente polar comparecen durante todo el año. La latitud También desempeña un papel fundamental en las Islas Canarias, que por su ubicación en latitudes subtropicales, se hallan casi todo el año bajo la actividad del anticiclón de las Azores, lo que limita, ostensiblemente, las precipitaciones. Por último, otro factor clave es la apertura al mar. Vemos en el mapa (Figura 7) con claridad, sobre todo en el norte, cómo afecta la cercanía al mar, ya que las precipitaciones descienden desde la costa hacia el interior.

Como conclusión, afirmaríamos que se puede observar una disminución de las precipitaciones desde el extremo norte al extremo sur y de oeste a este (de noroeste a sureste). El motivo es que el norte se ubica más cerca del camino de las depresiones atlánticas, quienes penetran en la Península por el norte y noroeste, siguiendo una trayectoria sur-sureste. También concluiremos con que las precipitaciones son superiores en la vertiente Atlántica que en la mediterránea, aumentan con la altitud y disminuyen desde el litoral hacia el interior, producto de la continentalidad de la meseta. El contraste pluviométrico más extremo lo obtendríamos si fijamos una diagonal entre Pontevedra y Almería. Las tierras bajas de la costa y las islas sin relieve apenas reciben lluvias. Como excepción tenemos las de vertiente noreste de Canarias, donde el factor de la altitud es

clave. En Canarias también disminuye la pluviometría de norte a sur en cada isla, y de poniente a levante en el conjunto del archipiélago, por el efecto de los relieves.

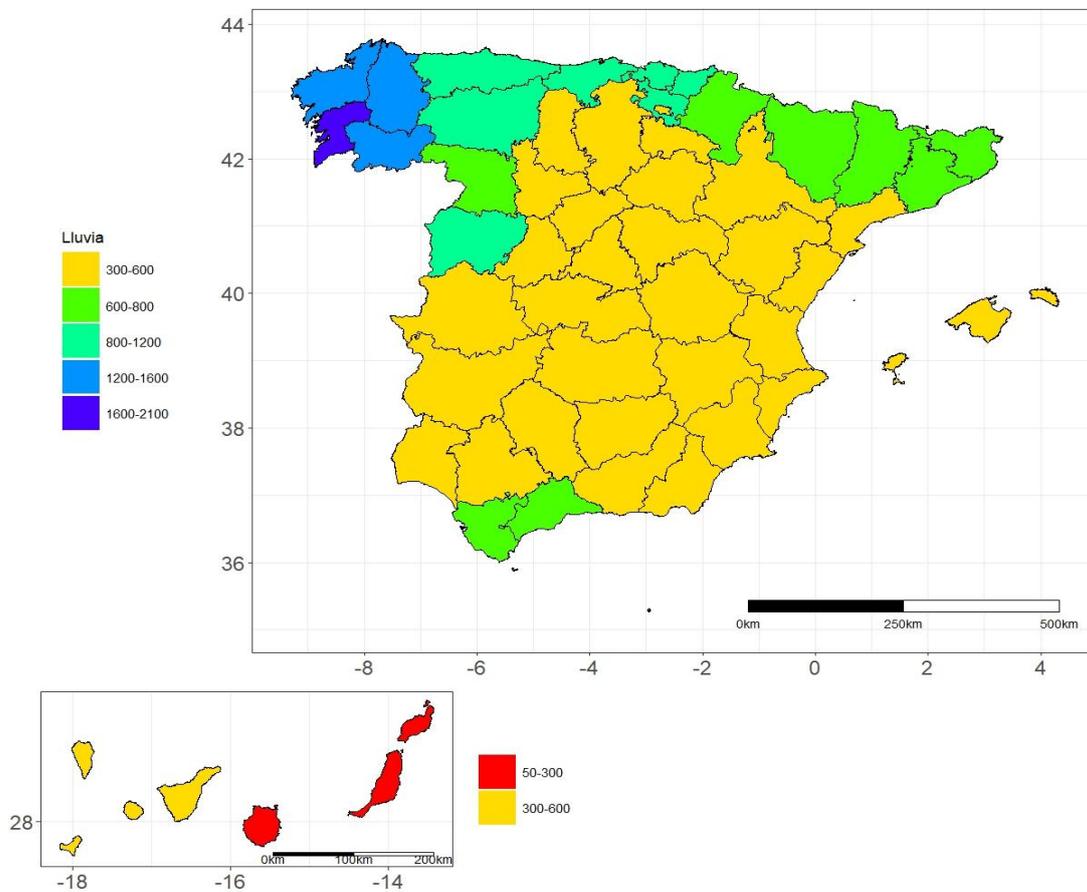


Figura 8. Precipitación total anual en mm. clasificada por provincias. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Analizando el mapa (Figura 8), generado con los datos de los totales anuales provinciales, podemos observar que predominan las provincias con promedios por debajo de los 600 mm y superiores a los 300 mm. Todas ellas abarcan casi tres cuartas partes del territorio español.

Las provincias con los valores más altos están todas situadas en la franja septentrional del país. Dentro de esta franja, es en el sector occidental donde se registran los índices más altos, con la provincia de Pontevedra como único exponente que supera los 1.600 mm, siguiéndole las restantes provincias que componen Galicia, es decir, Lugo, La Coruña y Orense, con valores superiores a 1.200 mm. La abundante pluviometría que se registra en estas provincias, en comparación con el resto, se debe a que las penetraciones de borrascas en esta parte noroccidental de España son más intensas y habituales.

Con índices inferiores a las provincias gallegas, se halla una franja en el norte que comprende las provincias situadas en la cordillera Cantábrica, como es León, Asturias y Cantabria; y además, el País Vasco y Salamanca, que registran valores superiores a las provincias que la rodean, debido al aumento de precipitaciones que recibe por hallarse en la depresión del río Duero.

Con valores intermedios que oscilan entre 600 y 800 mm podemos observar la provincia de Zamora, y las del norte oriental: Navarra, Lleida, Huesca, Barcelona y Girona. En el sur, tenemos el caso de Cádiz y Málaga, que gracias a la disposición de la elevada sierra de Grazalema, favorece el paso de perturbaciones permitiendo penetrar, a través del golfo de Cádiz, el viento húmedo de Poniente facilitando un aumento de precipitaciones en comparación con las provincias colindantes.

Las Islas Canarias es la única comunidad autónoma que posee provincias con valores inferiores a los 300 mm. Son las islas orientales del archipiélago (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote), pertenecientes a la provincia de Gran Canaria, quienes tienen el índice más modesto de toda España. El bajo promedio de precipitaciones tiene su explicación en el factor de la latitud, ya que se halla casi todo el año a merced del anticiclón de las Azores, que le provoca un tiempo seco y estable; y en el de la latitud, influyendo considerablemente la baja altitud que tienen las islas más orientales, es decir, las islas de Lanzarote y Fuerteventura.

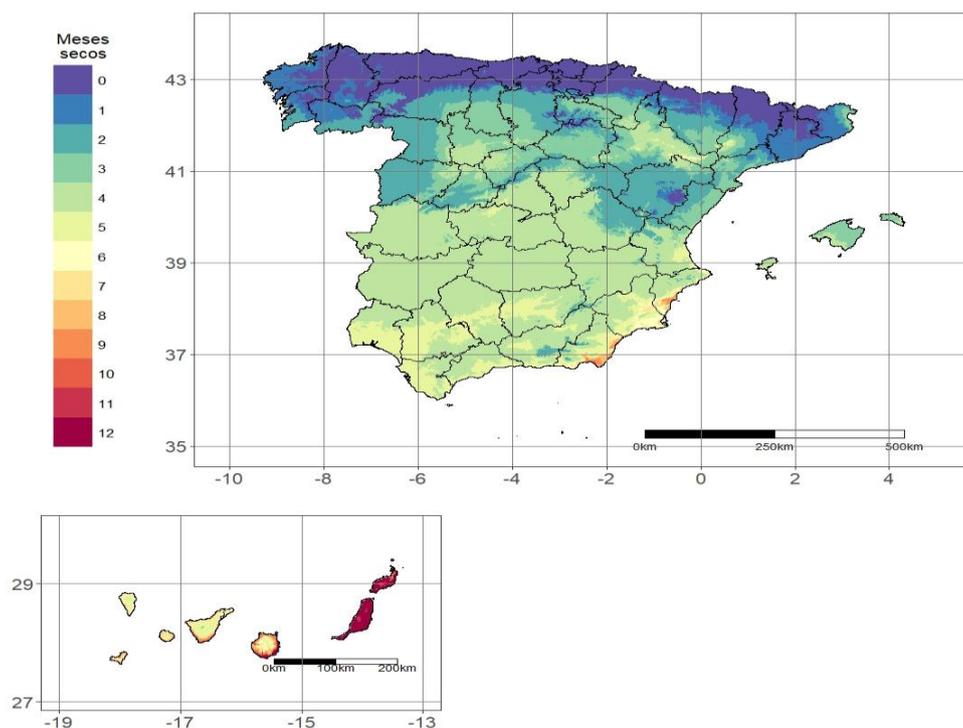


Figura 9: Número de meses secos según la norma de Gaussen. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Para completar el análisis de la precipitación, se ha elaborado el mapa de meses secos, siguiendo la norma de Gaussen: un mes es seco, si su precipitación queda por debajo del valor de su temperatura, multiplicada por dos. Podemos observar en el mapa (Figura 9) como el número de meses secos aumenta considerablemente de norte a sur. Vemos los mínimos en las zonas septentrionales, con clima marítimo, y en áreas de relieves montañosos. El área con menor número de meses secos se encuentra en la franja septentrional que va desde Galicia hasta Cataluña, con la existencia de menos de 2 meses secos, incluso llegando a valores de ausencia de meses secos en una extensa zona, caso de la franja más septentrional en el litoral cantábrico. Es significativo el caso de una amplia zona de Galicia, que tiene entre 1 y 2 meses secos más que las restantes tierras septentrionales, dependiendo de la zona. La diferencia de valores entre Galicia y el País Vasco tiene que ver con el carácter seco del verano gallego y con ello su evidente disminución de precipitaciones, mientras que esto no ocurre en el País Vasco, donde las precipitaciones son más regulares.

