



U SCIENCE TECH
FACULTAT DE CIÈNCIES
I TECNOLOGIA
UVIC-UCC

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y
LAS PRECIPITACIONES EN CATALUNYA DESDE 1950
COMO CONSTATACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO Y PROYECCIÓN DE LOS POSIBLES VALORES
PARA MEDIADOS DEL SIGLO XXI.**

Lawrence Macrí Marcial.

Grado en Ciencias Ambientales.

Curso: 4º

Tutor: Prof. Josep Ayats Bansells.

Barcelona, 2 de Junio del 2016.

Índice

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. OBJETIVOS	7
4. EL CAMBIO CLIMÁTICO	8
4.1 Aspectos generales	8
4.2 Estudios previos sobre cambio climático	10
4.2.1 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.....	10
4.2.2 GECCC: Segon informe sobre canvi climàtic a Catalunya	11
4.3 Marco legal sobre el cambio climático	13
5. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE DATOS	16
5.1 Zonas climáticas de Catalunya	16
5.2 Elección de estaciones meteorológicas	18
5.3 Análisis datos meteorológicos históricos	21
5.4 Obtención de resultados	22
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
6.1 Evolución de las temperaturas y precipitaciones: Datos observados	30
A. Temperaturas	30
B. Precipitaciones.....	35
C. Climogramas de Gausson y comparación estacional.....	39
6.2 Proyecciones.....	49
A. Temperaturas	49
B. Precipitaciones.....	53
7. CONCLUSIONES	55
8. BIBLIOGRAFÍA	58
9. ANEXOS	60
Anexo 1 Tabla: Zonas climáticas de Catalunya.....	60
Anexo 2. Tablas y gráficas de los datos históricos	60
Anexo.2.1. Zona climática Mediterránea Litoral	60
Anexo.2.2 Zona climática Mediterránea PreLitoral.....	61
Anexo.2.3 Zona climática Mediterránea Continental.....	62
Anexo.2.4 Zona climática Mediterránea prepirenaico y pirenaica.....	63
Anexo.2.5 Zona climática Mediterránea Atlántico	64

1. RESUMEN. TRABAJO DE FIN DE GRADO DE CIENCIAS AMBIENTALES.

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS Y LAS PRECIPITACIONES EN CATALUNYA DESDE 1950 COMO CONSTATAción DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y PROYECCIÓN DE LOS POSIBLES VALORES PARA MEDIADOS DEL SIGLO XXI.

Autor: Lawrence Macrí Marcial

Tutor: Josep Ayats Bansells

Palabras clave: Cambio Climático, Temperatura, Precipitaciones, GECCC, Cataluña, IPCC, SMC, datos históricos, Proyecciones.

En este informe se presentan los datos históricos de temperaturas y precipitaciones de Catalunya publicados por el Servei meteorològic de Catalunya (SMC). En el estudio de estos datos se ha podido comprobar que el cambio climático en Catalunya es inequívoco, el estudio y comparación de las medias de temperaturas entre los períodos de estudio 1950-1982 y 1983-2015 arrojan datos que confirman que la temperatura ha aumentado entre 1950 de +0.19 - +0.24°C/década y aún más preocupante si seguimos la tendencia a partir de 1983 las cifras se disparan de +0.20 - +0.39°C/década. Esto ya supone un aumento de temperatura por encima de lo que se ha establecido como límite en la Conferencia del cambio climático de las Naciones Unidas en París, 2015. La diferencia de Temperatura entre ambos períodos es mayor en los meses de verano (junio, julio y agosto). Para construir el escenario de estos factores ambientales para 2050 se ha utilizado las tendencias, si se toma en cuenta la tendencia desde 1950 para mediados de siglo la temperatura podría aumentar entre +0.80°C – +2.20°C. Si en cambio se toma en cuenta la tendencia desde 1983 para el año 2050 los termómetros puedan alcanzar un aumento de hasta +2.5°C.

En el análisis de los datos de precipitaciones se ha podido comprobar que hay una tendencia clara a la disminución de las precipitaciones para Catalunya, más acentuada en la zona climática continental que el resto del territorio. Aplicando la tendencia, los datos apuntan a una reducción que alcanza los -152 mm (para el 2050) en la estación meteorológica de Vic. La elaboración de los Climogramas de Gaussen ha permitido confirmar que las zonas climáticas litoral y prelitoral tienen un aumento significativo de las precipitaciones en el mes de noviembre en comparación con las zonas climáticas continental y pirenaica donde se observa un aumento más significativo en el mes de octubre. Todas las zonas climáticas presentan una diferencia mayor entre los períodos de estudio de las temperaturas en los meses de verano (junio, julio y agosto) lo que parece dar continuidad a la tendencia de veranos más calurosos. Con respecto a la tendencia de disminución de la precipitación estacional en las zonas climáticas litoral y prelitoral se observa que es claramente mayor en primavera, aproximadamente un -25% y a medida que nos acostamos hacia el noroeste, es decir, las zonas climáticas prepirenaicas y pirenaica y la zona atlántica, la disminución es aún mayor en invierno con aproximadamente -20%. Se observa un ligero aumento de precipitaciones en el otoño para todas las estaciones meteorológicas.

1. ABSTRACT. FINAL THESIS FOR THE ENVIRONMENTAL SCIENCE DEGREE.

STUDY OF THE EVOLUTION OF PRECIPITATION AND TEMPERATURES SINCE 1950 IN CATALONIA IN ORDER TO FIND THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE AND SCREENING OF POSSIBLE VALUES FOR MID XXI CENTURY.

Author: Lawrence Macrí Marcial

Tutor: Josep Ayats Bansells

Keywords: Climate Change, Temperature, Precipitation, Catalonia, IPCC, SMC, GECCC, historical records, Projections.

In this report the historical data of temperature and precipitation of Catalonia published by the Servei meteorològic de Catalunya (SMC) has been studied, the analysis brings an important conclusion: climate change is unequivocal in Catalonia. The study and comparison of mean temperatures between the periods 1950-1982 and 1983-2015 provide data confirming that the temperature increases since 1950 an average of $+0.19 - +0.24^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ and even more worrying is that if we follow the trend only from 1983 the increase is even higher of approximately $+0.20 - +0.39^{\circ}\text{C} / \text{decade}$. This is already a temperature rise above what has been established as a limit on the United Nations Climate Change Conference for climate change on París, December 2015. The temperature difference between the two periods is higher in summer (June, July and August). The trends since 1950 has been apply to construct the scenario of these environmental factors for 2050, if the trend from 1950 to mid- century is applied, the temperature could rise between $+0.80^{\circ}\text{C} - +2.20^{\circ}\text{C}$ and If you take the trend from 1983 to 2050 thermometers can achieve an increase up to $+2.5^{\circ}\text{C}$.

In the analysis of rainfall data it has been found that there is a clear downward trend in rainfall for Catalonia, higher in the continental climate zone than the rest of the territory. Applying the tendency the results suggest that the rainfall could drop until -152 mm (for 2050) in Vic weather station. The elaborations of Gaussens Climograph has permitted to confirm that: in coastal and pre-coastal climatic areas the increase of rainfall is higher in the month of November, in comparison with the continental and Pyrenees climatic areas where the observed increase is more significant on October. All climatic areas analyzed show a larger difference between the two periods of temperatures in the summer months (June, July and August), this seems to reinforce the thesis of warmer summers. With respect to the trends of changes in seasonal precipitation in coastal and littoral areas, clearly there's more decrease in spring about to -25% , then leaning towards the northwest of the country, the prepyrenean and pyrenean climatic zone and the atlantic seem to have a mayor decline in winter approximately up to -20% . There's also a small increase in rainfall in autumn for all stations.

2. INTRODUCCIÓN

El clima del planeta está sufriendo cambios a un ritmo sin precedentes, las variaciones ya tienen un efecto observable en la mayoría de regiones del planeta: los glaciares se reducen a 287,0 billones m³/año, el nivel del mar aumenta 3,4 mm/año y la temperatura ha aumentado 0,85 °C desde 1880 (IPCC, Resumen AR5, 2014). La variedad de los efectos indica que el daño, además de ser significativo, afectará progresivamente a todos los componentes de la infinita red física y biológica de nuestro planeta.

El cambio climático es un proceso global pero su intensidad y sus consecuencias no son, ni van a ser en el futuro, las mismas en todas partes.

La investigación sobre el cambio climático es un fenómeno reciente, se han realizado diversos estudios globales complejos, debido a la extensa serie de interconexiones entre los componentes climáticos. En ellos se expresa los datos históricos observados y las proyecciones o estimaciones de datos para el futuro cercano. Existen diversas metodologías para efectuar estudios sobre el cambio climático, utilizando registros climáticos históricos se puede realizar una aproximación al análisis de la tendencia o se puede realizar con la modelización climática. Por un lado la estimación a la tendencia implica asumir que la misma se llevará a cabo y por otro lado la modelización que puede ser estadística a través del uso de modelos climáticos o la modelización dinámica, requiere más recursos informáticos.

Según el quinto reporte (AR5) del IPCC (2014) el área mediterránea tendrá cambios significativos para el período 2021-2050 la temperatura aumentará alrededor de 1.5°C en invierno y 2°C en verano. La precipitación disminuirá un 5% aproximadamente. Este informe tiene mejoras significativas con respecto al informe anterior AR4 en cuanto a la estadística y probabilidad de los efectos.

El continuo análisis sobre el cambio climático es la mejor herramienta a fin de determinar, a nivel local, alteraciones y patrones climáticos concretos que permitan poner en acción los mecanismos locales necesarios para que la adaptación y la prevención sean más rápidas y eficientes.

Catalunya es pionera en el país en relación al análisis del cambio climático. Sus administraciones han venido apostando decididamente para disponer de una estrategia propia en políticas de mitigación y adaptación al cambio climático. Concretamente, en el año 2010 se desarrolló, como continuación de otro anterior, un vasto estudio en materia de cambio climático, concretamente el llamado “Segon Informe sobre Canvi Climàtic a Catalunya” (promovido por el Consell Assessor per la Desenvolupament Sostenible (CADS) de la Generalitat de Catalunya, y elaborado por el “Grup d’Experts en Canvi Climàtic a Catalunya” GECCC, 2010). Basados en los informes y grupos de estudio previos como el IPCC y ENSAMBLE, entre otros, los autores de dicho informe concretan las variaciones mediante el análisis del pasado climático de Catalunya, pasando por el estudio de las tendencias, hasta definir los efectos específicos que pueda tener el cambio climático en casi todos los aspectos socio-económico de Catalunya.

El estudio sobre el Cambio Climático en Catalunya que se presenta en este documento está argumentado en la importancia de conocer exactamente cuáles son las tendencias climáticas con respecto a la temperatura y las precipitaciones en Catalunya desde que ha sido posible obtener los registros de datos meteorológicos.

A la espera de una pronta publicación de un “Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya”, el presente trabajo pretende analizar las series de datos termopluviométricos históricos que el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) tiene publicados en su página web; los datos corresponden a muchas estaciones meteorológicas repartidas por todo el territorio catalán desde 1950, para actualizar, revisar y completar algunos de los resultados del “2n Informe” y intentar proyectarlos hasta mediados del siglo XXI. Probablemente sea una labor un poco ambiciosa para ser realizada en el marco de un Trabajo Final de Grado, pero la constatación del llamado calentamiento global a un nivel regional es una sólida base para poder inculcar a las generaciones venideras la necesaria toma de conciencia de la problemática ambiental con la que van a tener que convivir.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos Generales:

- Estudiar los datos históricos de las temperaturas y precipitaciones en Catalunya desde 1950 hasta la actualidad.
- Determinar la proyección de la tendencia de temperaturas y precipitaciones para mediados del siglo XXI.
- Representar los resultados en el mapa de Catalunya.

3.2 Objetivos Específicos:

- Comparación de los resultados con estudios previos ("Segon informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya" y AR5 del IPCC).
- Establecer las zonas climáticas más susceptibles a los cambios climáticos en relación a las variables climáticas de estudio.

4. EL CAMBIO CLIMÁTICO

4.1 Aspectos Generales del cambio climático

“El cambio climático global es inequívoco y desde 1950 los datos observados no tienen precedentes en milenios. La influencia humana es clara y las emisiones de gases de efecto invernadero son la más altas de la historia. Los océanos y la atmósfera se han calentado, las cantidades de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar ha aumentado” (IPCC, AR5, 2014).

Las emisiones de gases con efecto invernadero han incrementado desde la era preindustrial, se encuentran en los niveles más altos de los registros históricos de los últimos 650.000 años. Las concentraciones de dióxido de carbono CO_2 , metano CH_4 y óxido de nitrógeno N_2O han incrementado significativamente y los efectos de este conductor del cambio climático acentúan la temperatura de forma relevante.

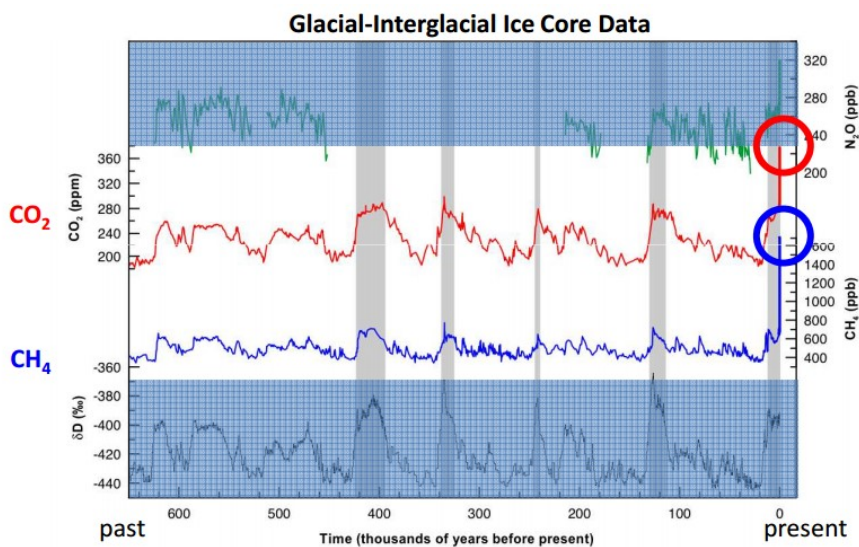


Figura 1. Datos de CO_2 y CH_4 , calculados a partir de testigos de hielo.

Fuente: IPCC, AR4, Figura TS.1

Este aumento se ha originado entre otras causas por el crecimiento económico, la actividad industrial y el aumento demográfico, sin embargo, la disminución del crecimiento de la población en países como España, Alemania, Japón, China y Brasil puede significar que estas naciones tendrán casi tantas personas de mayor edad como jóvenes en las próximas décadas. "El rápido crecimiento de la población mundial cesará en la segunda parte de este siglo", según el investigador de la salud

internacional Hans Rosling, del Instituto Karolinska en Estocolmo, quien espera que el mundo debe prepararse para al menos 11000 millones de personas. (Biello, 2014).

En la “Síntesis para agentes políticos” del informe AR5 del IPCC, se confirma gracias a la modelización y utilizando un modelo con los conductores ambientales naturales y otro utilizando tanto conductores naturales como antropogénicos, que las concentraciones de gases con efecto invernadero y otros conductores antropogénicos del cambio climático son con extrema probabilidad los responsables de los cambios climáticos actuales y futuros, ver la siguiente Figura 2. (IPCC, 2013).

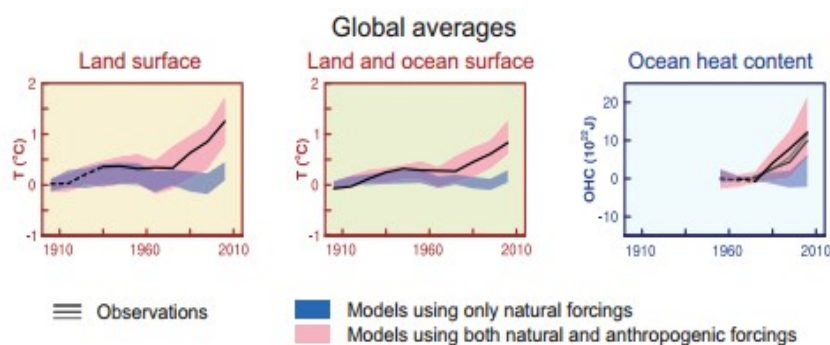


Figura 2. Modelos de conductores (Naturales y antropogénicos) del cambio climático

Fuente: IPCC, AR5, SPM.5 (2013).

Los cambios progresivos amplificarán los riesgos existentes para el sistema natural y humano, los riesgos están distribuidos de forma desigual y tienden a generar desventaja en comunidades con diversos niveles de desarrollo. Sin embargo, los países en vías de desarrollo tienen un mayor riesgo por las condiciones de vida de la comunidad.

La adaptación y mitigación son estrategias que ayudan a reducir el impacto del cambio climático. La reducción de las emisiones en las próximas décadas podría ayudar a menguar los efectos del cambio climático global. El desarrollo sostenible en todos los aspectos antropogénicos y en particular industrial mejora las expectativas en un escenario futuro en cuanto a la adaptación y reducción efectiva de los costos de la mitigación del cambio climático. Es por lo antes expuesto que la toma de decisiones condiciona el cambio climático, en este sentido se pueden aplicar diversas aproximaciones, cualquiera de ellas debe tener en cuenta la importancia de las decisiones políticas, éticas y socio-económicas que de alguna u otra forma repercutirán efectivamente en la mitigación del cambio climático.

4.2 Estudios previos sobre cambio climático

4.2.1 Informe AR5, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Según el quinto reporte del IPCC (2014) el área mediterránea tendrá cambios significativos para el período 2021-2050 que puedan incluso acelerarse unas décadas antes de lo esperado en el escenario A1B (IPCC WG1, 2014). La temperatura aumentará alrededor de 1.5°C en invierno y 2°C en verano. La precipitación disminuye alrededor del 5% según el escenario A1B, este escenario se ubica en el promedio de todos los escenarios (Gualdi, 2014).

La tendencia es clara, un aumento de la temperatura +0.27 °C/década en el área mediterránea, estos resultados son consistentes con la tendencia AR4 (Sección 11.3, AR4, 2007) el informe AR5 ha incorporado una mejora y un aumento de la resolución de la modelización (Ver comparación de modelos en la Figura 3). Algunos modelos como el estudio sobre el cambio climático realizado por una comisión de la unión europea CIRCE en 2013 mejoran la resolución y has ido posible modelizar los impactos a una escala menor (CIRCE, 2013). En la siguiente imagen se puede ver reflejado las tendencias con respecto al período de referencia 1961-1990 para mediados de siglo.

