ANEXO I

REGISTRO DE ENTRADA

DOCUMENTO DE DEPÓSITO DE TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO UNIVERSITARIO EN: Geografía y Gestión del Territorio
CURSO ACADÉMICO: 2016/2017
CONVOCATORIA: Septiembre

Apellidos y nombre del alumno/a: Alfonso Gutiérrez, Juan Antonio
DNI: 77.851.450 - S
Teléfono de contacto: 656 33 45 10
Correo electrónico: juaalfgut@gmail.com

Título del TFG: Análisis de la distribución espacial de la pluviometría anual en la península ibérica a partir del Global Climate Monitor (1901-2016)

Tutor/es:
1. Mónica Aguilar Alba
2. Juan Manuel Camarillo Naranjo.

Vº Bº Tutor/es

Mónica Aguilar Alba — Juan M. Camarillo

Fdo. (tutor/es) — Fdo. (alumno/a)

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE GEOGRAFIA E HISTORIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA FISICA Y ANALISIS GEOGRAFICO REGIONAL

En Sevilla, a 13 de Julio de 2017

Fdo.: Juan Antonio Alfonso Gutiérrez

[NOTA: Se ruega completar a ordenador o con letra muy clara, especialmente los datos de contacto]

ANEXO II - DECLARACIÓN PERSONAL DE NO PLAGIO

D/Dª Juan Antonio Alfonso Gutiérrez , con DNI 77.851.450 - S , estudiante del Grado/Máster en Geografía y Gestión del Territorio
De la Universidad de Sevilla durante el curso académico 2016 / 2017, como autor/a de este documento académico titulado:
Análisis de la distribución espacial de la pluviometría anual en la península ibérica a partir del Global Climate Monitor

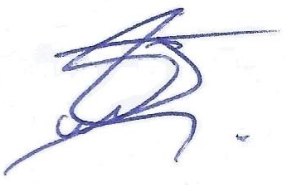
Y presentado como Trabajo Fin de Grado , para la obtención del Título correspondiente,

DECLARA

que es fruto de su trabajo personal, que no copia, ni utiliza ideas, formulaciones, citas integrales o ilustraciones diversas, extraídas de cualquier obra, artículo, memoria, etc. (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen y/o autoría, tanto en el cuerpo de texto como en la bibliografía correspondiente.

Asimismo, es plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos términos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden legal.

Y, para que conste a los efectos oportunos, lo firma, en Sevilla a 15 de **Julio** de 2017



Fdo.: Juan Antonio Alfonso Gutiérrez

Este documento debe incluirse como primera página del Trabajo Fin de Grado/Máster

Índice

Resumen 4
1. Introducción y objetivos 5
1.1 Comportamiento general de la precipitación 5
1.2 Rasgos espaciales y temporales 8
1.3 Causas genéticas 11
1.4 Estado de la cuestión 13
2. Fuentes y datos 14
2.1 Datos de precipitación 14
2.2 Datos de límites físicos 16
2.3 Programas informáticos utilizados 17
3. Metodología 17
3.1 Diseño del modelo de datos 19
3.2 Generación de la base de datos 20
3.2.1 Relación de consultas espaciales 21
3.3 Selección de estadísticos 22
3.4 Análisis de resultados 24
3.4.1 Selección de resultados 25
3.4.2 Geovisor 25
4. Resultados 26
4.1 Caracterización de la precipitación en la península Ibérica mediante estadísticos de tendencia central 27
4.2 Caracterización de la precipitación en la Península Ibérica mediante estadísticos de dispersión 35
4.2.1 Estadísticos de dispersión en valores absolutos 36
4.2.2 Estadísticos de dispersión en valores relativos 40
5. Conclusiones 43
5.1 Conclusiones a partir de las medidas de tendencia central 43
5.2 Conclusiones a partir de las medidas de dispersión 44
5.3 Valoración final 45
6. Bibliografía 46
ANEXOS 49

Resumen

Uno de los principales cometidos históricos que ha desempeñado la Geografía ha sido el estudio y la descripción de la Tierra, en sus distintas dimensiones físicas y humanas. Y conforme al paso del tiempo, esta disciplina y quienes se dedican a ella han sabido adaptarse a los cambios acontecidos a su alrededor. Dejando a un lado los distintos paradigmas históricos adoptados por la Geografía, el mayor cambio producido en esta disciplina es el metodológico.

A día de hoy, los datos geográficos presentan una componente espacial capaz de ser utilizada en las diferentes tecnologías de la información geográfica desarrolladas, lo que supone una gran utilidad a la hora de realizar los distintos análisis que pueden llevarse a cabo. Además, gran parte de ellos se encuentran en la red a disposición del público general. Esto supone un avance en el acceso libre a la información, de la que se nutre este trabajo. En el cual, a partir de una recopilación de información proveniente de grandes bases de datos y de su tratamiento, se desarrolla un análisis de distribución espacial e identificación de grandes patrones para una de las variables climáticas más estudiada en la disciplina geográfica: la precipitación. Todo ello acompañado de una serie de medidas estadísticas que permiten identificar con mayor precisión aquellas zonas con un comportamiento pluviométrico similar. Y enmarcado en una zona como la península ibérica, donde siempre se ha mostrado un especial interés hacia este tipo de fenómenos atmosféricos, debido a lo delicado de la gestión hidrológica en dicho ámbito.

- Palabras clave: Precipitación, distribución espacial, patrones, estadística climática.

Abstract

One of the main historical tasks carried out for Geography has been the Earth's study and description, in their different aspects: physic and human. According to the past of time, this discipline and who engage to her have known to adapt to changes happened around. Leaving distinct historical paradigms adopted for Geography aside, the greatest change occurred in this discipline is over methodological field.

Nowadays, geographic data have a special component capable of been used in the different developed TIG's, which supposes a great utility at the time of doing a great amount of analyses. Moreover, many of them are on the web at general public disposition. This implies an advance in free information access, whereof support this research. In which, based on a compilation of great databases' information and its treatment, it's developed a spatial distribution and large pattern analysis for one of the most studied climate variable in Geography: precipitation. All of that accompanied by a succession of statistical measures which allow for identify those areas with similar rainfall behaviour with high precision. And define in a zone like Iberian Peninsula, where has always show interest toward this atmospheric phenomenon, due to delicate hydrological management in the referred area.

- Keywords: precipitation, special distribution, patterns, climate statistics.

1. Introducción y objetivos

Este trabajo trata sobre un análisis de la pluviometría en la península ibérica a través de una serie de gradientes espaciales, que sirven como herramienta para un estudio más exacto del comportamiento de dicho fenómeno en una escala espacial y temporal determinada. Para la realización de dicho análisis se hace uso de una base de datos espaciales construida a partir de datos obtenidos en el visor Global Climate Monitor.

Así pues, el objetivo que se persigue en este trabajo es el de lograr una caracterización espacial y descripción de la precipitación en el ámbito de la península ibérica, a partir de los datos de precipitación mensual para el periodo 1901-2016. De esta manera se intentarán determinar los factores explicativos de la misma, en una zona donde la gestión y el aprovechamiento del agua es una tarea fundamental para el desarrollo socioeconómico.

La escasez del agua como recurso en la zona de estudio es una característica fundamental de la misma, por ello el papel que juega la precipitación se hace aún más importante si cabe que, en ocasiones y dependiendo del sector que tratemos, puede llegar a actuar como un factor limitante (Martín-Vide, 1996). Y más tratándose de una zona como la península ibérica, donde los fenómenos de precipitación se suceden de manera variable a lo largo del espacio y el tiempo.

1.1 Comportamiento general de la precipitación

Por lo tanto, la precipitación es un factor fundamental en el establecimiento de una variedad climática dentro de la península, siendo además la variabilidad pluviométrica una de las características más influyentes y estudiadas en el clima Mediterráneo (Cortesi, González-Hidalgo, Trigo, & Ramos, 2014), el cual puede considerarse como el más influyente dentro del mosaico climático peninsular. Así pues, el conocimiento de las componentes tanto espacial como temporal de dicha variabilidad es necesario para una caracterización precisa de los efectos pluviométricos.

Para ello, y de acuerdo a Martin-Vide (Martín-Vide, 1996), se pueden establecer una serie de características en el comportamiento de la pluviometría en la península ibérica que se pueden resumir en los diez siguientes puntos:

1. Modesta pluviometría. Aunque generalmente España y Portugal son denominados como países “secos”, es cierto que algunos puntos de la franja septentrional están entre los lugares más húmedos de toda Europa. Pero es la influencia mediterránea la que

marca el comportamiento generalizado, con medias anuales realmente bajas. En tres cuartas partes del territorio las medias están en valores inferiores a 700 mm anuales, casi la mitad por debajo del 500 mm y algunas zonas ni siquiera alcanzan los 100 mm al año.

2. Elevada variabilidad y disparidad pluviométrica. Como ocurre en los climas mediterráneos, la variabilidad interanual es muy acentuada en la península, lo que provoca grandes contrastes en la serie histórica. Este hecho provoca que el coeficiente de variación pluviométrico medio en la Península se sitúe alrededor del 30%, lo que hace necesario tomar series de más de 30 años para hallar un promedio anual con un bajo error estadístico.
3. Irregularidad pluviométrica diaria. Al igual que las cantidades anuales o mensuales de precipitación, las diarias son muy variadas. En algunas zonas mediterráneas un día de lluvias copiosas representa un elevado porcentaje del total anual. La ocurrencia o no de esos días puede marcar el carácter pluviométrico, seco o húmedo, de todo un año.
4. Alta intensidad pluviométrica diaria y horaria. En el ámbito mediterráneo es característica la lluvia torrencial, dando lugar a precipitaciones de alta intensidad. Las cantidades diarias máximas superan los 100 mm diarios para un periodo de retorno de diez años. Y en cuanto a los datos horarios, los máximos para ese mismo periodo de retorno rebasan los 60 mm. También es cierto que los aguaceros no son exclusivos de la fachada mediterránea, pudiéndose dar casos similares incluso en plena Meseta Central.
5. Largos periodos secos. Indudablemente, al existir un nivel de precipitaciones modestas y muy concentradas en el tiempo deben darse prolongados periodos secos. Esto trae consigo el problema asociado de la sequía. En zonas meridionales y orientales de la península se encuentran zonas con rachas de más de cien días si una sola gota de lluvia.
6. Diferencia negativa entre precipitación y evapotranspiración potencial. Conocida como déficit hídrico (o aridez) caracteriza a una amplia extensión de tierras peninsulares, a excepción de la franja cantábrica; desde Galicia a los Pirineos, incluyendo las principales cordilleras de la mitad norte. Y es en el periodo estival cuando esta aridez es más intensa, aunando las altas temperaturas con una prolongada insolación.
7. Diversidad de regímenes pluviométricos estacionales. A los ritmos pluviométricos típicos del clima mediterráneo y los climas de influencia oceánica en las costas

occidentales hay que añadirle ciertos matices. Así pues, en la fachada oriental el efecto del Mar Mediterráneo provoca un máximo de precipitaciones otoñal. Incluso en zonas del Pirineo catalán se puede llegar a invertir el régimen pluviométrico, con máximos en los meses de verano. En total se dan unos catorce regímenes distintos en la península ibérica, imposibilitando su caracterización en función de solo uno de ellos.

8. Desigual reparto estacional de la precipitación. Ligado directamente a la variabilidad interanual, puede suponer una variación bastante considerable del comportamiento medio. Presentando aportes de agua muy diferentes para un mismo lugar y estación a lo largo de los años. Esto, sin duda, dificulta la gestión de cultivos, riegos o abastecimientos.
9. Anomalías pluviométricas contrarias en distintas regiones simultáneamente. El conjunto de la península ibérica puede entenderse como un ámbito interconectado pluviométricamente. A la misma vez que se han registrado fuertes sequías en Euskadi, se dan intensas lluvias en Andalucía; y viceversa. También se da el caso estaciones meteorológicas cercanas en el espacio (como León y Gijón) con un coeficiente de correlación muy bajo en series largas. Estas situaciones anómalas pueden explicarse mediante la circulación atmosférica, con anticiclones de bloqueo que producen periodos secos en una zona de la Península mientras que las depresiones en altura asociadas a estos generen precipitaciones intensas en otras zonas.
10. Complejo mapa pluviométrico ibérico. Todo lo visto anteriormente puede explicar la complejidad del fenómeno de la precipitación en este ámbito, donde influyen decisivamente los factores del relieve. La disposición, orientación o la altitud del mismo sirve para establecer una serie de localizaciones bien diferenciadas entre sí por toda la Península. Estas dan lugar a las conocidas “sombras pluviométricas” e “islotes lluviosos”, haciendo aún más difícil una caracterización generalizada de la precipitación ibérica.

Tanto el comportamiento de la precipitación, como su característica variabilidad son de especial relevancia a la hora de su estudio. La precipitación en la península tiene una fuerte componente estacional, relacionada principalmente en invierno con las perturbaciones baroclínicas a escala sinóptica. Mientras que la precipitación veraniega depende en gran medida de factores locales, tales como tormentas convectivas o el alto contenido de humedad e inestabilidad en las capas superiores de aire. Incluso la topografía, con su relieve diferencial y desniveles altitudinales de más de 3000 metros, tiene un peso importante a la hora de

caracterizar la pluviometría ibérica a gran escala. Puede ayudar a concentrar la precipitación en zonas favorablemente expuestas a los flujos de vientos húmedos y suprimirla en aquellas regiones más protegidas (Morata, Martin, Luna, & Valero, 2006).

Además de la gran variabilidad mostrada por los regímenes estacionales de precipitación en la península ibérica, hay que sumarle los cambios que se han detectado en su comportamiento durante la segunda mitad del siglo XX. La mayoría de estos se ven traducidos en una disminución significativa de las precipitaciones primaverales, produciendo una redistribución pluviométrica en la mitad húmeda del año (tendencia a la reducción en el mes de marzo y al incremento en el mes de octubre). Con la consiguiente concentración de las precipitaciones al comienzo del periodo de lluvias y el acortamiento del propio ciclo en los últimos meses (González-Hidalgo, Brunetti, & de Luis, 2010).

Como aspecto importante a la hora de explicar el comportamiento de la precipitación en el ámbito de estudio, es necesario conocer el papel que juega el índice de la Oscilación del Atlántico Norte o NAO, por sus siglas en inglés (*North Atlantic Oscilation*). En él se toma como referencia dos puntos situados en el Atlántico norte y se relacionan los valores de presión atmosférica en cada uno de ellos. Normalmente, se elige un punto próximo al Atlántico subtropical y otro cercano al Atlántico subpolar. En la mayoría de estudios esos puntos se fijan en las Azores y Reikiavik, aunque también cuando se trata de caracterizar más acertadamente la precipitación peninsular se suele tomar como referencia Lisboa en vez de las islas Azores.

En (Martín-Vide & Fernández Belmonte, 2001) se estudia la relación entre el índice NAO y la precipitación peninsular. Los resultados obtenidos aquí concluyen con la existencia de una correlación negativa entre este índice y los valores de precipitación para los meses de octubre a marzo en la zona central y suroccidental peninsular. Esta dependencia negativa se explica por la vinculación de los temporales del suroeste a las depresiones localizadas en el área del Golfo de Cádiz y sus inmediaciones.

1.2 Rasgos espaciales y temporales

En cuanto a un análisis propiamente geográfico, al igual que cualquier otra variable, para el fenómeno de la precipitación es necesario conocer tanto su componente espacial como temporal. Con una especial dedicación a la distribución de la misma por el territorio, pues se trata de uno de los objetivos principales de este trabajo. A la vez que ese mismo

comportamiento diferencial en relación al área de afección es influenciado por los patrones temporales que, dependiendo de su mayor o menor dinamismo, provocan una determinada incertidumbre a la hora de realizar pronósticos, previsiones o proyecciones futuras en el comportamiento de la precipitación y sus eventos climáticos asociados, como las sequías e inundaciones.

Como característica espacial propia de la península ibérica, y que afectan de manera directa a los fenómenos climáticos y meteorológicos como la precipitación, debe resaltarse su propia localización entre latitudes medias y subtropicales (en torno a los 36º y 44º N). Esa situación de transición entre los dominios húmedos del Océano Atlántico y Europa Central, y el cinturón árido y desértico del Norte de África provoca un alto dinamismo en los regímenes de circulación atmosférica, muy relacionados con los periodos secos y húmedos a lo largo del año. Este hecho trae aparejado una alta variabilidad a cualquier escala temporal: diaria, mensual o interanual (Dünkeloh & Jacobeit, 2003).

En relación a la capacidad de predicción de la precipitación, es destacable aclarar que el establecimiento de un espacio acotado (como puede ser la misma península) dificulta la propia labor prospectiva, intentando para ello identificar las relaciones entre las características de la precipitación regional y la circulación de los patrones atmosféricos a gran escala; siendo esta la principal herramienta en los procedimientos de *downscaling* (Cortesi et al., 2014).

A la hora de establecer unos rasgos espaciales para la precipitación es recomendable, en primer lugar, el establecimiento de una regionalización del área de estudio en la que se divida el territorio en zonas con un comportamiento climático similar. Son varios los estudios en los que se han hecho especial hincapié en esta cuestión, como los de Morata et al. (2006) y Luna Rico et al. (2004), en los que se consigue agrupar objetivamente las series de precipitación utilizadas en cada estudio en función de sus características comunes. En ellos se divide la península en tres zonas climáticas homogéneas: la primera, denominada Región Atlántica, que cubre todo el centro y oeste peninsular, desde Galicia a Almería abarcando toda la extensión interior de la meseta Central; la segunda, llamada Región Mediterránea, que ocupa la mayor parte de la costa mediterránea y los territorios del sur del valle del Ebro; y la tercera, denominada Región Cantábrica, que cubre la mayoría de la cornisa Cantábrica, los Pirineos y el norte del valle del Ebro.

Sin embargo, parece que no se obtienen resultados concluyentes a la hora de realizar análisis de tendencias de precipitación anual, como se puede comprobar en Almarza Mata &

Luna Rico (2006), donde se hace uso de esas zonas definidas anteriormente. Y donde no se puede afirmar estadísticamente que la precipitación acumulada anual siga una tendencia, positiva o negativa, en el periodo 1931-2004. Aunque en otros casos, cuando ese análisis de tendencias se realiza sobre la precipitación exclusivamente invernal si pueden encontrarse algunas tendencias significativas. Un ejemplo de ello se encuentra en López Bustins et al. (2008) donde se detecta, a través de un análisis estadístico de componentes principales para los valores de precipitación en los meses de invierno entre los años 1959-2000, y dentro de un ámbito espacialmente heterogéneo como es la pluviometría en la península, una tendencia negativa en la región Atlántica. A su vez, la Región Mediterránea presenta un ligero ascenso en su nivel de precipitaciones invernales, sobre todo en la Cordillera Prebética entre Valencia y Castellón y en la vertiente norte de los Pirineos Orientales. Esta tendencia positiva en la precipitación mediterránea en contraste con el resto del territorio peninsular fue explicado por Goodess & Jones (2002), como un aumento propiciado por la mayor presencia de eventos de lluvias torrenciales en la zona.