En general, en época estival hay una disminución considerable de las precipitaciones. Esto se debe a la ubicación al oeste de la Península del anticiclón de las azores, que proporciona un declive extendido de las lluvias, excepto en zonas como Cantabria o Pirineos, donde el

factor de la altitud facilita valores notables. En el resto de España los valores en verano suelen ser bajos y prácticamente nulos en las Islas Canarias.

Como hemos comentado anteriormente, podemos observar un progresivo aumento del número de meses secos desde el norte hasta llegar al sur, zona con los valores más altos en lo que la Península se refiere. Existe un aumento, respecto a las tierras que las rodean, en las depresiones del Guadalquivir y Ebro, con la existencia de 5 y 6 meses secos. Valores algo por encima del máximo peninsular, hallado en el sureste de España, en el litoral murciano y almeriense, con la existencia de entre 7 y 10 meses secos.

Respecto a Canarias, vemos un aumento del número de meses secos de las islas occidentales a las orientales. Esta diferencia tan contrastada se debe al factor del relieve: las islas más occidentales tienen mucho más relieve que las orientales, siendo Fuerteventura y Lanzarote las más bajas en altura, y, por consiguiente, las que menos precipitaciones reciben, albergando un total de 12 meses secos, el máximo de España.

Temperatura

Antes de entrar en el análisis, es conveniente indicar los factores elementales que determinan las temperaturas en España. Estos son: la latitud, la diversidad del relieve y la influencia del mar. Su ubicación en las latitudes medias del hemisferio norte, que por una parte la protege de las bajas temperaturas comunes en los inviernos de los diferentes países del norte de Europa, pero por otra le causa una gran insolación que le trae veranos calurosos. La influencia del mar es fundamental para determinar el clima de España. Rodeada por los mares Cantábrico, Mediterráneo y por el océano Atlántico, España se muestra sumisa a las masas de aire de múltiples procedencias y rasgos, por lo que la variación de temperatura es una característica habitual durante todo el año (Aupí, 2004).

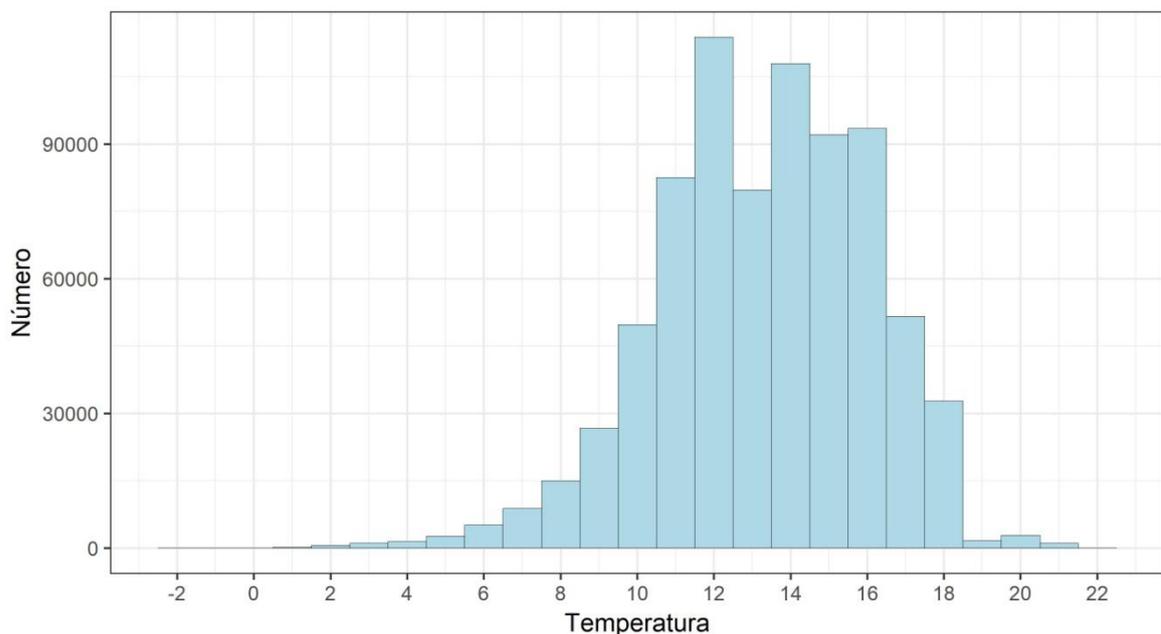


Figura 10. Temperatura media anual en °C. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Como se observa en el histograma (Figura 10), el valor más frecuente que se da en España es el de 12 °C. Los valores más representativos se agrupan en el intervalo comprendido entre 11 y 16°. Valores típicos de un clima como el mediterráneo, que según Martín (2001): “es el clima de mayor representación superficial en España” (p. 103).

Por el contrario, poco frecuentes son los valores registrados desde -2 °C hasta los 6 °C. Esto se debe a que, excepto en áreas de montaña, la mayoría de la superficie de España no suele registrar valores tan rigurosos. Lo mismo ocurre con temperaturas cercanas a los 20 °C, valores que se limitan a una cierta serie de núcleos muy concretos, como en Murcia, Alicante, Sevilla...etc.

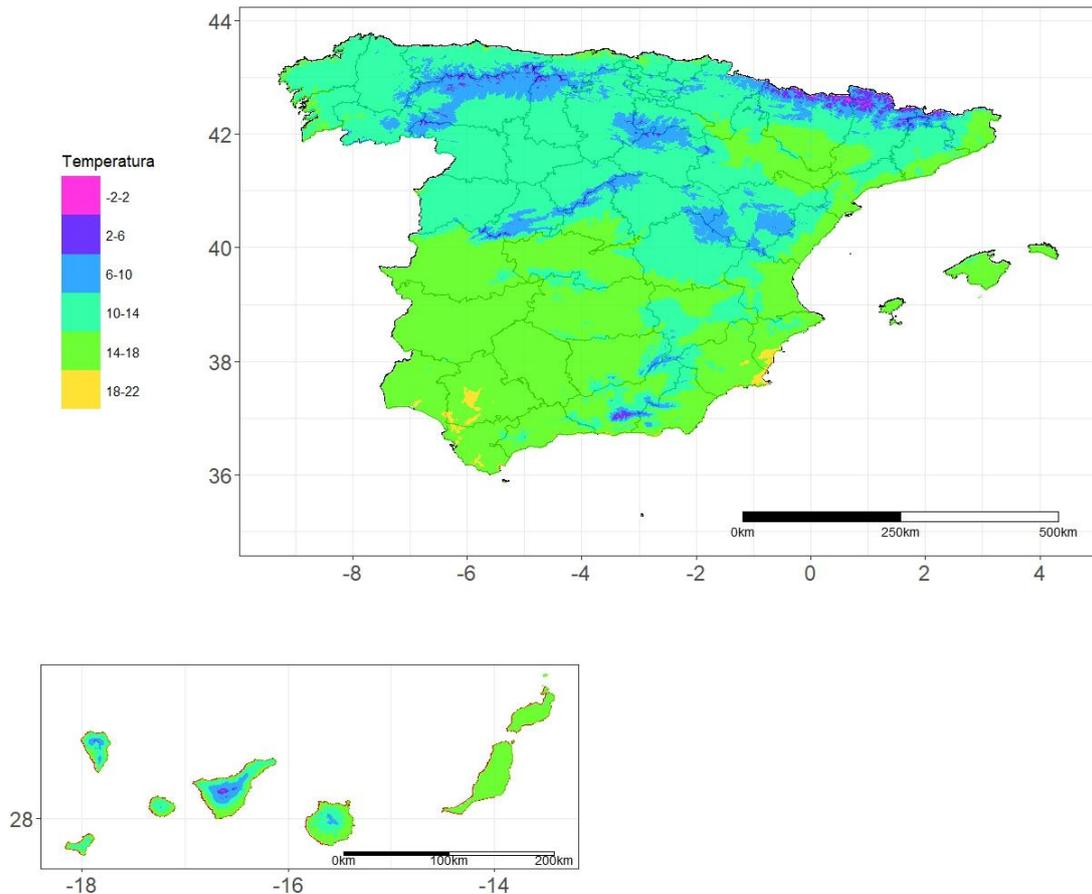


Figura 11. Temperatura media anual en °C. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Las temperaturas medias anuales en España no se distancian del promedio mundial, pero, como vemos en el mapa (Figura 11), sí presentan diferencias y contrastes notables entre las diferentes zonas del territorio en función de la altitud y la latitud.