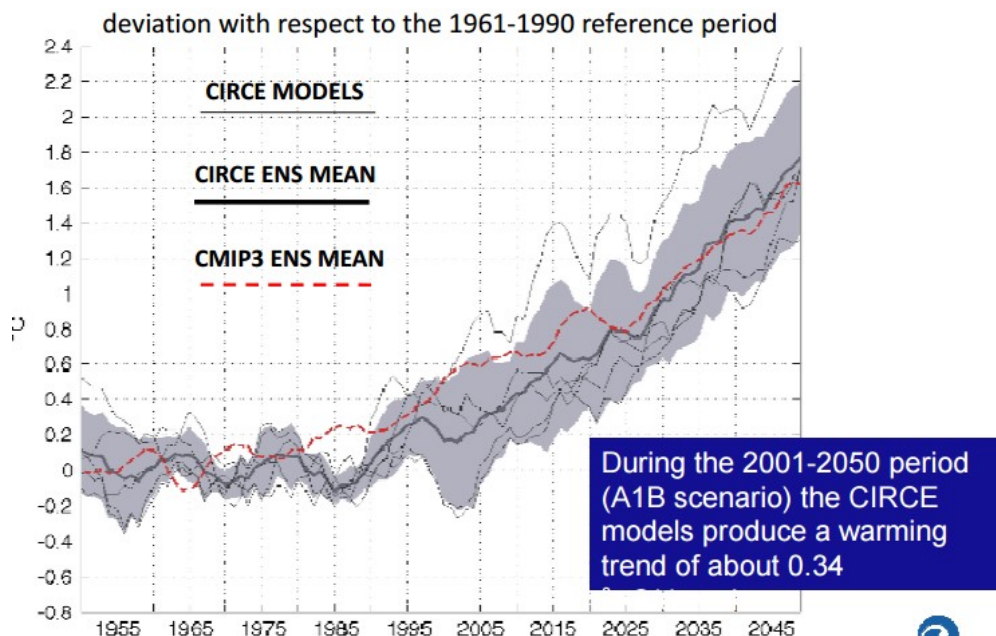


Figura 3. Modelos CIRCE y CMIP5, IPCC AR5 (2014). con respecto al pdo. 2001-2050, en un escenario A1B en el mediterráneo. **Fuente:** CIRCE, 2013.

4.2.2 GECCC: Segundo informe sobre cambio climático en Catalunya

Presentado en el año 2010 por un gran número de expertos (GECCC), refleja el arduo trabajo que representa el estudio de todas las variables ambientales y socio-económicas que se ven afectadas por el cambio climático global.

Se utilizan los datos indicadores de valores medios de T° extraídos del Boletín anual de indicadores climáticos (1950-2008) donde se pueden ver reflejadas las tendencias. Utilizando los datos de 13 estaciones meteorológicas repartidas en el territorio, se han representado las anomalías de T° media respecto al período de referencia (1961-1990) en donde se concluye un claro predominio de años con una T° media por encima del promedio del período de referencia. De igual forma se hace referencia al cambio de tendencia observada desde 1980 donde parece haber un punto de inflexión de los indicadores. Probablemente fruto de la evolución cada vez más extensa de la actividad industrial del transporte así como también de la demografía.

Como se puede confirmar en la Figura 4, la temperatura en Catalunya aumenta muy por encima de la media a partir del año 1980, no hay ningún dato a partir de esta fecha que la diferencia este por debajo con respecto al período de referencia 1961-1990 valor medio de los últimos 66 años.

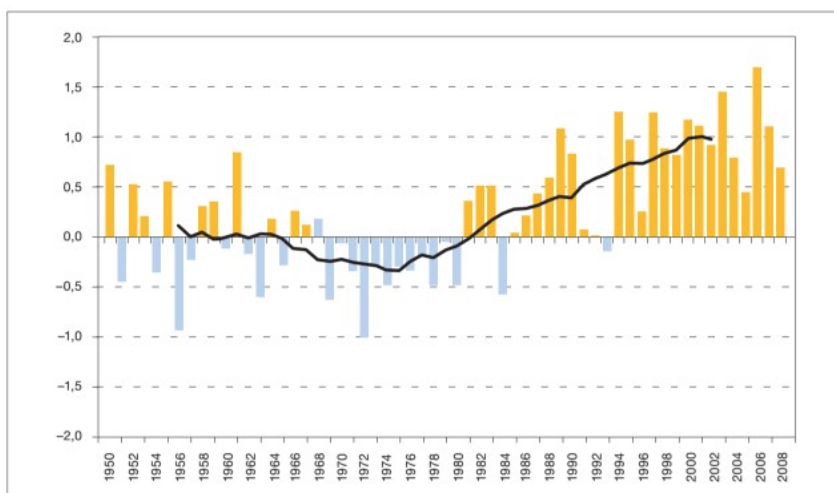


Figura 6. Evolució temporal de la temperatura mitjana anual (°C) per al conjunt de Catalunya durant el període 1950-2008, expressada com a anomalia respecte al trentenni de referència (1961-1990). La corba negra indica la mitjana mòbil de tretze anys de període.

Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

Figura 4. Evolución temporal media anual (°C) para Catalunya, período 1950-2008.

Fuente: SMC, 2008.

Con respecto a las precipitaciones no se aprecia una clara tendencia como la temperatura. Únicamente se representan los gráficos de las estaciones de Observatori de l'Ebre y l'Observatori de Fabra (ver Figura 5). También extraídas del boletín anual de indicadores del cambio climático en Catalunya, 2008.

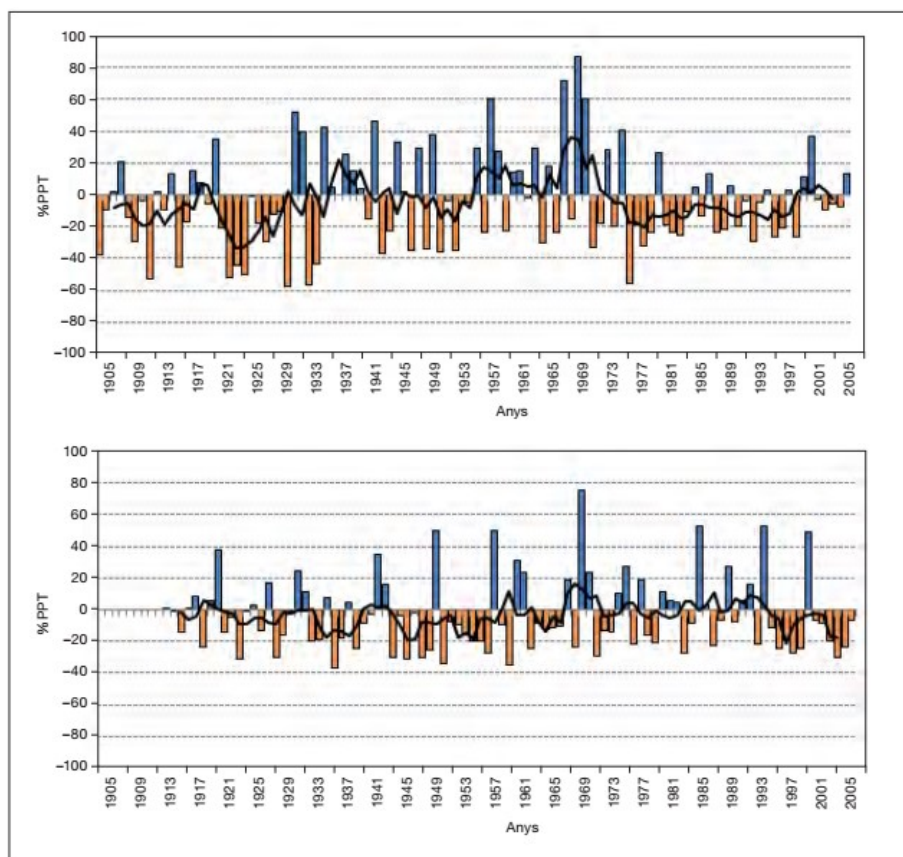


Figura 7. Evolució de l'anomalia de la precipitació anual a l'Observatori de l'Ebre (1906-2008) i a l'Observatori de Fabra (1914-2008). Els valors s'expressen com a anomalies percentuals respecte al període de referència (1961-1990). Les barres de color blau indiquen percentatges positius, és a dir, anys plujosos, mentre que les barres taronges indiquen anys secs. La corba negra continua expressa la mitjana mòbil de cinc anys de període. Atès que l'Observatori de l'Ebre no disposa de les dades corresponents a 1938, la gràfica queda interrompuda aquell any.
Font: Servei Meteorològic de Catalunya, Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics, 2008.

Figura 5. Variación de precipitación (%) del Observatori de l'Ebre y l'Observatori de Fabra período 1906-2008, se expresan como anomalías respecto del período de referencia 1961-1990.

Fuente: SMC. Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics, fig. 7, 2008.

También se hace referencia a una serie de estudios previos realizados por diversos autores, sin presentar un gran aporte propio en el estudio de las precipitaciones en Catalunya por parte de este segundo informe. Pero si se realiza un trabajo bibliográfico que en resumen expresan que las precipitaciones no presentan una diferencia tan marcada como en la variación de las temperaturas, en parte gracias a la complejidad orográfica de Catalunya y el requerimiento de obtener y estudiar una serie representativa de variantes pluviométricas (Castro y otros, 2005).

4.3 Marco legal.

4.3.1 Conferencia de las Naciones Unidas, París: Diciembre 2015.

Recientemente, se ha realizado el acuerdo de París por parte de la Conferencia de Naciones Unidas por el cambio climático en diciembre del 2015.

Entre los aspectos más importantes del acuerdo de París, cabe resaltar lo siguiente: El artículo 2 sección a), donde se propone mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

En el mismo artículo, sección b), se aumenta la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático de un modo que no comprometa la producción de alimentos. (FCCC, Convenio Marco sobre Cambio Climático, 2015).

En la sección c), se pretende elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

En definitiva el acuerdo es un paso más a la materialización del cambio del modelo económico por parte de los países que han acordado conseguir las pautas marcadas y sobre todo comprometerse con trabajar para desarrollar una sociedad más sostenible y con menor impacto en el medio ambiente.

4.3.2 Anteproyecto de Ley, 20 de octubre sobre cambio climático de la Generalitat de Catalunya.

Argumentado en los informes del IPCC y la comprobación de la correlación entre el cambio climático y las actividades humanas con un rango de probabilidad del 95%. La Generalitat de Catalunya en conjunto con el grupo de Expertos sobre el cambio climático en Catalunya (GECCC), deciden internalizar en el marco legal de Catalunya las bases de una ley sobre el cambio climático en Catalunya.

Dicha ley promete ser la respuesta sólida para afrontar el reto, tomar acciones y mitigar los efectos del cambio climático en Catalunya. Se debe contribuir a una

sociedad más competitiva, innovadora y sostenible. Se prevé la integración de políticas sectoriales de las administraciones públicas. Entre los cambios más importantes, se comentan a continuación los más importantes:

El país se compromete a alcanzar, como mínimo, la parte de reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) que le corresponde de los objetivos europeos. En concreto, para el 2020 y aplicando los mismos criterios de reparto de esfuerzos establecidos por la Unión Europea a sus estados miembros, esta contribución es una reducción de un 25% para el año 2020 con respecto al año 2005. Para el año 2050 esta reducción tendrá que ser del 80% o más.

Se establecen los objetivos de adaptación al cambio climático y se recogen los requisitos que tienen que contener los instrumentos de planificación y programación sectoriales para alcanzar una buena coordinación; adaptada en el nuevo marco regulador, en los que se incluye el refuerzo el papel del Servicio Meteorológico de Catalunya para que disponga del mejor conocimiento en materia de proyecciones climáticas y regionalización.

Incluye una disposición final referida en el acceso a los recursos básicos de energía y agua. La vulnerabilidad de una población hacia los impactos del cambio climático, especialmente los llamados fenómenos extremos, como las olas de calor, las de frío o las sequías, está en gran parte determinada por su capacidad de acceder a dos recursos básicos: la energía y el agua.

Los departamentos competentes en materia de bienestar social, energía y agua y los entes locales, tienen que definir las condiciones y la metodología que permitan establecer el consumo mínimo de energía y agua necesarias así como las tarifas sociales que aseguren la cobertura de este mínimo vital.

El texto introduce el tema de la fiscalidad ambiental o ecológica para fomentar maneras de producir y consumir más limpias, con menos impactos ambientales y menos malbaratadores de unos recursos naturales que son escasos. La ley incorpora una nueva figura impositiva que es el impuesto sobre las emisiones de CO₂ en turismos y furgonetas. Esta aspira a incentivar cambios en el comportamiento ambiental y que se apueste por modelos más sostenibles. Este tributo se aplicará de forma gradual a partir del año 2018 para los vehículos más contaminantes (más de

160 gCO₂/km). Para un turismo medio, que emita entre 120 y 130 gCO₂/km, se pagará menos de 5.5 €. Eso no se producirá hasta el año 2020.

Para el cumplimiento de los objetivos de la ley, se crea el Fondo Climático, que tendrá que nutrirse, entre otros, con lo que se recaude a través del impuesto y con los recursos procedentes de la territorialización del Fondo de Carbono para una economía sostenible (FES-CO₂), creado por el gobierno del Estado el 2011. El nuevo modelo que esta ley implanta va dirigido a acercar los objetivos de los Estados en las medidas que se toman en el ámbito nacional y local, donde se concentran parte de las competencias en esta materia, y consensuar los criterios de reparto.

Con respecto a la organización, el Departamento de Territorio y Sostenibilidad tiene las competencias y las responsabilidades en la planificación y ejecución de las políticas climáticas de Catalunya. Se refuerza también el papel de la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, órgano colegiado que tiene, entre otras funciones, impulsar acciones de carácter transversal entre los diferentes departamentos.

5. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Zonas climáticas de Catalunya

Catalunya se encuentra ubicada en el hemisferio norte y latitudinalmente corresponde con el dominio climático Mediterráneo; se caracteriza por una gran influencia del mar mediterráneo y la altitud de la sierra Pirenaica que le otorga una diversidad climática auténtica a pesar de su poca extensión territorial. La altitud de sus montañas puede alcanzar hasta las 3000 m.s.n.m., las temperaturas medias oscilan entre los 0°C y los 17°C y las precipitaciones anuales entre 400 y 1200 mm. A fin de poder realizar un estudio más específico de los rasgos climáticos del territorio, a continuación se caracterizan los bioclimas de Catalunya (Ver Anexo 1).

Clima mediterráneo litoral y prelitoral:

Es la zona más cercana a la costa, donde se presentan temperaturas más suaves en invierno y menos calurosas en verano debido a la proximidad al mar y su efecto suavizador. Las temperaturas pueden oscilar alrededor de los 17°C en el sur (Torredembarra 16,5 °C) y 15°C al norte (Figueres 15,1°C). En verano las temperaturas son suaves (Blanes 23,9 °C, en agosto); en invierno las temperaturas se mantienen más templadas (Estarlit, 9°C, en enero). Las precipitaciones son escasas pero se concentran mayoritariamente en las estaciones de primavera y otoño, hacia las comarcas litorales de Girona las precipitaciones pueden alcanzar 500 mm en comparación a las comarcas de Tarragona que pueden alcanzar hasta 700 mm.

Paralela a la costa mediterránea se encuentra una elevación montañosa doble: una sierra interior llamada **sierra prelitoral**, y una más cercana a la costa llamada **sierra litoral**. La zona comprendida entre estas dos sierras tiene menor influencia del mar; las temperaturas suelen bajar más en invierno que en el litoral (Montblanc 14,3 °C, Girona 14,6°C). La **sierra prelitoral** se extiende desde el Norte (Transversal a los Pirineos) hasta después de L'Ebre. Destacan Les Guilleries, El Montseny, Sant Llorenç del Munt, Montserrat, Montsià, entre otras.

Más cercana a la costa se encuentra la **sierra litoral**; su extensión es más corta que la sierra PreLitoral pero se acerca tanto al mar que crea un paisaje de

fuertes acantilados que terminan en el mar mediterráneo. Destacan Les Gavarres, Montnegre i el Corredor, Collserola y el Garraf.

También es posible ubicar ciertas depresiones prelitorales situadas entre las sierras costeras desde la Selva hasta Tarragona. La depresión litoral en cambio es una franja más estrecha a la orilla del mar que corresponde al sur de Barcelona y el Maresme como también la Plana del delta del Llobregat y de l'Ebre, o como la plana del Empordà, formada por los sedimentos que lleva el río Muga, Ter y Fluviá.

Clima mediterráneo continental:

Ubicado en la zona de la depresión central de Cataluña, las temperaturas se caracterizan por tener mayor contraste debido a la lejanía del mar, más caluroso en verano y fría en invierno. Las lluvias son escasas en casi gran parte de su extensión exceptuando la parte este (Osona), en cambio al oeste hay pocas lluvias pero se forma más niebla, incluso persistente en el verano.

La depresión o plana central se encuentra entre la sierra prelitoral y el prepireneo. Forma un conjunto de altiplanos entre 800 y 1000 m. separados por diversos valles fluviales como el Llobregat, el Segre y el Cardener que pierden altitud hacia el oeste hasta llegar a la depresión de l'Ebre (aprox. 100 m). Los ríos y lagos que ocupaban esta gran extensión han dejado a su paso un relieve variable con partes altas (Altiplano del Moianès) y planas (Plana de Bages, Plana de Vic, Conca d'Òdena).

Clima mediterráneo Prepirenaico y Pirenaico:

En esta zona se presentan temperaturas bajas en invierno y frescas en verano. Las lluvias están presentes todo el año, especialmente en primavera y otoño, y la nieve en invierno, sobre todo en las partes más cercanas al Pirineo, pero suelen variar en función de la altitud.

En el Pirineo axial es donde se ubican las montañas más altas de Catalunya que pueden llegar aproximadamente a los 3000 m.s.n.m, Tienen una longitud aproximada de este a oeste de unos 250 km. y la altitud disminuye a medida que se

acuesta al mar. Es geológicamente la montaña más antigua, las rocas más representativas suelen ser magmáticas y metamórficas (granito, pizarras y mármol).

Clima mediterráneo atlántico:

Es la zona con menor extensión en el territorio, únicamente se encuentra en la Val d'Aran, el extremo más noroeste de Catalunya. Las temperaturas son bajas en invierno y frescas en verano. Las precipitaciones son abundantes en todo el año (Soler, 2015).

Para establecer las zonas climáticas del territorio satisfactoriamente y así poder diferenciar la gran diversidad climática que existe en Catalunya, se ha elegido un mapa del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC) como base y tomando en cuenta diversas fuentes, se han delimitado las zonas climáticas. A partir de esta decisión (Ver Figura 7), se han elegido cada una de las zonas climáticas y estaciones meteorológicas en las cuales se va a realizar el estudio de las temperaturas y las precipitaciones acorde a los datos históricos disponibles en el (SMC).

