



**ESTUDIO
PROVINCIAL DE
PROYECCIONES
CLIMÁTICAS:
ESTUDIO SOBRE LAS
VARIABLES
CLIMÁTICAS**



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1	MARCO INSTITUCIONAL	6
2.	OBJETO DEL ESTUDIO	8
3.	ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE DE ADAPTACIÓN	9
3.1	SITUACIÓN ACTUAL ORIGINADA POR LA CRISIS SANITARIA	9
3.1.1	EFFECTOS SOBRE LA SALUD	10
3.1.2	EFFECTOS SOBRE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	10
3.1.3	EFFECTOS SOBRE LA ECONOMÍA	11
3.2	NOTA METODOLÓGICA	12
3.2.1	ESCENARIOS CLIMÁTICOS REGIONALES	12
3.2.2	ANÁLISIS TERRITORIAL	14
3.3	TENDENCIAS CLIMATOLÓGICAS PASADAS Y PRESENTES	16
3.3.1	EL CLIMA DE MÁLAGA	16
3.3.2	PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS	21
3.3.3	TENDENCIAS HISTÓRICAS	25
3.4	ANÁLISIS COMARCAL DEL CLIMA	33
3.4.1	COSTA DEL SOL OCCIDENTAL.	33
3.4.2	SERRANÍA DE RONDA	35
3.4.3	SIERRA DE LAS NIEVES	36
3.4.4	MÁLAGA-COSTA DEL SOL	38
3.4.5	VALLE DEL GUADALHORCE	40
3.4.6	GUADALTEBA	42
3.4.7	ANTEQUERA	44
3.4.8	NORORMA (COMARCA NORORIENTAL DE MÁLAGA)	46
3.4.9	LA AXARQUÍA	48
3.5	ESTÍMULOS E IMPACTOS ACTUALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO	51
4.	ESTABLECIMIENTO DE ESCENARIOS DE ADAPTACIÓN	54
4.1	RESULTADOS DE TENDENCIA CLIMÁTICA ANUAL Y ESTACIONAL	54
4.1.1	PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA LA PROVINCIA DE MÁLAGA	54
4.1.2	ANÁLISIS COMARCALIZADO DE LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS	66

Dirección:

EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MÁLAGA

Realizado por:

GRUPO CONSIDERA S.L.

Equipo técnico:

Mari Carmen Romero
Miguel Ángel León
Miriam Contreras
Teresa Portero
Rosa Carrasco
Blanca Oliver
David Vivas

Diseño portada y maquetación:

GRUPO CONSIDERA S.L.

Julio de 2021.

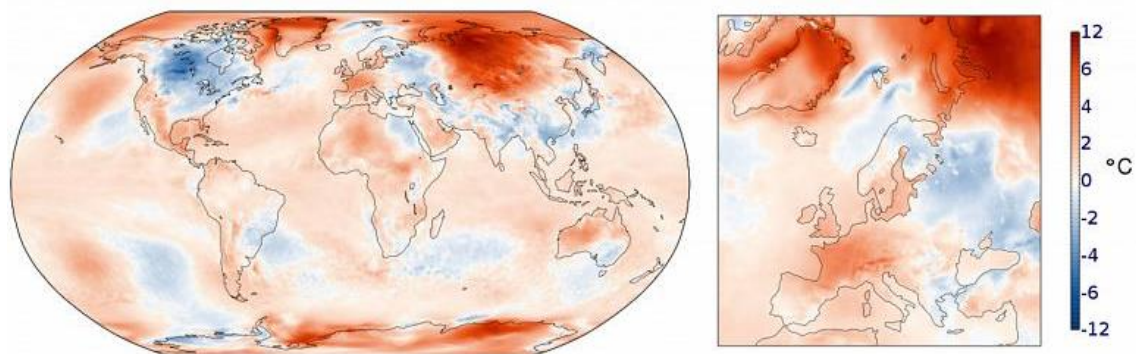
1. INTRODUCCIÓN

Que el Cambio Climático ha dejado de ser una evidencia para convertirse en una realidad puede parecer más una apreciación social que una verdad basada en datos objetivos científicamente probados. Nada más lejos de la realidad. Multitud de estudios científicos y de organismos e instituciones públicos y privados de carácter nacional e internacional y de reconocido prestigio alertan de un cambio generalizado en el clima global del planeta.