Analizando el mapa (Figura 11), vemos que las áreas más frías de España, con promedios que pueden alcanzar los de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, se localizan en núcleos en zonas montañosas de muy elevada altitud. Se registra únicamente en puntos específicos de los Pirineos (sobre todo en la parte central), zonas altas de Sierra Nevada, y en el área del Teide en la isla de Tenerife. En estos promedios podemos ver la relación tan cercana entre altitud y temperatura, una de las características más importantes del clima de España. De hecho, como bien afirma Albetosa (1989): “El hecho de que el gradiente vertical de temperatura sea de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros, introduce profundas variaciones hasta el punto que este factor se constituye en el más importante en cuanto a modificaciones de los valores térmicos” (p. 58).

Con promedios superiores comprendidos entre 2 y 6 °C de temperatura media anual, se localizan áreas de gran altitud, tanto en la parte norte peninsular como en la meridional. Estos promedios se registran en zonas de las cordilleras Béticas, Montes de León, cordillera Cantábrica, Pirineos, Sistema Central, Sistema Ibérico. En Canarias se registra en zonas de elevada altitud de Tenerife, La Palma, Gran Canaria.

También en zonas altas pero de menor altitud a las anteriormente citadas, se registran medias que oscilan entre los 6 y 10 °C, caso de las cordilleras Béticas, Montes de León, cordillera Cantábrica, Pirineos, Sistema Central y Sistema Ibérico, donde las propiedades del Mediterráneo van tomando particularidades continentales originando índices más rigurosos. En Canarias se registra también este promedio en zonas altas de las islas de Santa Cruz de Tenerife, La Palma y Gran Canaria.

Con índices más templados, que oscilan entre 10 y 14° C de temperatura media anual, tenemos a casi toda la superficie de la mitad norte de España, exceptuando la depresión del Ebro, los litorales gallegos, y núcleos del litoral cantábrico. En la mitad sur de España también existen núcleos con estos promedios, como ocurre en las cordilleras Béticas, sierra de Cazorla, y en los Montes de Toledo. Aquí tiene gran influencia la continentalización (Figura 13), que aumenta la amplitud térmica, proporcionando, por ejemplo, a gran parte de Castilla-la-Mancha, inviernos largos y rigurosos.

La mitad sur de España se caracteriza por tener índices que oscilan entre 14 y 18° C de temperatura media anual. El área con este promedio es el que abarca más extensión. Se registra esencialmente en la mayor parte de la Meseta Sur; en Baleares; en zonas de altitud media-baja de todas las Islas Canarias; en gran parte de la Depresión del Ebro; en Extremadura; en casi la totalidad del litoral mediterráneo, excepto en núcleos de Murcia y Almería, y algunos en Cataluña y Granada; y en la mayor parte de Andalucía. En Baleares se registran temperaturas similares a las del litoral valenciano, ya que las islas están situadas a semejante latitud y altitud que las costas de la Comunidad Valenciana. Además, se registra en zonas litorales de la mitad norte, como en Galicia, Cantabria y Vizcaya, lugares donde tiene influencia la acción suavizadora del mar proporcionando promedios más elevados de lo que le correspondería latitudinalmente. Según Aupí (2004), en las costas gallegas, el océano Atlántico durante el invierno actúa como una masa cálida en relación con la Península, y ocurre al contrario en verano, cuando el aire marítimo penetra, el océano trata de equilibrar la temperatura.

Las diferencias notables de temperatura entre la submeseta norte y la submeseta sur se deben a que la norte al poseer más altitud, más latitud y un mayor efecto de la continentalidad registra temperaturas más bajas. La submeseta sur, en cambio, tiene una mayor influencia oceánica procedente del suroeste ya que no tiene obstáculos orográficos que imposibiliten la irrupción de masas oceánicas de poniente. Es importante señalar la diferencia de altitud de los relieves montañosos que delimitan la submeseta norte con la submeseta sur, considerablemente inferiores.

Por último, como las zonas más cálidas de España, con valores que oscilan entre 18 y 22 °C de temperatura media anual, tenemos el área de la Depresión del Guadalquivir, y núcleos en las provincias de Huelva, Cádiz, Alicante y Murcia, donde abarca toda el área del Mar Menor. Además de la influencia que ejerce la latitud, según Albentosa (1989): “los vientos marinos penetran por los valles fluviales y son responsables, por ejemplo de los valores elevados que se obtienen en el valle del Guadalquivir” (p. 58).

Como hemos visto, en España se registran contrastes bien definidos e irregularidades sometidas a una serie de factores. Existen tres a considerar: latitud, influencia del mar y relieve. La latitud es un factor clave, ya que la temperatura aumenta de norte a sur, donde las zonas marítimas más meridionales registran las medias más altas. Respecto a la acción suavizadora del mar, atañe a las zonas del litoral y su influencia hacia el interior está limitada por la existencia de relieves montañosos. Ésta tiene gran importancia en el Cantábrico. Por último, el relieve, donde la altitud influye fuertemente modificando la temperatura.

Como conclusión, destacaríamos que hay un incremento de temperatura en la costa y sus alrededores, disminuyendo ésta hacia el interior, en mayor medida cuanto mayor obstáculo suponga el relieve. Es decir, los valores aumentan desde el interior hacia el litoral, y disminuyen de sur a norte, a igualdad de altitud. En el interior los promedios disminuyen de poniente a levante.

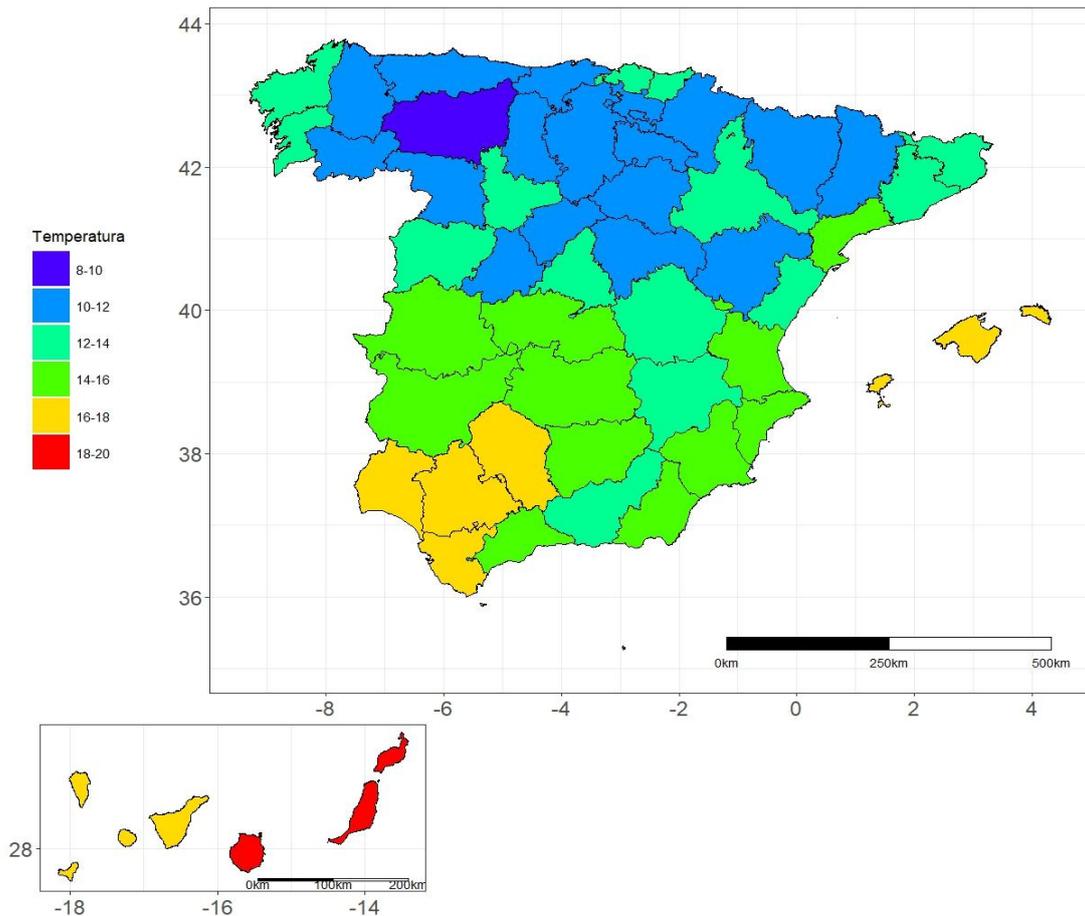


Figura 12. Temperatura media anual clasificada por provincias en °C. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

En este mapa (Figura 12) se expone la temperatura media anual de cada provincia de España, reflejada en grados centígrados, a través de los valores de las temperaturas medias que han sido registradas durante cada mes del año.

Analizando el mapa (Figura 12), podemos observar que no hay un predominio claro de un valor determinado, sino que se reparten los valores de manera heterogénea por todo el territorio.

La provincia con la temperatura más baja es León, con valores que oscilan entre 8 y 10 °C. Estos valores se deben, sobre todo, a la altitud y a la altitud. Más de la mitad de la superficie de la provincia de León se encuentra a más de 1.000 m. En ella se halla una parte de la cordillera Cantábrica y los Montes de León, ambos relieves de gran altitud y sin costa, su nivel de base es la submeseta norte. Este factor, unido a la continentalidad, genera en esta provincia inviernos fríos y largos, con heladas frecuentes.