5.2. Elección de estaciones Meteorológicas

A partir de la disponibilidad de datos históricos del SMC, se ha podido confirmar que la zona pirenaica no tiene estaciones meteorológicas repartidas en toda su extensión, lo que supone una limitación para definir claramente los objetivos de este trabajo para dicha zona climática. Sin embargo, en este informe se ha ampliado el número de estaciones climáticas estudiadas en comparación con el "Segon informe sobre el canvi climàtic" a fin de poder tener una base de datos más amplia y representativa y así estudiar tendencias claras y anomalías a lo largo y ancho del territorio.

Para un estudio amplio, en todo el ámbito se estudiarán las precipitaciones y las temperaturas medias de un total de 20 estaciones repartidas y diferenciadas en las 5 zonas climáticas de Catalunya, para todas ellas, el SMC dispone de una base de datos de temperatura y precipitación desde el año 1950:

Las 20 estaciones escogidas se han agrupado en cinco zonas climáticas (Ver Figura 6), y se les ha asignado un orden numérico siguiendo el criterio de localización de norte a sur y de este a oeste. A continuación se presenta una tabla con las estaciones meteorológicas elegidas para realizar el estudio.

Zona climática	Estación meteorológica	#	Comarca	Altitud (msnm)
Mediterráneo Litoral	Figueres	01	Alt Empordà	40
	Observatori Fabra	02	Barcelonès	415
	Aeroport de Barcelona	03	Barcelonès	3,8
	Aeroport de Reus	04	Baix Camp	125
	Observatori de l'Ebre	05	Baix Ebre	14
Mediterráneo Prelitoral	Girona	06	Gironès	76
	Cardedeu	07	Vallès Oriental	198
	Granollers *	08	Vallès Oriental	150
	Vilafranca del Penedes*	09	Alt Penedès	215
	Flix-Vinebre	10	Ribera d'Ebre	48
	Tivissa	11	Ribera d'Ebre	309
Mediterráneo Continental	Vic*	12	Osona	484
	Mojà	13	Moianès	717
	Igualada *	14	Anoia	340
	Tárrega *	15	Urgell	373
	Lleida	16	Segrià	200
Mediterráneo Pirenaico y Prepirenaico	Oliana *	17	Alt Urgell	476
	Tremp *	18	Pallars Jussà	468
	Pont de Suert	19	Alta Ribagorça	853
Atlántico	Vielha	20	Vall d'Aran	974

Figura 6. Tabla del conjunto de estaciones meteorológicas escogidas, con información de la ubicación (municipio y comarca) y altitud. Series de datos 1950-2015. **Fuente:** Propia

* Estaciones que se han agregado en comparación al GECCC, 2010.

En el siguiente mapa se han ubicado y enumerado las estaciones meteorológicas escogidas para este estudio.

Estaciones meteorológicas.



Estaciones Meteorológicas	
01. Figueres	11. Tivissa
02. Observatori Fabra	12. Vic
03. Aeroport del Prat	13. Moiá
04. Aeroport de Reus	14. Igualada
05. Observatori de l'Ebre	15. Tàrrrega
06. Girona	16. Lleida
07. Cardedeu	17. Oliana
08. Granollers	18. Tremp
09. Vilafranca del Penedès	19. Pont de Suert
10. Flix-Vinebre	20. Vielha

Figura 7. Localización de las estaciones meteorológicas en el mapa de Catalunya.

Fuente: Base: ICC. Zonas climáticas: Propia

5.3. Análisis de datos meteorológicos históricos

Se han utilizado las series climáticas de temperatura y precipitación de las estaciones antes mencionadas, disponibles en el web del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC). El SMC tiene publicado el histórico de datos de precipitación y temperaturas desde 1950 de 23 estaciones repartidas por toda la geografía. Para el presente trabajo, como ya se mencionó anteriormente, se han escogido 20 de estas estaciones.

Catalunya tiene una gran disponibilidad de series climáticas instrumentales que abarcan un amplio periodo temporal. Sin embargo, esta información es a menudo incompleta o los datos se encuentran dispersos o presentan algunas perdidas por las vicisitudes históricas. En este sentido, el SMC se trabaja en una doble vía: completar y ampliar los datos de observatorios meteorológicos ya conocidos (lo que se conoce como relleno de huecos o lagunas) y la detección de observatorios inéditos.

En Catalunya se han detectado unas 1.700 estaciones meteorológicas que han estado en funcionamiento desde 1780 y de las cuales unas 500 están todavía en funcionamiento, tanto de tipo manual como automático. El primer observatorio meteorológico que se conoce fue el que creó el Dr. Francesc Salvà el 1 de enero de 1780, en la calle de Petritxol de Barcelona y sus datos han permitido reconstruir el clima de la ciudad hasta la actualidad. De las 1700 estaciones, 274 han sido redescubiertas, es decir, eran inéditas en la base de datos climática del país hasta finales del siglo XX, y en su mayoría corresponden al conflicto de la Guerra Civil de 1936-39.

El formato de los datos proporcionados por el SMC es un archivo de texto (.txt) de toda la serie climática de temperatura media y precipitación media mensual desde 1950 - 2014 para cada estación climática y por variable climática (precipitación total mensual, media mensual de las temperaturas máximas y media mensual de las temperaturas mínimas).

(Enlace:<http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/series-climatiques-historiques/>)

Para completar la serie de datos con los valores registrados en el año 2015 (con lo que se completa una serie de 66 años de datos) se han consultado los boletines mensuales del SMC que, al igual que la serie climática, se puede consultar en su página web.

(Enlace: <http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/butlleti-mensual/>)

Para la obtención de la temperatura media mensual, para toda la serie climática histórica, se ha realizado el promedio de los valores de los ficheros de las medias de las temperaturas mínimas (TN, en el web del SMC) y de las medias de las temperaturas máximas (TX). Así se ha podido calcular un fichero con las temperaturas medias mensuales (Tm) en °C. Los datos históricos de precipitación ya se referían directamente a las medias mensuales en mm, por lo que no ha hecho falta realizar ninguna operación adicional.

Simbología

Diversas abreviaciones y símbolos están definidos a lo largo del presente TFG. Sin embargo, a fin de facilitar su lectura, se listan a continuación algunos de los símbolos más utilizados:

- Tm* - Temperatura anual media
- ΔTm - Variación de la temperatura media
- PPT* - Precipitación
- PPTm* - Precipitación anual media
- $\Delta PPTm$ - Variación de la precipitación media

5.4 Obtención de resultados

A fin de poder representar gráficamente las variables meteorológicas y, así, obtener resultados concretos de su análisis, se ha utilizado el programa estadístico Excel, en donde se han importado los datos históricos del SMC antes mencionados. Adjunto a la presente memoria de TFG, se presenta un archivo de Excel con los datos y gráficos relativos a cada una de las estaciones meteorológicas analizadas. Por tanto, se han creado 20 hojas de cálculo, con su numeración respectiva, donde se pueden

ver los datos climáticos analizados y sus representaciones gráficas referentes a cada una de las estaciones meteorológicas escogidas.

Para cada estación climática se han elaborado 9 gráficos correspondientes a sus respectivas tablas de datos. Concretamente, se han realizado los promedios anuales de las temperaturas medias mensuales y el cálculo de la precipitación total anual para todas las series climáticas analizadas. Adicionalmente, se ha dividido el estudio de los 66 años de datos en dos periodos de 33 años cada uno: el primero de 1950 a 1982 y un segundo de 1983 a 2015. Esa división se ha hecho en base a la gran diferencia que se observa en la evolución de la temperatura media anual en la gran mayoría de estaciones analizadas.

El análisis de los gráficos muestra una clara tendencia al incremento de la Tm a partir de mediados de la década de los 80. Por ello, en el presente estudio, se ha optado por comparar las diferencias entre los datos climáticos entre esos dos periodos de 33 años de registros.

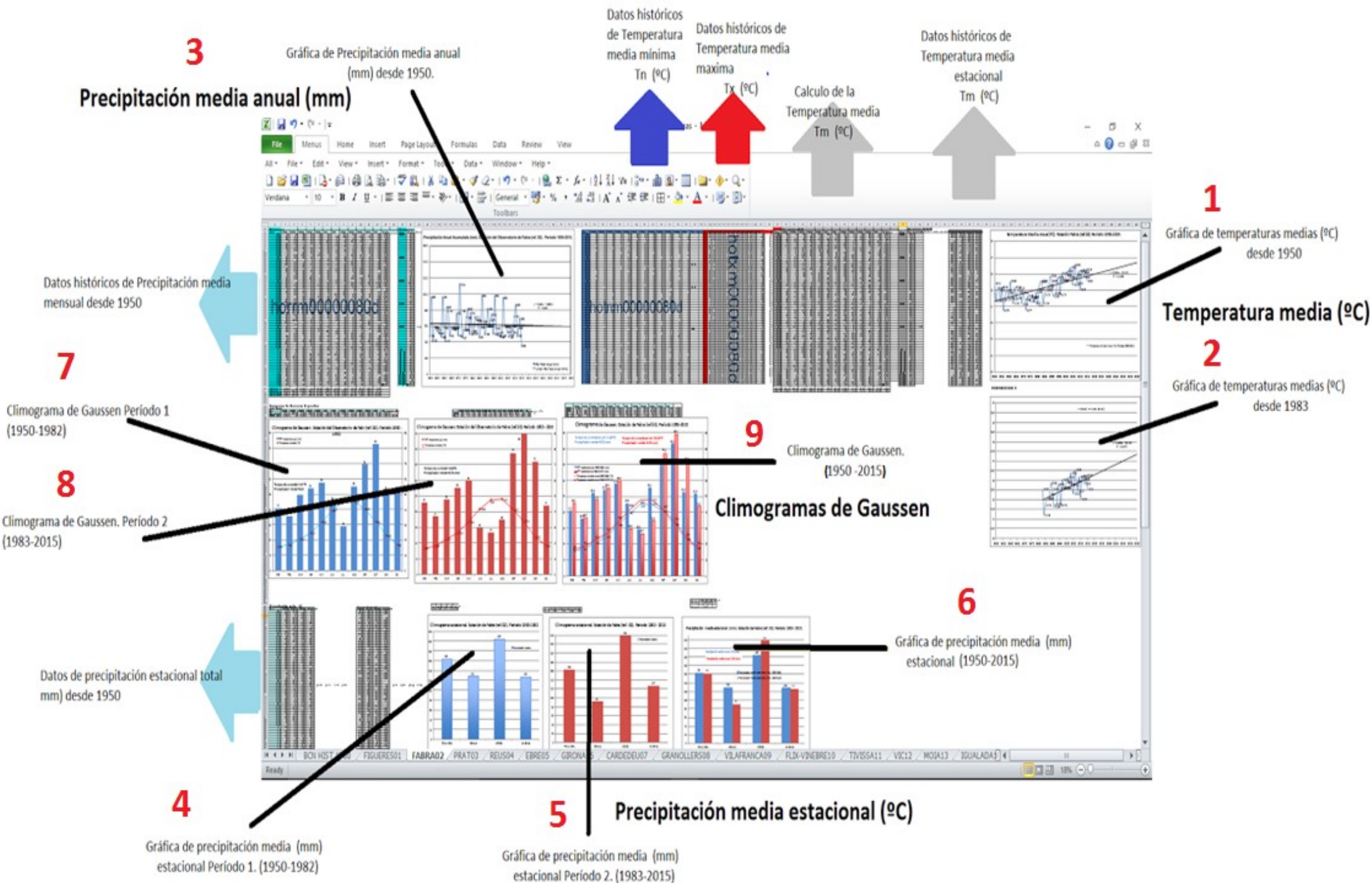
Los 9 gráficos elaborados, para cada estación meteorológica analizada, son los siguientes:

- Gráfico 1: Evolución de la temperatura media anual (en °C) desde 1950.
- Gráfico 2: Evolución de la temperatura media anual (en °C) desde 1983.
- Gráfico 3: Evolución de la Precipitación media anual (en mm) desde 1950-2015.
- Gráfico 4: Distribución estacional de la PPTm (en mm): Período 1 (1950-1982).
- Gráfico 5: Distribución estacional de la PPTm (en mm): Período 2 (1983-2015).
- Gráfico 6: Comparación de las dos representaciones anteriores.
- Gráfico 7: Climograma de Gaussén: Período 1 (1950-1982).
- Gráfico 8: Climograma de Gaussén: Período 2 (1983-2015).
- Gráfico 9: Comparado de las dos representaciones anteriores.

A fin de que la ubicación de los gráficos en las hojas de Excel sea más rápida y eficiente, a continuación, se identifica la ubicación de los gráficos y tablas en la hoja de Excel obtenidos a partir de las series climáticas estudiadas.

Figura 8. Gráficas por cada estación meteorológica, Documento de Excel.

Enlace: https://drive.google.com/open?id=0B_vL6NlbcW09dTZFLUROYTF1dzQ



Adicionalmente, en el fichero Excel, se han agregado 5 hojas de cálculo en el que se encuentran los resúmenes de datos agrupados por zonas climáticas, para así poder calcular promedios de temperatura y precipitación para cada una de ellas. Se puede consultar el fichero Excel en el siguiente enlace: https://drive.google.com/open?id=0B_vL6N1bCW09V1hxeEpmVUt2b2s.

Para cada una de las cinco zonas climáticas de Catalunya se han realizado los siguientes cálculos (Ver Anexo 2):

A. Temperatura

A.1 Datos Observados (Tm)

A.1.1 ΔT_m : Variación de la temperatura media anual. A partir de la T_m anual de cada uno de los dos periodos de 33 años ya mencionados se ha calculado la variación de temperatura registrada entre ambos (es una diferencia de temperatura entre dos valores separados exactamente 33 años). Se le llama ΔT_m . Se ha calculado de dos formas distintas: como diferencia estricta entre valores de temperatura (en $^{\circ}C$) y también en términos relativos (%).

A.1.2 ΔT $^{\circ}C$ del período 1983-2015 con respecto al período de referencia 1961-1990: Adicionalmente se ha realizado el cálculo de variación de la temperatura en $^{\circ}C$ del segundo período con respecto al período de referencia 1961-1990.

$$\Delta T (^{\circ}C) \text{ Pdo. \# 2} = (T_m ^{\circ}C (1983-2015) - T_m ^{\circ}C \text{ Ref.})$$

$$\Delta T (^{\circ}C) \text{ Pdo. \# 2} = (15.1 - 14.37) = 0.77^{\circ}C$$

A.2. Proyecciones

A.2.1 ΔT_m /década: Variación de la Temperatura media por década. Con la ayuda de la ecuación de la recta de regresión lineal de la evolución temporal de la T_m de cada estación, se ha definido también la variación de la temperatura media por década (es decir, el valor asociado a la pendiente de la recta de regresión multiplicado por 10 años = 1 década). Se ha calculado dicha relación para el incremento por década siguiendo la ecuación de la recta de regresión lineal correspondiente al Gráfico 1 (1950 a 2015) y también para la recta de regresión lineal correspondiente al Gráfico 2 (1983-2015):

Como ejemplo de dicho cálculo, se expone a continuación el correspondiente a la estación de Figueres (01):

Desde 1950: Pendiente recta regresión (0.022) * 10 años (1 década).
 $\Delta Tm/década = 0.22 \text{ }^\circ\text{C}/década.$

Desde 1983: Pendiente recta regresión (0.035) * 10 años (1 década)
 $\Delta Tm/década = 0.35 \text{ }^\circ\text{C}/década.$

A.2.2 $T_{m_{est1}}$ y $T_{m_{est2}}$: Estimación de la Temperatura media para los escenarios

1 y 2. Se refiere a la temperatura media estimada (en $^\circ\text{C}$) para el año 2050, calculada a partir de la proyección de la recta de regresión correspondiente a los gráficos 1 y 2, respectivamente hasta el año 2050.

Para el escenario 1, se ha calculado dicha temperatura a partir de la T_m $^\circ\text{C}$ entre los dos periodos estudiados (que correspondería al año 1982.5) y sumarle el incremento de T° que supondría el $\Delta Tm/década$ por las 6.75 décadas (67.5 años) que faltan para llegar a 2050.

Para Figueres, el cálculo es el siguiente:

$$\begin{aligned} T_{m_{est1}}(^\circ\text{C}) &= [(T_m(\text{periodo 1}) + T_m(\text{periodo 2}))/2] + (\Delta Tm/década) * 6.75 \text{ décadas} = \\ &= [(14.3 + 15.1)/2] \text{ }^\circ\text{C} + 0.22 \text{ (}^\circ\text{C}/década) * 6.75 \text{ décadas} = \mathbf{16.2^\circ\text{C}} \text{ (para el 2050)} \end{aligned}$$

Para el escenario 2, se ha calculado dicha temperatura a partir de la T_m del segundo periodo estudiado (que correspondería al año 1999) y sumarle el incremento de T° que supondría el $\Delta Tm/década$ por las 5.1 décadas (51 años) que faltan para llegar a 2050.

Como ejemplo de dicho cálculo, se expone a continuación el correspondiente a la estación de Figueres (01):

$$\begin{aligned} T_{m_{est2}}(^\circ\text{C}) &= T_m(\text{periodo 2}) + (\Delta Tm/década) * 5.1 \text{ décadas} \\ &= 15.1 \text{ }^\circ\text{C} + 0.35 \text{ (}^\circ\text{C}/década) * 5.1 \text{ décadas} = \mathbf{16.93^\circ\text{C}} \text{ (para el 2050)} \end{aligned}$$

A.2.3 ΔT_{ref1} y ΔT_{ref2} (°C): Estimación de la Temperatura media de referencia para los escenarios 1 y 2. Corresponde, para cada escenario, al incremento de T_m entre la temperatura estimada para el 2050 y la temperatura de referencia (promedio del periodo 1961-1990).

Como ejemplo, para el caso de la estación de Figueres (01):

$$\Delta T_{ref1} (\text{°C}) = 16.20 \text{ °C (escenario 1)} - 14.37 \text{ °C (Ref. } T_m) = +1.83 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{ref2} (\text{°C}) = 16.93 \text{ °C (escenario 2)} - 14.37 \text{ °C (Ref. } T_m) = +2.56 \text{ °C}$$

B. Precipitación

B.1 Datos observados

B.1.1 ΔPPT_m : Variación de la precipitación media anual. Con los datos medios de ambos períodos se calcula la variación de precipitación media anual entre ambos períodos (es una diferencia de 33 años). Se le llama ΔPPT_m y se ha calculado de dos formas distintas: como diferencia estricta entre valores de precipitación media (en mm) y también en términos relativos (%).

B.1.2 ΔPPT %: Variación de la precipitación período 1983-2015 con respecto al período de referencia 1961-1990: Adicionalmente se ha realizado el cálculo de variación de la precipitación en % del segundo período con respecto al período de referencia 1961-1990.

$$\Delta PPT (\%) \text{ Pdo. \# 2} = (PPT_m. (1983-2015) - PPT_m \text{ Ref.}) / (PPT_m. \text{ Ref.}) * 100$$

$$\Delta PPT (\%) \text{ Pdo. \# 2} = ((658.7-697.65) / 697.65)*100 = -5.58 \%$$

B.2 Proyecciones:

B.2.1 ΔPPT_m /década: Variación de la precipitación media anual por década.