La temperatura media de la Tierra en los últimos años está alcanzando registros récords. Por ejemplo, abril de 2020, empatado con abril de 2016, han sido los meses de abril más cálidos registrados en nuestro planeta desde que se tienen registros. Se han alcanzado valores de temperaturas muy superiores al promedio sobre todo en el norte y centro de Eurasia, Groenlandia y la Antártida, aunque también en varios países occidentales. Estas anomalías tuvieron una espacial significación en las temperaturas sobre el nivel del mar, predominantemente superiores a la media 1981-2010.

Figura 1. Anomalías de temperaturas respecto a la media para el mes de abril

Surface air temperature anomaly for April 2020 relative to 1981-2010



Fuente: Unión Europea - Copernicus. Servicio para el Cambio Climático, mayo 2020.

El IPCC se encuentra actualmente en su sexto ciclo de evaluación, periodo el que producirá los informes de evaluación de sus tres grupos de trabajo, tres informes especiales, un perfeccionamiento del informe de metodología y el informe de síntesis. El Informe de síntesis será el último de los productos AR6 SYR, que se lanzará en 2022.

En este sentido el pasado 9 de agosto se aprobó el Informe del Grupo de Trabajo I, *Cambio Climático 2021: Bases físicas* por los 195 miembros gubernamentales que forman parte del IPCC. El documento indica que los científicos están observando cambios en el clima de la Tierra en todas las regiones y en el sistema climático en su conjunto. Muchos de los cambios observados en el clima no tienen precedentes en miles, sino en cientos de miles de años, y algunos de los cambios que ya se están produciendo, como el aumento continuo del nivel del mar, no se podrán revertir hasta dentro de varios siglos o milenios.

El informe presenta una realidad innegable *“la acción del ser humano está directamente relacionada con la emergencia climática que vive el planeta y es uno de sus principales precursores”*.

"Es un hecho inequívoco que la actividad humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra".

Se ofrecen nuevas estimaciones sobre las probabilidades de sobrepasar el nivel de calentamiento global de 1,5°C en las próximas décadas, y se concluye que, a menos que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan de manera inmediata, rápida y a gran escala, limitar el calentamiento a cerca de 1,5°C o incluso a 2°C será un objetivo inalcanzable. Sin embargo, una reducción sustancial y sostenida de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero permitiría limitar el Cambio Climático. Aunque las mejoras en la calidad del aire serían rápidas, podrían pasar entre 20 y 30 años hasta que las temperaturas mundiales se estabilizaran.

A nivel de estatal, el propio Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 establece que el Cambio Climático es una realidad inequívoca en España, constatada a través de un amplio conjunto de rasgos característicos basados en las propias observaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) entre los que destacan; incremento de las temperaturas y de los días de olas de calor, aumento de las noches tórridas, disminución de las precipitaciones, glaciares y caudales medios de los ríos, expansión del clima de tipo semiárido y aumento de la temperatura del agua marina y del nivel del mar.

En este sentido, recientemente la AEMET ha publicado el *Informe del estado del clima en España en 2019*¹ en el que se da a conocer cómo se ha comportado el clima, los episodios de tiempo adverso más significativos y los patrones atmosféricos que han tenido influencia en el comportamiento del clima.

Las principales conclusiones del informe han sido:

- En cuanto a las temperaturas, **2019 ha sido el segundo año más cálido a escala global**, cinco de los seis años más cálidos en España se han registrado en la última década y entre el 26 de junio y 1 de julio se han producido olas de calor excepcionales batiéndose récords absolutos de temperaturas.
- Las precipitaciones, si bien, se mantienen en su conjunto en torno a la normalidad, se **observan grandes desigualdades regionales**; muy húmedo en áreas del extremo norte y suroeste peninsular y muy seco en el sur, sureste y Canarias y se han registrado varios **episodios de lluvias torrenciales**, concentradas en los meses de abril y septiembre en la costa mediterránea y en verano en las zonas del interior peninsular.

De forma global, el resto de los indicadores más importantes asociados al calentamiento global indican un aumento de otros fenómenos extremos (inundaciones y sequías); la subida del nivel del mar, la acidificación y el aumento del calor almacenado en los océanos, la disminución en cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve y el aumento de los gases de efecto invernadero de larga duración. Según el IPCC se espera que estos fenómenos se intensifiquen en las próximas décadas, y como consecuencia cabe esperar:

¹ Informe del estado del clima en España en 2019 (AEMET).

http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/informe_clima_2019

- Aumento de las temperaturas en superficie. Mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor en latitudes medias.
- La modificación del ciclo hidrológico, que podría resumirse en el llamado paradigma de la precipitación².
- Aumento de fenómenos extremos.
- Aumento del nivel del mar a un ritmo mayor que el actual.