Por debajo de estos promedios, nos encontramos con una serie de provincias, todas ellas ubicadas en la mitad norte de España. Con valores entre los 10 y 12 °C, tenemos a Orense, Lugo, Asturias, Cantabria, Palencia, Zamora, Burgos, La Rioja, Álava, Navarra, Huesca, Lleida, Teruel, Guadalajara, Soria, Segovia y Ávila. La altitud, la latitud y la continentalidad son tres de los factores responsables de estos bajos promedios. Algunas provincias, caso de Teruel, tienen una ubicación relativamente cercana a la costa pero la disposición periférica de los relieves en España acelera el proceso de continentalidad.

Con valores entre 12 y 14 °C, se hallan muchas provincias, diseminadas por cada rincón del territorio español. En el sur tenemos a Granada, la única provincia de Andalucía con estos valores. La altitud que sufre la mayor parte de la provincia, como es el caso de Sierra Nevada con su clima de montaña, hacen que esta provincia tenga estos promedios de temperatura. Más al norte, con los mismos promedios, tenemos a las provincias de Albacete, Cuenca, Madrid, Castellón, Girona, Barcelona, Guipúzcoa, Vizcaya, La Coruña, Pontevedra, Salamanca, Valladolid y Zaragoza. En el caso de Zaragoza, se registran estos promedios por hallarse en esta provincia la depresión del Ebro, ya que la carencia de relieves montañosos en esta cuenca suaviza la temperatura. Otro caso significativo es el de las provincias de La Coruña y Pontevedra. Situadas en el litoral y con menos relieve, aumentan sus promedios, en relación con las otras provincias gallegas situadas en el interior y con más relieve, a causa de la apertura al mar, que ejerce de termo regulador en esta área, suavizando así las temperaturas y rebajando la amplitud térmica (Figura 13). No ocurre esto en las provincias de Orense y Lugo, con un clima más continental y menos oceánico que las provincias de La Coruña y Pontevedra, donde el efecto regulador del agua no suaviza las temperaturas.

Con promedios que oscilan entre los 14 y 16 °C, se hallan las provincias de Extremadura, Toledo, Ciudad Real, Jaén, Málaga, Almería, Murcia, Alicante, Valencia y Tarragona. La depresión del Ebro, a su paso por la provincia de Tarragona, tiene en esta provincia el mismo efecto que en el caso de Zaragoza, generando una temperatura más suave de lo que le correspondería, si tuviéramos en cuenta su ubicación latitudinal.

Por encima de estos promedios, y siendo la zona más cálida de la Península, se encuentran las provincias andaluzas de Sevilla, Cádiz, Huelva y Córdoba con promedios que superan los 16 °C. En los mismos valores se encuentran las cinco islas baleares y las islas

occidentales del archipiélago canario, es decir, la provincia de Santa Cruz de Tenerife, formada por La Palma, La Gomera, El Hierro y Tenerife.

Las Canarias tienen unas características y particularidades propias. Es significativo que la mitad occidental de las islas Canarias posea un promedio que oscila entre los 16° y los 18 °C, y la otra mitad oriental registre otro con temperaturas superiores a los 18 °C. Sabemos que las temperaturas medias sufren un descenso con el aumento de la altitud y esto es exactamente lo que ocurre en este caso: además de la latitud en la que se ubican las islas, el escaso relieve de las islas orientales, sobre todo, Fuerteventura y Lanzarote es quien dictamina e induce estas diferencias térmicas, convirtiendo a Gran Canaria, a pesar de la corriente marina fría que recibe, en la provincia más calurosa de España.

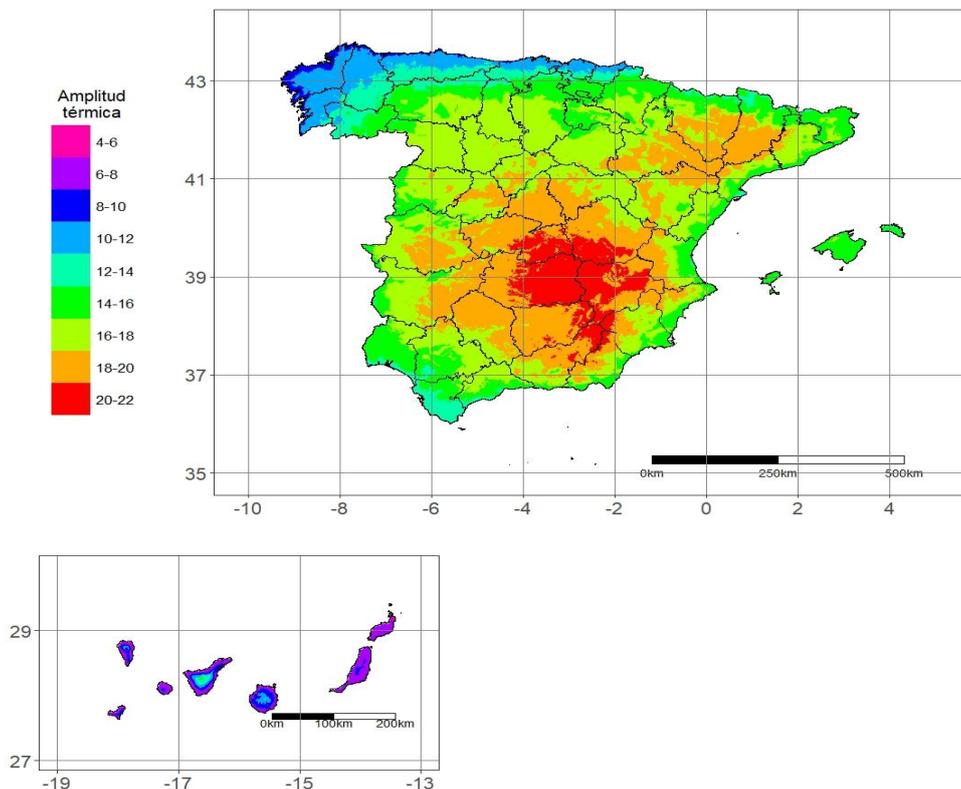


Figura 13: Amplitud térmica en °C. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Como ya sabemos, la amplitud térmica es la diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el más frío. En este mapa (Figura 13) vemos el contraste de amplitud térmica que existe entre el interior de la Península y las zonas circundantes. Observamos que es en la cuenca del Ebro y las submesetas, sobre todo, en la submeseta sur, donde se llegan a

alcanzar los valores máximos, con una amplitud de entre 20 y 22 °C en gran parte de Castilla-la-Mancha. En la cuenca del Ebro vemos unos valores inferiores pero también con una contrastada amplitud térmica. Este caso tiene su explicación en la orografía, ya que la disposición de ésta no permite que penetren las influencias procedentes del mar.

Por otra parte, la amplitud térmica mínima se registra en el litoral septentrional, sobre todo en las zonas más de costa, ya que aquí interviene más la influencia del viento frío procedente del norte en época estival, y del viento templado procedente del oeste en invierno (Font, 2000). A ella se une Canarias, con el efecto del alisio, y un menor contraste estacional de horas diurnas por su situación latitudinal.

Como conclusión, estos rasgos de continentalidad tan contrastados se deben según Martín (2001): “a la compacidad y altitud de sus tierras, la disposición periférica de algunas de sus principales cordilleras y la escasa articulación de la costa” (p. 62).

Viento

Si la comparamos con otras europeas, España es una tierra poco ventosa, debido a su ubicación respecto a los sistemas de distribución de la presión atmosférica, quedando lejos de la zona de fuertes vientos (Font, 2000).

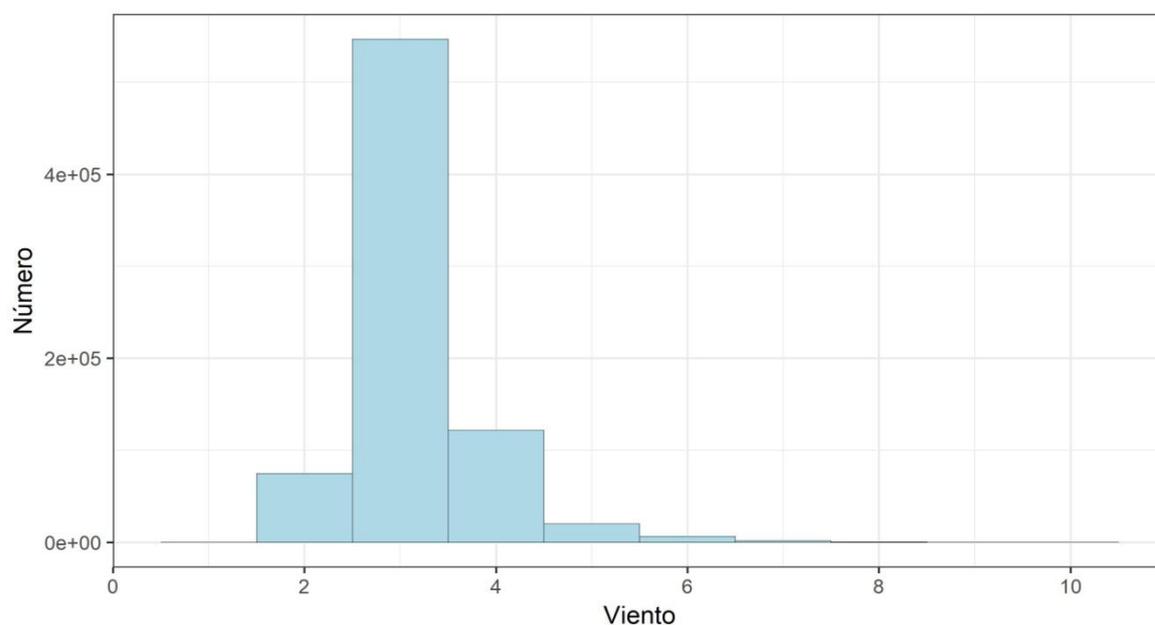


Figura 14. Velocidad del viento en m/s. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Como se observa en el histograma (Figura 14), el valor más frecuente que se da en España es el de 3 m/s. Los valores más representativos se agrupan en el intervalo comprendido entre 2 y 4 m/s. Valores típicos que se registran habitualmente en todo el territorio peninsular, de norte a sur y de este a oeste, excepto en puntos altos de las cordilleras más elevadas, donde pueden registrarse valores superiores.