Con la ayuda de la ecuación de la recta de regresión lineal de la evolución temporal de la PPT_m anual de cada estación, se ha definido también la variación de la precipitación media por década (es decir, el valor asociado a la

pendiente de la recta de regresión multiplicado por 10 años = 1 década). Se ha calculado dicha relación para el incremento por década siguiendo la ecuación de la recta de regresión lineal correspondiente al Gráfico 3 (1950 a 2015).

Desde 1950:

$\Delta PPTm/década$ = Pendiente recta de regresión (-0.578) * 10 años (1 década)

$\Delta PPTm/década$ = -5.78 mm/década.

B.2.2 $PPTm_{est1}$ (mm): Precipitación media estimada para el año 2050. Se refiere a la precipitación anual estimada (en mm) para el año 2050, calculada a partir de la proyección de la recta de regresión correspondiente al gráfico 3 hasta el año 2050.

Se ha calculado dicha precipitación a partir del promedio de la PPTm de los dos periodos estudiados (que correspondería al año 1982.5) y sumarle el incremento de PPT que supondría el $\Delta PPTm/década$ por las 6.75 décadas (67.5 años) que faltan para llegar a 2050.

Como ejemplo de dicho cálculo, se expone a continuación el correspondiente a la estación de Figueres (01):

$$\begin{aligned} PPTm_{est1}(mm) &= [(PPTm(pdo.1) + PPTm(pdo. 2)/2] + (\Delta PPTm/década)*6.75 \\ &= [(699.2+658.7)/2] - 5.78 (mm/década)* 6.75 décadas = \\ &= 639.94 \text{ mm (para el 2050)} \end{aligned}$$

B.2.3 ΔPPT_{ref1} (mm): Estimación de la precipitación media de referencia para el escenario 1. Corresponde a la resta entre la precipitación media anual estimada para el 2050 y la precipitación de referencia (promedio del periodo 1961-1990).

Como ejemplo, para el caso de la estación de Figueres (01):

$$\Delta PPT \text{ ref (mm)} = 639,94 \text{ mm} - 697,65 \text{ (Ref. PPTm)} = - 57,71 \text{ mm}$$

Distribución estacional de las precipitaciones: Nuevamente se ha utilizado el método de comparación entre los dos períodos de estudio, obteniendo así ΔPPT mm y $\Delta PPT(\%)$. Para este análisis se han utilizado las siguientes referencias:

- **Primavera:** Marzo, Abril y Mayo.
- **Verano:** Junio, Julio y Agosto.
- **Otoño:** Septiembre, Octubre, Noviembre.
- **Invierno:** Diciembre, Enero, Febrero.

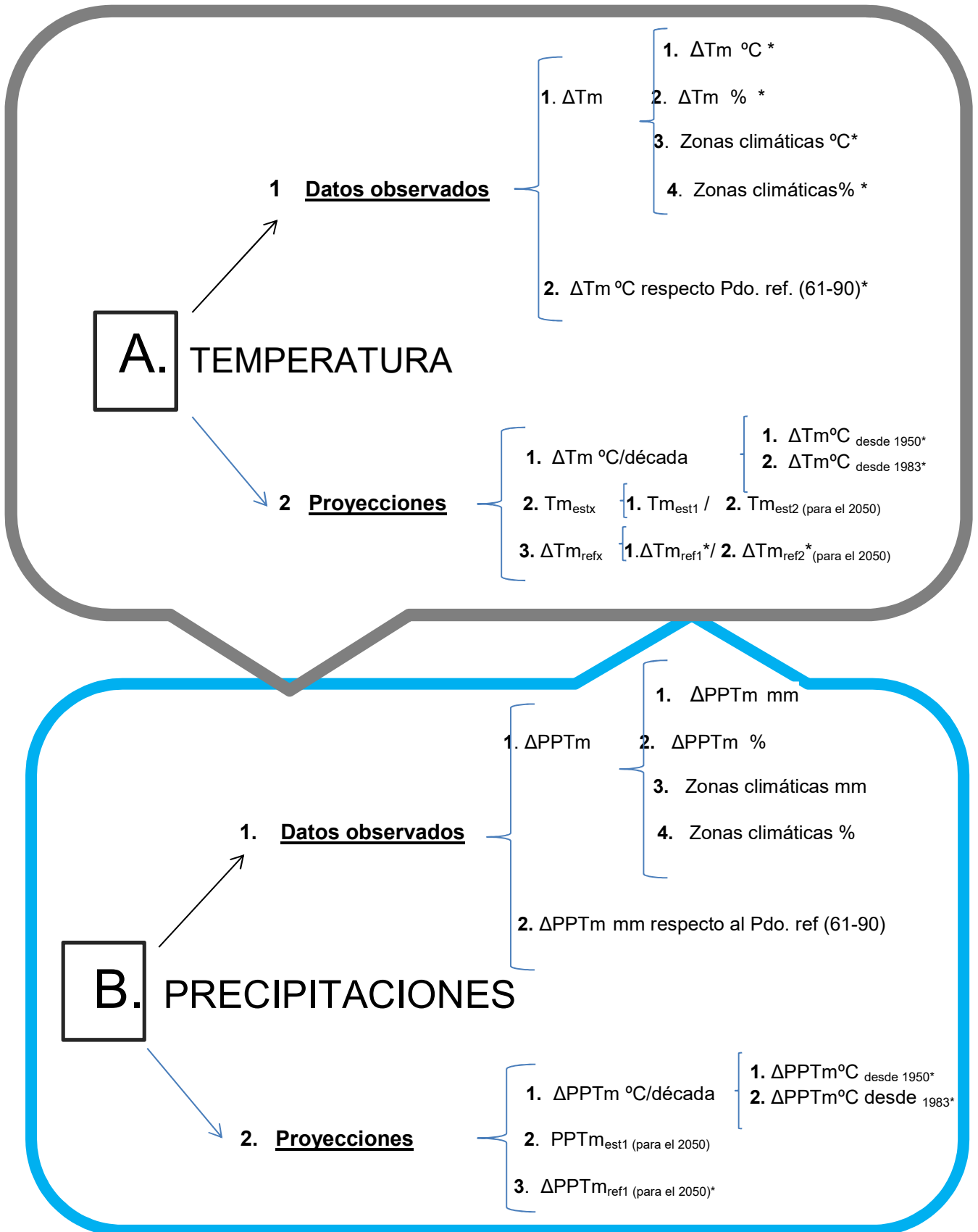
También se analiza el orden estacional con respecto a la precipitación estacional total de ambos períodos, es decir, el orden en el que la cantidad de precipitación estacional total en mm se distribuye en cada estación climática.

El análisis de la variación de precipitación media $\Delta PPT(\%)$ estacional entre los dos períodos de estudio, se expresa en tanto % de variación.

Finalmente, se han realizado un promedio de las variantes antes mencionadas para cada zona climática con los cuales se han realizado los mapas de precipitaciones de temperatura de zonas climáticas a fin de poder observar cual zona se ha visto más afectada por el cambio climático.

Por la gran cantidad de mapas y resultados a presentar se ha considerado crear un organigrama de la numeración que siguen los diversos mapas con la finalidad que el orden de la presentación de los resultados sea más claro y pueda ser consultado con facilidad siguiendo el orden siguiente (ver esquema 1).

ESQUEMA: Enumeración de la presentación de resultados y mapas.



Esquema 1. Organigrama y numeración de la presentación de los resultados. **Fuente:** Propio.

*Cálculos que tienen un mapa asociado

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el siguiente apartado se presentarán únicamente los mapas de resultados. En la Bibliografía: Base de datos, se agrega un enlace para que los mapas y el archivo Excel con todos los cálculos pueda ser consultados y descargados.

6.1. Evolución de temperaturas: Datos Observados.

6.1.A Temperaturas

A.1.1.1 ΔT_m °C entre el período 1950-1982 y 1983-2015.

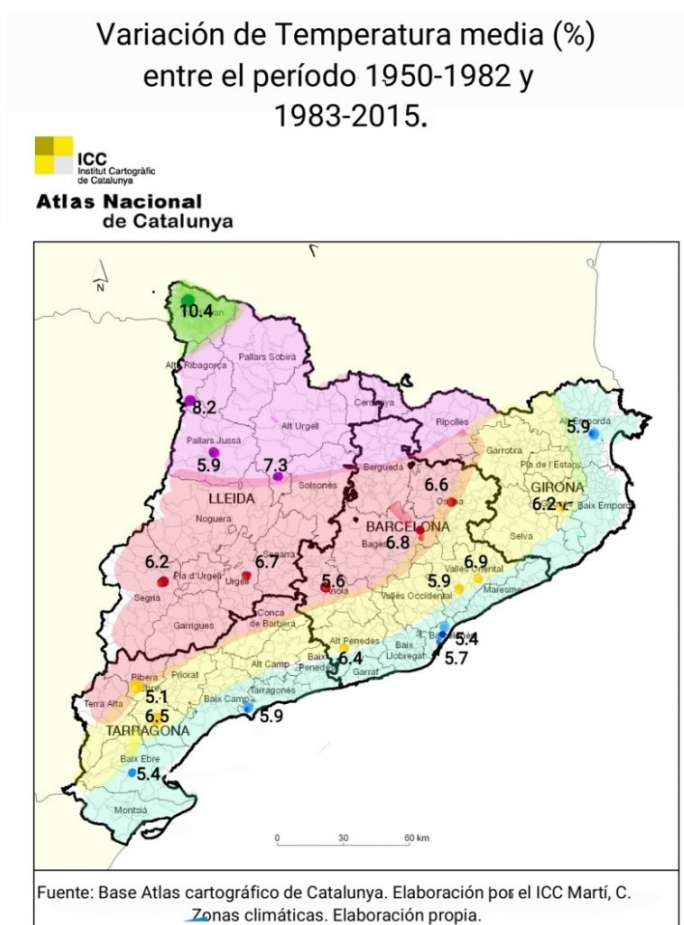


Mapa A.1.1.1. Variación de la Temperatura (°C) entre el período 1950-1982 y 1983-2015.

Fuente: Propia.

El aumento de la temperatura en todo el territorio es perfectamente visible, no hay ningún valor negativo, en el que se manifiesta el cumplimiento del cambio climático global. Las diversas zonas climáticas parecen haber sufrido casi el mismo aumento en los 33 años de diferencia entre ambos períodos. Vielha sufre un aumento de 0.93°C en dicho período ($T_{m_{ref}}$ 9.10 °C). La zona litoral, prelitoral y continental sur parecen mostrar cinco décimas de diferencia (0.90°C) con respecto a la zona norte (0.80-0.85°C). Cabe resaltar Cardedeu la estación con mayor aumento en toda la extensión del territorio +1°C de diferencia. ($T_{m_{ref}}$ 14.56 °C). Tremp es claramente la estación con menor variación entre los períodos aprox. 0.72 °C ($T_{m_{ref}}$ 9.82 °C).

A.1.1.2 ΔT_m % entre el período 1950-1982 y 1983-2050.



Mapa A.1.1.2 Variación de la Temperatura (%) entre el período 1950-1982 y 1983-2015.
Fuente: Propia.

La variación de temperatura entre los dos períodos es bastante homogénea en la costa, zona litoral y prelitoral (alrededor de 5.5% y 6% respectivamente), presenta un ligero aumento en la zona continental (6.3%) con una mayor variabilidad entre estaciones.

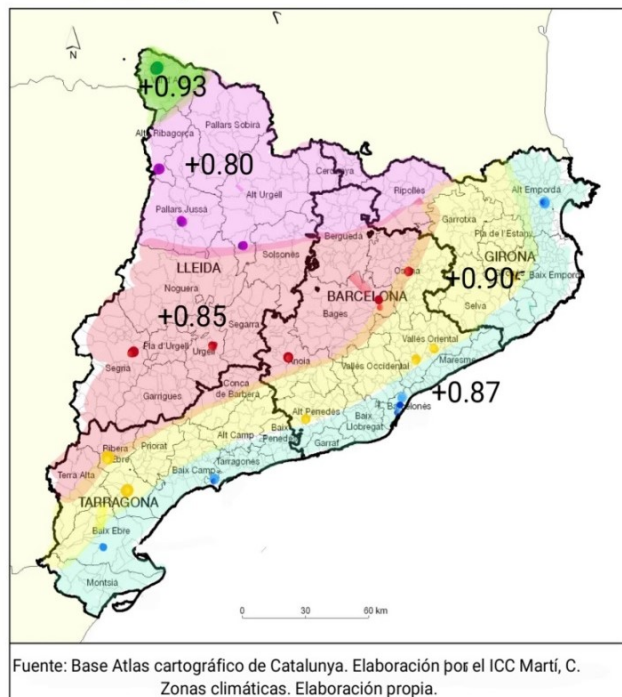
La zona más afectada es la zona atlántica con 10.4%, le sigue la zona prepirenaica y pirenaica con la estación Pont de Suert con 8.2%, también la más alta de esta zona climática.

A.1.1. ΔT_m °C y % entre el período 1950-1982 y 1983-2050.

Promedio de variación de la temperatura media (°C) por zonas climáticas.



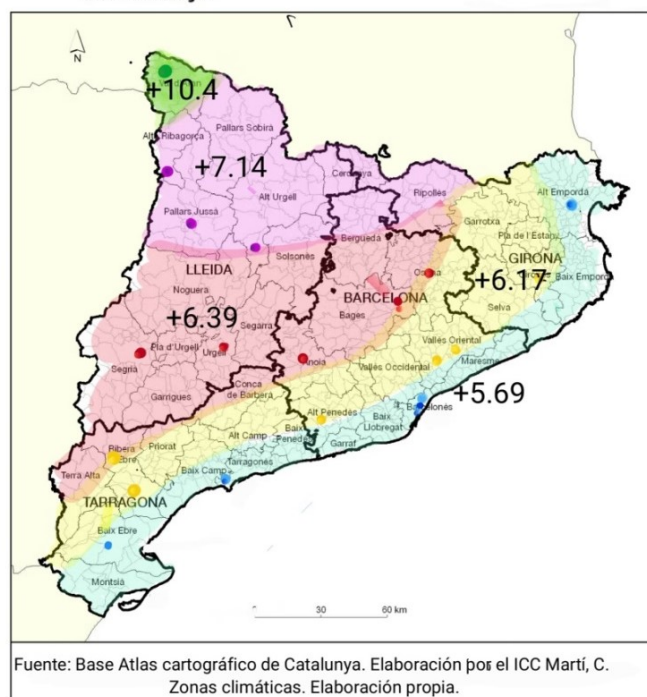
Atlas Nacional de Catalunya



Promedio de variación de la temperatura media (%) por zonas climáticas.



Atlas Nacional de Catalunya



Mapa A.1.1.3 Variación de la T_m (°C) entre período 1950-1982 y 1983-2015 por Zonas climáticas.

Mapa A.1.1.4 Variación de la T_m (%) entre período 1950-1982 y 1983-2015 por Zonas climáticas.

Fuente: Propia

Como se ha comentado en el Mapa anterior A.1.1.2, los resultados del mapa por zonas climáticas indican un aumento progresivo sureste a noroeste del % de incremento de las temperaturas en los períodos de estudio. La zona climática más afectada es la atlántica, donde se concentran las montañas más altas del territorio.

El mapa del promedio por zonas climáticas A.1.1.4 también refleja que el aumento en °C tiene la misma tendencia, la zona prelitoral parece estar un poco por encima de la media de las zonas climáticas adyacentes. La zona climática atlántica presenta el mayor incremento con 0.93 °C.

A.1.2 ΔT_m (°C) del período 1983 -2015 con respecto al periodo de referencia (1961 - 1990)



Mapa A.1.2 Variación de la Temperatura (°C) entre el período 1983-2015 y el período de referencia por Zonas climáticas. **Fuente:** Propia.

Tomando en cuenta el periodo de referencia 1961-1990 se ha realizado un promedio de la variación en °C por cada zona climática y se observa que no hay diferencia representativa en las zonas climáticas. Se puede observar que los números son un poco más bajos que el mapa anterior A.1.1.3 lo que es esperado debido a que el periodo de referencia contiene parte de los datos del periodo 2 (que ya es más caliente que el periodo 1) y por ello que los resultados presentan dichas cifras.

6.1. B. Precipitaciones

B.1.1.1 Δ PPTm mm entre el período 1950-1982 y 1983-2050.



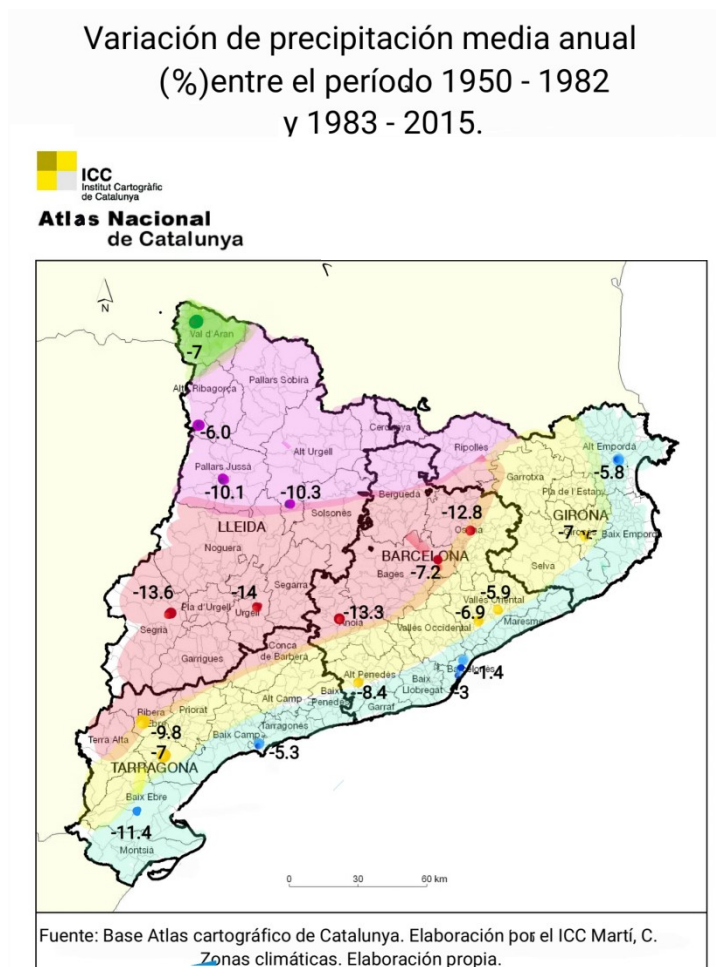
Mapa B.1.1.1. Variación de la Precipitación (mm) entre el período 1950-1982 y 1983-2015.

Fuente: Propia.