Por este motivo se han llevado a cabo otras investigaciones con una delimitación distinta, como las Demarcaciones Hidrográficas. Es el caso del estudio realizado por González-Hidalgo et al. (2011) en el que se realiza un análisis de tendencias pluviométricas mensuales entre diciembre de 1945 y noviembre de 2005. Los resultados obtenidos aquí confirman los estudios anteriores acerca de la gran variabilidad espacio-temporal en el comportamiento de la precipitación peninsular. Las variaciones detectadas son mes a mes, que van desde patrones de tendencias temporales significativas negativas en marzo y junio o positivas en octubre, hasta patrones con una fuerte regionalización de tendencia positiva en julio para la zona noroccidental (a la vez que negativa en el resto del territorio) y en los meses de febrero y abril tendencias positivas y negativas, respectivamente, en el sureste peninsular.

Por otra parte, también se realizan análisis de la precipitación sin el establecimiento previo de zonas limitadas homogéneamente en función de características comunes. En ellos se analizan el comportamiento general de la precipitación y se realiza una distribución espacial a partir de los resultados conseguidos.

Un ejemplo de ello es Martín-Vide (2008), donde se trata de establecer una serie de patrones espaciales para determinadas variables pluviométricas peninsulares. Y estos son explicado en función a dos factores: la mediterraneidad o subtropicalidad, intensificándose cuanto más al sur se sitúe, y la influencia del Mar Mediterráneo, más nítida cuanta mayor

proximidad haya a dicho mar. Así pues, se deriva de este estudio una alta concentración de pocos días de precipitación intensa en la franja mediterránea (ligada a la componente de proximidad al Mediterráneo), además de una variabilidad interanual y duración de las secuencias de periodos secos principalmente ligadas a la subtropicalidad, incrementándose estas de norte a sur aunque con cierta tendencia también hacia el litoral mediterráneo.

En otras investigaciones se llega aún más lejos, estudiando la distribución espacial y estacional de distintos índices asociados a la precipitación diaria en la península ibérica. En Herrezuelo et al. (2004) se encuentra uno de esos trabajos. Y las conclusiones obtenidas aquí confirman la existencia de un gradiente espacial sureste-noroeste durante la primavera, otoño e invierno y otro sur-norte en verano cuando se trata de número de días de lluvia total; y de sentido inverso cuando se analiza la duración de periodos secos. Además, mientras la lluvia ligera predomina en una parte importante del territorio, los episodios de lluvia intensa y muy intensa se producen allí donde la influencia de la lluvia ligera es menor (sobre todo en las zonas interiores de la costa mediterránea y el entorno de la Sierra de Grazalema).

1.3 Causas genéticas

Las perturbaciones en la península ibérica, que suelen traer aparejadas episodios de lluvia, vienen determinadas por la presencia de bajas presiones a escala sinóptica. Esas bajas presiones están ligadas al llamado cinturón de bajas subpolares, presentando una característica común: la curvatura del flujo a 500 hPa es ciclónica. Por lo que se produce inestabilidad atmosférica, aumentando la nubosidad, la fuerza de los vientos y precipitaciones de mayor o menor intensidad según cada área en función a su posición con respecto al centro depresionario y la intensidad del mismo, según recoge Capel Molina en uno de sus libros (Capel Molina, 2000).

En esa misma obra se resumen los modelos de circulación que muestran los sistemas ciclónicos, los cuales constituyen tres grandes mecanismos desencadenantes de situaciones de inestabilidad. A continuación se detallan cada uno de ellos.

En primer lugar, están los mecanismos de circulación rápida asociados a los modelos de circulación W/W, NW/NW y N/N (que se refieren a su régimen barométrico en superficie y la circulación en altura, respectivamente). Estos mecanismos están originados por la corriente en chorro polar en régimen rápido zonal, la presencia de bajas presiones sobre un amplio territorio peninsular y masas de aire procedentes de áreas lejanas atlánticas de trayectoria

marítima y con una gran capacidad higroscópica. Estos hechos se traducen en precipitaciones más generalizadas por toda la península, o por aquellas zonas donde los vientos atlánticos tengan una mayor influencia.

Por otra parte, se encuentran los mecanismos de circulación celular asociados a los modelos de circulación NE/NE, NE/SW, E/gota fría y pantano barométrico/gota fría. Los hechos que provocan estos mecanismos de precipitación son una corriente en chorro polar formando una vaguada muy profunda sobre la península, una reducción significativa en superficie de las áreas afectadas por bajas presiones y las masas de aire en las capas bajas proceden de áreas próximas (norte de África, Europa continental, Mediterráneo e interior de la península) con una trayectoria continental o marítima pero perdiendo su capacidad higrométrica por atravesar el sistema ibérico y la cordillera Subbética. En todo caso, lo más significativo de estos mecanismos es la fuerte inestabilidad termodinámica que se crea al ponerse en contacto masas de aire polar en altura con masas de aire subtropical cálido en superficie.

Y por último, hay que mencionar los mecanismos híbridos asociados al modelo de circulación SW/SW. Estos están caracterizados por una corriente en chorro polar en régimen de circulación muy lenta, una extensión de bajas presiones en superficie que ocupa una parte importante de la península y masas de aire en altura de origen polar y en superficie procedentes de altas latitudes, con trayectoria suroeste, habiendo llevado anteriormente componente noroeste (aire polar marítimo de retorno). El nombre de híbridos que reciben estos mecanismos proviene de las características de los mismos, y que son recogidas de los dos ejemplos anteriores. Las condiciones en superficie se asemejan a las de los mecanismos de circulación rápida, mientras que en altura están muy identificados con la circulación celular. Las características de vapor de agua y temperatura no son originadas sobre la propia península, sino sobre el Océano Atlántico, que al aproximarse hacia la meseta Central sufren un continuo enfriamiento al ascender la pendiente del bloque paleozoico, condensándose y dando lugar a la precipitación posterior.

Así mismo, existen otro tipo de factores desencadenantes de la precipitación en la península ibérica de ámbito más local y con una influencia directa en su génesis. Entre ellos destacan los llamados factores geográficos como la latitud, el relieve, la influencia marina o la situación sobre las laderas con respecto a los vientos dominantes.

1.4 Estado de la cuestión

Tanto el estudio de la precipitación, como la distribución espacial que sigue la misma y los efectos que provoca han sido temas muy estudiados y sobre los que se han realizado numerosas investigaciones. No solo desde un punto de vista climático, sino también desde una perspectiva ecológica, social y económica. Por lo que la búsqueda de distintas fuentes bibliográficas se vuelve un proceso complejo al tiempo que fundamental, a la hora de conocer las distintas metodologías empleadas, resultados obtenidos y conclusiones aportadas por los principales autores en la materia.

En primer lugar, se podría establecer un primer escalón de autores clásicos que han hecho aportaciones fundamentales sobre la precipitación en la península ibérica desde un punto de vista descriptivo y explicativo, entre los que destacan Font Tullot, García de Pedraza, Vilá Valentí, Capel Molina o Martín-Vide.

En segundo lugar, como otro aspecto fundamental dentro de este trabajo, se sitúan los distintos análisis estadísticos que se realizan a partir de los datos de precipitación utilizados. Desde esta perspectiva existen también bastantes estudios, que además de hacer uso de su metodología estadística propia la combinan con un conocimiento preciso de los fenómenos atmosféricos a distintas escalas espaciales. Destacan sobre todo aquellas investigaciones con estudios importantes sobre las situaciones a escala sinóptica, que son las más utilizadas a la hora de determinar los patrones generales de circulación atmosférica y desencadenantes de fenómenos pluviométricos. Entre los principales trabajos en esta línea se sitúan los realizados por Xoplaki (Xoplaki et al. 2004) o por Quadrelli (Quadrelli, Pavan, & Molteni, 2001).

Y por último, a pesar de vivir en una época en la que la tecnología goza de un nivel de desarrollo nunca visto anteriormente, es extraño encontrarse con estudios que publiquen sus resultados en las diversas plataformas existentes en la web. Las posibilidades de difusión de la información geográfica a través de la red son innumerables, como el ejemplo de los geovisores web, que serán utilizados en este trabajo. Y sobre los cuales no se ha encontrado apenas información relacionada con la difusión de estudios pluviométricos.

Además existen distintas instituciones relacionadas con la climatología o la meteorología que publican informes, estudios y demás investigaciones sobre las precipitaciones en la península ibérica cuya labor es destacable. Dos ejemplos claros de ello serían la AEMET como principal organismo español en temas meteorológicos o su equivalente portugués, el *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*, IPMA (*https://www.ipma.pt*).

2. Fuentes y datos

Para este trabajo se han utilizado datos con procedencia de distintas fuentes, así como una serie de programas informáticos específicos para poder llevar a cabo los distintos procesos metodológicos. En este punto se va a describir las características principales de esos datos, la razón por la cual han sido elegidos para este tipo de estudio y las principales ventajas que ofrecen frente a otros. Además, también se realizará una reseña sobre aquellas aplicaciones o programas empleados.

2.1 Datos de precipitación

En primer lugar, los datos principales para llevar a cabo un análisis pluviométrico son los datos referentes a la precipitación. Estos han sido adquiridos directamente del geovisor web *Global Climate Monitor* (*http://www.globalclimatemonitor.org*), un proyecto desarrollado por los investigadores del *Climate Research Group* perteneciente al Departamento de Geografía Física de la Universidad de Sevilla.

Los datos concretos que se han empleado para este estudio son las series mensuales de precipitación, desde enero de 1901 hasta el mes de diciembre de 2016, y que han sido agrupadas en series estacionales las cuales conforman una serie de datos diferente a las originales.

A la hora de tratar la información climática se da la dificultad de tener que trabajar con archivos demasiado complejos, como los llamados NetCDF, o con datos sin una estructura homogénea que complican su tratamiento. Por ello, la decisión de utilizar los datos de este visor viene motivada por el hecho de reunir, en una sola fuente, una gran cantidad de información climática en un formato único, de fácil acceso al público en general, con series de datos normalizadas garantizando su coherencia y homogeneidad según distintos criterios de calidad.

Entre las distintas variables climáticas que se recogen en el *Global Climate Monitor*, las referidas expresamente a la precipitación provienen de las siguientes fuentes:

- ***Climate Research Unit* de la Universidad de *East Anglia* (Reino Unido)**, de la cual se han extraído sus series históricas de datos mensuales en su versión CRU TS3.21, que abarca un amplio margen temporal desde enero de 1901 hasta diciembre de 2012. Obtenidos a partir de observaciones terrestres desde estaciones meteorológicas, homogeneizados y espacializados mediante interpolación a partir de series de valores anómalos tratadas. Estos datos se presentan en su forma digital dispuestos en una

estructura de rejilla o malla (g*rid*) cuya resolución espacial es de 0'5ºx0'5º. (*http://www.cru.uea.ac.uk/*)

- ***Global Precipitation Climatology Centre*** **(GPCC) del** ***Deutscher Wetterdienst*** **(Alemania)**, el cual ofrece un amplio servicio a nivel mundial de información pluviométrica actualizada mensualmente. El producto utilizado en el visor es el *First Guess Product*, dispuesto en modo de rejilla con una resolución espacial de 1ºx1º, en el que se utilizan métodos de interpolación sobre datos obtenidos directamente de estaciones meteorológicas SYNOP en función de anomalías detectadas en las series históricas del propio GPCC. El rango temporal de estas coberturas espaciales y regulares comprende el periodo desde agosto de 2004 a la actualidad. (*http://www.dwd.de/*)

Cabe destacar la diferencia entre las resoluciones espaciales que muestran ambas fuentes. Sin embargo esto no supone algún problema, ya que los datos del GPCC al tener la mitad de resolución, las celdillas que la componen se dividen en cuatro partes para integrar sus valores con las del CRU. Por tanto, la resolución final de los datos es de 0'5ºx0'5º.

Dicha resolución no es de las mayores con las que se trabaja hoy en día, donde destaca el conjunto de datos de precipitación y temperatura Spain02, desarrollado en la Universidad de Cantabria (http://www.meteo.unican.es), con una resolución de hasta 0'11º. Pero sí es bastante adecuada para identificar los grandes patrones espaciales de precipitación en la Península Ibérica. Con una resolución mayor para una zona de estudio tan amplia se entraría en una espacialización demasiado minuciosa, con un nivel de detalle muy alto para un trabajo de esta envergadura. Mientras que con una resolución menor no se obtendría información con los suficientes rasgos espaciales como para establecer una diferenciación pluviométrica, lo cual presentaría mayores dificultades para la realización de este trabajo.

Además, por la naturaleza del formato en el que vienen distribuidos estos datos sin atributos geométricos, es necesario adquirir también desde el mismo visor una capa vectorial con la referencia espacial de las celdillas correspondientes a la Península Ibérica. Así los datos de precipitación pueden ser representados espacialmente.

El Sistema de Referencia de Coordenadas empleado por el *Global Climate Monitor* para distribuir toda su información es WGS84/Pseudo-Mercator (EPSG: 3857).

El volumen total de datos utilizados asciende a 460.161 registros, provenientes de la información pluviométrica mensual de la serie completa de enero de 1901 a diciembre de

2016, recogida en las 283 celdillas que componen la malla completa del territorio peninsular ibérico. Ante tal cantidad de datos se hace completamente necesaria la utilización de sistema de gestión de base de datos, capaz de dar una respuesta rápida y eficaz a las necesidades que se plantean en el tratamiento de los mismos.

2.2 Datos de límites físicos

Dada la propia naturaleza en rejilla de los datos de precipitación, la cual no se ajusta gráficamente a los límites físicos reales de la Península Ibérica, se hace necesaria la utilización de otro tipo de datos con unas características diferentes, para así adaptar la información pluviométrica a los límites del ámbito de estudio.

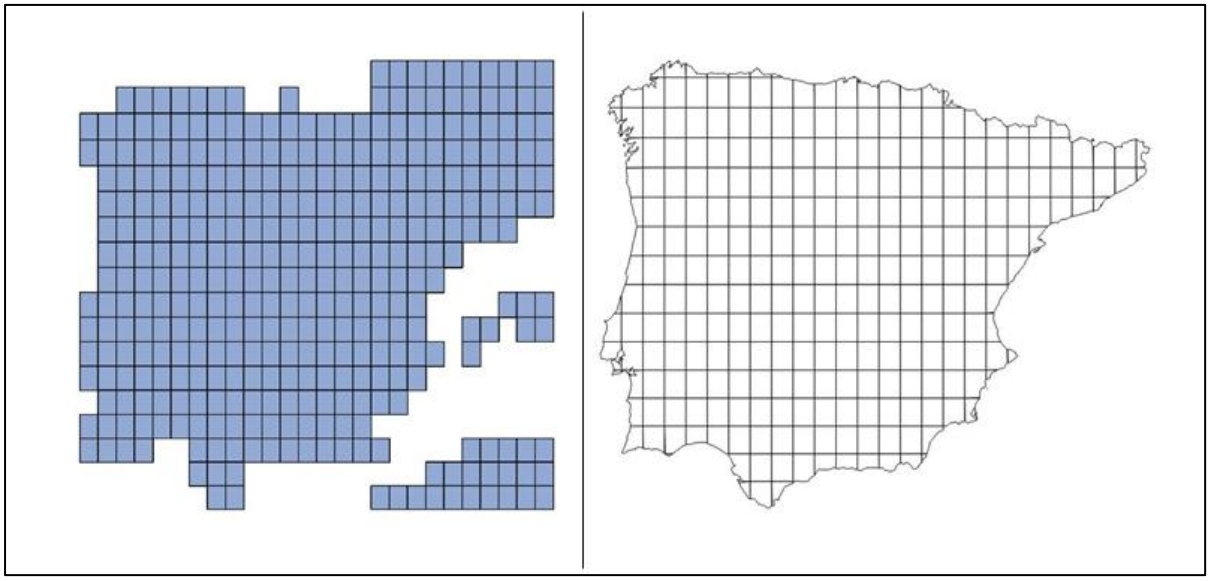


Figura 1. Aspecto de la malla de datos antes y después de ajustarla a los límites peninsulares.

Para ello también se va a utilizar una capa vectorial que contienen los límites físicos de las distintas unidades territoriales que conforman la zona de estudio (España y Portugal). Estos datos han sido obtenidos de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat, *http://ec.europa.eu/eurostat/*), donde se ofrece una cobertura a escala 1:1.000.000 de las unidades estadísticas territoriales (NUTS, en sus siglas en francés) del territorio europeo para el año 2013.

El Sistema de Referencia de Coordenadas mediante el cual se distribuye esta información es ETRS89 (EPSG: 4258), lo que supone un inconveniente a la hora de combinar esta con los datos pluviométricos. Por lo que mediante un geoproceso de transformación de coordenadas, posteriormente desarrollado, se consigue cuadrar ambos sistemas.

2.3 Programas informáticos utilizados

Por último, cabe señalar la utilización de los distintos programas informáticos para el tratamiento de los datos y la obtención de resultados, como una parte esencial en este trabajo. En la siguiente tabla se muestra una relación detallada de todos aquellos programas empleados y una pequeña descripción de los procesos realizados en cada uno de ellos.

Software / Aplicación / Programa	**Utilización**
PostgreSQL / PostGis	Sistema de gestión de bases de datos relacional espacial, de código abierto, que ha sido utilizado para este trabajo.
PgAdmin	Plataforma libre utilizada en la administración y desarrollo de base de datos de código abierto para PostgreSQL.
QGIS	SIG de escritorio libre y de código abierto, mediante a través del cual se han exportado los resultados de la base de datos para su posterior composición cartográfica.
Geovisor web	Herramienta libre utilizada para la representación de los resultados y facilitar su posterior análisis.

Tabla 1: Muestra de los programas utilizados en este trabajo.