Por el contrario, poco frecuentes son los valores de 5 y 6 m/s, que únicamente se registran en territorios más elevados, como las islas occidentales de Canarias, Gran Canaria, en Pirineos, y en la cordillera Cantábrica.

Por último, comentar la poca frecuencia con que se registran valores de 7 y 8 m/s. Estos promedios únicamente aparecen en cotas muy altas de montaña, en áreas de mucho relieve como Pirineos o en las islas canarias de Santa Cruz de Tenerife y La Palma.

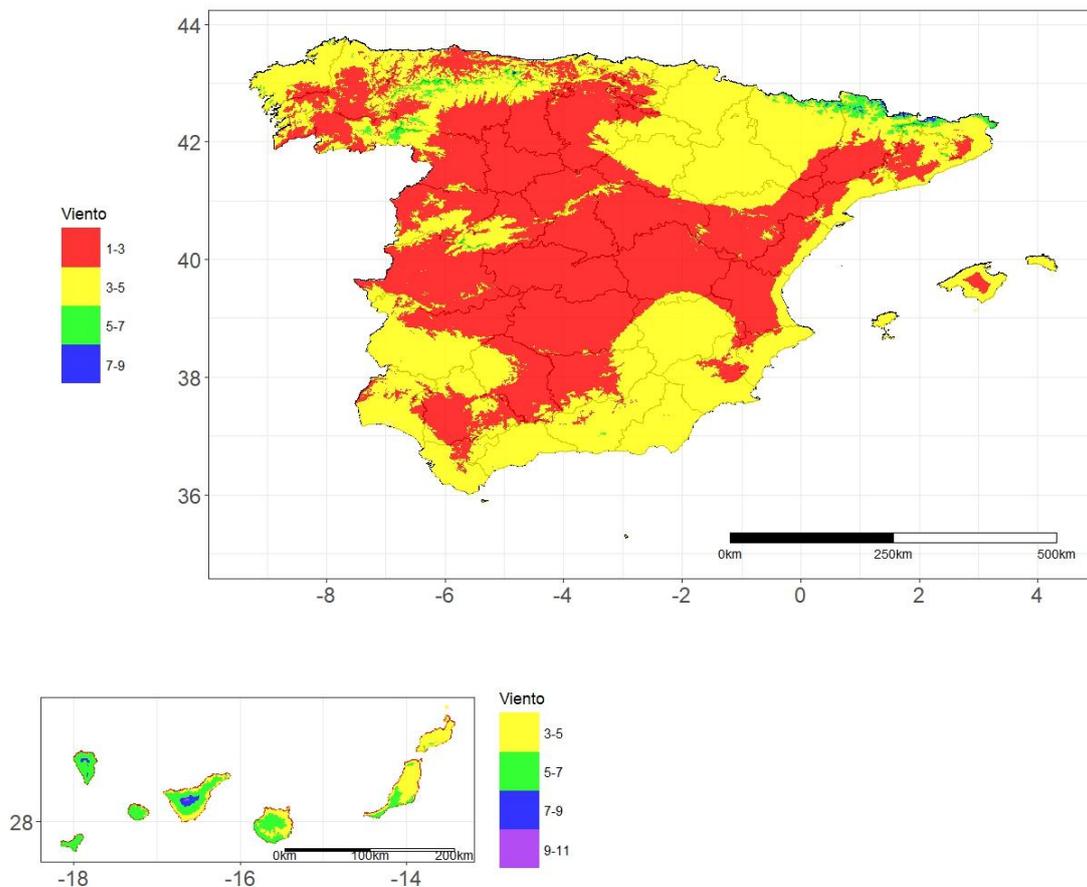


Figura 15. Velocidad media del viento en m/s. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Como vemos en el mapa (Figura 15), la zona donde se registra mayor velocidad media del viento es el área perteneciente al pico del Teide en la isla de Santa Cruz de Tenerife, con valores que oscilan entre los 9 y 11 m/s. Estos valores se deben a su relieve, el más alto de España, ya que la velocidad del viento incrementa con la altura. Al rozar con la superficie terrestre, el viento se va deteniendo. Según Martín y Olcina (2001): “los lugares topográficamente sobresalientes, como las cimas montañosas, son más ventosos que aquellos situados en las depresiones” (p. 78).

Con valores inferiores a los de la isla tinerfeña pero los más altos registrados en la Península que oscilan entre 7 y 9 m/s, observamos una serie de núcleos situados en la zona central del Pirineo, todos ellos en zonas de montaña de gran altitud y con climas rigurosos. Un segundo núcleo con estos promedios se encuentra en la parte central de la cordillera Cantábrica, más exactamente en los Picos de Europa, área también de gran altitud. En Canarias también existen zonas con estos promedios, como el borde en forma de

circunferencia del pico del Teide, antes mencionado, y otro núcleo en el centro de la isla de La Palma, la segunda isla más elevada del archipiélago canario. Además del relieve, cabe destacar la influencia que tiene aquí el alisio, que es un viento subtropical de dirección noreste-suroeste, que sopla con más frecuencia en las Islas Canarias.

En el Pirineo catalán y aragonés se localizan núcleos en zonas de menor altitud que las anteriormente nombradas pero que sufren una considerable actividad eólica con valores de entre 5 y 7 m/s. Mismos valores registrados en una franja fronteriza con Francia en el norte de la costa brava gerundense, extendiéndose desde Roses y Cadaqués en el litoral hacia el interior. También se puede observar una extensa franja horizontal de núcleos con estos promedios en la cordillera Cantábrica y otro núcleo de mayor magnitud en los Montes de León. De menor tamaño, observamos dos núcleos con estos promedios en dos sierras diferentes: uno en la sierra de Gredos, y otro en Sierra Nevada.

De toda España, es en Canarias donde más se reflejan estos valores, abarcando más de la mitad de la superficie total del archipiélago, con un dominio casi por completo en las islas de La Palma, La Gomera y El Hierro. Al igual ocurre en la isla de Santa Cruz de Tenerife, que exceptuando su litoral con menor actividad eólica y su parte central con índices muy elevados, mantiene estos índices de entre 5 y 7 m/s. En la isla de Gran Canaria ocupa más de la mitad de la superficie. En Fuerteventura y Lanzarote sí hay una disminución de la actividad eólica, siendo la segunda quien posee índices menos elevados.

Como podemos observar (Figura 15), una gran extensión de territorio registra valores poco ventosos, de entre 3 y 5 m/s. Todo el litoral español, a excepción de núcleos en el mar Cantábrico, registra estos valores. También en las islas Baleares y Lanzarote se registra este modesto índice de viento. Es en Navarra y Aragón donde más se extiende este valor, superior en relación a sus tierras periféricas por sur, este y oeste, que registran valores por debajo de 3 m/s. Esto se debe, entre otros factores, a la actividad del viento del cierzo. Es el viento que sufren estas dos comunidades autónomas con frecuencia. Sopla desde el noroeste y genera disminuciones de temperatura y humedad, así como de sensación térmica.

A excepción de las áreas de alta montaña, el litoral de la Península es más ventoso que la parte interior, donde se sitúan las mesetas que normalmente están en calma, y registran valores muy bajos, como veremos a continuación. La causa de una mayor actividad eólica en el litoral se debe a los vientos que inciden desde el mar hacia la costa.

Por otra parte, la baja actividad eólica registrada en Baleares, asiduamente en calma, se debe a que las particularidades geográficas de las islas, sobre todo, Mallorca y Menorca, imposibilitan la actividad de un sistema de brisas y de otras corrientes generales (Font, 2000).

Si nos fijamos en el mapa (Figura 15), resultan llamativos los valores que se registran en los bordes litorales de Andalucía, que llegan a abarcar más superficie del interior en comparación con las costas catalanas y valencianas, extendiéndose desde Almería hacia el interior hasta llegar a cubrir toda la provincia de Albacete.

Como zonas menos ventosas de España, con unos índices paupérrimos de actividad eólica, que oscilan entre 1 y 3 m/s, tenemos una amplia extensión que ocupa, sobre todo, el centro del país y los bordes interiores del litoral.

Como conclusión, podríamos decir que las zonas más ventosas del país son las islas con más relieve, que sufren el alisio, en Canarias y los puntos más elevados de las cordilleras españolas. El factor que más influye en la actividad eólica en España es, sin duda, la orografía. La velocidad del viento incrementa con la altura, por eso los valores más altos se registran en cotas altas de los picos y cordilleras con mayor elevación del país. La meseta es quien registra valores más modestos ya que, al estar rodeada de relieves montañosos, éstos ejercen de escudo orográfico que hacen que se encuentre habitualmente en calma. También en zonas como el interior de Cataluña, la región leonesa de El Bierzo y algunos valles gallegos se registran valores similares a los de la meseta, debido a que sus características orográficas las protegen del viento.