Todas las estaciones meteorológicas presentan una disminución de la precipitación en mm, la zona litoral presenta una variación más heterogénea con respecto a la prelitoral aunque también se debe tomar en cuenta que los mm totales de precipitación anual varían, casi todos rondan los 45 mm.

La variación se acentúa en la zona continental, cabe destacar Vic con mayor disminución de aproximadamente -102 mm ($PPT_{ref.}$ 773mm) con respecto a Lleida -55 mm ($PPT_{ref.}$ 379). La zona pirenaica presenta una reducción similar y finalmente Vielha con -71 mm ($PPT_{ref.}$ 1000 mm), lo que indica que finalmente la pérdida tiene una correlación con respecto a la cantidad total anual de mm.

B.1.1.2 ΔPPTm % entre el período 1950-1982 y 1983-2015



Mapa B.1.1.2. Variación de la Precipitación (%) entre el período 1950-1982 y 1983-2015.

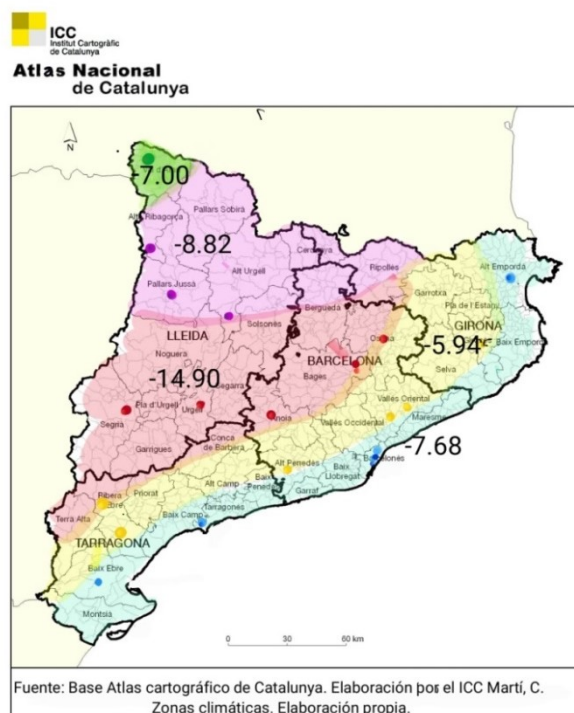
Fuente: Propia.

Es posible visualizar en este mapa que no hay ninguna estación que presente un aumento en la variación de las precipitaciones entre los dos períodos, la mayor variación es del 14% (Tárrega), las estaciones meteorológicas de la zona litoral y prelitoral presentan menor variación. Entre ellas cabe destacar que Barcelona y el Aeropuerto del Prat son las estaciones con menor variabilidad, casi imperceptible un -1.4 y -3 % respectivamente. En las estaciones ubicadas en la zona prelitoral hay una disminución bastante homogénea, así como también la zona continental alrededor del 13%, exceptuando Moia con un 7.2%, esta parece ser la zona climática más afectada. Dos estaciones ubicadas en la zona pirenaica (Oliana y Tremp) refuerzan esta tesis ya que presentan % mayor que las estaciones al norte y además se encuentran ubicadas en el límite entre ambas zonas. Pont de Suert y Vielha tienen un % parecido 5-7%.

B.1.1. Δ PPTm mm y % entre el período 1950-1982 y 1983-2015.

Promedio de variación de la precipitación media anual (mm) por zonas climáticas .

Promedio de variación de la precipitación media anual (%) por zonas climáticas .



Mapa B.1.1.3 Variación de la Precipitación (mm) período 1950-1982 y 1983-2015 y

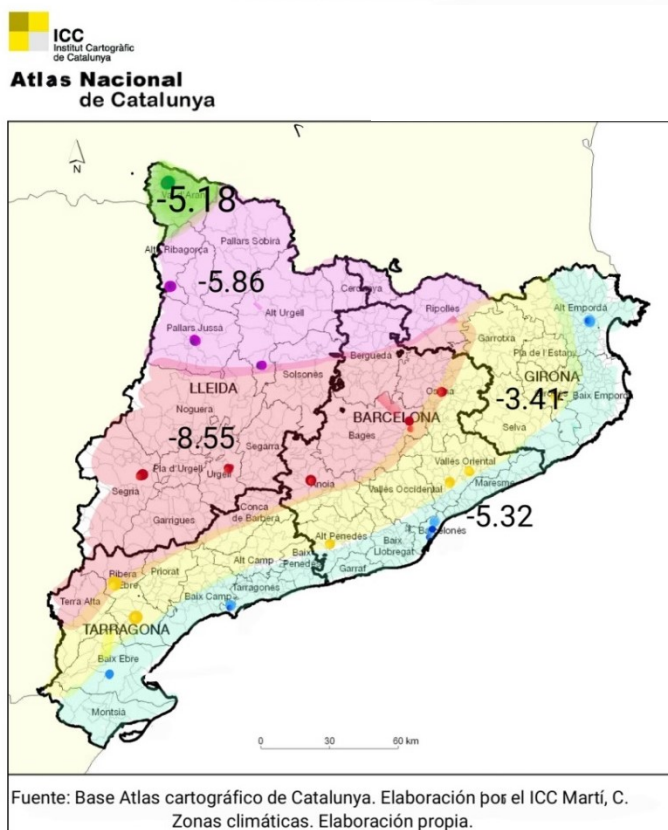
Mapa B.1.1.4 Variación de la Precipitación (%) entre el período 1950-1982 y 1983-2015 por Zonas climáticas. **Fuente:** Propia.

Con respecto al resumen por zonas climáticas, los mapas anteriores reflejan los promedios. En el mapa B.1.1.3 se refleja lo parecido que es la disminución en mm de las precipitaciones en la zona litoral y prelitoral (-45 y -46 mm respectivamente). La zona continental tiene la mayor variación con -81 mm. El comportamiento de la zona pirenaica es menos marcado que la continental con -59 mm y finalmente Vielha -71 mm con una pérdida mayor, debido a la gran cantidad de mm que precipitan anualmente.

Por otro lado, en el mapa B.1.1.4 se aprecia el % promedio por zona climática. Nuevamente el porcentaje de reducción es mucho mayor en la zona continental -14.9% que el resto de las zonas. Aunque en el mapa anterior B.1.1.2 la zona litoral parece tener menor disminución, sin embargo, la estación del Observatori de l'Ebre impacta significativamente el promedio de la zona.

B.1.2 Δ PPTm % con respecto al periodo de referencia (1961 - 1990)

Promedio de variación de la precipitación media (%)
del período 1983 - 2015 con respecto al
período de ref. 1961-1990 por
zonas climáticas .



Mapa B.1.2. Variación de la Precipitación (%) entre el período 1983-2015 y el período de referencia (1961-199) por Zonas climáticas. **Fuente:** Propia.

La variación de la precipitación del período 2 de estudio 1983-2015 en comparación con el período de referencia 1961-1990 por zonas climáticas expresa una ligera reducción con respecto a los mapas entre los dos períodos de estudio.

Nuevamente se debe tomar en cuenta que sigue la misma tendencia que la comparación de ambos períodos pero la reducción es menor, debido en gran parte a que en la última mitad del período de referencia toma en cuenta 15 años incluidos en el período 2, donde se han notado cambios aún más acentuados en la disminución de la precipitación, es por ello que las medias disminuyen un poco.

C .Climogramas de Gausson y comparación de la precipitación estacional

A continuación se presentan los Climogramas de Gausson realizados a partir de la comparación entre ambos períodos, uno de cada zona climática para ejemplificar las diferencias más importantes entre los períodos de estudio.

Zona climática mediterránea litoral.

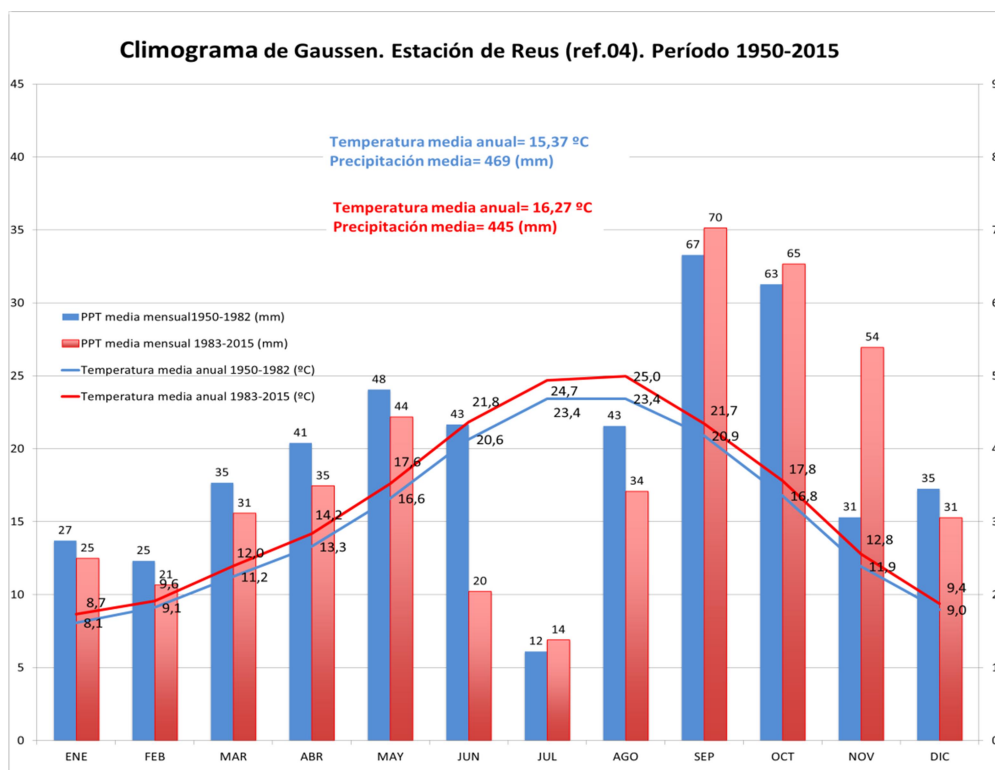


Figura 9. Climograma de Gausson de la estación Reus (ref.04) Fuente: Propia

Con un menor régimen pluviométrico la zona climática litoral se identifica claramente en este Climograma de Gausson realizado para la estación de Reus (ref.04). En este Climograma se puede observar la comparación entre los dos períodos de estudio 1950-1982 y 1983-2015, se puede comprobar visualizando la separación de las líneas de temperatura entre ambos períodos, que la variación de la temperatura está más acentuada en los meses de verano (junio, julio y agosto) que en el resto de meses.

De la misma forma las precipitaciones presentan una disminución (24 mm entre ambos períodos) en todas las estaciones exceptuando septiembre, octubre y noviembre donde hay un claro incremento en particular en noviembre. La precipitación

media total anual en esta zona es de 450 mm aproximadamente, hay una disminución dramática en el mes de junio casi del 50%. El aumento de la temperatura media es claro casi 0.90°C entre los 2 períodos de estudio. Este Climograma así como también el resto de Climogramas presentados a continuación se han elegido por tener un comportamiento representativo de al zona climática.

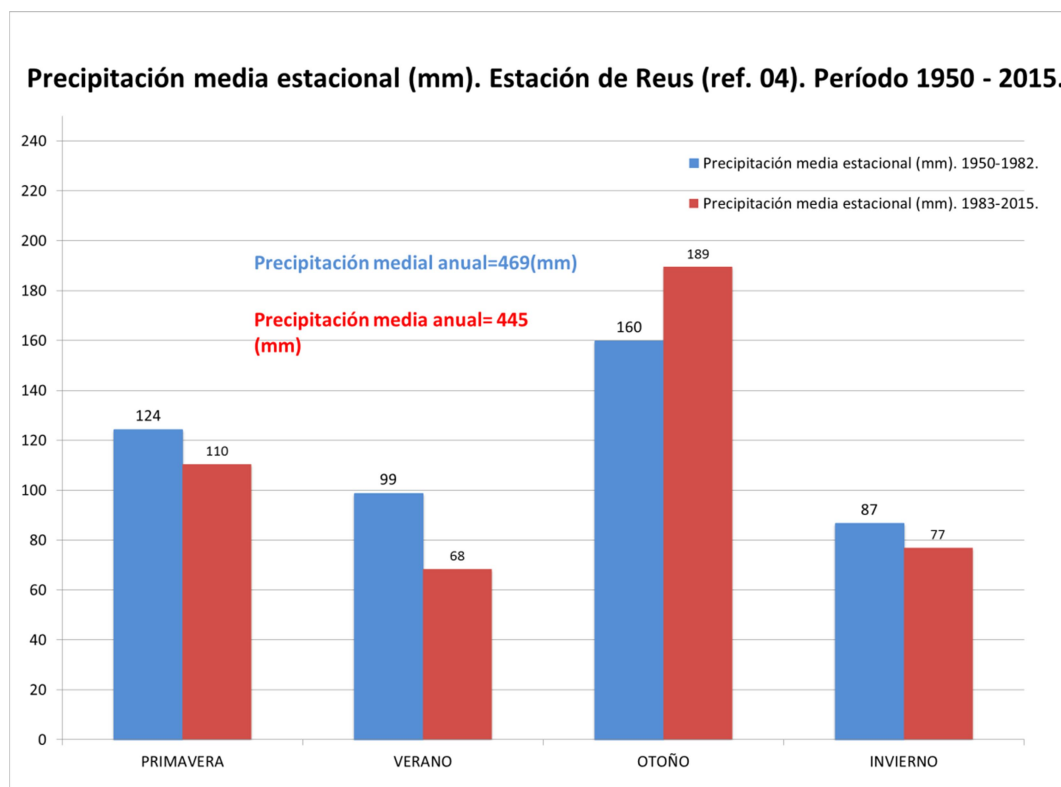


Figura 10. Variación de la PPTm anual total estacional entre los pds. 1950-1982 y 1983 y 2015. Estación Reus (ref.04). **Fuente:** Propia

En la zona climática litoral se ha representado los datos estacionales de la estación de Reus, que es una estación representativa del comportamiento de la media de la esta zona climática.

Reducción en la PPT media total en todas las estaciones del año, exceptuando en otoño con un 6.4% de incremento. La disminución se acentúa en verano donde se ha visto una diferencia de -25%, en invierno la disminución ha sido de alrededor del 8%.

estación	$\Delta\%$
Primavera	-4,2
Verano	-25,4
Otoño	6,4
Invierno	-8,4

Figura 11. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona Mediterránea litoral. **Fuente:** Propia

Zona climática mediterránea prelitoral

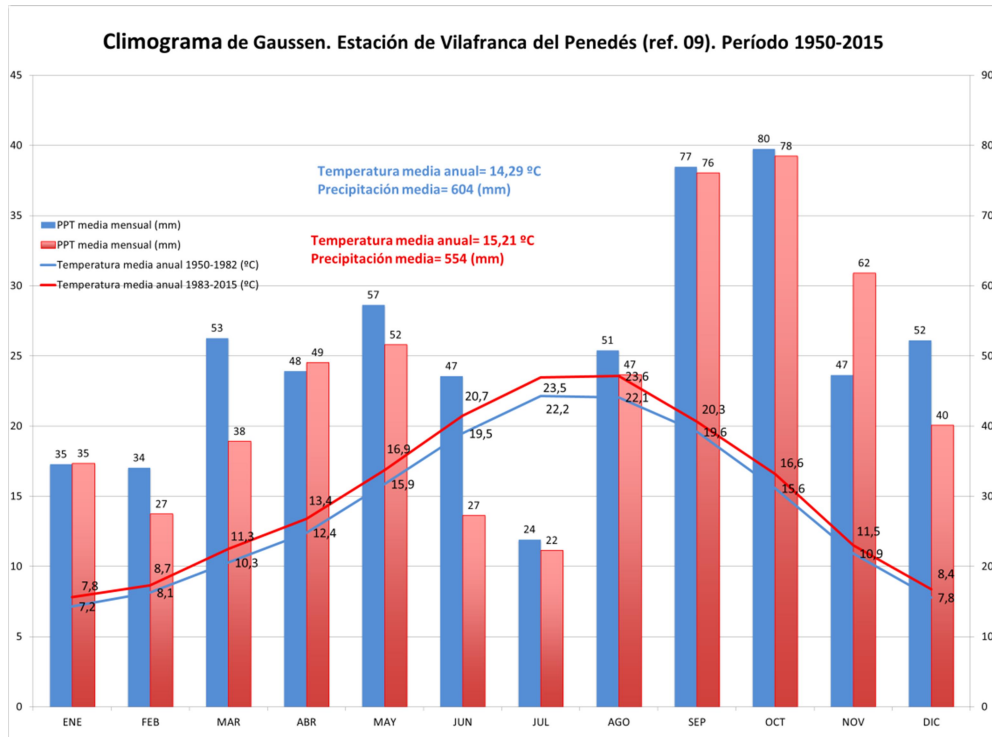


Figura 12. Climograma de Gausсен de la estación Vilafranca del Penedés (ref.09) pdo. 1950-2015. **Fuente:** Propia

En la zona climática del mediterráneo prelitoral, se encuentra Vilafranca del Penedés, las temperaturas incrementan en la comparación de ambos períodos, se repite la misma tendencia que la zona litoral con mayor diferencia en los meses de verano (junio, julio y agosto). El incremento de las temperaturas ha sido de 1°C entre los dos períodos para Vilafranca del Penedés.

La media de precipitación media anual total de referencia es de 574 mm. Nuevamente es posible observar que el mes de noviembre presenta un aumento considerable de las precipitaciones como en la zona litoral.

Nuevamente la comparación de los períodos resalta una disminución importante en el mes de junio con una reducción del 50%, en el caso de esta estación meteorológica el mes de marzo parece tener una disminución importante.