3. Metodología

Para la realización de este estudio, con el objetivo de establecer una caracterización espacial de la precipitación en la península ibérica, se han llevado a cabo una serie de procesos y procedimientos que, de manera clara y concisa, quedan expuestos a continuación, en una secuencia de fases sucesivas de trabajo con un orden lógico en su implementación. Tal y como puede observarse en la Fig. 2, el flujo del proceso de trabajo ha sido el siguiente:

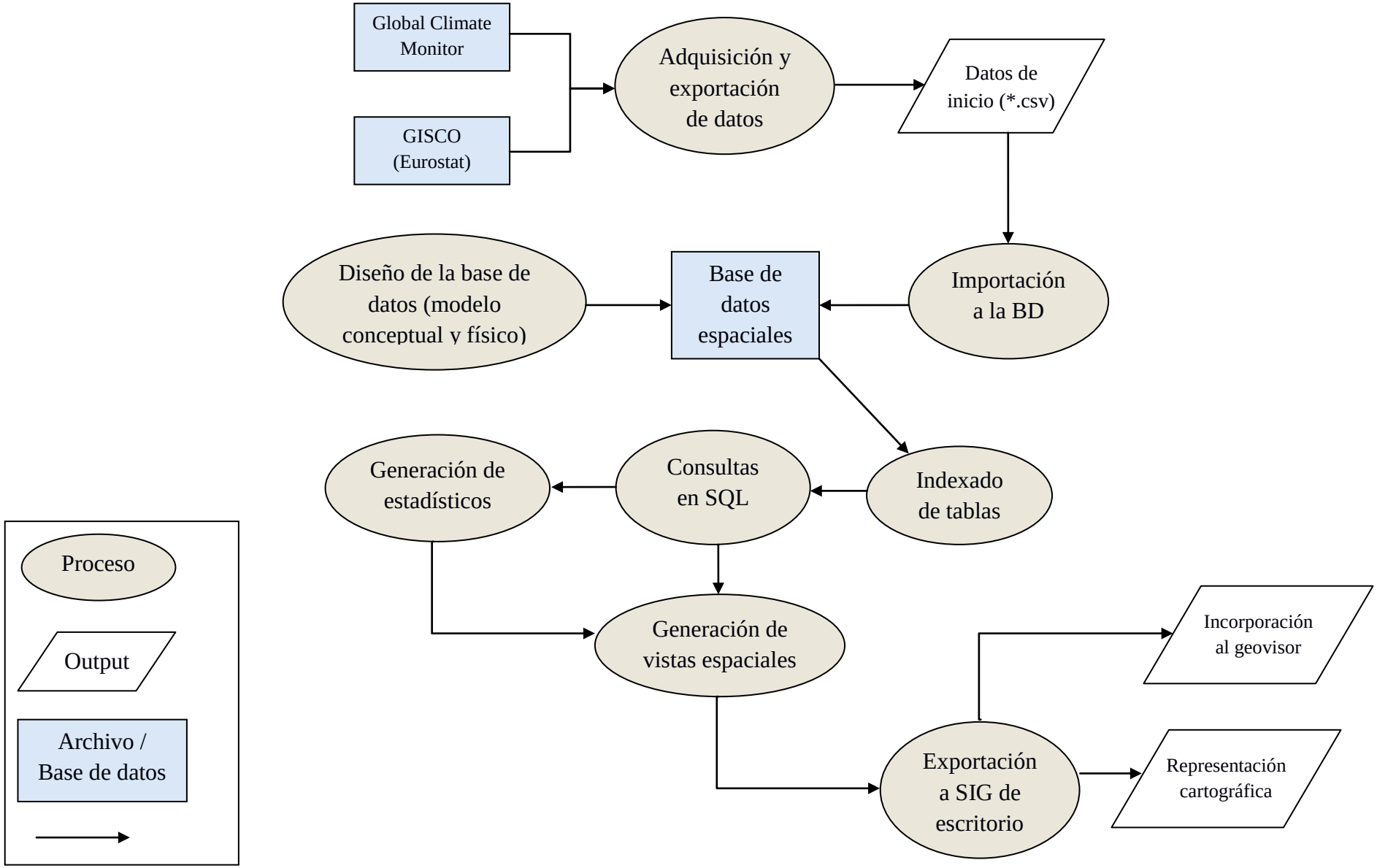


Figura 2: Diagrama del flujo de datos del proceso metodológico completo.

Se puede apreciar como en un primer momento destaca la adquisición de los datos desde las distintas fuentes ya mencionadas, que posteriormente pasan a formar parte de la base de datos propia. Una vez importado toda la información en la base de datos, mediante distintas operaciones se llega a la generación de consultas en lenguaje SQL para obtener distintos estadísticos y vistas espaciales que se analizarán posteriormente. Y que finalizará en una representación cartográfica final de los resultados.

3.1 Diseño del modelo de datos

El primer paso a la hora de elaborar una base de datos es organizar y estructurar los propios datos que la conforman, de manera que toda la información que se utilice quede registrada en un sistema mediante el cual sea posible, tanto la interacción entre los propios datos como la accesibilidad o el tratamiento de los mismos, satisfaciendo así las necesidades para la que fue creada esa base de datos. Para ello es necesario un diseño previo, dentro del cual es fundamental establecer una estructura lógica donde los requisitos de los datos son investigados, definidos y modelados, de manera que sirva como base para implementar todo el sistema de información desarrollado (Camarillo et al., 2014).

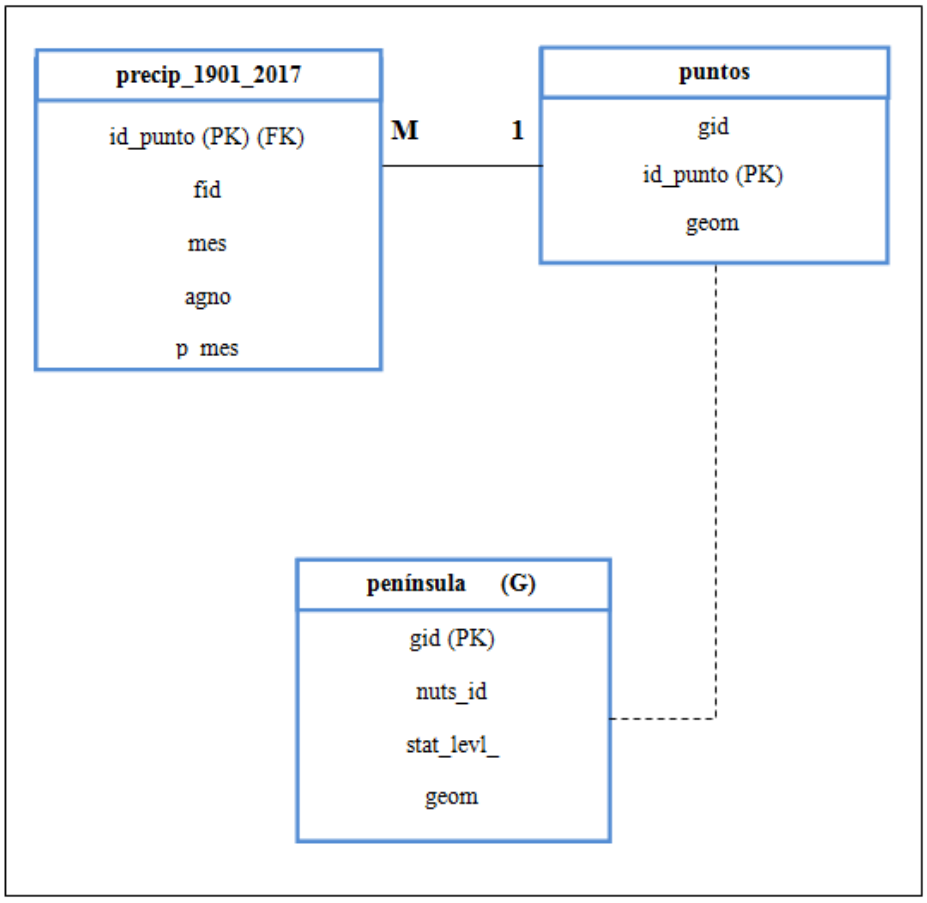


Figura 3: Esquema del modelo de datos del sistema.

En el diseño de ese modelo lógico es necesario el establecimiento de una estructura conceptual y relacional, que se utilice como herramienta para una correcta representación de los datos y su posterior interpretación. Dentro de esa estructura o modelo conceptual es donde se establecen las denominadas entidades, entendidas como la clasificación a grandes rasgos de esos mismos datos mediante tablas, y se identifican las relaciones existentes entre ellas. Se trata, por tanto, de una representación más abstracta de la realidad sin una profundización a un gran nivel de detalle.

Para ello se elabora, a continuación, el denominado modelo entidad-relación, que conjuga las características de la parte conceptual con el conjunto de relaciones lógicas que se establecen entre las entidades, mediante la determinación de las cardinalidades y las claves tanto primarias como foráneas, que actúan como elementos estructurantes de una base de datos.

Se consigue, de esta manera, un modelo definitivo que establezca un sistema de información robusto que cumpla, además, con la normalización de los datos a fin de evitar problemas relacionados con la redundancia entre los mismos.

3.2 Generación de la base de datos

Entendiendo una base de datos como un gran conjunto de datos organizados especialmente para una veloz búsqueda y recuperación de los mismos, y habiendo establecido previamente el modelo mediante el cual se va a desarrollar su estructura y funcionamiento, el siguiente paso es el de la creación física de esa base de datos.

Para este cometido lo primero es, según se resumía en el diagrama de flujo, la adquisición de los datos que van a formar parte de la base de datos. Y estos se obtienen de las dos fuentes ya mencionadas. Los referentes a la precipitación provienen del *Global Climate Monitor*, los cuales han sido seleccionados mediante una delimitación de la Península Ibérica por *bounding box*, directamente desde el mapa proyectado en este visor. Una vez elegida el área de estudio correspondiente, así como la variable adecuada y su escala temporal (precipitación mensual desde enero de 1901 a diciembre de 2016), se estaría en disposición de importar esa información a la base de datos propia.

Además de estos, es necesario adquirir los datos relacionados con los límites físicos territoriales, a fin de delimitar la península de una manera precisa. Por tanto, una vez obtenida esa capa vectorial de la web de Eurostat se integraría igualmente a la base de datos.

A continuación, se procede a configurar esa base de datos a través de la plataforma PgAdmin a partir de la extensión PostGIS, pudiendo así trabajar con datos que poseen una componente geométrica, susceptibles de ser localizados espacialmente. Y a partir de ahí se empiezan a crear las tablas donde se importarán los datos recogidos en las distintas fuentes empleadas para este trabajo.

Una vez ya estén creadas las tablas con los datos necesarios para el estudio pluviométrico propuesto, se procede a realizar las distintas consultas espaciales en SQL para generar las vistas que serán la parte fundamental en el desarrollo de los análisis posteriores.

3.2.1 Relación de consultas espaciales

En cuanto a lo relacionado con la ejecución de las distintas consultas en SQL espacial, en este apartado se pone de manifiesto una relación sucinta de aquellas con una especial relevancia metodológica, justificando además su uso. Entre ellas podemos destacar las siguientes:

- **Consulta 1 (*precip_1901_2017_espacial*)**: Creación de vista para dotar de componente espacial a cada celdilla de la malla de datos, pudiendo así espacializar los valores de precipitación.
- **Consulta 2 (*estad_precip_1901_2017*)**: Creación de vista para calcular estadísticos anuales, útil para el análisis posterior.
- **Consulta 3 (*est_precip_1901_2017_'nombre de la estación'*)**: Creación de vista para calcular estadísticos de meses agrupados en estaciones.
- **Consulta 4 (*peninsula_nuts*)**: Creación de vista con las unidades territoriales que conforman la Península Ibérica, para un posterior ajuste espacial de los datos.
- **Consulta 5 (*peninsula_nuts_3857*)**: Creación de vista con la transformación del SRC del territorio peninsular, para que coincidan espacialmente con los de precipitación.
- **Consulta 6 (*peninsula_union*)**: Creación de vista con la unión de los territorios peninsulares, para disolver los límites internos y crear una sola unidad homogénea.
- **Consulta 7 (*estad_precip_1901_2017_peninsula*)**: Creación de vista con los estadísticos anuales intersecados con los límites de la península, para un análisis espacial más exacto.

De esta manera quedarían definidas las principales consultas espaciales en SQL realizadas para la generación de la base de datos propia que contiene, tanto los datos en bruto del fenómeno de la precipitación mensual en la Península Ibérica en el periodo enero de

1901-diciembre de 2016, como las medidas estadísticas ya calculadas para su análisis; identificados además con su componente espacial.

En definitiva, este método de trabajo mediante la gestión de un sistema de base de datos como la aquí propuesta permite el análisis de la precipitación en tres niveles distintos, que se resumen a continuación:

- Un análisis en conjunto de la serie histórica, donde se recojan la totalidad de los valores mensuales registrados en la base de datos.
- Otro análisis estacional, mediante la agrupación de los meses (en estaciones) con un comportamiento teóricamente similar que permita la comparación entre ellos.
- Y un último análisis intraestacional, que otorga la posibilidad de estudiar estadísticamente el comportamiento y la variabilidad de la precipitación dentro de los meses de cada estación.

3.3 Selección de estadísticos

La principal razón para el cálculo de estadísticos en un trabajo como este reside en la posibilidad que ofrecen estos para describir y caracterizar el comportamiento y distribución de la variable precipitación. Algunos análisis estadísticos se realizan mediante medidas de tendencia central, identificando los valores alrededor de los cuales se agrupa una distribución, y de dispersión o variabilidad, informando sobre la heterogeneidad de la variable o la diversidad de valores que presenta.

Es común encontrar entre los distintos estudios pluviométricos el uso de análisis estadísticos como esos para la caracterización de fenómenos relacionados con la precipitación, como en (Martín-Vide, 1996), (Rodriguez-Puebla, Encinas, Nieto, & Garmendia, 1998), (Goodess & Jones, 2002), (Martín-Vide, 2008) o (Álvarez-Rodríguez, Llasat, & Estrela, 2017).

Aunque cuando se analiza estadísticamente una variable como la precipitación, cuyos valores se muestran tan dispersos, el uso de medidas estadísticas no robustas como las utilizadas normalmente puede dar lugar a la obtención de unas conclusiones menos precisas a la hora de describir dicho fenómeno. Esto es debido a la influencia que ejercen los valores extremos de la variable sobre los resultados obtenidos, restándoles representatividad y relación con la realidad.

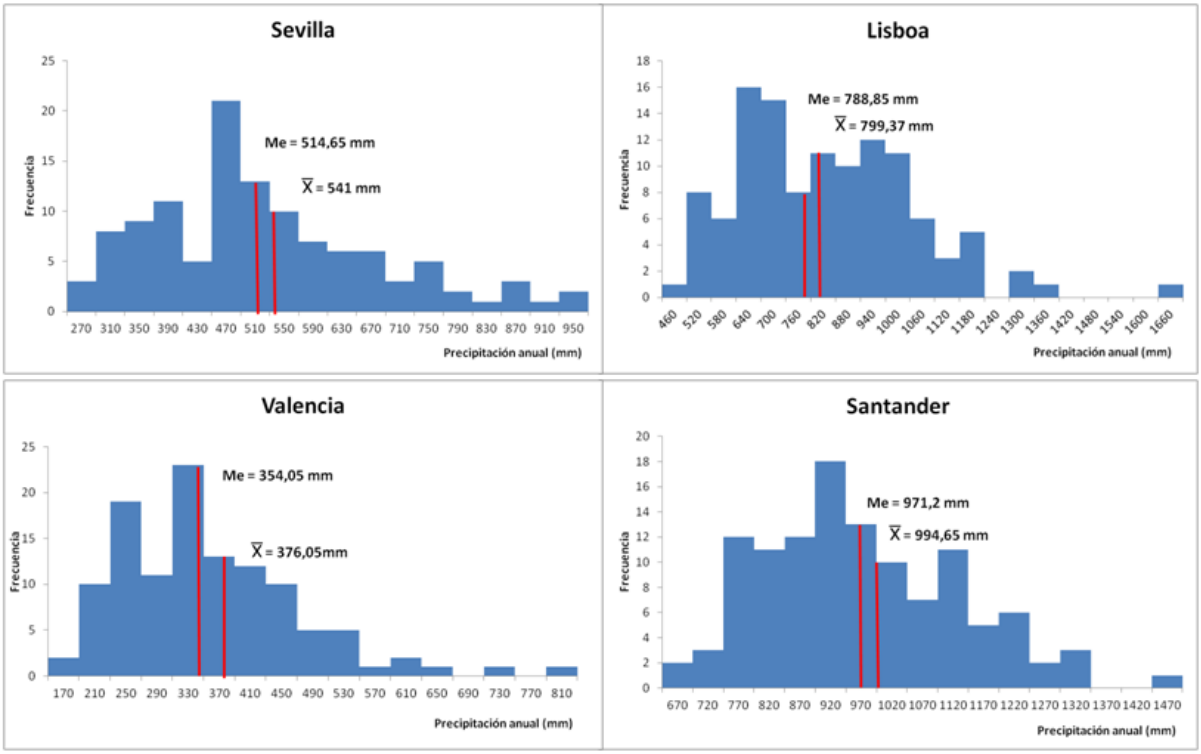


Figura 4: Histogramas de frecuencias de la precipitación mensual en el periodo 1901-2016 de algunos puntos representativos de la variedad pluviométrica peninsular.

La Figura 4 intenta mostrar la necesidad de proporcionar tanto los estadísticos robustos, que por su manera de calcularse suprimen el efecto perturbador de los valores extremos sobre los resultados, como no robustos, para la comparación entre ambos y establecer una caracterización más cercana a la realidad.

En cuanto a las medidas de tendencia central, al tratarse de distribuciones con una asimetría positiva, atendiendo al coeficiente de simetría de Fischer, y una concentración de los valores por encima de lo normal (distribución leptocúrtica en relación a su curtosis), un estadístico no robusto como la media aritmética se ve afectado por la presencia de valores extremos desplazan la centralidad buscada hacia uno de los extremos. Es por ello, que la utilización de una medida robusta como la mediana puede describir mejor esa centralidad de los datos al no verse influenciada por la existencia de valores más alejados del centro de la distribución.

En cuanto a las medidas de dispersión, apropiadas para conocer cuál es la amplitud de un conjunto de valores, también es necesario diferenciar aquellas medidas robustas de las que no lo son. A menudo, se viene utilizando la desviación típica como estadístico de dispersión de los valores con respecto a la media. Pero al igual que la anterior, la presencia de valores

extremos distorsiona los resultados obtenidos y la interpretación que se les da. Para ello, una de las alternativas es la utilización de una medida de dispersión robusta como el rango intercuartílico. De esta manera se puede obtener una dispersión en torno a los valores centrales más acertada que con la desviación estándar.

Y por otra parte, el estudio de la variabilidad de la precipitación a partir de cálculos realizados mediante el coeficiente de variación conlleva todos los inconvenientes ya planteados. Un coeficiente de variación en el cual se sustituya la media y la desviación por la mediana y el rango intercuartílico, respectivamente, posee unas características adecuadas para medir sin influencia de valores extremos, como es el caso de la precipitación, el grado de variabilidad que puedan presentar los datos. Este es el llamado coeficiente de variabilidad intercuartílico.

Por tanto, las medidas estadísticas utilizadas para este trabajo se dividen en dos grupos: las medidas no robustas compuestas por la media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación; y las medidas robustas que comprenden a la mediana, rango intercuartílico y el coeficiente de variación robusto. El cálculo tanto de los estadísticos robustos como el de los no robustos, así como la posibilidad que ofrece su representación espacial en el ámbito de estudio, proporcionan unos resultados muy interesantes a la hora de estudiar la estructura espacial de la precipitación en la Península Ibérica, el cual es el principal objetivo del presente trabajo.

3.4 Análisis de resultados

Tras la secuencia metodológica seguida en el anterior epígrafe se desprenden una serie de resultados que se procederán a explicar en el siguiente apartado. Para ello se hará uso de distintas cartografías como medio de representación de los distintos resultados que se obtengan. Aunque debido al gran volumen de datos manejados y estadísticos calculados se hace imposible la representación de todos ellos, por lo que se seleccionaran aquellos con una mayor relevancia para la explicación de los grandes patrones espaciales de precipitación o los que aporten información novedosa acerca del comportamiento pluviométrico en la Península Ibérica.

Y a causa de esa gran cantidad de información generada en los resultados, es necesario buscar la manera de realizar una representación ordenada y fácilmente accesible para una mayor difusión de los resultados.