Como podemos observar (Figura 16), España no tiene promedios muy altos en lo que a la circulación del viento se refiere.

Si nos fijamos en el mapa (Figura 16), podemos observar que, a excepción de Valencia y Castellón, las provincias con menor promedio son las ubicadas en el interior, ya que las mesetas suelen estar en calma. Al estar rodeadas de relieves montañosos, éstos ejercen de escudo orográfico reduciendo así la velocidad de los vientos.

Con promedios superiores que oscilan entre 3 y 5 m/s nos encontramos con las provincias litorales de Andalucía y Jaén, todas las provincias catalanas, todas las provincias gallegas, Badajoz, Albacete, Ávila, Huesca, Zaragoza, La Rioja, Navarra, Soria, Guipúzcoa, Vizcaya,

Asturias, Cantabria, Zamora y León. También comparte este promedio las Islas Baleares y las islas pertenecientes a la provincia de Gran Canaria.

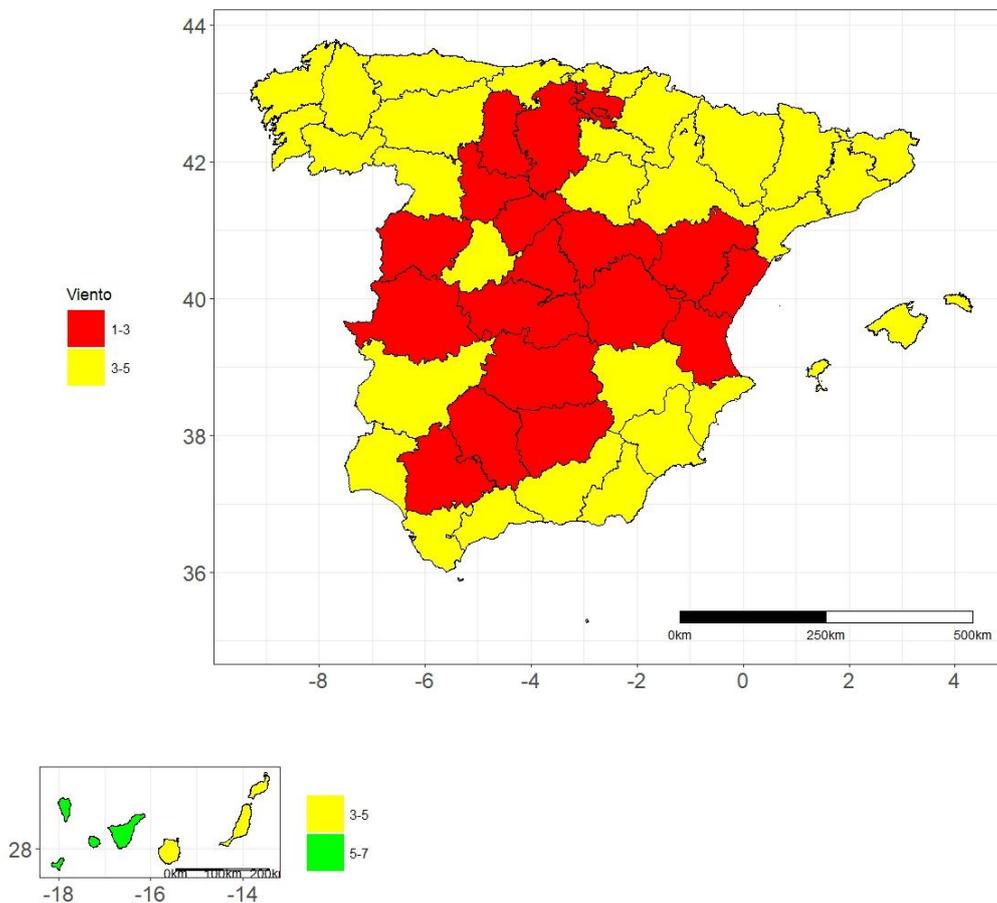


Figura 16. Recorrido medio del viento en m/s clasificado por provincias. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

El promedio más elevado de España se registra en las islas occidentales canarias, pertenecientes a la provincia de Santa Cruz de Tenerife. Estas islas están bajo dominio del alisio y además poseen un relieve elevado. En ellas se alcanzan promedios de entre 5 y 7 m/s.

Radiación Solar

Antes de comenzar, es menester aclarar que la mayor parte de la radiación solar procedente de la atmósfera no logra entrar en las capas más bajas de ella, ya que experimenta reflexiones hacia el espacio exterior, filtraciones de mano de la capa de ozono o se disemina en el núcleo de la masa atmosférica. La radiación que alcanza al final el suelo, sufre alteraciones y conversiones, ya que una parte la capta la superficie terrestre y la devuelve a la atmósfera por reflexión en formato de radiación de onda larga. Esta corriente energética ejerce un rol esencial en la temperatura del aire (Albentosa, 1989).

La radiación solar depende, entre otros factores, de la latitud, ya que en función de ésta cambia el ángulo de incidencia, es decir, la altura del sol sobre el horizonte que cambia durante el día y el año; el estado del cielo, ya que la nubosidad atenúa y reduce la radiación solar; de la duración del día; de la altitud, ya que a mayor elevación la atmósfera es más fina, por lo que hay una mayor radiación solar; y de la insolación, la cantidad de energía de radiación solar que logra llegar a la superficie terrestre (Martín, 2001).

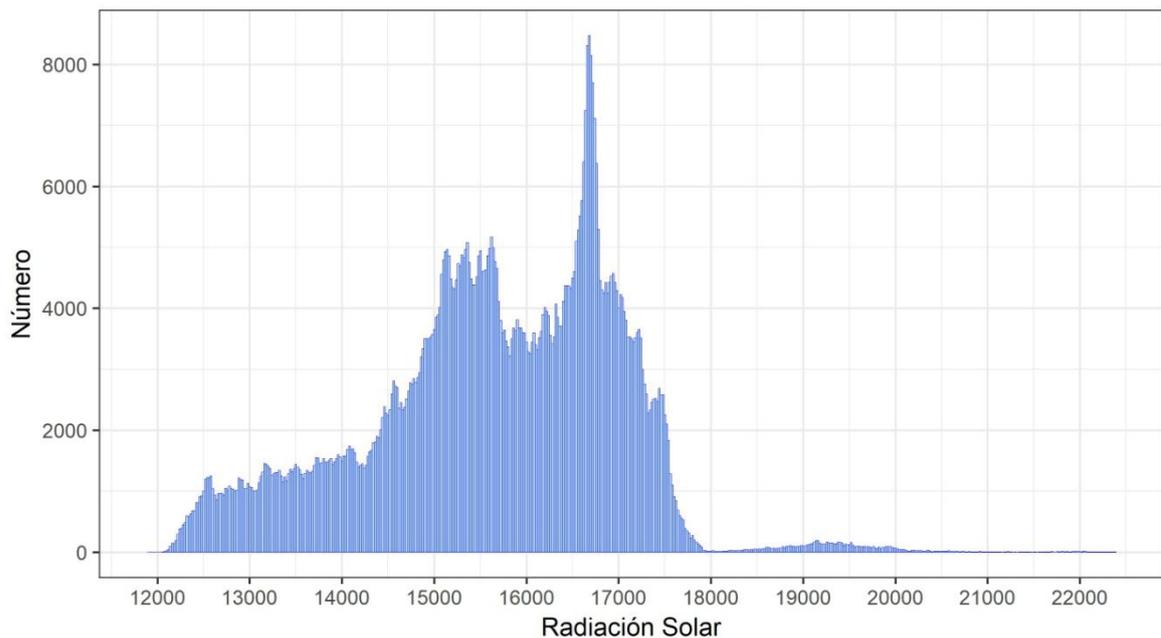


Figura 17. Radiación solar media en kJ/m² al día. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Como se observa en el histograma (Figura 17), el valor más frecuente que se da en España es el de alrededor de 16.600 kJ/m². Los valores más representativos se agrupan en el intervalo comprendido entre 15.000 y 17.000 kJ/m². Valores típicos que se registran habitualmente en el centro de la Península.

Por el contrario, poco frecuentes son los valores desde el 12.000 hasta el 14.500 kJ/m², que únicamente se registran en los territorios más septentrionales del país, como Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco, donde marcan la diferencia los factores de la latitud y la nubosidad, además de ser zonas donde se absorbe mayor cantidad de radiación solar por retener un mayor contenido del aire en vapor agua.

Por último, comentar la poca frecuencia con que se registran valores de 18.000 kJ/m² en adelante. Estos promedios únicamente aparecen en las latitudes más bajas de la Península y en Canarias, donde se llega a alcanzar los 22.000 kJ/m², como vemos en una fina línea que apenas se alza del eje horizontal.