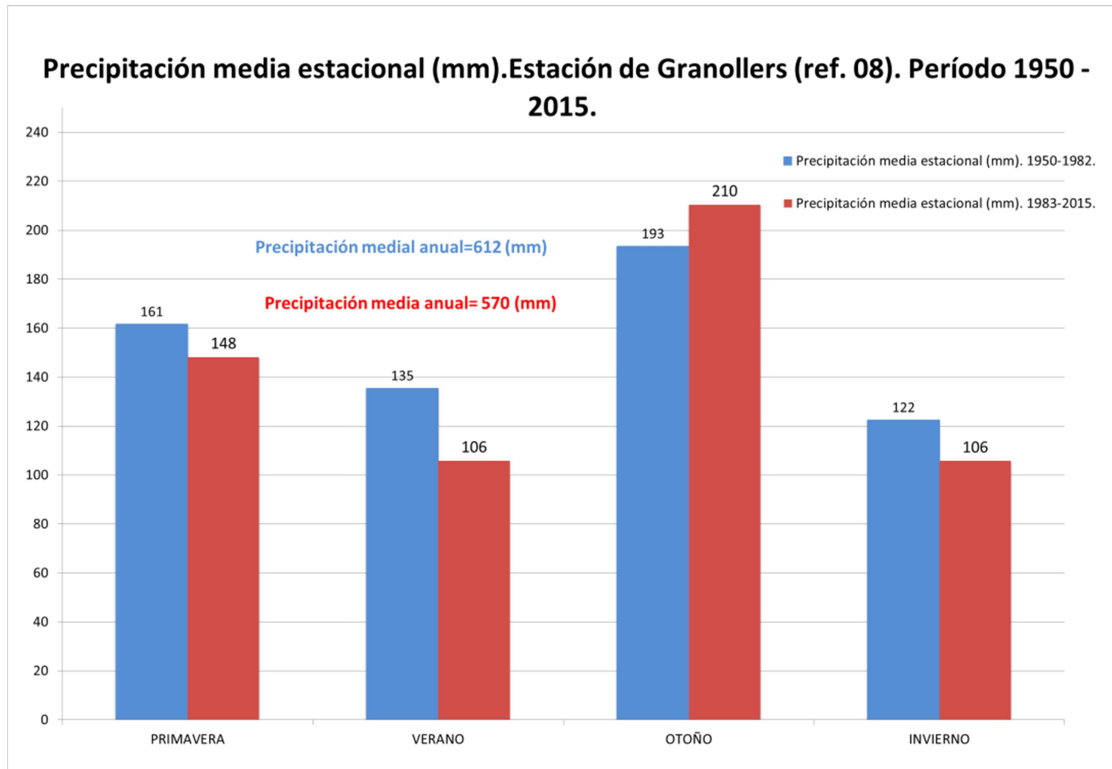


Figura 13. Variación de la PPTm anual total estacional entre los pds. 1950-1982 y 1983 y 2015. Estación Granollers (ref. 09) **Fuente:** Propia

La estación climática prelitoral presenta un comportamiento similar con respecto a la zona litoral.

PPT A% entre los 2 pe	
estación	Δ%
Primavera	-2,3
Verano	-24,4
Otoño	9,6
Invierno	-11,2

Se observa una reducción de alrededor del -25% en verano, un -11% en invierno un poco más que la zona litoral, sin embargo, en otoño el incremento resulta un poco más acentuado con un 9.6%, la primavera no presenta cambios significativos. Se pierde -42 mm en el transcurso de los 33 años de diferencia entre ambos períodos.

Figura 14. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea prelitoral.

Zona climática mediterránea continental.

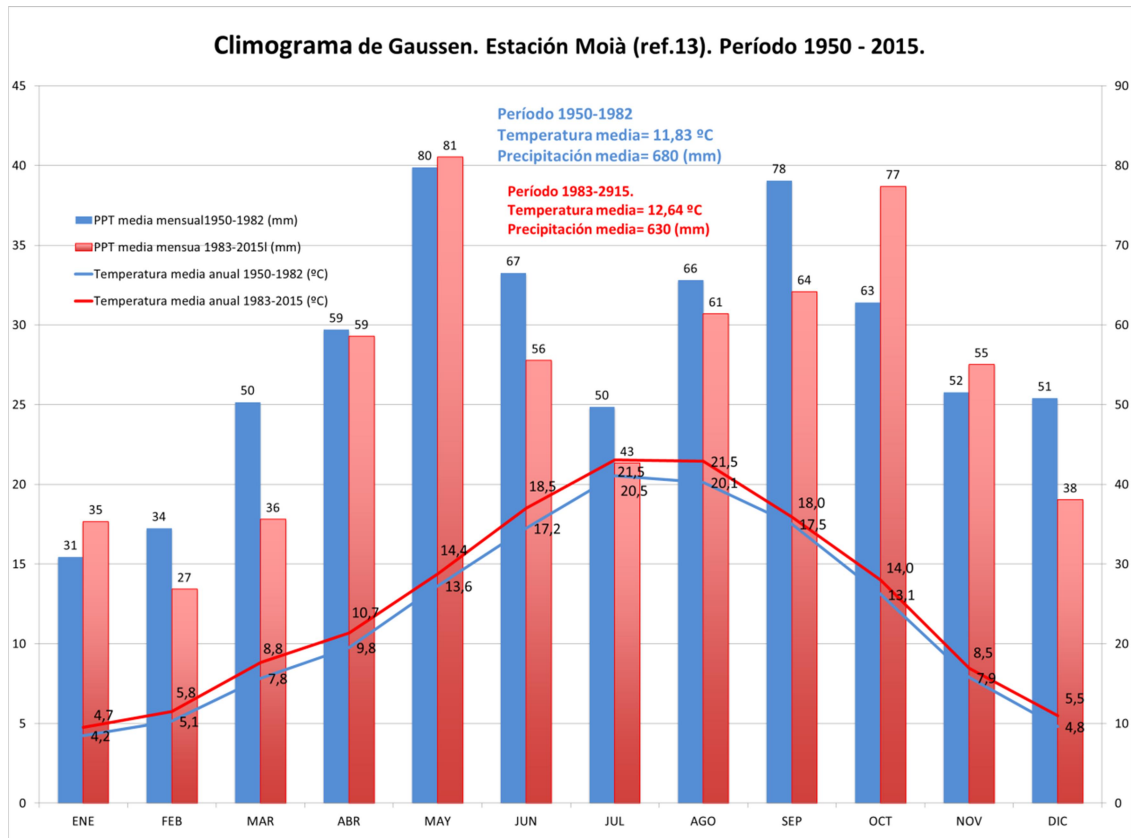


Figura 15. Climograma de Gausсен de la estación Moià (ref. 13). **Fuente:** Propia

Pará la estación de Moià se puede observar que la variación de las temperaturas también está más marcada en los meses de verano, lo que implica una tendencia a veranos más cálidos. Hay una disminución de las precipitaciones de marzo, septiembre y diciembre y un aumento de la precipitación en octubre.

Entre los periodos de estudio la temperatura ha aumentado 0.80°C aproximadamente. Las precipitación disminuye de 680 a 630 mm

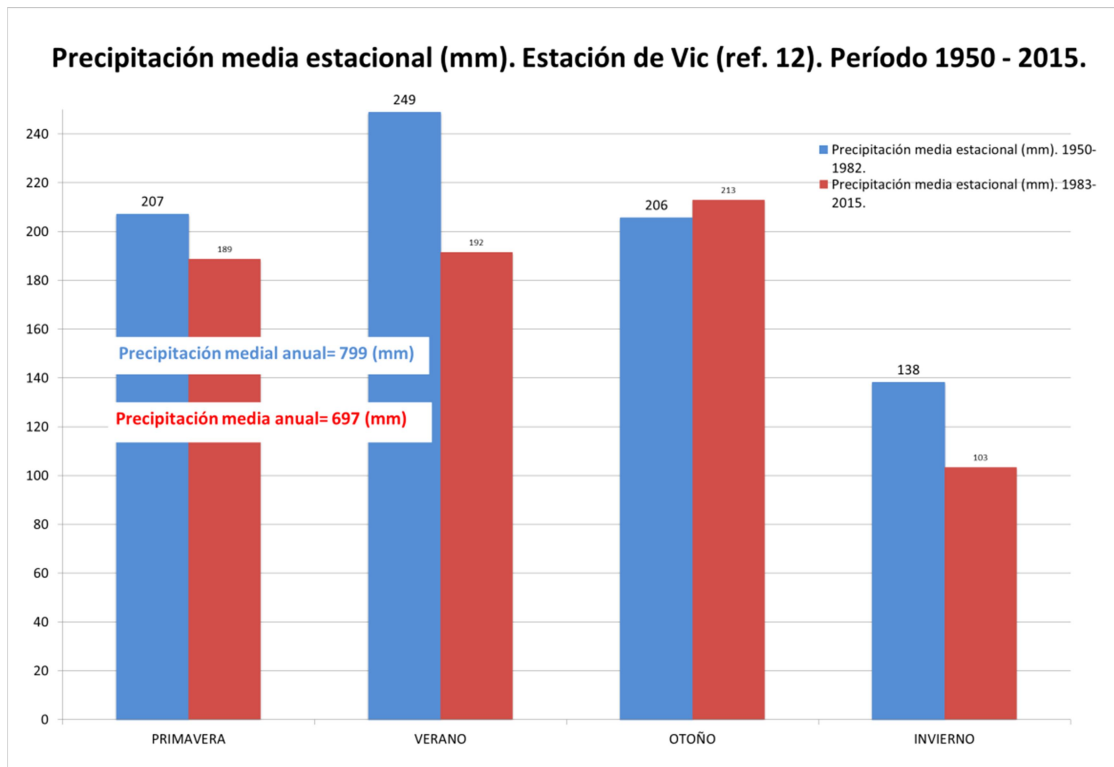


Figura 16. Variación de la PPTm anual total estacional entre los pds. 1950-1982 y 1983 y 2015. Estación Vic (ref.12). **Fuente:** Propia

En la zona mediterránea continental, las precipitaciones disminuyen bastante en primavera un -22.4 %, en invierno las precipitaciones disminuyen significativamente un -18.5%, de igual forma en primavera se reduce casi un -10%. En otoño el aumento es casi imperceptible un 0.8. En la

En la estación de Vic, ver figura 16, se puede verificar estas tendencias. Se pierden 102 mm entre ambos períodos.

PPT A% entre los 2 periodos	
<i>estación</i>	$\Delta\%$
Primavera	-9,9
Verano	-22,4
Otoño	0,8
Invierno	-18,5

Figura 17. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea continental.

Zona climática mediterránea pirenaica y prepirenica.

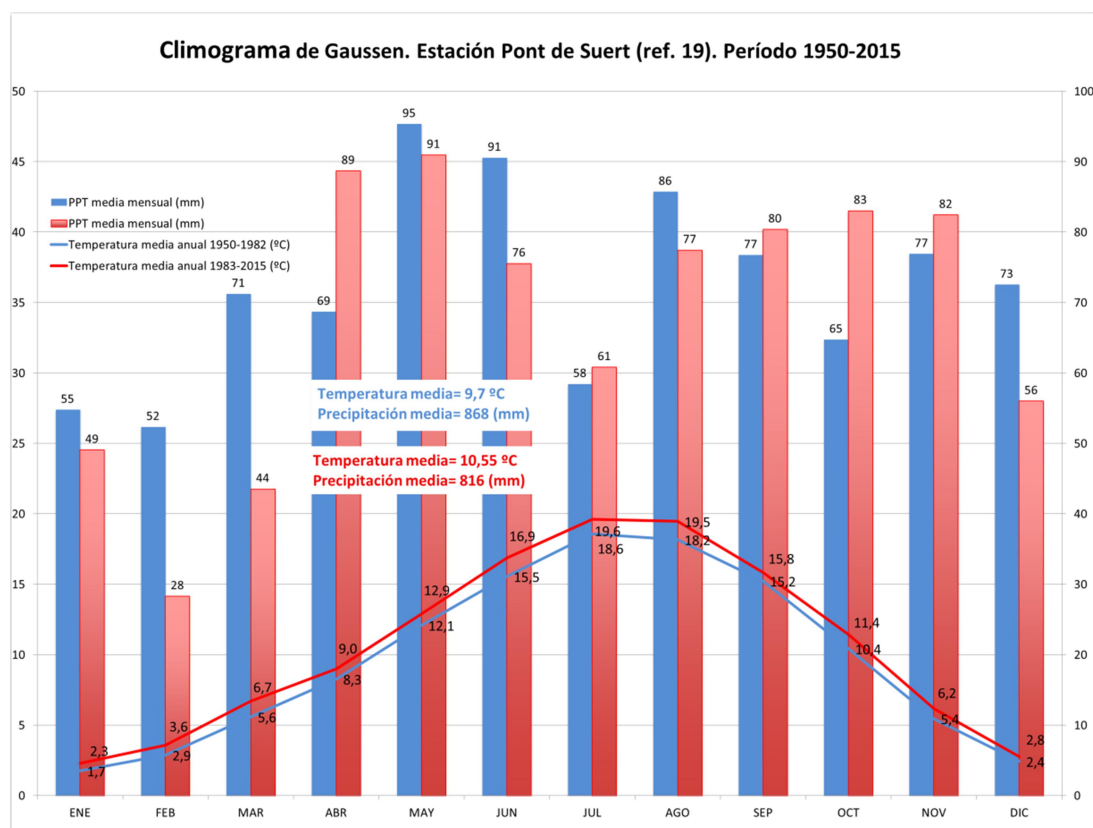


Figura 18. Climograma de Gausсен de la estación Pont de Suert (ref. 19) **Fuente:** Propia

En esta zona climática las temperaturas medias disminuye 0.8°C entre los períodos de estudio y las precipitaciones son más más frecuentes (PPT ref. 860mm).

Los resultados indican que de igual forma el verano parece ser más cálido y en el grafico se aprecia un ligero aumento en marzo de la variación entre ambos períodos.

Asi mismo se ha notado, un aumento considerable de las precipitaciones de los meses de octubre y abril y una disminución considerable de las mismas en febrero, marzo, junio y diciembre.

Es posible que la diferencia de temperaturas entre los dos períodos de estudio en el mes de marzo tenga algo que ver con el adelanto de la llegada de la primavera que se ha notado en los últimos años.

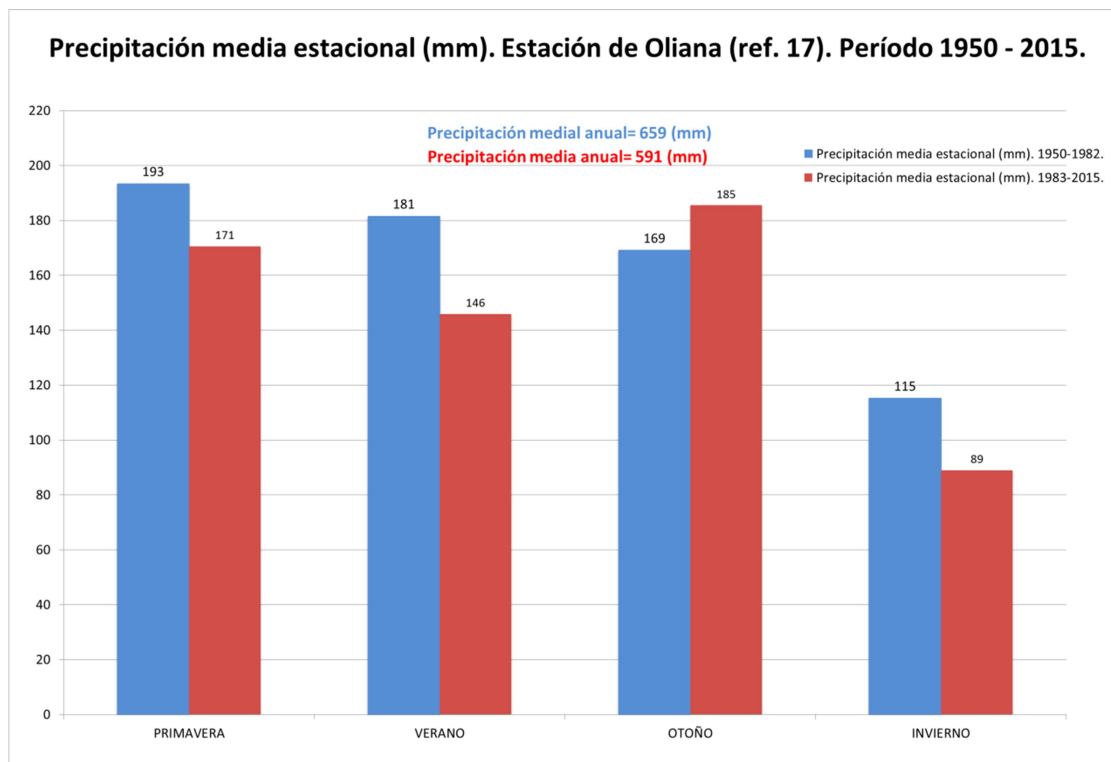


Figura 19. Variación de la PPTm anual total estacional entre los pds. 1950-1982 y 1983 y 2015. Estación Oliana (ref. 17). **Fuente:** Propia

En la zona climática prepirenaica y pirenaica, también se denota las mismas tendencias, disminución en primavera, verano y invierno, sin embargo, se revierten el orden de las estaciones en las se denota reducción, concretamente, la estación con mayor disminución es la de invierno con un -24.3%, luego verano con un -17.4%

PPT A% entre los 2 pds.	
<i>estación</i>	$\Delta\%$
Primavera	-5,5
Verano	-17,4
Otoño	8,3
Invierno	-24,3

La estación de Oliana se muestra en la Figura 19, sin embargo lo particular de esta zona climática en cuanto a la representatividad de datos en toda la extensión del territorio es que únicamente se han podido escoger 3, de las cuales 2 (Oliana y Tresp) se encuentran muy cerca de la línea límite entre la estación Prepirenaica y continental, por lo que la PPT tiene tendencias parecidas a la zona climática continental.

Figura 20. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea prepirenaico y pirenaico.

Zona mediterránea atlántica.

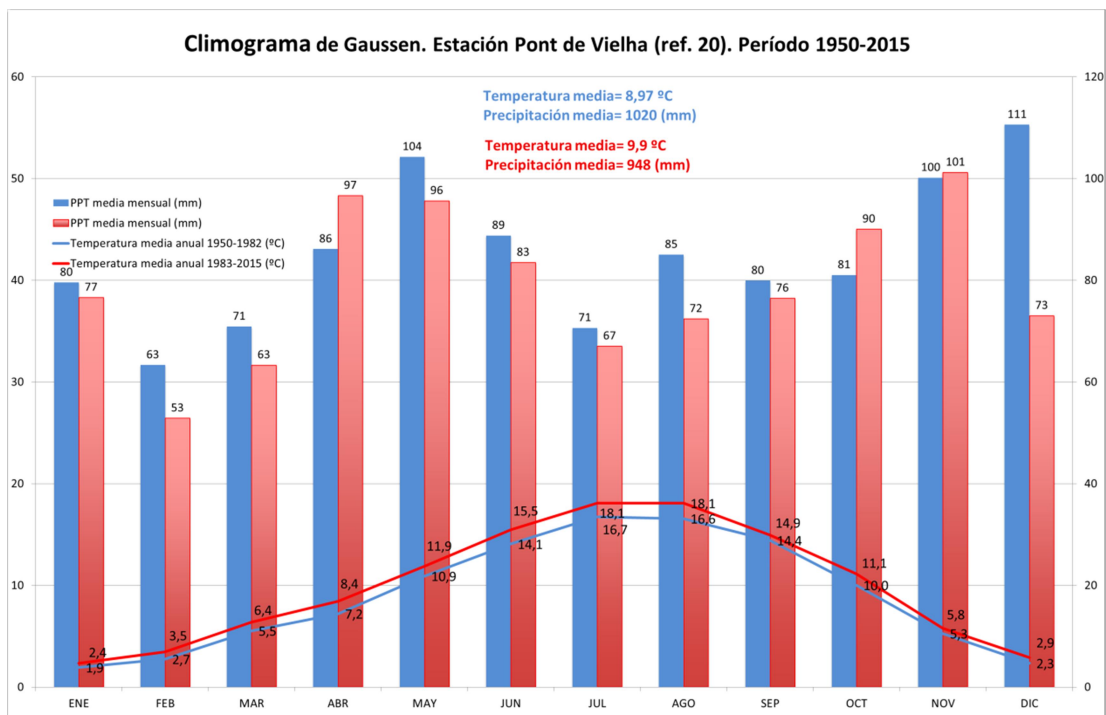


Figura 21. Climograma Zona climática mediterránea atlántica.