3.4.1 Selección de resultados

La selección de resultados se llevará a cabo de manera que se expondrán aquellos con una mayor carga explicativa acerca de la distribución espacial de precipitación. De manera que se realizará una comparativa en los resultados obtenidos mediante las técnicas estadísticas robustas y no robustas, lo que permitirá determinar las posibles variaciones entre ambos métodos, si las hubiera, y su relación con estudios anteriores acerca de la variabilidad pluviométrica peninsular.

Por tanto, la organización que se va a seguir a la hora de comentar y analizar los resultados obtenidos se divide en dos partes.

En primer lugar, con los datos mensuales de precipitación agrupados anualmente, se procederá al análisis de las medidas estadísticas de tendencia central y su comparación con la distinta bibliografía referente a esta temática.

Y en segundo lugar, mostrar la variabilidad espacial y dispersión de la precipitación interanual, mediante los distintos parámetros estadísticos seleccionados para ello. Todo ello aportando una nueva perspectiva del comportamiento pluviométrico al combinar el uso de estadísticos robustos y no robustos.

3.4.2 Geovisor

Tal y como se recoge en (Zújar, 2010), la geovisualización es una temática emergente que está tomando un fuerte impulso, con un alto desarrollo en cuanto a transmisión de información y conocimiento geográfico se refiere. Y debido al carácter generalista propio de los medios de difusión actuales como Internet, se demanda el desarrollo de herramientas sencillas de visualización, pero con grandes capacidades. Y es ahí donde surgen los geovisores como respuestas a esas necesidades.

Las características propias de un geovisor web favorecen las consultas dinámicas de grandes volúmenes de información geográfica, en un tiempo cada vez menor y desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Esas potencialidades ponen en valor los resultados obtenidos en este trabajo, acercándolos al público en general y dando pie a un posible uso futuro de la información generada en investigaciones, servicios, aplicaciones, estudios o cualquier otra actividad por parte de especialistas.

4. Resultados

En este apartado se van a mostrar las salidas cartográficas obtenidas como resultados de las etapas metodológicas llevadas a cabo. A partir de éstos se llevará a cabo una caracterización de los grandes patrones de distribución espacial de la precipitación en la península Ibérica, empleando medidas estadísticas que nos permitirán caracterizar diferentes aspectos del comportamiento espacial de la precipitación.

Para ello se procederá a comentar los distintos mapas que representan los estadísticos calculados, principalmente de tendencia central, a fin de identificar los valores alrededor de los cuales se agrupa su distribución sintetizando los datos en un valor representativo, y de dispersión, que nos proporcionan información sobre la heterogeneidad, la variabilidad y sobre la representatividad de las medidas de tendencia central, para el periodo de estudio establecido (1901-2016). Se han realizado estos análisis a escala anual y estacional, pero estos últimos, por razones de extensión de este trabajo no van a ser comentados, y van a quedar recogidos en los anexos. El elevado volumen de trabajo que supondría caracterizar la península a partir de todos los estadísticos para cada una de las estaciones (32 mapas adicionales) superaría la extensión de un trabajo de estas características.

El hecho de seleccionar una escala temporal anual se debe a que proporcionan las características más generales del comportamiento de la precipitación. Y la combinación de estadísticos robustos con no robustos establecerá una diferenciación en la interpretación de los resultados que servirá para dar una perspectiva diferente o complementaria a la que habitualmente tenemos del comportamiento espacial de la precipitación anual peninsular.

Además, como manera más sencilla y eficaz de mostrar todos los resultados obtenidos en este trabajo se hará uso de QGIS Cloud, un geovisor web desarrollado como extensión del QGIS y destinado a la publicación en red de mapas, datos y servicios geográficos. Este geovisor cuenta con todas las potencialidades de un sistema de almacenamiento en la nube y de difusión que proporciona una infraestructura de datos espaciales como esta. En definitiva, se trata de una plataforma a través de la cual se puede compartir toda aquella información y datos susceptibles de poseer una componente geográfica, de acuerdo a los estándares de la *Open Geospatial Consortium* (OGC), representados en la web mediante servicios WMS y descargables en WFS.

4.1 Caracterización de la precipitación en la península Ibérica mediante estadísticos de tendencia central

En primer lugar, se van a tomar las distintas cartografías referentes a los estadísticos de tendencia central, en este caso sobre precipitaciones medias y medianas anuales, así como la diferencia entre los valores de las mismas para un comentario explicativo en detalle. Además se podrán comparar con uno de los mapas oficiales más recientes posible sobre precipitación media en la península, como es el que se recogen en el Atlas Climático Ibérico de la AEMET para la normal 1971-2000 (AEMET, 2011).

El motivo de dicha comparación es el de establecer las posibles diferencias y similitudes que puedan encontrarse entre los resultados obtenidos y una cartografía oficial, a la que se le considera una alta representatividad y fidelidad en relación a la precipitación media real. Aunque esa comparación tiene ciertas limitaciones a la hora de establecer similitudes, como es el hecho de tratarse de periodos temporales de estudio distintos o las metodologías empleadas en la obtención de los valores de precipitación continuos en el espacio. El mapa de la AEMET "se obtuvo por métodos de interpolación espacial" aplicándose "la regresión lineal múltiple con la altitud, la distancia al litoral, la latitud y la longitud, a la que se sumó el componente residual obtenido por Kriging simple" (AEMET, 2011, p. 24). Mientras que los datos utilizados del Global Climate Monitor están representados en una grid de resolución 0'5ºx0'5º en el que los valores de cada celdilla vienen determinados por la precipitación media en toda su superficie, ajustándose al valor de un punto central y, por tanto, corresponden a una distribución inicial discreta a la que luego se asocia el área del pixel correspondiente.

Esto supone diferencias a la hora de comparar, especialmente notable en la suavización de los valores extremos de precipitación en los resultados que se produce en las vistas del Global Climate Monitor, tanto de máximos como de mínimos, debido a la propia resolución de la grid. Aún así es necesario resaltar la similitud entre los resultados obtenidos y la cartografía de la AEMET, coincidiendo ambos en la representación de los grandes patrones espaciales. El ejemplo de ello puede verse a continuación, en las Figuras 5 y 6.

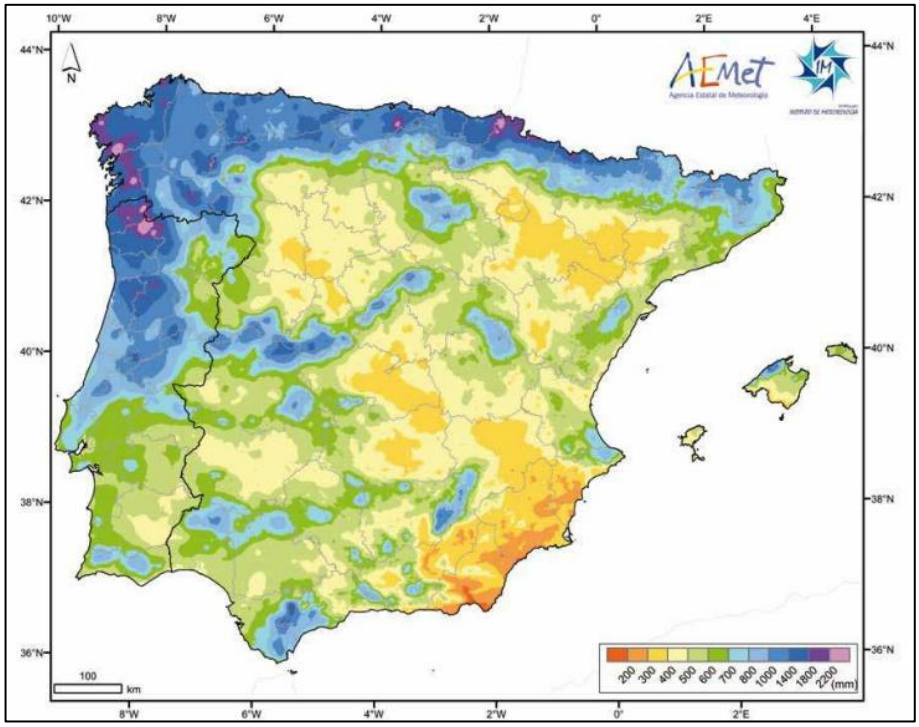


Figura 5. Mapa de precipitación media anual (1971-2000) del Atlas Climático de la AEMET.

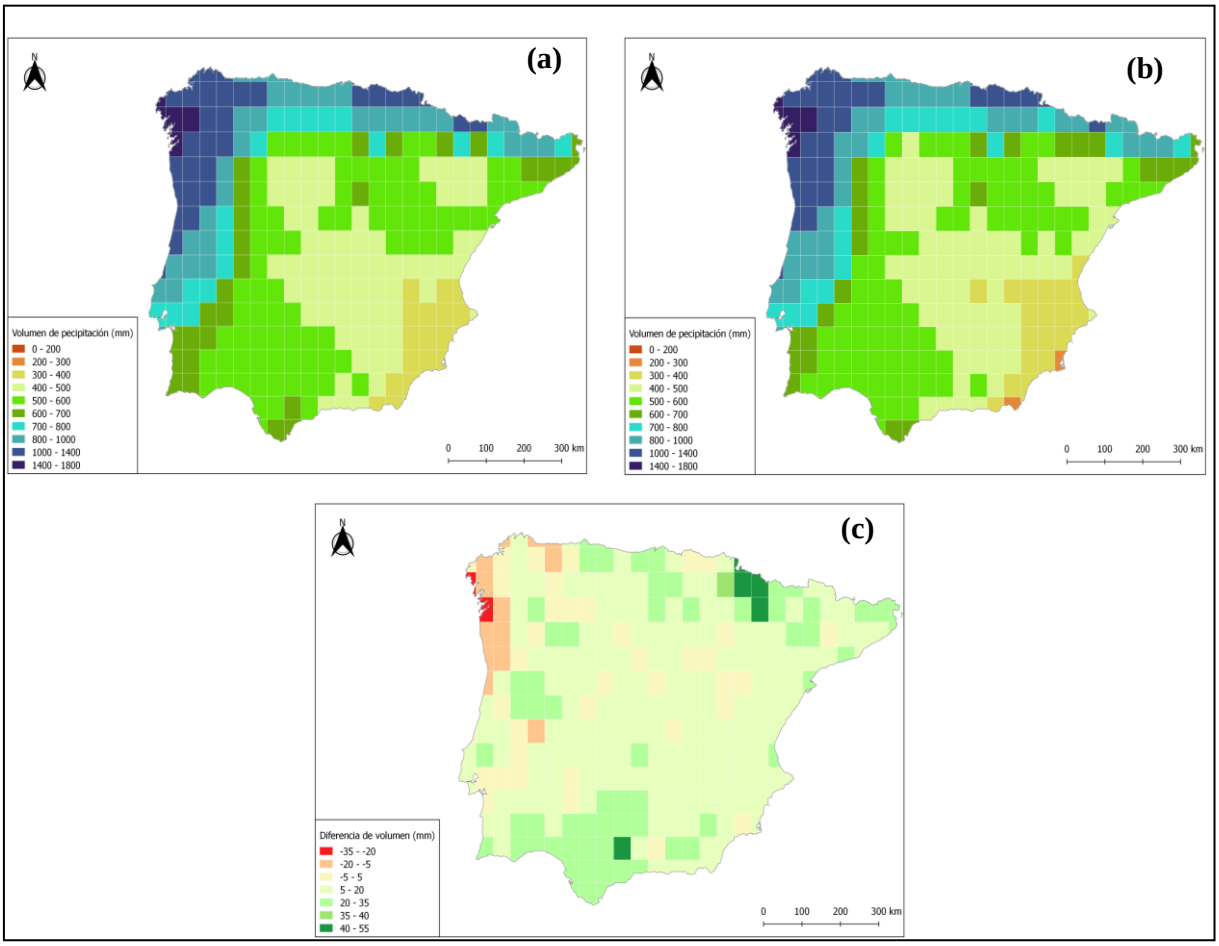


Figura 6. Cartografía de los parámetros de tendencia central anuales (1901-2016); a) Precipitación media anual, b) Precipitación mediana anual y c) Diferencia entre precipitación media y mediana anuales

En estas cartografías elaboradas de precipitación media y mediana anual pueden observarse numerosos rasgos generales de la distribución espacial pluviométrica en la península. Tal y como afirma el profesor Martín Vide, "la precipitación en la Península Ibérica se caracteriza por pautas temporales muy irregulares y patrones espaciales complejos, por el peso de unos factores geográficos contrastados, entre los que sobresalen el relieve, la latitud y la influencia de las aguas mediterráneas. Al margen de la altitud, en la distribución espacial de la precipitación en la España peninsular se visualizan dos grandes componentes: la mediterraneidad o subtropicalidad, tanto más intensa cuanto más hacia el sur, y la influencia del mar Mediterráneo, que aumenta hacia el este, que permiten explicar los mapas de la variabilidad pluviométrica interanual, la duración media de las secuencias secas o la concentración diaria de la precipitación" (Martín-Vide, 2008, p. 167).

En efecto, los dos grandes factores que determinan la distribución espacial de la precipitación sobre la península vienen remarcados en la cita anterior, corresponde a los distintos factores dinámicos del clima. La sucesión de diferentes centros de acción determinan masas de aire predominantes sobre la superficie peninsular, que propician los distintos ritmos climáticos (Vilá Valentí, 1968). Así pues, las perturbaciones asociadas al frente polar es el sistema que genera las precipitaciones de origen frontal más frecuentes y con mayor influencia directa sobre el clima peninsular. Su génesis se produce en las costas de América del Norte y atraviesa el todo el océano hasta llegar a la Península Ibérica, llegando a ocupar grandes extensiones zonales desde los 35º hasta los 65º N. Este frente polar es en gran medida responsable de los grandes episodios pluviométricos sobre la península. Por otro lado, el centro de acción dinámico importante que influye sobre las precipitaciones es el anticiclón de las Azores. Este es el desencadenante de la escasez de precipitaciones en la estación veraniega y de largos periodos de sequía, más acusados cuanto más nos dirijamos hacia el sureste, como se citó anteriormente; debido, por una parte, a la mayor proximidad a las altas presiones subtropicales (abrigo aerológico) y, por otro lado, a la posición de abrigo topográfico (Capel Molina, 2000).

Estos factores dinámicos, junto a los factores geográficos de ámbito más local, conforman un mosaico climático muy diverso sobre la península ibérica, que tienen su reflejo en los grandes patrones de distribución pluviométrica, tal y como puede observarse en la figura aportada.

Estos rasgos quedan también reflejados en la clasificación climática clásica de Köppen. En la Península Ibérica, y atendiendo únicamente a las características pluviométricas de cada uno de ellos en relación a los resultados de la Figura 6, destacan los siguientes tipos de clima:

- Cfb y Csb (Oceánico y Oceánico de veranos secos, respectivamente), que tal y como se pueden apreciar en la Figura 6 (a) y (b), ocupan el tercio norte y la fachada atlántica portuguesa con unas precipitaciones abundantes, llegando a situarse de media por encima de los 800-1000 mm anuales.
- Csa, típicamente mediterráneo y con unas precipitaciones más modestas que van desde valores cercanos a los 800 mm hasta los 400 mm. Y que observando los mapas de precipitación media y mediana ocupan la mayor parte del territorio peninsular.
- Y los tipos Bsk y Bsh (semiáridos fríos y cálidos) que van sucediéndose conforme mayor proximidad se tenga al extremo suroriental peninsular o al mismo Mar Mediterráneo, con la consiguiente disminución progresiva de la precipitación hasta niveles próximos a los 200 mm anuales de media. En relación a la Figura 6 (a) y (b) se aprecia claramente su presencia en esa zona de la península, con una mayor diferenciación en el mapa de medianas ya que en este alcanza valores más bajos, inferiores a 300 mm anuales.

El factor geográfico más destacable es la presencia de los sistemas montañosos (Álvarez-Rodríguez et al., 2017) que suponen un obstáculo en el territorio ibérico que provoca un efecto barrera sobre los vientos del oeste, predominantes en la península, que al llegar cargados de humedad y encontrar estos relieves, tienen que ascender altitudinalmente con el consiguiente enfriamiento y condensación del vapor de agua que produce precipitaciones en las laderas principalmente de barlovento. Por tanto, a medida que esos vientos provenientes del atlántico van descargando su humedad y continúan avanzando, llegan hacia el este peninsular muy secos, sin apenas aportar humedad al ámbito mediterráneo. Allí los episodios de precipitaciones están relacionados con fenómenos convectivos. Podemos apreciar esta acción de las cadenas montañosas como generadoras de grandes núcleos de condensación y lluvias orográficas, lo que hace aumentar en determinados puntos los niveles pluviométricos. Principalmente relevante son la Serra da Estrela y Serra do Marão en Portugal (con 893 y 1015 mm anuales según los resultados obtenidos), los montes de León (977 mm) y toda la cordillera Cantábrica hasta llegar a los Pirineos (con valores que superan los 1000 mm).

A partir de esta descripción de la distribución pluviométrica general cabría destacar ciertos matices espaciales a una escala de mayor detalle. En primer lugar, hay que tener presente la alta desigualdad entre los volúmenes de precipitación en la península, "en estrecha relación a lo compartimentado de su relieve. Así en el noroeste y el sureste del territorio se dan los contrastes más acusados, entre los que se produce el máximo gradiente vegetal y pluviométrico" (Capel Molina, 1981, p. 48). Este hecho nos ofrece la posibilidad de establecer una diferenciación clásica entre las tres Españas pluviométricas (extensible a Portugal en este caso) en función a la isoyeta de 800 mm, entre las que se encuentran la España húmeda con precipitaciones iguales o superiores a esos 800 mm, la España de transición con valores entre 800 y 300 mm, y la España árida definida por la isoyeta de 300 mm.

De esta manera, se puede apreciar como las descripciones anteriores acerca de la precipitación en la península corresponden con los resultados obtenidos que se presentan, a pesar de las diferencias metodológicas entre los datos de partida utilizados. Así pues, en nuestros mapas de valores centrales se identifica una zona húmeda con altos valores anuales de precipitación, por encima de la isoyeta de 800 mm, que se extiende por las vertientes norte y noroeste peninsular coincidiendo con el dominio climático templado oceánico, que corresponde con los descritos por Capel Molina en su obra *Los climas de la península Ibérica* (Capel Molina, 2000), extendiéndose desde Lisboa hacia el norte por la costa atlántica hasta los Pirineos catalanes, pasando por todo el litoral cantábrico. Sigue pues una distribución espacial muy parecida a la descrita por los tipos de clima Cfb y Csb de la clasificación de Köppen. De igual manera, en el mapa de la AEMET se pueden observar esa misma distribución aunque con unos valores máximos más acentuados (por encima incluso de los 2000 mm) debido a la metodología empleada en su elaboración que fue comentada anteriormente.