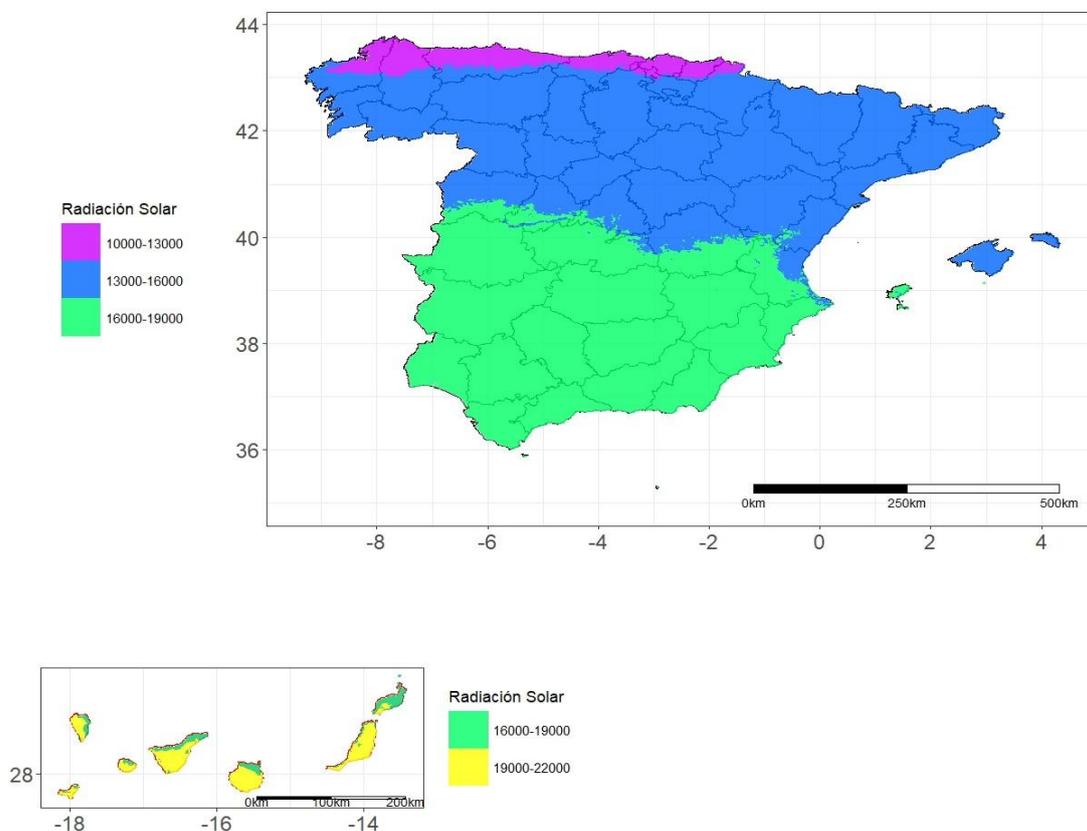


Figura 18. Radiación solar media anual en kJ/m² al día. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

El mapa de distribución (Figura 18) muestra cuatro áreas bien definidas. La primera, con bajos índices de radiación solar, se extiende a través de una franja horizontal en la zona septentrional de España, territorio húmedo y de paisajes verdes, que registra elevados

índices de nubosidad. Esta área abarca la zona noroeste de Navarra, Cantabria, País Vasco, Asturias, y el norte de Galicia.

La disminución de la radiación solar en esta franja se debe a una mayor nubosidad y a un mayor contenido del aire en vapor de agua, quien tiende a absorber una parte de la radiación solar (Font, 2000).

La segunda área, a menor latitud, con menor nubosidad y con índices mesurados de insolación, ocupa toda la mitad norte del país, a excepción de la franja septentrional antes comentada. Esta área abarca la mitad sur de Galicia, Castilla y León, Navarra, La Rioja, Aragón, Madrid, Cataluña, Menorca, Mallorca, Castellón y el litoral de Valencia.

Y, por último, en lo que a la Península se refiere, el área de elevados índices de radiación solar, que comprende toda la mitad sur de España, abarcando Castilla la Mancha, Extremadura, Andalucía, Ibiza, Formentera, Murcia, el sur de la Comunidad Valenciana y las zonas norte de las Islas Canarias.

En estas áreas se llegan a superar las 3.000 horas de sol al año, siendo la más soleada, la localidad de San Fernando, en Cádiz, que cuenta con casi 3.400 horas de sol anuales (Capel, 1981).

En lo que respecta a Canarias, vemos en el mapa que todas sus islas registran valores superiores a los 19000 kJ/m² al día, índices insólitos en la Península. Esto es debido a la latitud en la que se encuentra el archipiélago canario y al estado del cielo, que permanece habitualmente despejado.

En las Islas Canarias, el centro de la isla de Tenerife y la isla del Hierro, son quienes más insolación tienen, rebasando las 3.400 horas anuales de sol. En definitiva, índices muy elevados que se acercan a los registrados en desiertos subtropicales, en Arizona, México o Egipto. En todas las islas del archipiélago canario, podemos observar que existe un contraste entre las zonas norte y sur de las islas. Esto se debe, al mar de nubes: una capa de nubosidad creada por los vientos alisios procedentes del océano y que se posa en las zonas norte de las islas (Martín, 2001). Este fenómeno natural provoca, además de precipitaciones, que la vertiente sur sea aproximadamente 2° más caliente que la norte (Font, 2000).

La variación anual es una muestra de la evolución de la duración media del día, por lo que se perciben unos valores máximos en los meses de verano (junio y julio), con diferencias

entre el norte y el sur; y un mínimo en diciembre, valores que igualmente representan diferencias entre norte y sur. La radiación solar aumenta en época estival por dos factores: en estío hay mayor iluminación y el tiempo se mantiene normalmente estable y con poca nubosidad (Capel, 1981).

Como conclusión, vemos un crecimiento progresivo y regular de la radiación solar a medida que nos desplazamos latitudinalmente de norte a sur, llegando al máximo valor registrado en Canarias, donde el ángulo de incidencia del sol es mayor. Considerando las zonas poco soleadas, donde hay menos de 13000 Kj/m² y como muy soleadas donde se registran valores desde 16.000 hasta 22.000 Kj/m², nos podemos encontrar con que la zona poco soleada queda acotada a un comprimido borde septentrional, y la muy soleada abarca toda la mitad meridional y el archipiélago canario. Estas diferencias están sometidas a dos factores fundamentales: la latitud y el estado del cielo.

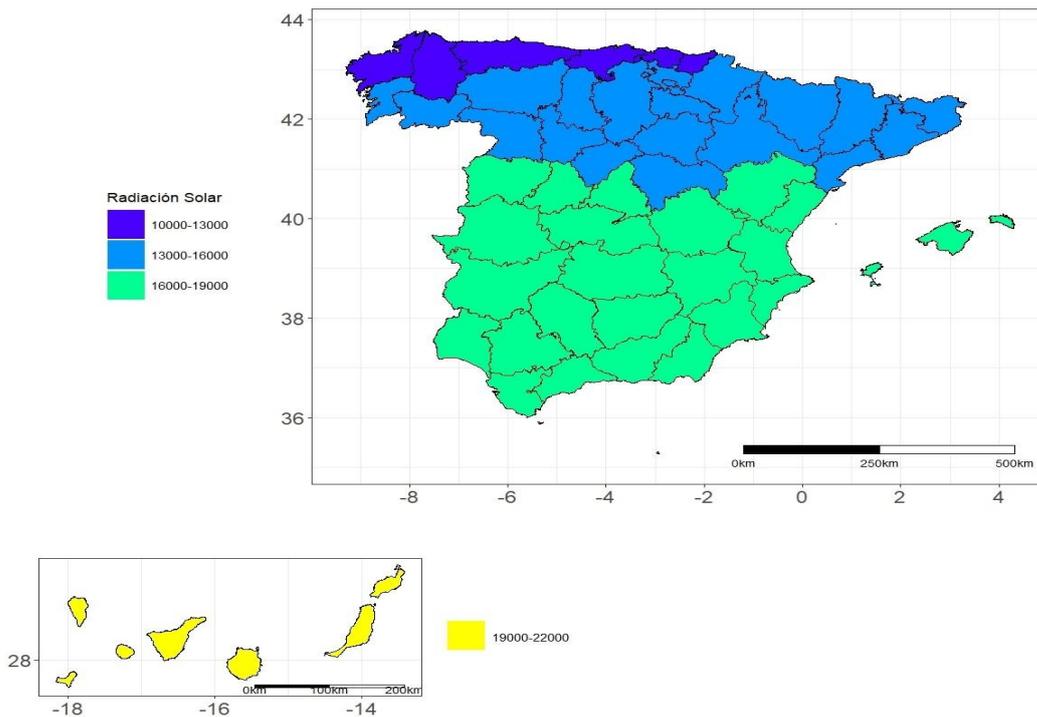


Figura 18. Radiación solar media anual en kJ/m² al día clasificada por provincia. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

El mapa de distribución provincial (Figura 18) muestra tres áreas en la Península, y una destinada solo a Canarias. La primera con bajos índices de radiación solar, que oscilan entre 10.000 y 13.000 kJ/m² al día, pertenece a provincias litorales situadas en el norte, y todas en contacto con el Cantábrico: La Coruña, Lugo, Cantabria, Asturias, Vizcaya y Guipúzcoa. Esto se debe a que, además del factor decisivo de la latitud, en estas provincias

se registran elevados índices de nubosidad y un mayor contenido de aire en vapor de agua, quien es propenso a absorber un porcentaje considerable de la radiación solar.