Estación de Vielha: **Fuente:** Propia.

La diferencia de las temperaturas medias mensuales no es tan marcada en los meses de verano como en el resto de zonas climáticas, pero si es posible observar un cierto incremento.

La estación de Vielha se representa por tener una mayor media de precipitación anual de referencia, alrededor de 1000 mm. Es posible observar una disminución clara de la precipitación en el mes de diciembre de 111 mm a 73 mm entre los períodos de estudio. Hay un incremento de precipitaciones en los meses de abril y octubre pero no son tan significativos. Sin embargo, las precipitaciones se reparten de forma homogénea en todo el año en comparación con las demás zonas climáticas.

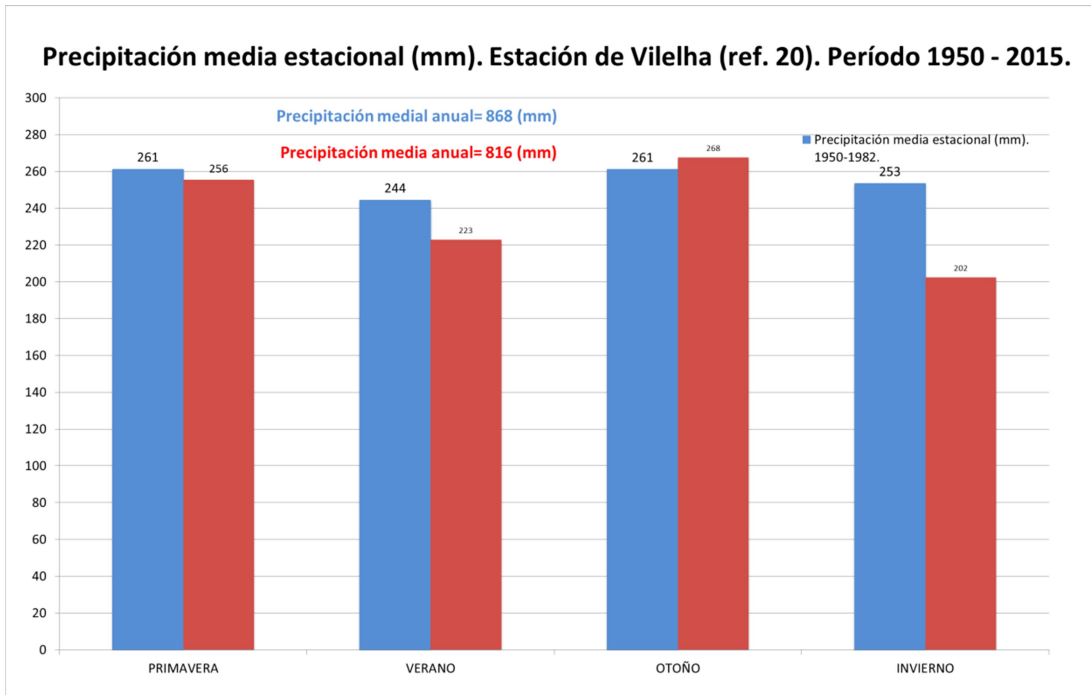


Figura 22. Variación de la PPTm anual total estacional entre los pds. 1950-1982 y 1983 y 2015 Estación Vielha. **Fuente:** Propia

En la zona climática atlántica, la disminución de las precipitaciones se acentúa significativamente en invierno con un -20% y seguidamente en verano la disminución es de -8.6%.

La disminución es poca en primavera de -1.9%, y el aumento de las precipitaciones en otoño llega al 3%. Por lo que los datos no son significativos.

Se pierden 48 mm en la comparación de ambos períodos para la estación de Vielha, como se puede confirmar en la Figura 22.

PPT A% entre los 2 pds.	
estación	
Primavera	
	-1,9
Verano	
	-8,6
Otoño	
	2,7
Invierno	
	-20,2

Figura 23. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea atlántica.

A.2.1.2 ΔT_m °C por década desde 1983

Variación de Temperatura media (°C) por década. Período 1983 - 2015.



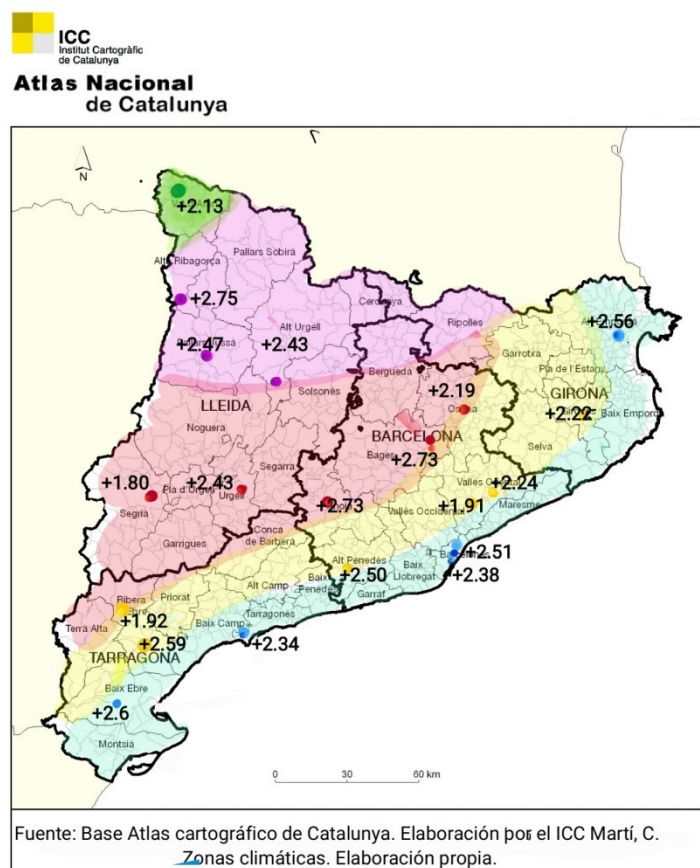
Mapa A.2.1.2. Variación de la Temperatura (°C) por década desde 1983. **Fuente:** Propia

El cálculo para el análisis de una segunda proyección se realizó con la toma de la tendencia utilizando únicamente la ecuación de la recta de período 1983-2015. Como se puede comprobar en el mapa el aumento de °C/década aumenta considerablemente. Pasamos a unas medias que rondan los +0.33°C/década.

Cabe resaltar que Lleida es la única estación meteorológica en la que la tendencia del escenario 2 es menor que la tendencia del escenario 1 +0.22/+0.20. En el resto de estaciones la tendencia del segundo escenario supera el primero. Este escenario es probable si no se toman acciones con respecto a la emisión de GEH, lo que refleja el gran riesgo que supone que se cumpla, representa un aumento para 2050 de 1.7°C para el 2050.

A.2.3.2 $\Delta T_{m_{ref2}}$ °C: Escenario 2

Escenario 2 Estimación variación de la temperatura (°C) para el año 2050.



Mapa A.2.3.2. Escenario 2. Estimación de la Temperatura (°C) para el año 2050.

Fuente: Propia

Tomando en cuenta la tendencia desde 1983 el incremento es mucho mayor ronda los 2.5 °C en todo el territorio.

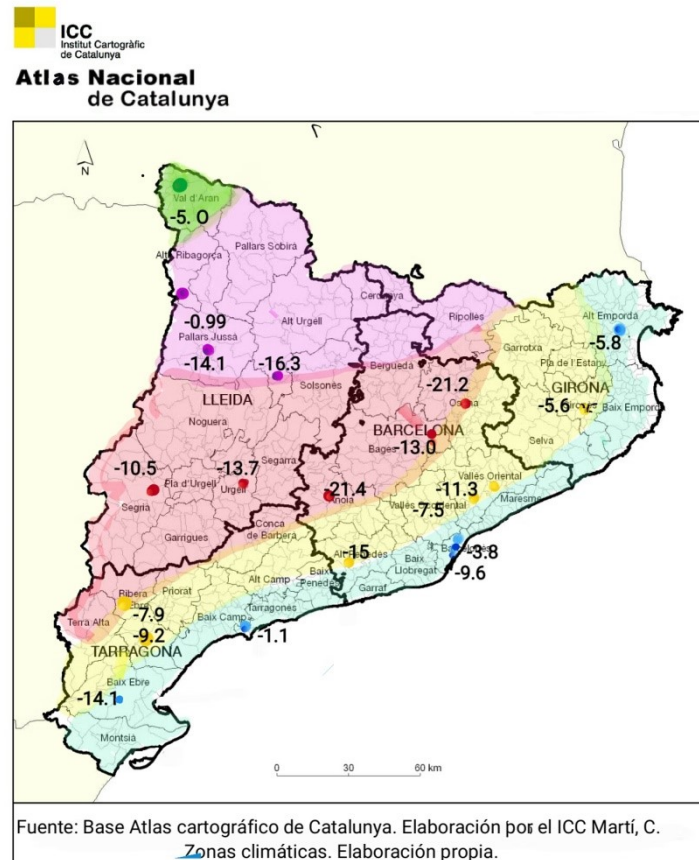
La zona más afectada es Pont de Suert con 2.75°C (Tm Ref. 9.28°C). La zona en donde se interconectan las zonas climáticas del litoral y prelitoral parece tener un aumento en °C bastante considerable con respecto al resto del territorio.

La zona pirenaica, en el litoral y pre litoral son más bajas. Hay 9 estaciones que están por encima de 2.4 °C, debido gracias al efecto suavizador de la cercanía del mar, que mermar el efecto de las altas temperaturas.

6.2.B Precipitaciones

B.2.1 Δ PPTm mm por década: Escenario 1

Variación de precipitación media anual (mm) por década. Período 1950 -2015.



Mapa B.2.1. Variación de la Precipitación (mm) por década desde 1950. **Fuente:** Propia

La proyección de la ecuación de la recta para las precipitaciones se ha realizado utilizando únicamente la tendencia desde 1950-2015, se puede observar mayor afección en la zona continental. La disminución no es tan significativa por décadas, sin embargo, si la tendencia se cumple para el 2050 la estación de Igualada habrá perdido hasta 100 mm.

B.2.3 $\Delta PPTm_{ref1}$ mm: Escenario 1



Mapa B.2.3. Escenario 1. Estimación de la Precipitación (mm) para el año 2050.

Fuente: Propia

Nuevamente, siguiendo la tendencia anterior encontramos que la zona continental con más reducción de la precipitación es la zona continental. Vic es la estación con mayor pérdida de mm, unos 152.87 mm para el 2050, seguida por Oliana -121mm, Tárrega -109 mm y la estación de y del Observatori de L'Ebre con -109 mm.

Acorde a los estudios del segundo informe se concluye que los resultados no tienen una tendencia significativa.

7. CONCLUSIONES

7.1 Temperatura

- **La variación de temperatura entre los dos períodos de estudio:** No se ha encontrado ninguna estación meteorológica que presente una disminución de la temperatura. Con respecto al resumen por zonas climáticas el incremento en % entre el litoral y prelitoral se encuentra entre 5.69% y 6.17% respectivamente a diferencia de la zona continental con 6.39% de variación, la zona pirenaica sufre un aumento del 7.4% y finalmente la zona atlántica presenta una variación del 10.4% lo que la convierte en la zona con más variación de temperatura entre ambos períodos de estudio.

Lleida es la única estación meteorológica que presenta una tendencia menor (+0.20°C/década) en el segundo período de estudio que en el primero (+0.22°C/década).

- **La variación °C/década:** La tendencia de los datos de todas las estaciones desde 1950 se encuentran entre 0.19 °C/década en la estación de Flix y 0.24 °C/década en la estación Tivissa. Si se toma en cuenta la tendencia únicamente desde 1983 los datos rondan entre 0.20 - 0.39 °C/década con una media en todo el territorio de +0.36°C/década, lo que refleja este cambio significativo de tendencia.
- **Escenario 1, estimación al 2050:** la temperatura aumenta entre 1.80 - 2.21 °C para el año 2050, la zona más afectada es la pirenaica, en concreto las estaciones de Pont de Suert con 2.31 °C (Tm Ref. 9.28°C) de incremento y Tremp con 1.92 °C (Tm Ref. 12.23°C) y la estación menos afectada es Flix con 1.79 °C (Tm Ref. 15.69 °C).

La zona pirenaica y prepirenaica es la más afectada. La zona climática del litoral, prelitoral y continental tienen un incremento bastante homogéneo en toda su extensión.

- **Escenario 2, estimación al 2050:** tomando en cuenta la tendencia desde 1983 el incremento es mucho mayor ronda los 2.5 °C en todo el territorio, siguiendo la misma tendencia que antes la zona más afectada es Pont de Suert con 2.75°C (Tm Ref. 9.28°C). La zona en donde se interconectan las zonas climáticas del litoral y prelitoral parece tener un aumento en °C bastante considerable con respecto al resto del territorio. Hay 9 estaciones que están por encima de 2.4 °C, en concreto en la zona pirenaica, en el litoral y prelitoral son más bajas, debido gracias al efecto suavizador de la cercanía del mar.

7.2 Precipitación

- **La variación de precipitación entre los dos períodos de estudio:** EL % de variación entre ambos períodos disminuye en la zona continental hacia Lleida, alcanza 14.9% de disminución, en la zona pirenaica hay un 8.82% y en la zona atlántica 7%. Por otro lado la zona litoral y prelitoral la variación ronda 6 - 7.8 %. En las estaciones meteorológicas del Observatori de Fabra y el Aeroport el Prat la reducción es casi imperceptible 1.4 y 3% respectivamente.
- **La variación mm/década:** La zona continental la disminución en mm/década es bastante más acentuado que en el resto del territorio. Cabe resaltar que las estaciones de la zona pirenaica que se encuentran en el margen junto a zona continental presenta un incremento considerable en comparación con las estaciones Pont de Suert y Vielha. La zona litoral y prelitoral presentan una disminución de -7 mm/década.
- **Escenario 1, estimación al 2050:** nuevamente, siguiendo la tendencia anterior encontramos que la zona continental con más reducción de las precipitaciones es la zona continental. Vic es la estación con mayor pérdida de mm, unos 152.87 mm para el 2050.
- **Climogramas de Gausson:** en el estudio de los Climogramas de Gausson más representativos de las zonas climáticas se pudo comprobar que las zonas climáticas litoral y prelitoral tienen un aumento significativo de las precipitaciones en el mes de noviembre. En las zonas climáticas continental y pirenaica el aumento es en octubre. Todas las zonas climáticas presentan una

diferencia mayor entre los períodos de estudio de las temperaturas en los meses de verano (junio, julio y agosto) lo que parece dar continuidad a la tendencia de veranos más calurosos.

- **Precipitación estacional:** Se ha podido observar una tendencia de disminución con respecto a la variación de la precipitación estacional en las zonas climáticas litoral y prelitoral que se intensifica claramente en primavera aproximadamente un -25% y a medida que nos acostamos hacia el noroeste, por lo que las zonas climáticas pirenaica y atlántica la disminución mayor se desplaza hacia el invierno con aproximadamente -20%.

Hay un ligero aumento de las precipitaciones en el otoño para todas las zonas climáticas, pero no son significativas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **Biello, D. (2014).** *El mundo se debe preparar para 11 billones de personas.* Publicado por Scientific American.
<<http://www.scientificamerican.com/article/world-should-prepare-for-11-billion-or-more-people/>> [Consulta 20/05/2016].
- **Castro y otros, (2005).** *El clima de España, pasado, presente y escenarios para el siglo XXI. Capítulo A: Impactos del cambio climáticos.*
- **Generalitat de Catalunya. Departamento del Territorio y Sostenibilidad. Dirección General de Políticas Ambientales, (2015).** *Anteproyecto de Ley/2015, del 20 de octubre, de cambio climático.*
<http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/politiques/politiques_catalanes/Avantprojecte_llei_cc/20_10_15_Avantprojecte-de-llei-de-canvi-climatic.pdf>
- **Gualdi, S. y otros, (2013).** *The CIRCE simulations: a new set of regional climate change projections performed with a realistic representation of the Mediterranean Sea.* Amer. Meteor. Soc., 65-81.
- **Gualdi, S., (2014).** *Sistema climático e impactos en la zona mediterránea.* CMCC. Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología. Italia.
- **Instituto de Estudios catalanes y la Generalitat de Catalunya. Consejo asesor para el desarrollo sostenible (2010).** *Segundo informe sobre el cambio climático en Catalunya.* Primera Edición, Catalunya.
<http://ecofun.ctfc.cat/fluxpyr/docs/Segon_Informe_Canvi_Climtic_Catalunya.pdf>
- **IPCC, (2013):** *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf>

- **IPCC, (2014).** *Reporte AR5 síntesis: Contribución de los grupos I, II and III. Quinto informe del IPCC.* [Escritores., R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- **IPCC, (2013).** *Reporte AR5: Bases Científicas: Capítulo 8, Radiative Forcings.* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- **Naciones Unidas. Cumbre de París (2015).** Convención Marco sobre Cambio Climático. <<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf> >
- **Servei Meteorològic de Catalunya, SMC.** Base de datos: Datos históricos de precipitación y temperatura.
<<http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/series-climatiques-historiques/> > [Consultado 14/03/2016].
- **Soler T., Xavier, (2015).** *Clima en Catalunya.* Instituto Cartográfico de Catalunya. Publicación ICC.
<<http://www.atlesnacional.cat/icc/atles-nacional/clima/#>>.[Consulta 20/04/2016].
- **NASA.** El clima: Página web <http://climate.nasa.gov/> [Consulta 18/05/2016]
- **Vide J., Martín.,(1992).** *El clima: Geografía General de los países Catalanes.* Enciclopedia Catalana. Catalunya.

BASE DE DATOS. Google Drive.