Por otra parte, en los mapas resultantes se distingue claramente toda una zona de transición con valores pluviométricos intermedios entre la zona húmeda y la árida. Se extiende a través de las cuencas de los grandes ríos atlánticos y de los ríos catalanes, levantinos y Ebro tal como describe el profesor Capel Molina (Capel Molina, 1981). Y es asociada al dominio climático subtropical mediterráneo, en el que se puede apreciar una amplia variedad pluviométrica en función a la orografía y el relieve diferencial. Se observa, tanto en el mapa de medias y medianas como en el de la AEMET, como a medida que se toma distancia con el Océano Atlántico los valores de precipitación van disminuyendo desde los

800 mm marcados por la isoyeta de referencia, pero de manera menos acusada en el suroeste debido a la entrada de los vientos húmedos por el pasillo natural que conforman Sierra Morena y los Sistemas Béticos en torno al valle del Guadalquivir, con una media alrededor de los 500-600 mm anuales. Aquí existe una diferencia entre los mapas resultantes y el de la AEMET, reflejando este último máximos pluviométricos que superan los 800 y los 1000 mm en zonas montañosas con una elevada altitud la zona de Sierra Morena, Grazalema y determinados puntos de las cordilleras Béticas.

Por el contrario, en la mitad norte se aprecia en ambos mapas, de precipitación media y mediana, el efecto provocado por los sistemas montañosos circundantes a la meseta Central, que obligan a las masas de aire a ascender y ganar altitud, con la consiguiente pérdida de humedad, y generando un descenso más acusado de las precipitaciones en el centro de la submeseta Norte, quedando por debajo de los 500 mm al año. Del mismo modo, las sierras próximas como la de Gredos o Guadarrama presentan una pluviometría media anual por encima de los 600 mm. El mismo ejemplo se encuentra en el valle del Ebro, donde las precipitaciones son más modestas que en el Sistema Ibérico, ya que este último actúa como barrera orográfica. Aunque en las precipitaciones medianas todo el tramo bajo y medio del Ebro mantiene unos niveles de precipitación parecidos (inferiores a 500 mm), mientras en el mapa de precipitaciones medias la desembocadura del río está conectada con el sistema ibérico y la cordillera Costero-Catalana en un mismo intervalo pluviométrico por encima de 500 mm. Y al igual que en la mitad sur, en el mapa de la AEMET los máximos pluviométricos en zonas de gran altitud adquieren valores superiores a los resultados obtenidos, en concreto unos 700 mm en el sistema ibérico y más de 1200 mm en la sierra de Gredos.

La zona árida es más reconocible en el mapa de precipitación mediana, concentrada en el sureste peninsular en torno al golfo de Almería y el Mar Menor. Principalmente, debido a la escasa llegada de vientos, y sin humedad, tras haber pasado por todos los grandes sistemas montañosos de la península en su recorrido de oeste a este. Por lo que las escasas precipitaciones que en estas zonas suceden responden a la acción de sistemas convectivos (Romero, Guijarro, Ramis, & Alonso, 1998). En los resultados que aquí se presentan los valores mínimos están situados en torno a los 300 mm, lo cual se acerca mucho a la realidad pluviométrica de la zona. Ya que los valores inferiores, que se dan en puntos muy localizados y de una extensión demasiado reducida, son difícilmente identificables a esta resolución.

Y en el mapa de diferencia entre precipitación media y mediana se observa a primera vista como, de manera generalizada, los valores de la precipitación media son mayores a los de la mediana en gran parte de la península. Esto es así por la distribución asimétrica que presentan los datos registrados en la mayoría de las celdillas que comprenden la Península Ibérica, y que ya se explicó anteriormente. Pero esa asimetría no se presenta en todas las celdillas, ni de igual manera.

Las máximas diferencias se encuentran en torno a los Pirineos occidentales, en la vertiente cantábrica, donde las precipitaciones medias superan a las medianas entre 40 y 55 mm anuales; y en el extremo S-SO peninsular, con diferencias superiores a los 25 mm al año por todo el valle del Guadalquivir y un máximo de 41 mm a los pies de las Cordilleras Subbética occidentales. Mientras que en las costas gallegas atlánticas esa diferencia pasa a ser negativa, siendo la precipitación mediana en torno a unos 20 y 35 mm superior a la media. Estas desviaciones suponen una alteración en la estimación de la centralidad de la precipitación en esos puntos. Si bien es cierto que esas diferencias en cuanto a totales anuales no son demasiado elevadas, dichas cantidades implican y son el reflejo de diferencias mucho más acusadas si se tienen en cuenta las importantes variaciones intranuales y las que se dan entre las diferentes estaciones del año.

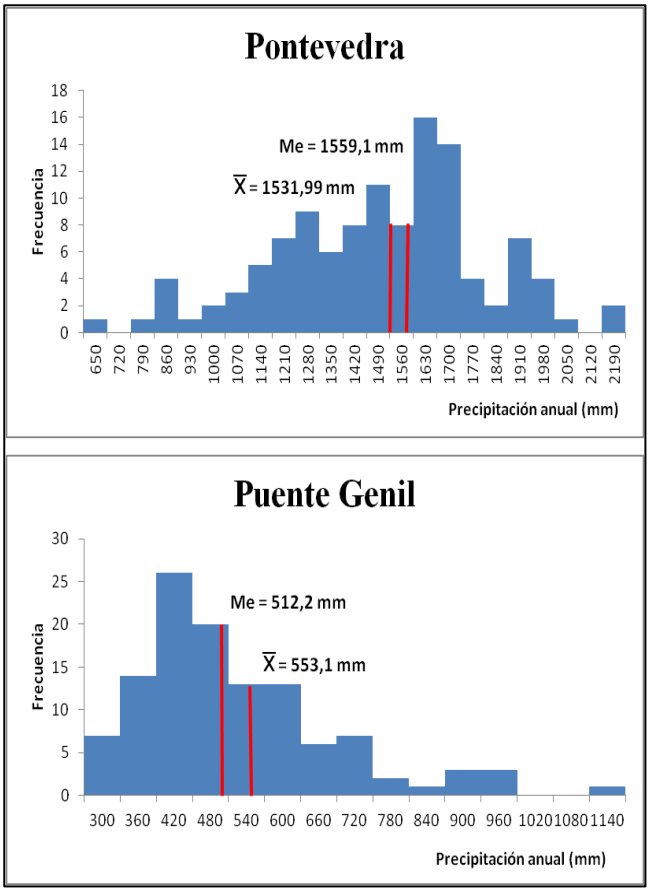


Figura 7. Histograma de frecuencias de dos localizaciones con distinta distribución estadística de la precipitación media anual.

En cuanto a los histogramas que se pueden apreciar en la Figura 7, muestran las distintas distribuciones que pueden seguir las precipitaciones anuales en dos puntos distintos de la península. Es observable como las diferencias entre la media y la mediana responden a distribuciones de frecuencias distintas en su forma y especialmente en su simetría, lo cual implica una relación entre la asimetría de una distribución y una mayor diferencia entre media y

mediana. De esta manera, cuanto más escorados estén los valores de precipitación hacia un lado y exista algún valor extremo por el otro, mayor será la distancia entre media y mediana.

En aquellas zonas donde la media es muy superior a la mediana se estaría sobreestimando la centralidad de la precipitación, asumiendo valores mayores a los que realmente se dan. Esto es especialmente delicado en ámbitos del sur peninsular donde el agua es un recurso socioeconómico muy importante y sobre el que se ejerce una fuerte presión, como en el suroeste, especialmente el valle del Guadalquivir con los cultivos de regadío. Un ejemplo de esto se ve reflejado en distintos documentos oficiales sobre la gestión de las distintas cuencas hidrográficas, como en el Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir 2015-2021 (CHG, 2015), donde la estimación de los recursos pluviométricos se hace en consideración a los valores medios, con la desviación que eso conlleva.

Mientras que en los ámbitos donde la mediana supera a la media se estaría subestimando. Por lo que se hace necesaria la comparación de estadísticos robustos con no robustos para una mejor compresión en cuanto a las medidas de centralidad en lo referente a la precipitación, que sirva además como una mejora en los procesos de gestión del agua.

Y, por último, una vez realizada una descripción sobre la distribución espacial de la precipitación en la Península Ibérica, sería interesante cuantificar que superficie representa cada intervalo de precipitación ofrecidos en las cartografías resultantes, tanto para la precipitación media como para la mediana. Para ello, se hará en función al número de celdillas que cada uno de esos intervalos ocupa sobre el total de las 283 que conforman el grid peninsular. Los resultados aparecen recogidos en la siguiente tabla:

Intervalos	Nº de celdillas	Porcentaje sobre el total de celdillas	Nº de celdillas (mediana)	Porcentaje sobre el total de celdillas	Diferencia (media-mediana)
200 – 300 mm	0	-	2	0’71 %	-2
300 – 400 mm	19	6’71 %	21	7’42 %	-2
400 – 500 mm	64	22’61 %	70	24’73 %	-6
500 – 600 mm	82	28’98 %	77	27’21 %	5
600 – 700 mm	28	9’89 %	24	8’48 %	4
700 – 800 mm	19	6’71 %	20	7’07 %	-1
800 – 1000 mm	35	12’37 %	36	12’72 %	-1
1000 – 1400 mm	31	10’96 %	28	9’89 %	3
1400 – 1800 mm	5	1’77 %	5	1’77 %	0

Tabla 2: Distribución absoluta y relativa de las medidas estadísticas de centralidad por celdillas.

Asociando los datos mostrados en la tabla con los grandes dominios climáticos de la Península Ibérica se puede afirmar que la gran mayoría de las celdillas que componen el área

de estudio pertenecen al dominio mediterráneo, marcado por unas precipitaciones definidas clásicamente por las isoyetas de 300 y 800 mm anuales. Además, es el dominio donde se encuentran las mayores diferencias espaciales entre la media y la mediana, siendo la primera más abundante en los intervalos de 500 a 700 mm y la segunda en los intervalos más bajos, de 300 a 500 mm. En el intervalo de 700-800 mm están más igualadas aunque con leve predominio de la mediana. Espacialmente, y según reflejan los mapas de la Figura 6, el incremento de los intervalos donde predomina la mediana se produce sobre los sistemas interiores de la península (meseta Central y valle del Ebro).

Con respecto al intervalo inferior de 200-300 mm, que correspondería al dominio árido, la precipitación media no viene reflejada en el mapa. Mientras que la precipitación mediana ocupa las zonas del Mar Menor y el golfo de Almería.

Y la presencia de áreas con valores de precipitación elevados, por encima de 800 mm, es mayor en el mapa de precipitaciones medias que en el de medianas. Principalmente, en el intervalo 1000-1400 mm, donde esa diferencia se hace más notable. En el resto de intervalos están más igualados. Esta diferenciación se presenta de manera evidente en el interior de la fachada atlántica de la península, donde los altos valores de precipitación media penetran más en el interior peninsular.

Por tanto, y en base a esta tabla, se puede afirma que la precipitación mediana va a ocupar una superficie mayor en relación a la precipitación media cuanto menores sean los valores de dicha precipitación, y viceversa. Aunque no se darán grandes diferencias en virtud a los valores mostrados.

4.2 Caracterización de la precipitación en la Península Ibérica mediante estadísticos de dispersión

A continuación, el análisis de los resultados va a ir encaminado hacia los distintos parámetros estadísticos calculados en referencia a la dispersión de los valores de precipitación. La realización de un estudio de la dispersión de los datos es útil estadísticamente a la hora de interpretar la representatividad de las medidas de tendencia central anteriormente descritas, de manera que se puede llegar a conocer el grado de variabilidad que presenta una determinada variable, en este caso la precipitación. Además, continuando con la misma metodología empleada anteriormente, se compararán los resultados

obtenidos mediante estadísticos robustos y no robustos para una mayor comprensión del fenómeno pluviométrico y una interpretación más cercana a la realidad.

Para ello se hará uso de dos tipos de medidas de dispersión. Por una parte, se utilizarán estadísticos de valores absolutos en la misma escala que la variable, es decir, en mm. Se trata de la desviación típica y el rango intercuartílico. Ambas servirán para hallar la distribución seguida por los valores de precipitación en cada celdilla, dando la posibilidad de establecer distintos patrones espaciales en función a las características pluviométricas de cada zona. Y, por otra parte, se mostrarán las cartografías resultantes del cálculo de los dos índices de variabilidad relativa en torno a las medidas de tendencia central anteriores, el coeficiente de variación en relación a la media, y el coeficiente de variación intercuartílica en relación a la mediana.

4.2.1 Estadísticos de dispersión en valores absolutos

La utilización de estadísticos de dispersión, como son la desviación típica o el rango intercuartílico, son especialmente importantes a la hora de realizar una descripción climática en general y pluviométrica en particular. Ya que el cálculo de sus valores medios, y de la variabilidad de esos valores en este caso, suele ir acompañada de distintas representaciones cartográficas con un uso específico en la regionalización o identificación de unidades geográficas homogéneas, con el fin de llevar a cabo un determinado modelo de gestión o desarrollar un planeamiento territorial concreto (von Storch & Zwiers, 2002).

De esta manera, en la Figura 8 vienen representados los mapas de desviación típica y rango intercuartílico para los volúmenes de precipitación anual registrados en los datos del estudio, así como un tercer mapa que refleja la diferencia entre ellos de manera espacial y cuantitativa.

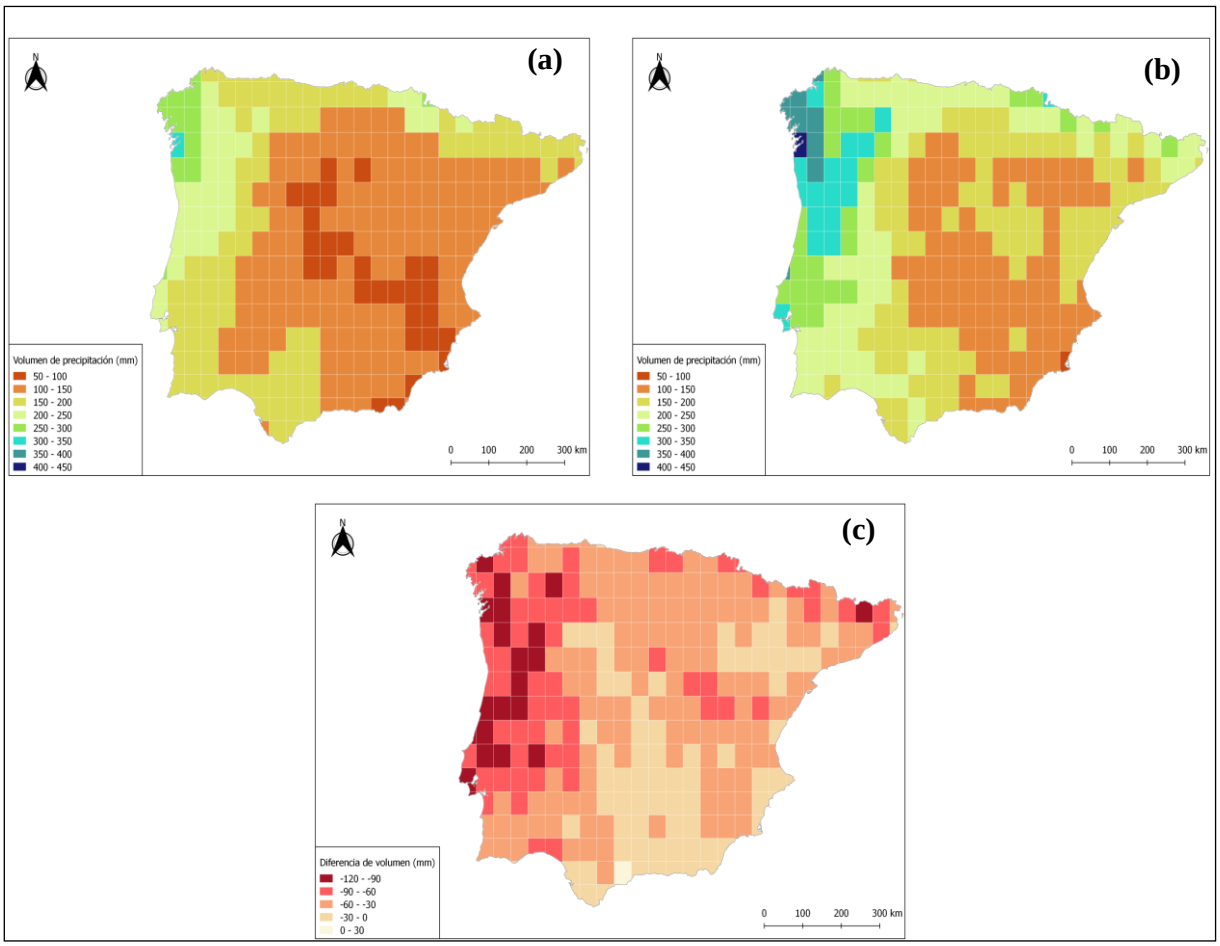


Figura 8. Cartografía de los parámetros de dispersión anuales (1901-2016); a) Desviación típica anual, b) Rango intercuartílico anual y c) Diferencia entre desviación típica y rango intercuartílico anual.

La escasez de referencias bibliográficas acerca de patrones de distribución espacial según estos dos estadísticos hace difícil la comparación de estos resultados con estudios anteriores. Aunque el comentario de estos resultados se puede llevar a cabo mediante la interpretación de los mismos, aportando una visión distinta en relación a los patrones espaciales que se representan habitualmente para describir fenómenos pluviométricos.

En primer lugar, en cuanto al mapa de desviaciones típicas, sus valores oscilan entre los 80 mm de la costa oriental almeriense y los más de 300 mm de la fachada atlántica sur de Galicia. Por el contrario, los valores del rango intercuartílico son claramente superiores, con unos mínimos en torno a los 100 mm en el Mar Menor y unos valores máximos sobre los 400 mm en la misma zona de la costa gallega que la desviación típica. Si bien es cierto que existen claras diferencias en los valores de ambas medidas, sus distribuciones espaciales son muy parecidas, con un marcado gradiente NW-SE.

Este hecho viene a recalcar lo ya explicado anteriormente acerca de la distribución espacial de las precipitaciones medias y medianas anuales, siendo la variabilidad o dispersión de esos valores superior cuanto mayores sean las cantidades precipitadas, lógicamente.

La explicación a este fenómeno viene marcada por la distribución estadística de las precipitaciones. La desviación típica, al medir las desviaciones de cada valor a la media, se hace menor cuanta mayor simetría presente en su distribución y más se ajuste a una curva normal. Tal y como se reflejaba en la Figura 6 (c), cuanto mayor diferencia entre media y mediana, mayor asimetría en la distribución de valores, por lo que mayor sería la desviación típica. Por lo que, tal y como se aprecia, existe gran similitud en la distribución espacial de la Figura 6 (c) y la Figura 8 (a).

Por otra parte, la distribución de valores de dispersión por debajo de los 150 mm es mucho más extensa en la desviación típica, llegando a ocupar casi todo el territorio peninsular excepto toda la franja norte y la zona de influencia atlántica. Dentro de ese ámbito de bajos valores de dispersión destacan el litoral sureste y distintas áreas de la meseta Central con valores que no llegan ni a 100 mm. Y a medida que aumenta la influencia del Océano Atlántico y los sistemas frontales asociados los valores de dispersión van aumentando hasta sobre pasar los 300 mm.