La segunda área, con índices menores de insolación que se sitúan entre los 13.000 y los 16.000 kJ/m² diarios, abarca provincias de la mitad norte de España, como Pontevedra, Orense, León, Zamora, Palencia, Valladolid, Burgos, Segovia, Guadalajara, Soria, La Rioja, Álava, Navarra, Huesca, Zaragoza, Lleida, Girona, Barcelona y Tarragona.

Y, por último, el área de elevados índices de radiación solar, que supera los 16.000 kJ/m² sin llegar a sobrepasar los 19.000 kJ/m², comprende las provincias de Castilla la Mancha, de Extremadura, de Andalucía, de la Comunidad Valenciana, las Islas Baleares, y Murcia. Además de Teruel, Salamanca y Ávila. Estos promedios se deben al elevado número de horas de sol. Al igual que las dos provincias de las Islas Canarias, que registran índices de entre 19.000 kJ/m² diarios a los 22.000 kJ/m² diarios. Promedios típicos de desiertos subtropicales.

CONCLUSIONES

En España se halla una considerable variedad climática (Figura 19) debido a su complicada orografía y a su ubicación geográfica. Prueba de ello son las desigualdades de los promedios anuales registrados entre las zonas más cálidas y las de temperaturas más rigurosas, donde se alcanzan índices de entre 16 y 18 °C de diferencia. Esto ocurre también en lo que a la precipitación se refiere, donde los promedios de zonas áridas ni siquiera alcanzan los 300 mm, mientras los de las zonas más lluviosas se aproximan a los 2000 mm.

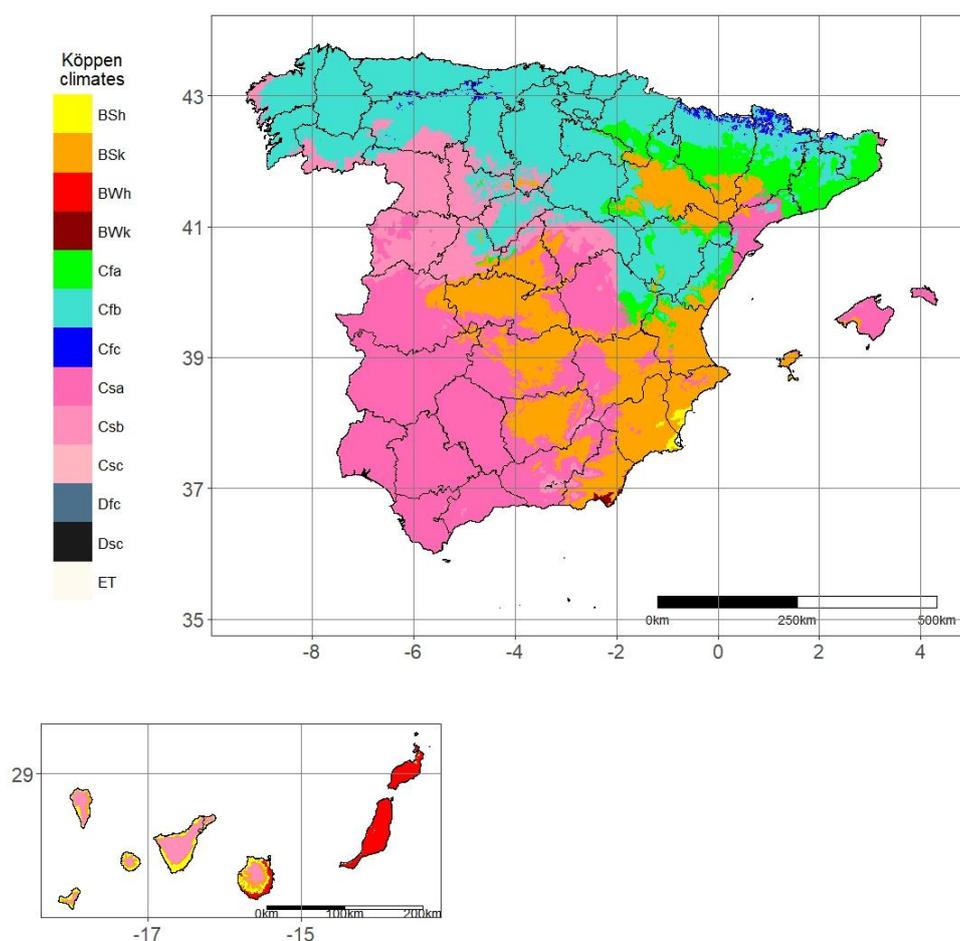


Figura 19. Distribución de climas en España, siguiendo la clasificación de Köppen-Geiger. Fuente de datos: Fick and Hijmans (2017). Elaboración propia.

Las áreas septentrionales de España reciben una gran suma de precipitaciones, una habitual nubosidad, y como consecuencia, una menor insolación que las áreas meridionales, que suelen registrar temperaturas elevadas, una mayor insolación y una notable aridez. Entre estos dos extremos, nos encontramos con las mesetas, que sufren, debido a la

continentalidad, una gran amplitud térmica con inviernos largos y rigurosos y veranos cálidos, o incluso sofocantes, como es el caso de la submeseta sur.

Concluyendo, diremos que en España las temperaturas disminuyen de sur a norte, y en el interior de poniente a levante. La mayor amplitud térmica la encontramos en la submeseta sur y la menor en Canarias. La altitud es el factor que más influye en la actividad eólica en España, por eso las zonas más ventosas son las islas con mayor relieve en Canarias y las cotas más elevadas de las cordilleras españolas. Los índices con menor actividad eólica se registran en la meseta que, al estar rodeada de relieves montañosos que actúan de barrera orográfica, se encuentra normalmente en calma. La radiación solar crece progresivamente de norte a sur, llegando al valor máximo que se registra en Canarias, donde, debido a la latitud, el ángulo de incidencia del sol es mayor que en otras áreas más septentrionales, caso del borde septentrional que registra el índice más bajo y ocupa áreas de las provincias de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra, donde además de la latitud, tiene gran influencia otro factor: la nubosidad.

En definitiva, España es en conjunto una tierra seca. Sin embargo, la influencia del mar y la continentalidad, y en especial, el complejo relieve y su elevada orografía propician una amplia gama de matices que dan como resultado un complejo puzzle climático.

BIBLIOGRAFIA

- AEMET. (2011): *Atlas Climático Ibérico*. Agencia Estatal de Meteorología. 80 p.
- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. (1989): *El clima y las aguas*. Ed. Síntesis. 240 p.
- AUPÍ ROYO, V. (2004): *Guía del clima de España*. Ed. Omega. 336 p.
- BIELZA DE ORY, V. (1989): *Territorio y Sociedad en España I: Geografía física*. Taurus. 441 p.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981): *Los climas de España*. Ediciones Oikos-Tau. 429 p.
- DE CASTRO MUÑOZ DE LUCAS, M. y MARTÍN VIDE, J. (2005): *The climate of Spain: Past, Present and scenarios for the 21st Century*. 62 p. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/01_The_climate_of_Spain_ing_tcm7-199429.pdf [21/03/2017]
- DE TERÁN ÁLVAREZ, M., SOLÉ SABARÍS, L. y VILÀ VALENTÍ, J. (1986): *Geografía General de España*. Ariel. 494 p.
- FICK, S. Y HIJMANS, R.J. (2017): *WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5086/abstract> [10/06/2017]
- FONT TULLOT, I. (2000): *Climatología de España y Portugal*. (2ª Edición). Ediciones Universidad Salamanca. 422 p.
- FUENTES YAGÜE, J.L. (2000): *Iniciación a la meteorología y la climatología*. Ediciones Mundi-Prensa. 222 p.
- GIL OLCINA, A. y GÓMEZ MENDOZA, J. (2001): *Geografía de España*. Ariel. 675 p.
- GIL OLCINA, A. y OLCINA CANTOS, J. (1997): *Climatología general*. Editorial Ariel. 579 p.
- GÓMEZ NAVARRO, J.J. (2011): *Regional modelling of climate evolution in the last millennium and future projections*. Tesis. Universidad de Murcia. 219 p.
- HUFTY, A. (1976): *Introducción a la Climatología*. P.U.F. 184 p.
- MADEREY RASCÓN, L.E. (2005): *Principios de Hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico*. Instituto de Geografía de la UNAM de México D.F. 102 p. Recuperado de:

http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_tex_uni/G_S_XXI_Principios_de_hidrogeograf%C3%ADa_portada.pdf
[29/04/2017]

- MARTÍN VIDE, J. y OLCINA CANTOS, J. (2001): *Climas y tiempos de España*. Alianza Editorial. 258 p.
- MARTÍN VIDE, J. (2003): *El tiempo y el Clima*. Editorial Rubes. 128 p.
- MASACH ALAVEDRA, V. (1954): *Geografía de España y Portugal*. Barcelona. 316 p.
- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. y MCMAHON, T.A. (2007): *Updated Köppen - Geiger climate map of the world*. Recuperado de: <https://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html> [10/10/2018]
- RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, R.M., BENITO CAPA, A. y PORTELA LOZANO, A. (2004): *Meteorología y Climatología*. FECYT. 170 p. Recuperado de: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf> [05-05-2017]
- VILÁ VALENTÍ, J. (1961): *El Sud-Este peninsular, una región climática*. Miscellania Fontseré. 445 p.
- VVAA (2014): “*Vocabulario climático para comunicadores y divulgación general*”. AEC y ACOMET. 50 p.