- <https://drive.google.com/open?id=0Bvn6CvH82cj-TkhDU1lwdzB0UVE>

GRAFICOS DE EXCEL

- https://drive.google.com/open?id=0B_vL6NIbCW09V1hxeEpmVUt2b2s

MAPAS

- https://drive.google.com/open?id=0B_vL6NIbCW09aFlvVV9CNmxSUIk

9. ANEXOS.

ANEXO 1. Tabla de Zonas climáticas de Catalunya

Grups/tipus		Subtipus (exemple)	P (mm)	RPE	T (°C)	ΔT (°C)
OCEÀNIC		Val d'Aran (Arties)	900-1.100	Equilibrat	6-10	13-15
MEDITERRANEA	Pirinenc	Oriental (Núria)	1.000-1.200	Màxim a l'estiu i mínim a l'hivern	3-9	13-16
		Occidental (Cabdella)	1.000-1.300		2-9	
	Prepirinenc	Oriental (Olot)	850-1.100	Màxim a l'estiu o a la primavera i mínim a l'hivern	9-12	16-19
		Central (Berga)	750-1.000			
		Occidental (La Pobla de Segur)	650-900			
	Continental	Humit o Oriental (Vic)	700-850	Mínim a l'hivern	11-13	17-20
		Subhumit o Central (Súria)	550-700		12-14	
		Sec o Occidental (Lleida)	350-550	Màxims equinoccials		
	Preitoral	Septentrional (Girona)	750-1.000	Màxims equinoccials	14-15	15-18
		Central (Terrassa)	600-900	Màxim a la tardor	11-15	
		Meridional (Prades)	600-800	Màxims equinoccials	12-14	
	Litoral	Septentrional (St. Feliu de Guíxols)	550-750	Màxim a la tardor	14,5-16	14-15
Central (Barcelona)		550-700	14,5-16,5			
Meridional (Tarragona)		500-600	15,5-17			

Figura 25. Zonas climáticas de Catalunya. Fuente: Fuente: Martín Vide, J.(1992)

Clave: P, precipitación media anual; RPE, régimen pluviométrico estacional; T, temperatura media anual i ΔT, amplitud térmica media anual.

ANEXO 2. Tablas de los Resultados por Zonas climáticas:

Anexo 2.1 Zona climática Mediterránea Litoral

CLIMA		MEDITERRÁNEO LITORAL												
		1950-1982			1983-2015		ΔT/decada desde 1950 (°C)		ΔT/decada desde 1983 (°C)		Proyección 2050			
Tm anual (°C)		media	ΔTm	Δ%	media			Escenario 1		Escenario 2		Ref. 1961-90 Tm (°C)		
# estación								Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)	Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)			
1	Figueres													
Tm anual (°C)		14,3	0,85	5,9	15,1	0,22	0,35	16,14	1,77	16,93	2,56	14,37		
2	Obs. Fabra													
Tm anual (°C)		14,7	0,8	5,4	15,5	0,23	0,35	16,63	1,85	17,29	2,51	14,78		
3	erop. El Prat													
Tm anual (°C)		15,7	0,9	5,7	16,6	0,24	0,31	17,72	1,92	18,18	2,38	15,8		
4	Aerop. Reus													
Tm anual (°C)		15,4	0,9	5,9	16,3	0,22	0,30	17,21	1,75	17,80	2,34	15,46		
5	Obs. Ebre													
Tm anual (°C)		16,9	0,9	5,4	17,8	0,22	0,26	18,75	1,73	19,14	2,12	17,02		
PROMEDIO			0,87	5,69		0,23	0,31	1,80		2,38				

Figura 26. Análisis de Temperatura de la zona climática Mediterránea litoral.

		1950-1982			1983-2015		APPT/decada desde 1950 (mm)		Proyección 2050		Orden Estacional	
PPT anual (mm)		media	ΔPPTm	Δ%	media	Escenario 1		PPT (mm) Ref. 1961-90	1950-1982	1983-2015		
# estación						PPT est (mm)	ΔPPT ref (mm)					
1	Figuieres											
PT anual (mm)		699,2	-40,5	-5,8	658,7	-5,78	650,65	-47,00	697,65			
	Primavera	179,5	2,3	1,3	181,8					2	2	=
	Verano	141,8	-33,2	-23,4	108,6					4	4	=
	Otoño	234,2	-2,2	-0,9	232,0					1	1	=
	Invierno	143,7	-7,4	-5,2	136,3					3	3	=
2	Obs. Fabra											
PT anual (mm)		628	-9,0	-1,4	619,0	-3,84	595,74	-46,08	641,82			
	Primavera	164	-1,1	-0,7	163,2					2	2	=
	Verano	130	-39,0	-30,0	91,0					3	4	↓
	Otoño	205	33,0	16,1	238,0					1	1	=
	Invierno	129	-2,0	-1,6	127,0					4	3	↑
3	erop. El Prat											
PT anual (mm)		592	-18,0	-3,0	574,0	-9,67	510,77	-82,49	593,26			
	Primavera	143	-14,1	-9,8	129,0					2	2	=
	Verano	114	-10,0	-8,8	104,0					4	4	=
	Otoño	221	11,0	5,0	232,0					1	1	=
	Invierno	115	-5,0	-4,3	110,0					3	3	=
4	Aerop. Reus											
PT anual (mm)		470	-25,0	-5,3	445,0	-1,16	460,26	-12,35	472,61			
	Primavera	124	-13,8	-11,1	110,4					2	2	=
	Verano	99	-31,0	-31,3	68,0					3	4	↓
	Otoño	160	29,0	18,1	189,0					1	1	=
	Invierno	87	-10,0	-11,5	77,0					4	3	↑
5	Obs. Ebre											
PT anual (mm)		579	-66,0	-11,4	513,0	-14,18	459,89	-100,13	560,02			
	Primavera	144	-1,0	-0,7	143,0					2	2	=
	Verano	104	-35,0	-33,7	69,0					4	4	=
	Otoño	215	-13,0	-6,0	202,0					1	1	=
	Invierno	118	-23,0	-19,5	95,0					3	3	=
	PROMEDIO		-44,90	-7,68		-9,76		-77,64				
										Primavera	=	
										Verano	↓	
										Otoño	=	
										Invierno	↑	

Figura 27. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea litoral.

Anexo 2.2 Zona climática Mediterránea PreLitoral

CLIMA MEDITERRÁNEO PRE-LITORAL		1950-1982			1983-2015		ΔT/decada desde 1950 (°C)		ΔT/decada desde 1983 (°C)		Proyección 2050				Ref. 1961-90 Tm (°C)
Tm anual (°C)		media	ΔTm	Δ%	media	Escenario 1		Escenario 2		ΔTm Per. # 2					
# estación						Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)	Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)						
6	Girona														
Tm anual (°C)		13,5	0,84	6,2	14,4	0,2	0,28	15,42	1,86	15,78	2,22	13,56			
7	Cardedeu														
Tm anual (°C)		14,5	1	6,9	15,5	0,23	0,27	16,49	1,85	16,88	2,24	14,64			
8	Granollers														
Tm anual		15,15	0,9	5,9	16,1	0,21	0,22	17,09	1,83	17,17	1,91	15,26	0,86		
9	Vilafranca														
Tm anual		14,29	0,9	6,4	15,2	0,24	0,33	16,24	1,85	16,89	2,50	14,39	0,79		
10	Flix - Vinegre														
Tm anual		15,6	0,8	5,1	16,4	0,19	0,24	17,48	1,79	17,61	1,92	15,69	0,82		
11	Tivissa														
Tm anual		14,38	0,9	6,5	15,3	0,24	0,34	16,33	1,88	17,04	2,59	14,45	0,70		
	PROMEDIO		0,90	6,17		0,22	0,28	1,84	2,23	0,80					

Figura 28. Análisis de Temperatura de la zona climática Mediterránea prelitoral.

PPT anual (mm)	1950-1982			1983-2015		APPT/decada desde 1950 (mm)	Proyección 2050			Ref. 1961-90 PPT (mm)	Orden Estacional	
	# estación	media	ΔPPTm	Δ%	media		Escenario 1	Escenario 2	Ref. 1961-90 PPT (mm)		1950-1982	1983-2015
6 Girona												
PPT anual (mm)	788,0	-55,0	-7,0		733,0	-5,67	722,23	-67,00	789,23	-7,12		
Primavera	213,0	-17,0	-8,0		196,0						2	=
Verano	164,0	-17,0	-10,4		147,0						4	=
Otoño	241,0	0,0	0,0		241,0						1	=
Invierno	171,0	-21,0	-12,3		150,0						3	=
7 Cardedeu												
PPT anual (mm)	708,0	-42,0	-5,9		666,0	-11,38	610,19	-39,71	649,89	2,48		
Primavera	150,0	22,0	14,7		172,0						3	↑
Verano	223,0	-94,0	-42,2		129,0						1	↓
Otoño	153,0	83,0	54,2		236,0						2	↑
Invierno	143,7	-8,7	-6,0		135,0						4	↓
8 Granollers												
PPT anual (mm)	612	-42,0	-6,9		570,0	-7,52	540,24	-57,92	598,16	-4,71		
Primavera	161	-13,0	-8,1		148,0						2	=
Verano	135	-29,0	-21,5		106,0						3	=
Otoño	193	-17,0	-8,8		210,0						1	=
Invierno	122	-16,0	-13,1		106,0						4	=
9 Vilafranca												
PPT anual (mm)	604	-51,0	-8,4		553,0	-15	477,25	-97,20	574,45	-3,73		
Primavera	158	-20,0	-12,7		138,0						2	=
Verano	122	-25,0	-20,5		97,0						3	↓
Otoño	204	12,0	5,9		216,0						1	=
Invierno	121	-19,0	-15,7		102,0						4	↑
10 Flix - Vinebre												
PPT anual (mm)	427	-42,0	-9,8		385,0	-7,95	352,34	-58,12	410,46	-6,20		
Primavera	119	3,0	2,5		122,0						2	=
Verano	70	-20,0	-28,6		50,0						4	=
Otoño	154	-14,0	-9,1		140,0						1	=
Invierno	84	-9,0	-10,7		75,0						3	=
11 Tivissa												
PPT anual (mm)	612	-43,0	-7,0		569,0	-9,26	528,00	-47,78	575,77	-1,18		
Primavera	174	-4,0	-2,3		170,0						2	=
Verano	86	-20,0	-23,3		66,0						4	=
Otoño	209	-5,0	-2,4		204,0						1	=
Invierno	143	-13,0	-9,1		130,0						3	=
PROMEDIO		-45,83	-7,51			-9,46	-61,29	-3,41				
											Primavera	=
											Verano	↓
											Otoño	=
											Invierno	↑

Figura 29. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea preitoral.

Anexo 2.3 Zona climática Mediterránea Continental

CLIMA MEDITERRÁNEO CONTINENTAL		1950-1982			1983-2015		Proyección 2050				Ref. 1961-90 Tm (°C)	ΔTm Per. # 2
Tm anual (°C)	# estación	media	ΔTm	Δ%	media	ΔT/decada desde 1950 (°C)	ΔT/decada desde 1983 (°C)	Escenario 1		Escenario 2		
								Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)	Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)	
12 Vic												
Tm anual (°C)		12,2	0,8	6,6	13,0	0,2	0,28	14,09	1,85	14,43	2,19	12,24
13 Moia												
Tm anual (°C)		11,8	0,81	6,8	12,6	0,21	0,39	13,72	1,82	14,63	2,73	11,90
14 Igualada												
Tm anual		14,2	0,8	5,6	15,0	0,2	0,39	16,09	1,83	16,99	2,73	14,26
15 Tarrega												
Tm anual		13,54	0,9	6,7	14,5	0,23	0,32	15,48	1,83	16,08	2,43	13,65
16 Lleida												
Tm anual		15,1	0,9	6,2	16,0	0,22	0,20	17,02	1,80	17,02	1,80	15,22
PROMEDIO			0,85	6,39		0,21	0,32	1,82	2,38	0,78	0,76	

Figura 30. Análisis de Temperatura de la zona climática Mediterránea continental.

PPT anual (mm)	1950-1982			1983-2015		APPT/decada desde 1950 (mm)	Proyección 2050			Ref. 1961-90 PPT (mm)	Orden Estacional	
	# estación	media	ΔPPTm	Δ%	media		Escenario 1		ΔPPTm Per. # 2		1950-1982	1983-2015
							PPT est (mm)	ΔPPT ref (mm)				
12 Vic												
PPT anual (mm)	799,0	-102,0	-12,8	697,0		-21,23	604,70	-168,84	773,54			
Primavera	207,0	-18,0	-8,7	189,0					-9,89	2	2 =	
Verano	249,0	-107,0	-43,0	142,0						1	3 ↓	
Otoño	206,0	7,0	3,4	213,0						3	1 ↑	
Invierno	138,0	-35,0	-25,4	103,0						4	4 =	
13 Moia												
PPT anual (mm)	680,0	-49,0	-7,2	631,0		-13,07	567,28	-95,95	663,23			
Primavera	190,0	-18,0	-9,5	172,0					-5,58	2	2 =	
Verano	182,0	-24,0	-13,2	158,0						3	3 =	
Otoño	193,0	2,0	1,0	195,0						1	1 =	
Invierno	116,0	-18,0	-15,5	98,0						4	4 =	
14 Igualada												
PPT anual (mm)	631	-84,0	-13,3	547,0		-21,43	444,35	-143,95	588,30			
Primavera	190	-18,0	-9,5	172,0					-7,02	2	2 =	
Verano	182	-24,0	-13,2	158,0						3	3 =	
Otoño	193	2,0	1,0	195,0						1	1 =	
Invierno	116	-18,0	-15,5	98,0						4	4 =	
15 Tarrega												
PPT anual (mm)	429	-60,0	-14,0	369,0		-13,72	306,39	-114,43	420,82			
Primavera	127	-16,0	-12,6	111,0					-12,31	2	2 =	
Verano	101	-30,0	-29,7	71,0						3	3 =	
Otoño	128	-3,0	-2,3	125,0						1	1 =	
Invierno	78	-16,0	-20,5	62,0						4	4 =	
16 Lleida												
PPT anual (mm)	404	-55,0	-13,6	349,0		-10,56	305,22	-73,97	379,19			
Primavera	190	-18,0	-9,5	172,0					-7,96	2	2 =	
Verano	182	-24,0	-13,2	158,0						3	3 =	
Otoño	193	2,0	1,0	195,0						1	1 =	
Invierno	116	-18,0	-15,5	98,0						4	4 =	
PROMEDIO		-81,00	-14,90			-18,11	-119,43	-8,55				
										Primavera		
										Verano		
										Otoño		
										Invierno		

Figura 31. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea continental.

Anexo 2.4 Mediterránea Prepirenaico y Pirenaico

CLIMA MEDITERRANEO PIRENAICO - PRE													
Tm anual (°C)	1950-1982			1983-2015		ΔT/decada desde 1950 (°C)	ΔT/decada desde 1983 (°C)	Proyección 2050				Ref. 1961-90 Tm (°C)	
	# estación	media	ΔTm	Δ%	media			Escenario 1		Escenario 2			ΔTm Per. # 2
								Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)	Tm _{est} (°C)	ΔT ref (°C)		
17 Oliana													
Tm anual (°C)	12,0	0,88	7,3	12,9		0,22	0,32	13,95	1,85	14,53	2,43	12,10	
18 Tremp												0,80	
Tm anual (°C)	12,3	0,72	5,9	13,0		0,23	0,33	14,15	1,92	14,70	2,47	12,23	
19 Pont de Suert												0,79	
Tm anual	9,7	0,8	8,2	10,5		0,22	0,30	11,59	2,31	12,03	2,75	9,28	
PROMEDIO		0,80	7,14			0,22	0,32	2,02	2,55	2,55	0,94		

Figura 32. Análisis de Temperatura de la zona climática Mediterránea prepirenaico y pirenaico.

PPT anual (mm)		1950-1982		1983-2015		APPT/decada desde 1950 (mm)	Proyección 2050		Ref. 1961-90 PPT (mm)	Orden 1950-1982	Estacional 1983-2015
# estación	media	ΔPPTm	Δ%	media	Escenario 1		Escenario 2	ΔPPTm Per. # 2			
17 Oliana											
PPT anual (mm)	658,0	68,0	-10,3	590,0	-16,31	513,91	-121,66	635,57	-7,17		
Primavera	193,0	-22,0	-11,4	171,0						1	2 ↓
Verano	181,0	-35,0	-19,3	146,0						2	3 ↓
Otoño	169,0	16,0	9,5	185,0						3	1 ↑
Invierno	115,0	-26,0	-22,6	89,0						4	4 =
18 Tremp											
PPT anual (mm)	583,0	59,0	-10,1	524,0	-14,2	457,65	-95,16	552,81	-5,21		
Primavera	160,0	0,0	0,0	160,0						2	2 =
Verano	162,0	-39,0	-24,1	123,0						1	3 ↓
Otoño	156,0	4,0	2,6	160,0						3	1 ↑
Invierno	107,0	-26,0	-24,3	81,0						4	4 =
19 Pont de Suert											
PPT anual (mm)	868	52,0	-6,0	816,0	-0,99	835,32	-25,37	860,69	-5,19		
Primavera	235	-12,0	-5,1	223,0						1	2 ↓
Verano	235	-21,0	-9,9	214,0						2	3 ↓
Otoño	218	28,0	12,8	246,0						3	1 ↑
Invierno	180	-47,0	-26,1	133,0						4	4 =
PROMEDIO		-59,67	-8,82		-10,50	-80,73	-5,86				
										Primavera	
										Verano	
										Otoño	
										Invierno	

Figura 33. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea prepirenaico y pirenaico.

Anexo 2.5 Mediterránea Atlántico

CLIMA MEDITERRÁNEO ATLÁNTICO		1950-1982		1983-2015		ΔT/decada desde 1950 (°C)	ΔT/decada desde 1983 (°C)	Proyección 2050				Ref. 1961-90 Tm (°C)
Tm anual (°C)	media	ΔTm	Δ%	media	Escenario 1			Escenario 2	ΔTm Per. # 2			
20 Vielha												
Tm anual (°C)	9,0	0,93	10,4	9,9	0,22	0,26	10,92	1,82	11,23	2,13	9,10	
PROMEDIO		0,93	10,4		0,22	0,26	1,82	2,13	0,80	0,80		

Figura 34. Análisis de Temperatura de la zona climática Mediterránea atlántica.

CLIMA MEDITERRÁNEO ATLÁNTICO		1950-1982		1983-2015		APPT/decada desde 1950 (°C)	Proyección 2050		Ref. 1961-90 PPT (mm)	Orden 1950-1982	Estacional 1983-2015
PPT anual (mm)	media	ΔPPTm	Δ%	media	Escenario 1		Escenario 2	ΔPPTm Per. # 2			
20 Vielha											
PPT anual (mm)	1020,0	-71,0	-7,0	949,0	-5,07	950,28	-50,53	1000,81	-5,18		
Primavera	261,0	-5,0	-1,9	256,0						2	2 =
Verano	244,0	-21,0	-8,6	223,0						4	3 ↑
Otoño	261,0	7,0	2,7	268,0						1	1 =
Invierno	253,0	-51,0	-20,2	202,0						3	4 ↓
PROMEDIO		-71,0	-7,0		-5,07	-50,53	-5,18				
										Primavera	=
										Verano	↑
										Otoño	=
										Invierno	↓

Figura 35. Análisis de Precipitación y comparación estacional de la zona climática Mediterránea atlántica.