En cuanto al mapa del rango intercuartílico se observa una diferenciación mayor con respecto a sus valores. Existe un mismo patrón que concentra los mayores valores en el extremo noroccidental y los más bajos en el sureste. Sin embargo, para este estadístico son generalmente mayores que para la desviación típica. Por debajo de 100 mm solo se encuentra una pequeña zona localizada en la costa del Mar Menor. Mientras que el siguiente intervalo, de 100-150 mm, se ve reducido a únicamente las zonas que van desde la costa tropical andaluza hasta Valencia, la meseta Central y el valle del Ebro. En este mapa, tanto el sistema Ibérico como toda la costa mediterránea norte están en valores superiores a 150 mm y van aumentando conforme más al norte se sitúen, de manera que en el entrono de los Pirineos se marcan valores cercanos a los 300 mm.

En el sur y suroeste peninsular los valores están situados entre los 150 y 250 mm, aumentando a medida que se toma proximidad con el Océano Atlántico. Es reseñable la situación, en el sureste, de Sierra Nevada y la Sierra de Cazorla que muestran valores superiores a los de su entorno próximo por encima de los 160 mm. Y en la parte más

occidental, los valores van aumentando gradualmente desde los 200 mm hasta los más de 400 mm en las costas gallegas.

En este mapa se muestra, principalmente, la amplitud en el rango de valores de la precipitación centrados en la mediana. Por lo que puede tomarse como una medida de representatividad de la mediana, en la medida que se combinan ambas puede configurarse una descripción estadísticamente robusta de la precipitación, sin interferencia de los extremos. Si se compara el mapa de precipitación mediana de la Figura 6 (b) con el del rango intercuartílico se observan muchas similitudes en su patrón de distribución espacial.

Y por último, en el mapa de diferencias entre desviación típica y rango intercuartílico, Figura 8 (c), se reflejan las desviaciones entre los valores de cada uno de los dos estadísticos. Como ya se ha comentado en la práctica totalidad del territorio el rango intercuartílico es superior a la desviación típica, por lo que el valor de esa diferencia va a ser negativo. Excepto en el ámbito de la desembocadura del Guadalhorce, donde esa diferencia es positiva (+13 mm); debido a un apuntalamiento leptucúrtico muy acentuado con respecto a una distribución estadística normal, lo que implica una concentración de datos en torno a ciertos valores disminuyendo la diferencia entre el primer y tercer cuartil.

Por el contrario, donde la diferencia adquiere mayores proporciones es en el ámbito del dominio climático atlántico; desde el sur de Portugal extendiéndose por todo el interior del país, hasta la costa norte gallega adentrándose hasta los montes de León. En esta zona es fácil encontrar puntos con valores entre los 100 y 120 mm de diferencia. Otra de las zonas con una mayor diferenciación es por toda la cordillera pirenaica, como en los Pirineos orientales donde también se localiza un ámbito con valores por encima de 100 mm.

Todos estos valores de diferencia, independientemente de su mayor o menor grado de intensidad, indican la heterogeneidad que muestran los valores de precipitación en función de su media y mediana. Esto hace suponer que la variabilidad que va a mostrar la precipitación en determinadas zonas de la península Ibérica, estimada a través de la relación entre las medidas de tendencia central y la de dispersión ya analizadas, va a tomar valores relativamente elevados para una variable como esta.

4.2.2 Estadísticos de dispersión en valores relativos

En último lugar, y debido a la influencia existente sobre las medidas de desviación típica y rango intercuartílico por ser dependientes de los valores absolutos de precipitación, para poder establecer una correcta comparación entre los datos es absolutamente imprescindible calcular estadísticos de dispersión relativos. Para ello se representarán tanto el coeficiente de variación pluviométrica, estadístico no robusto que relaciona las precipitaciones medias con su desviación típica, como el coeficiente de variación intercuartílica, medida estadística robusta calculada a partir de la mediana y el rango intercuartílico de los datos de precipitación. Ambos coeficientes serán igualmente representados en dos salidas cartográficas distintas tal y como se muestra en la Figura 9.

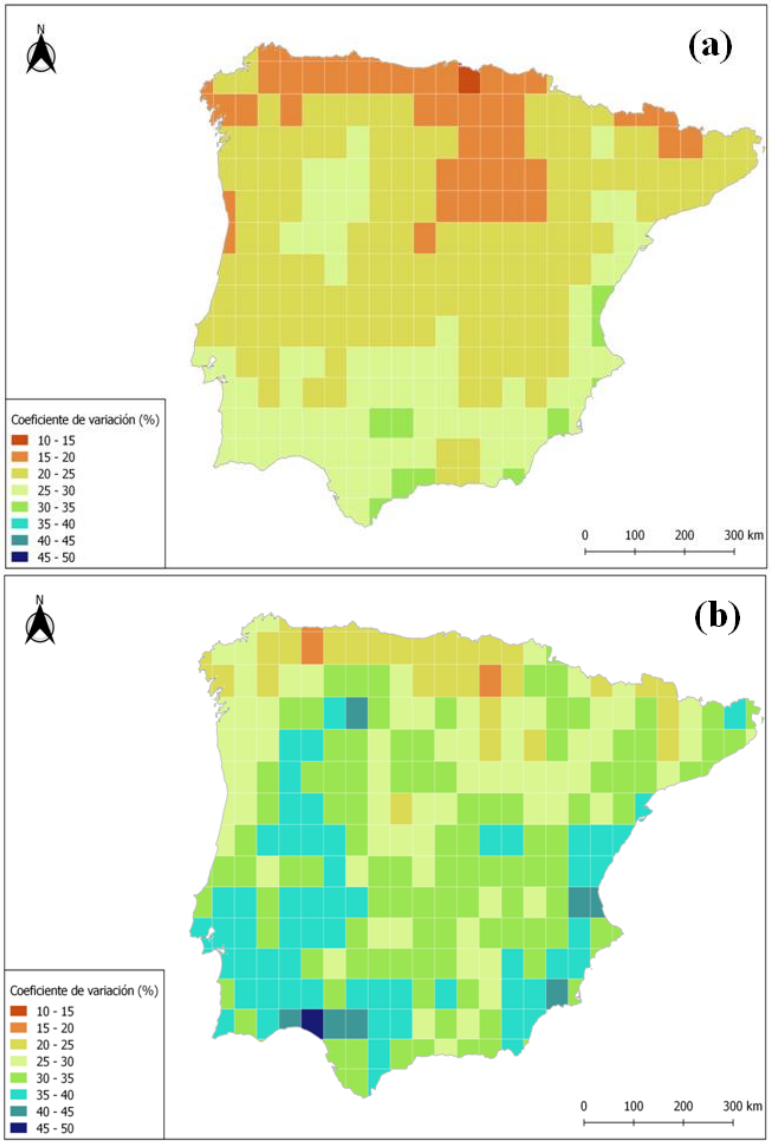


Figura 9. Cartografía de los parámetros de dispersión relativos anuales; a) Coeficiente de variación anual y b) Coeficiente de variación intercuartílica anual.

Según el autor Martín-Vide, a la hora de evaluar la variabilidad pluviométrica en un territorio determinado, uno de los índices más utilizados en diversos estudios ha sido el coeficiente de variación, por tratarse de un parámetro estadístico de dispersión relativa con capacidad para combinar valores de precipitación muy amplios y permitir así su comparación. Y en el caso particular de la península Ibérica el uso del coeficiente de variación de la precipitación anual permite la distinción entre los dominios climáticos predominantes, el mediterráneo y el oceánico de latitudes medias. Puesto que si se establece únicamente el criterio clásico de los totales pluviométricos en torno a los 800 mm, el resultado sería un mapa repleto de anomalías en aquellos puntos, como Grazalema o Ronda, donde las precipitaciones son abundantes pero con claramente identificados con el clima mediterráneo (Martín-Vide, 2008).

En ese mismo estudio, se señala un claro límite en el 20% (o una horquilla entre el 20-22%) para delimitar los dos dominios climáticos presentes en la península. Aquellas zonas que están por encima de ese límite se consideran mediterráneas, mientras que las que se sitúan por debajo serían clasificadas como oceánicas. Y los valores de este coeficiente ahí calculados se representan en un mapa a partir de las distintas cuencas hidrográficas con un claro patrón espacial, que va aumentando de norte a sur y de oeste a este.

En el caso de los resultados que se muestran en la Figura 9 (a), se aprecian algunos matices. Se asemeja en el sentido de una disminución considerable de norte a sur, aunque el patrón longitudinal, de oeste a este no es tan notorio. Toda la franja norte está situada en los primeros intervalos, por debajo del 20% de variabilidad, o en su defecto por debajo del 22% marcado por Martín-Vide. También es destacable la franja costera portuguesa desde Lisboa hacia el norte, donde la variabilidad pluviométrica tampoco supera el umbral del 22%.

Pero conforme se va descendiendo meridionalmente se observan las primeras discrepancias. A pesar de estar en latitudes muy parecidas, la submeseta Norte presenta valores por encima del 25%, mientras que la zona del norte del sistema Ibérico en su unión con la cordillera Cantábrica (con una situación más oriental) registra un coeficiente de variación por debajo del 20%, con un marcado carácter atlántico pese a su proximidad al Mar Mediterráneo.

El intervalo de variabilidad 20-25% ocupa el resto de la península hasta llegar a la zona de influencia de Sierra Morena por el sur y del Mar Mediterráneo por el este, donde estos valores comienzan a ascender. El tercio sur de Portugal, el valle del Guadiana hasta la altura

de Badajoz, casi toda Andalucía y la costa mediterránea hasta la desembocadura y tramo final del Ebro presentan una alta variabilidad en sus precipitaciones anuales por encima del 25%. Un punto interesante en este ámbito es el que se presenta en el sur de la provincia de Granada, con unos valores inferiores, en torno al 23-24%, y cercano a puntos por encima de un 30%. Este hecho tan diferenciador puede estar causado por la alteración que supone la presencia de un sistema montañoso tan elevado en esta zona como es Sierra Nevada, que provoca un efecto apreciable de regularización de las precipitaciones en su entorno más cercano.

Por otra parte, en todo este ámbito de gran variabilidad destacan puntos con un coeficiente de variación más alto que el resto. Principalmente están situados en zonas costeras como toda la Costa del Sol, desde el Estrecho de Gibraltar hasta el límite con Granada, en la Costa de Almería en el entorno del Cabo de Gata, en las inmediaciones del Mar Menor cerca de Cartagena, un pequeño núcleo en la Costa Blanca de Alicante y toda la franja desde Valencia hasta Castellón. Todos estos puntos se tratan de localizaciones con un alto grado de variabilidad pluviométrica anual, por encima del 30%, indicando un alto nivel de irregularidad en el comportamiento de las precipitaciones a lo largo de un año. Por lo que se puede afirmar que en dichas zonas debido a la alta variabilidad que presentan sus valores, la representatividad de la media como medida de tendencia central es más limitada que en otros ámbitos.

En cuanto al mapa del coeficiente variación intercuartílica, expuesto en la Figura 9 (b), se refleja la variabilidad de los datos de precipitación en función a su mediana a partir de la dispersión calculada por el rango intercuartílico. De esta manera se consigue un índice robusto, capaz de medir la variabilidad, y que dará una perspectiva distinta a la habitual a la hora de analizar las variaciones anuales de precipitación.

En primer lugar, es necesario señalar la existencia de un patrón de distribución menos definido que en el anterior índice y unos porcentajes superiores cuantitativamente. Nuevamente, los valores más bajos se dan en latitudes superiores, aunque en esta ocasión se mueven entre el 15 y el 25%. Y por el extremo contrario se encuentra un máximo bien identificado en el ámbito de Doñana con un 47’7% de variabilidad. Otros puntos de alta variabilidad se sitúan en torno al tramo bajo del Guadalquivir y sus marismas, en las inmediaciones de Cartagena y la desembocadura del río Júcar. Además, de lo que se podría denominar como un valor anómalo al sur de León, en la conocida comarca del Páramo Leonés, con una variabilidad del 42%, provocada por sus situación geográfica a sotavento de

las cordilleras Cantábricas que le confiere unas características climáticas propias de un dominio mediterráneo continentalizado (Ramos Franco, 2013).

Y, por último, el resto de la península presenta valores dentro de un margen en torno a un 30 y 40%, con un cierto predominio de los porcentajes mayores en las zonas exteriores, cercanas a la costa en la mitad sur y el este, y porcentajes menores conforme se adentra hacia el interior peninsular.

5. Conclusiones

En este último apartado se detallarán las principales conclusiones de este trabajo, que se aportan a partir del análisis de los resultados obtenidos anteriormente y que sirven de base para determinar la consecución de los objetivos propuestos sobre la caracterización espacial de la precipitación en la península ibérica.

Para la exposición de una manera ordenada de estas conclusiones se pueden agrupar en dos grandes bloques, de la misma forma que se dividieron los resultados: las obtenidas a partir de la distribución de las medidas de tendencia central y las que se derivan de las medidas estadísticas de dispersión. De esta manera quedan estructuradas de una forma lógica en función a los distintos análisis estadísticos realizados.

5.1 Conclusiones a partir de las medidas de tendencia central

Tras el análisis de las precipitaciones medias, las medianas y la comparación entre ambas como parte del estudio pluviométrico realizado en este trabajo, se pueden realizar una serie de afirmaciones que corroboran lo descrito por los resultados.

En primer lugar habría que indicar que, tras la aparente similitud existente entre los patrones espaciales de las precipitaciones medias y medianas, ambas describen el fenómeno de la precipitación de manera complementaria. De hecho, la utilización de un solo estadístico de tendencia central a la hora de la toma de decisiones o de la gestión (como ocurre normalmente con el ejemplo de las precipitaciones medias), es una decisión desacertada en algunos ámbitos concretos del territorio. Ya que es necesario para una correcta interpretación pluviométrica, a riesgo de subestimar o sobreestimar los valores centrales de precipitación, tal y como se pudo observar la comparación entre precipitación media y mediana.

La toma en consideración de la media como única medida de centralidad en lugares donde exista una gran concentración de días sin lluvia y un volumen medio anual más o menos elevado, significa que se producirán episodios de precipitaciones intensas para llegar a esa media anual. Por lo que se hace imprescindible la comparación con otro estadístico de centralidad robusto para predecir esos comportamientos.

Y en cuanto a la distribución espacial de estos parámetros, cabe destacar la semejanza existente entre los resultados obtenidos y los patrones clásicos descritos en los distintos manuales. Tanto para la precipitación media como mediana, se puede observar claramente la distinción entre los tres grandes grupos representativos de la pluviometría en la península ibérica, definidos por las isoyetas de 300 y 800 mm, y de sus dominios climáticos asociados. A lo que habría que sumar la existencia de un gradiente espacial muy marcado, en sentido NW-SE, a través del cual se observa una clara disminución de las precipitaciones. Lo cual confirma uno de los grandes problemas con respecto a la gestión del agua, que es el reparto tan desigual de este elemento a lo largo de la península y las dificultades que ello conlleva.

5.2 Conclusiones a partir de las medidas de dispersión

Y tras el comentario de los resultados sobre las distintas medidas de dispersión calculadas en este trabajo y su representación espacial, se llega a unas conclusiones complementarias a las anteriores.

A partir de la dispersión calculada en valores absolutos, mediante la desviación típica y el rango intercuartílico, se vuelve a observar el mismo gradiente NW-SE en el cual, aquellas zonas que presentaban valores superiores de precipitación muestran una gran amplitud en sus datos registrados. Esto indica la heterogeneidad de esos datos de precipitación en función a los valores medios y medianos.

Y por último, tras el análisis de la variabilidad pluviométrica anual a través de los dos coeficientes de variación empleados, es necesario subrayar la alta irregularidad presente en el ámbito mediterráneo, con la presencia de valores por encima del resto del territorio. Lo que corrobora los resultados de estudios anteriores sobre patrones espaciales de variabilidad pluviométrica anual (Rodriguez-Puebla et al., 1998), donde se identifican distintas estructuras espacio-temporales de precipitación anual sobre la península en las que predominan los comportamientos irregulares sobre las zonas más orientales del territorio.

Estas características ratifican las ya conocidas dificultades que entraña la previsión de fenómenos pluviométricos en gran parte del territorio peninsular, con el consiguiente problema que ello supone para la planificación y gestión de las distintas actividades que se desarrollan en esos lugares.

5.3 Valoración final

Como comentario final al estudio realizado en este trabajo es reseñable el hecho de haber conseguido alcanzar los objetivos planteados al principio del mismo, describiendo espacialmente la pluviometría y sus patrones de distribución por todo el territorio de la península ibérica. Además, la metodología empleada mediante el uso de un sistema de gestión de bases de datos espaciales, junto con las aportaciones teóricas en materia estadística y climatológica, hacen de este trabajo un elemento de análisis completo para el estudio de una variable climática como es la precipitación.

Para finalizar, las potencialidades que ofrece este trabajo van mucho más allá de las aquí mostradas, pudiendo profundizar aún más en otras escalas temporales como las distintas estaciones del año, por ejemplo, cuyas cartografías vienen recogidas en los Anexo I, II y III. O incluso, si se disponen de los datos necesarios, para otras variables climáticas como las temperaturas o evapotranspiración que también están recogidas en el visor web Global Climate Monitor.

6. Bibliografía

AEMET. (2011). *Atlas Climático Ibérico - Iberian Climate Atlas*.

Almarza Mata, C., & Luna Rico, Y. (2006). Homogeneidad y variabilidad de la precipitación y la temperatura en zonas climáticamente homogéneas de la Península Ibérica. *Servicio de Desarrollos Climatológicos. Instituto Nacional de Meteorología*.

Álvarez-Rodríguez, J., Llasat, M. C., & Estrela, T. (2017). Analysis of geographic and orographic influence in Spanish monthly precipitation. *International Journal of Climatology*.

Capel Molina, J. J. (1981). *Los climas de España*. *Oikos-Tau, Barcelona* (Vol. 429).

Capel Molina, J. J. (2000). *El clima de la Península Ibérica*. Ariel.

CHG. (2015). *Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir*. *CHG: Madrid, Spain*.

Climate Research Group (Universidad de Sevilla). (2017). Global Climate Monitor. Retrieved July 15, 2017, from http://www.globalclimatemonitor.org/

Cortesi, N., González-Hidalgo, J. C., Trigo, R. M., & Ramos, A. M. (2014). Weather types and spatial variability of precipitation in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, *34*(8), 2661–2677. https://doi.org/10.1002/joc.3866

Dept. of Applied Mathematics and Computer Science (University of Cantabria), & Instituto de Física de Cantabria (IFCA). (2017). Santander Meteorology Group. Retrieved July 15, 2017, from http://www.meteo.unican.es/

Deutscher Wetterdienst. (2017). Wetter und Klima. Retrieved July 15, 2017, from http://www.dwd.de/

Dünkeloh, A., & Jacobeit, J. (2003). Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98. *International Journal of Climatology*, *23*(15), 1843–1866. https://doi.org/10.1002/joc.973

Gallego Herrezuelo, M. D. L. C., García García, J. A., & Vaquero, J. M. (2004). Distribución espacial de índices de frecuencia de precipitación diaria en la Península Ibérica. *Física de La Tierra*, *16*, 161–174.

González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & de Luis, M. (2010). Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005. *Climate Research*, *43*(3), 215–228. https://doi.org/10.3354/cr00937

González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & de Luis, M. (2011). A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945-November 2005). *International Journal of Climatology*. https://doi.org/10.1002/joc.2115

Goodess, C. M., & Jones, P. D. (2002). Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *International Journal of Climatology*, *22*(13), 1593–1615. https://doi.org/10.1002/joc.810

IPMA. (2017). Intituto Português do mar e da atmosfera. Retrieved July 15, 2017, from https://www.ipma.pt/

López-Bustins, J. A., Sánchez Lorenzo, A., Azorín Molina, C., & Ordóñez López, A. (2008). Tendencias de la precipitación invernal en la fachada oriental de la Península Ibérica. *Cambio Climático Regional Y Sus Impactos, Asociación Española de Climatología, Serie A*, (6), 161–171.

Luna Rico, Y., Morata Gasca, A., Avello, E., & Peraza, B. (2004). Estructuras espaciales coherentes de precipitación en la España peninsular: régimen atlántico. *Servicio de Desarrollos Climatológicos. Instituto Nacional de Meteorología*.

Martín-Vide, J. (1996). Decálogo de la pluviometría española. In *Clima y Agua. La gestión de un recurso climático* (pp. 15–24).

Martín-Vide, J. (2008). Subtropicalidad e influencia del Mediterráneo en los patrones espaciales de la precipitación en la Península Ibérica. In *Predicciones de cambio climático y vegetación* (pp. 167–186). Valencia.

Martín-Vide, J., & Fernández Belmonte, D. (2001). El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones Geográficas*, (26), 41–58.

Morata, A., Martin, M. L., Luna, M. Y., & Valero, F. (2006). Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, *85*(1), 41–59. https://doi.org/10.1007/s00704-005-0175-7

Ojeda Zújar, J. (2010). Geovisualización: espacio, tiempo y territorio. *Ciudad Y Territorio: Estudios Territoriales*, (165), 445–460.

Quadrelli, R., Pavan, V., & Molteni, F. (2001). Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies. *Climate Dynamics*, *17*(5–6), 457–466. https://doi.org/10.1007/s003820000121

Ramos Franco, L. A. (2013). Clima | elparamo.net. Retrieved July 11, 2017, from http://www.elparamo.net/comarca/medio-natural/clima

Rodriguez-Puebla, C., Encinas, A. H., Nieto, S., & Garmendia, J. (1998). Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, *18*(3), 299–316. https://doi.org/DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(19980315)18:33.0.CO;2-L

Romero, R., Guijarro, J. A., Ramis, C., & Alonso, S. (1998). A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: first exploratory study. *International Journal of Climatology*, *18*(5), 541–560.

University of East Anglia. (2017). Climate Research Unit. Retrieved July 15, 2017, from http://www.cru.uea.ac.uk/

Vilá Valentí, J. (1968). *La península ibérica* (Vol. 1). Ariel.

von Storch, H., & Zwiers, F. W. (2002). Statistical analysis in climate research. Cambridge: Cambridge University Press.

Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J. F., Luterbacher, J., & Wanner, H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate Dynamics*, *23*, 63–78. https://doi.org/10.1007/s00382-004-0422-0

ANEXOS

<u>Anexo I</u>: Mapas estacionales de medidas de tendencia central

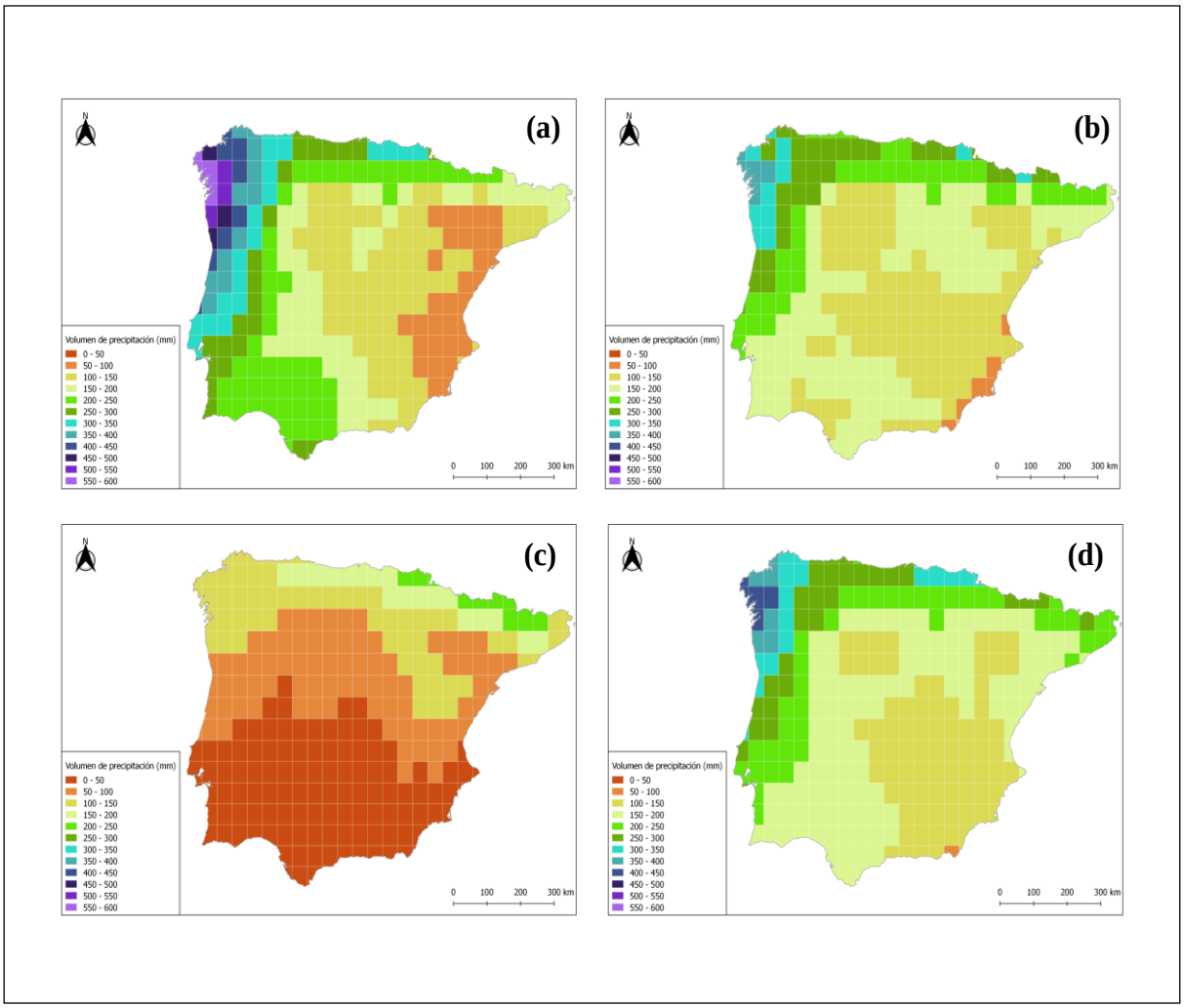


Figura I: Cartografía de las precipitaciones medias para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo I</u>: Mapas estacionales de medidas de tendencia central

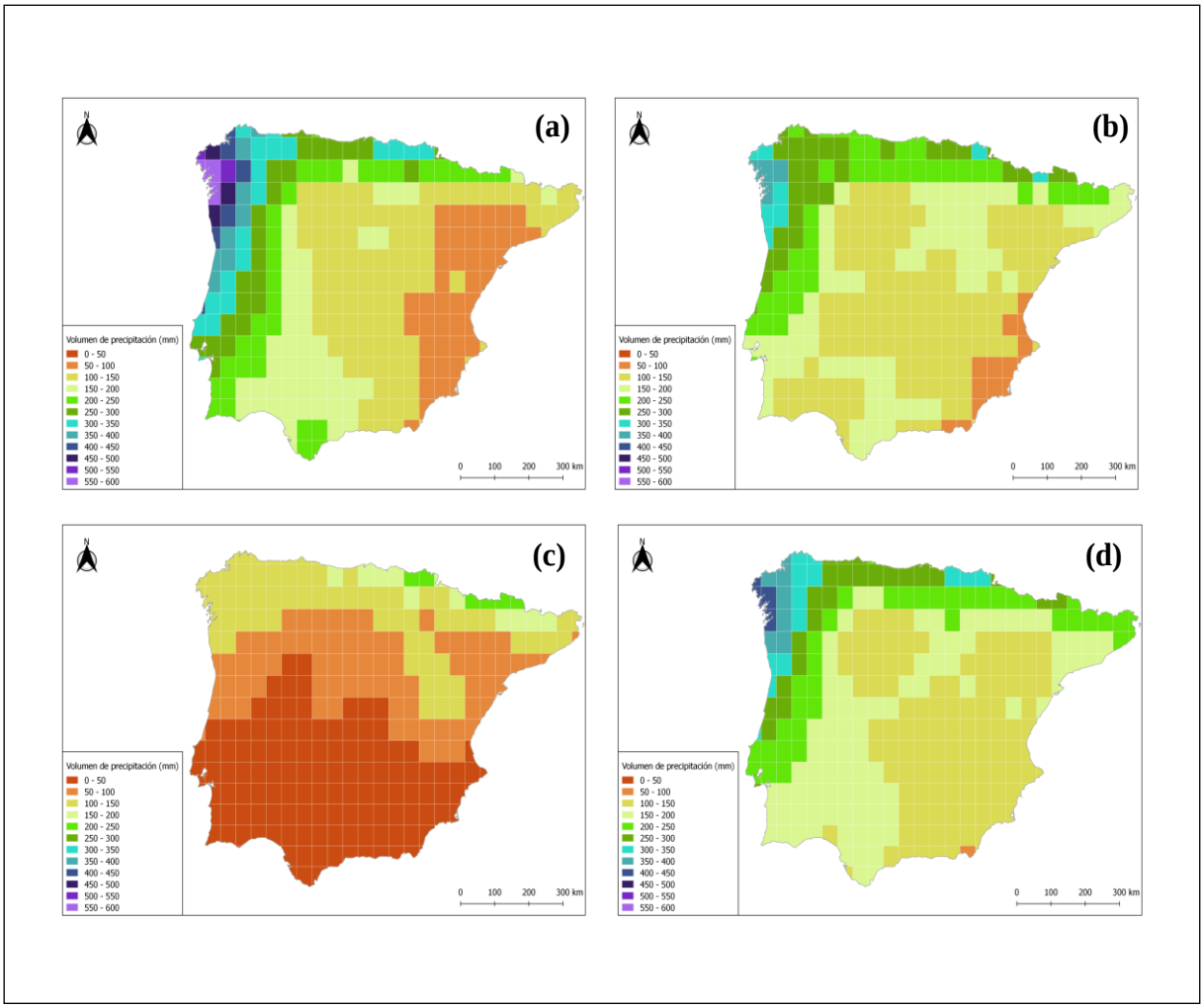


Figura II: Cartografía de las precipitaciones medianas para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo I</u>: Mapas estacionales de medidas de tendencia central

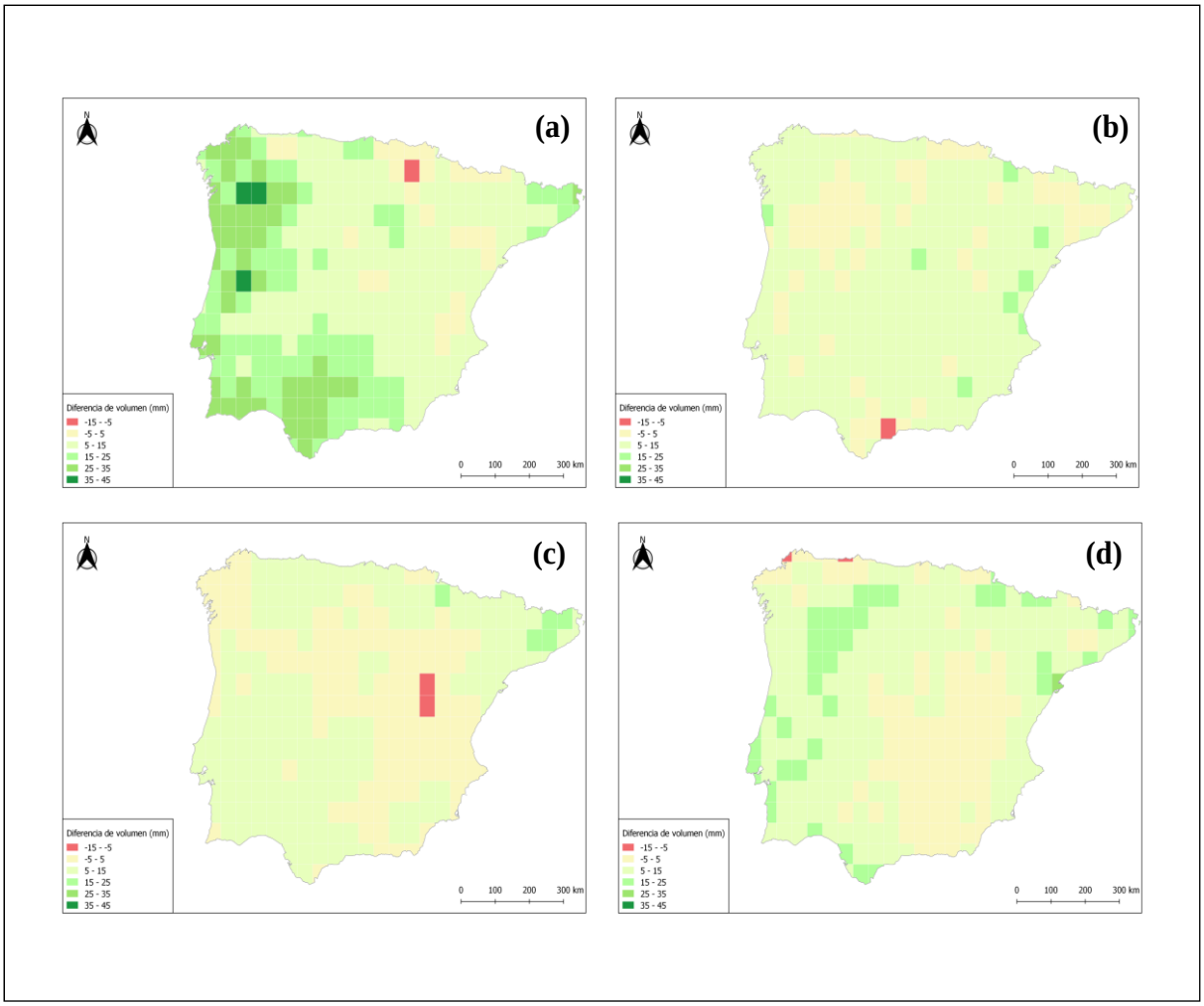


Figura III: Cartografía de las diferencias entre media y mediana para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo II</u>: Mapas estacionales de medidas de dispersión absolutas

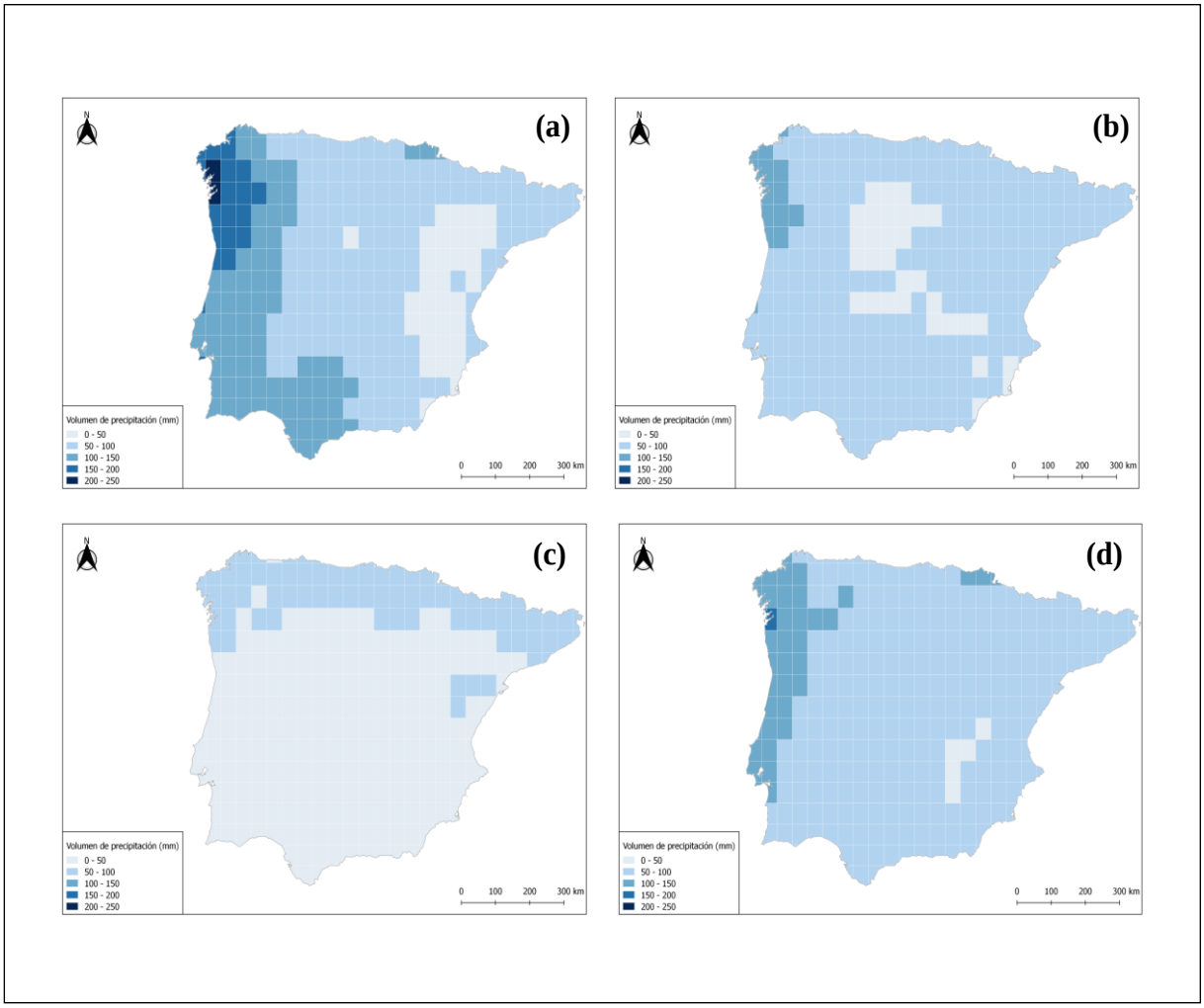


Figura IV: Cartografía de las desviaciones típicas para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo II</u>: Mapas estacionales de medidas de dispersión absolutas

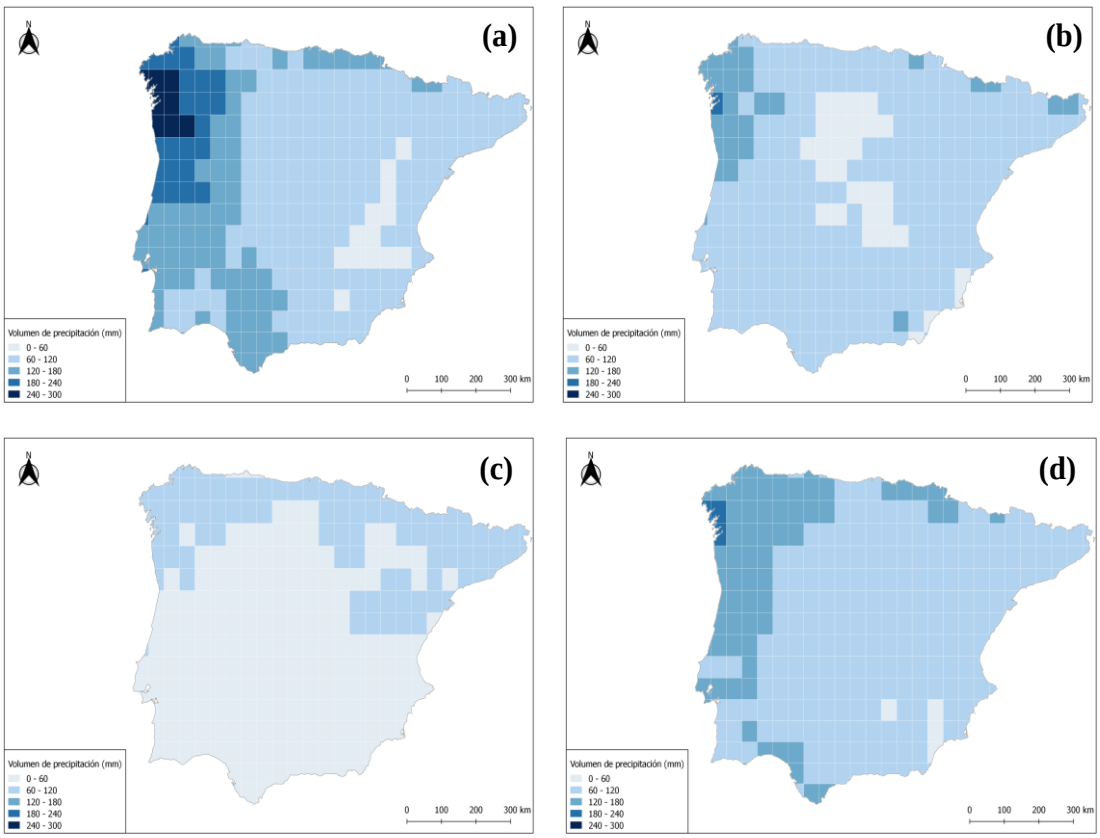


Figura V: Cartografía del rango intercuartílico para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo II</u>: Mapas estacionales de medidas de dispersión absolutas

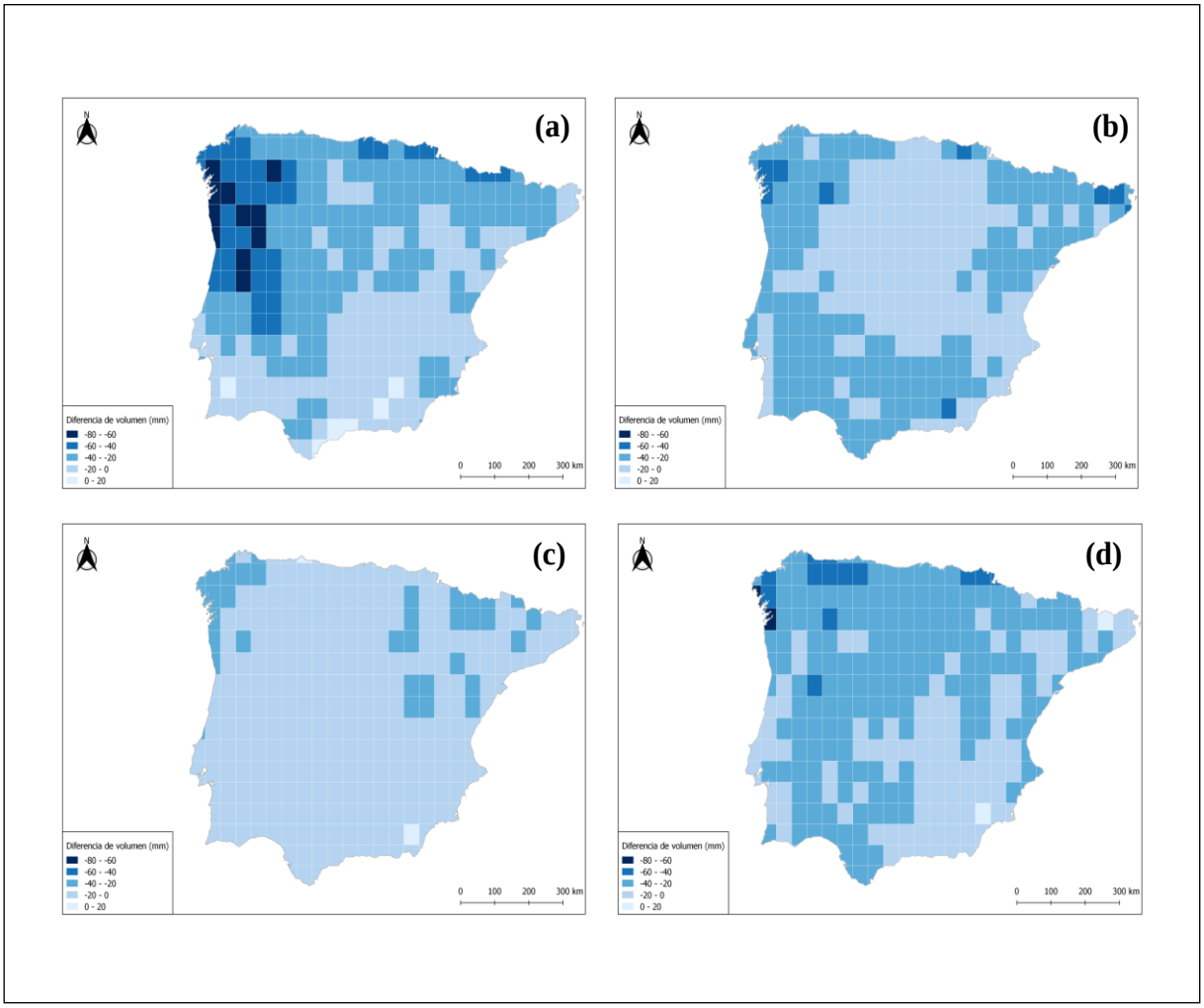


Figura VI: Cartografía de las diferencias entre desviación típica y rango intercuartílico para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo III</u>: Mapas estacionales de medidas de dispersión relativas

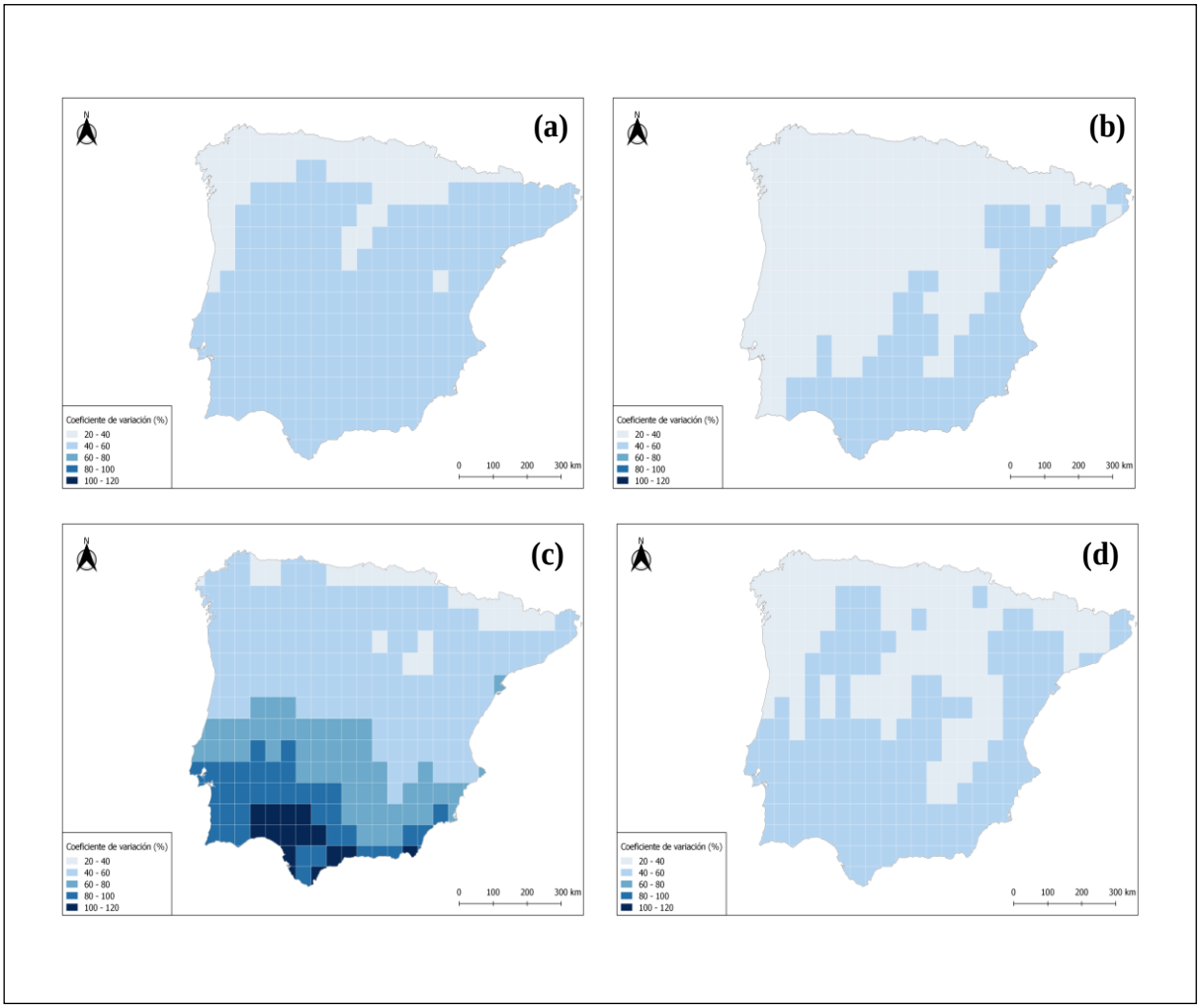


Figura VII: Cartografía de los coeficientes de variación para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

<u>Anexo III</u>: Mapas estacionales de medidas de dispersión relativas

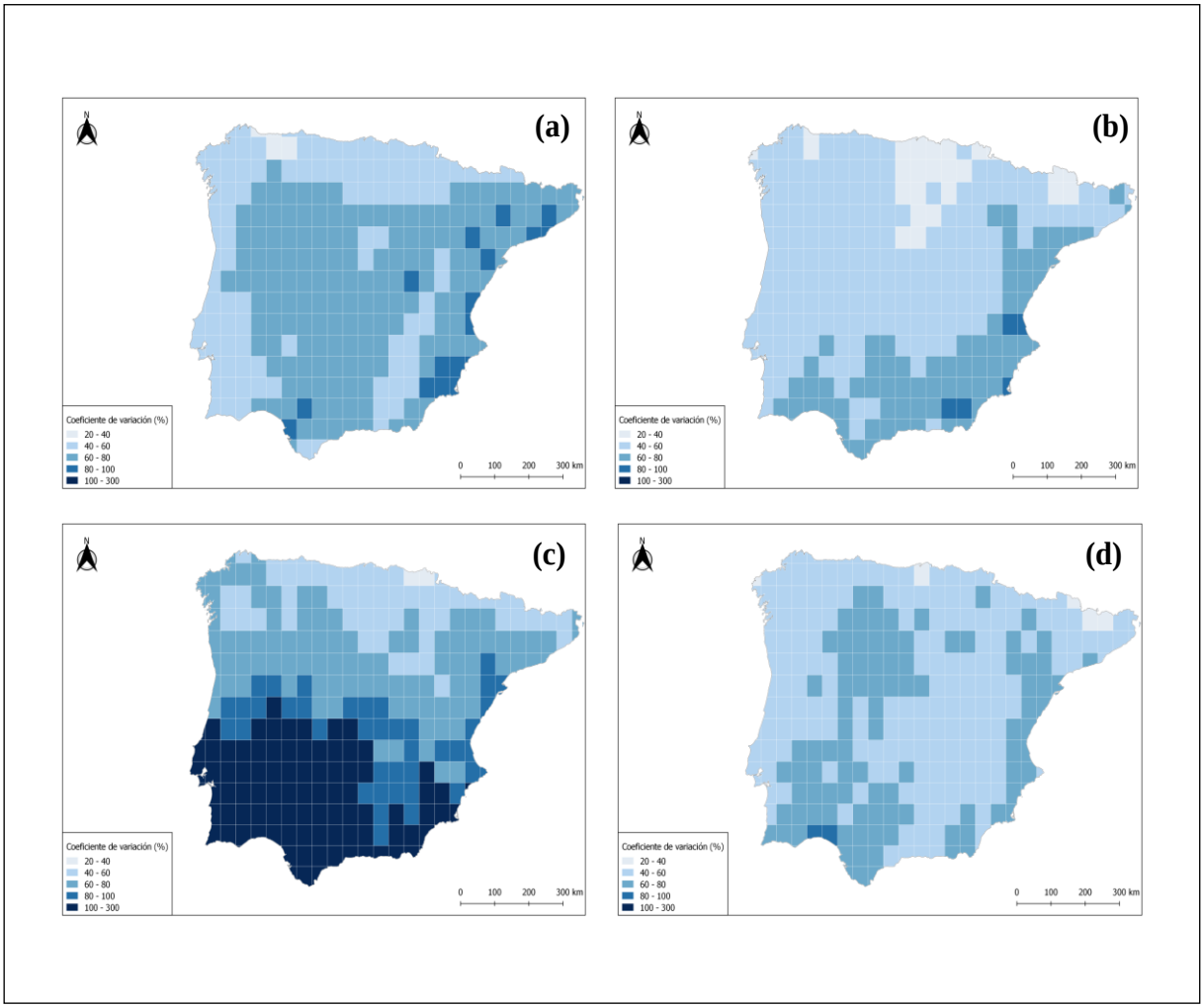


Figura VIII: Cartografía de los coeficientes de variación intercuartílica para cada una de las estaciones durante el periodo 1901-2016; a) Invierno, b) Primavera, c) Verano y d) Otoño.

Anexo IV: Relación completa de consultas SQL empleadas en la metodología

Crear extensión espacial postgis:

```
Create extension postgis;
```

Crear tabla para los datos:

```
Create table precip_1901_2017

(fid text, id_punto integer, geom text, mes integer, agno integer, p_mes numeric);
```

Copiar datos del archivo csv en una tabla:

```
Copy precip_1901_2017 FROM 'C:/tfg_datos/csv/pre_mensual_2.csv' with csv header delimiter ',';
```

Crear vista con la componente espacial para cada celdilla:

```
Create view precip_1901_2017_espacial as

select row_number () over (order by a.id_punto) as gid, a.id_punto, a.mes, a.agno, a.p_mes as precipitacion, b.geom

from puntos b

inner join precip_1901_2017 a on b.id_punto=a.id_punto;
```

Crear vista con los estadísticos de toda la serie por celdillas:

```
Create view estad_precip_1901_2017 as

with anual_total as (select id_punto, agno, sum(precipitacion) as precipitacionfrom precip_1901_2017_espacialwhere agno!='2017'
```

group by id_punto, agno)

select row_number () over (order by id_punto) as gid, id_punto, (precipitacion) as min_precip, max(precipitacion) as max_precip, avg(precipitacion) as med_precip, stddev(precipitacion) as desv_precip, (stddev(precipitacion)/avg(precipitacion))*100 as coef_varia_precip, median(precipitacion) as mediana, (percentile_cont (0.75) within group (order by precipitacion) - percentile_cont(0.25) within group (order by (precipitacion))) as RIQ, ((percentile_cont (0.75) within group (order by precipitacion) - percentile_cont(0.25) within group (order by (precipitacion)))/median(precipitacion))*100 as CVR, geom

from anual_total

group by id_punto, geom;

Crear vista con la selección de regiones que forman la península (fuera Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla):

Create view peninsula_nuts as

select *

from peninsula

where (stat_levl_='2' and nuts_id like 'ES%'and nuts_id!='ES53' and nuts_id!='ES64' and nuts_id!='ES63' and nuts_id!='ES70') or nuts_id='PT1';

Crear vista de la península con srid=3857:

Create view peninsula_nuts_3857 as

select *, st_transform (geom, 3857)

from peninsula_nuts;

Crear vista de la peninsula con los límites disueltos:

Create view peninsula_union as

select row_number () over () as gid, st_union(st_transform)

from peninsula_nuts_3857;

Crear vista con los estadísticos por celdillas con la forma de la península:

Create view estad_precip_1901_2017_peninsula as

select b.*, st_intersection(a.st_union, b.geom) as intersection

from peninsula_union a, estad_precip_1901_2017 b;

Crear vista para estadísticos estacionales por celdilla:

Create view est_precip_1901_2017_oto as

select row_number() OVER (order by id_punto) as gid, id_punto, sum(precipitacion) as total_precip, min(precipitacion) as min_precip, max(precipitacion) as max_precip, avg(precipitacion) as med_precip, stddev(precipitacion) as desv_precip, stddev(precipitacion) / avg(precipitacion) * 100::numeric as coef_varia_precip, geom

from precip_1901_2017_espacial

where mes=9 or mes=10 or mes=11

group by precip_1901_2017_espacial.id_punto, precip_1901_2017_espacial.geom;

Crear vista para estadísticos estacionales por celdilla sumados:

Create view est_1901_2017_inv_2 as with invierno_total as

(select id_punto, agno, sum (p_mes) as p_invierno

from precip_1901_2017

where mes=12 or mes=1 or mes=2

group by id_punto, agno)

select row_number() OVER (order by a.id_punto) as gid, a.id_punto, min(a.p_invierno) as min_precip, max(a.p_invierno) as max_precip, avg(a.p_invierno) as med_precip, stddev(a.p_invierno) as desv_precip, stddev(a.p_invierno) / avg(a.p_invierno) * 100::numeric as coef_varia_precip, b.geom

from invierno_total a INNER JOIN puntos b ON a.id_punto=b.id_punto

group by a.id_punto, b.geom;

Crear vista estadísticos estacionales por celdillas con forma de la península:

Create view estad_primavera_1901_2017 as

select b.gid, b.id_punto, b.total_precip, b.min_precip, b.max_precip, b.med_precip, b.desv_precip, b.coef_varia_precip, b.geom, st_intersection(a.st_union, b.geom) as intersection

from peninsula_union a, est_precip_1901_2017_pri b;