En marzo de 2019, con motivo de la conmemoración del Día Meteorológico Mundial, también la AEMET presentó un avance de los datos del Open Data Climático³ con las evidencias más relevantes del impacto del Cambio Climático en los últimos 40 años en España.

Entre las principales conclusiones se determinó que **los veranos son casi 5 semanas más largos** que a inicio de los años 80 y que al menos **32 millones de personas** ya se han visto **afectadas por el Cambio Climático en España**.

Analizando la variabilidad anual de la temperatura media estacional en España desde el año 1971 se observa un ascenso más apreciable en primavera y, sobre todo, en verano. De ahí que el estudio concluya que el verano es la estación más afectada por el Cambio Climático. Verano⁴ que según los datos se ha vuelto cada vez más largo y más cálido.

A esta situación de base del Cambio Climático hay que añadir la situación coyuntural actual resultado del paso de la pandemia del coronavirus. Por un lado, ha situado el foco de la atención mundial en la vulnerabilidad de las sociedades humanas, aspecto muy relacionado con el Cambio Climático, pero ha desviado la atención de la emergencia climática en la que ya nos habíamos instalado previo a la pandemia, lo que ha alejado durante un tiempo los objetivos mundiales de sostenibilidad y Cambio Climático.

Ahora que parece que esta situación va quedando atrás, aunque no se vislumbra que pueda considerarse como algo definitivo, el objetivo se vuelve hacia aquellos aspectos que más preocupaban a la sociedad, entre los que el Cambio Climático tiene un lugar claramente destacado.

1.1 MARCO INSTITUCIONAL

El marco de la política energética y climática en España está determinado por la Unión Europea (UE) que a su vez responde a los requerimientos del Acuerdo de París alcanzado en 2015 para dar una respuesta internacional y coordinada al reto de la crisis climática. La UE ratificó el Acuerdo de París en octubre de 2016, España hizo lo propio en 2017, estableciendo así un compromiso renovado con las políticas energéticas y de Cambio Climático.

² Las zonas secas serán más secas, y las húmedas, más húmedas.

³ Efectos del Cambio Climático en España. AEMET y Ministerio de Transición Ecológica, 2019.
http://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos_del_cambio_climatico_en_espanha

⁴ Concepto verano: vendría determinado por el periodo en el que temperatura máxima, durante 7 días consecutivos y a partir del 1 de mayo, iguala o supera la media de las máximas registradas entre el 18 y el 24 de junio del periodo 1981-2010 y el final del mismo se obtendría registrando el periodo en el que temperatura máxima, durante 7 días consecutivos y desde el 31 de octubre hacia atrás, es igual o superior a la media de las máximas registradas entre el 18 y el 24 de septiembre del periodo 1981-2010. Esto no implica que el verano empiece el 1 de mayo.

A este respecto, el pasado mes de diciembre de 2020, en el marco del Consejo Europeo, los jefes de Estado y Gobierno de la UE-27 acordaron como objetivo vinculante aumentar la reducción de las emisiones GEI a 2030. Este objetivo fue propuesto por la Comisión Europea en septiembre de 2019 en el marco del Plan de objetivos climáticos para 2030 y del proyecto de Ley europea del Clima en la que también se establece otro objetivo jurídicamente vinculante, cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050.

El 15 de octubre de 2015, la propia Comisión Europea lanzó el *Covenant of Mayors for Climate & Energy* o *Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía*, que estableció la adaptación al Cambio Climático como una prioridad fundamental dentro de sus políticas. En las conclusiones del Consejo Europeo de octubre de 2014, se aprobó el Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático 2021-2030 ("Marco 2030"), con el fin de dotar de continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático. Como principales objetivos del Marco 2030, se encuentran los siguientes:

- Un 40% menos de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990.
- Un 27% de energías renovables en el consumo de energía.
- Un 27% de mejora de la eficiencia energética.

Estas nuevas medidas permiten fusionar las iniciativas anteriores, dando respaldo a los tres pilares de este pacto reforzado: la atenuación, la adaptación y la energía segura, sostenible y asequible. Posteriormente, el acuerdo del Consejo Europeo celebrado en diciembre de 2020 ha incrementado la ambición climática. Los principales objetivos de dicho Marco 2030 son los siguientes:

- Un objetivo vinculante para la UE en 2030 de, al menos, un 55% menos de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990.
- Un objetivo vinculante para la UE en 2030 de, al menos, un 32% de energías renovables en el consumo de energía.
- Un objetivo indicativo para la UE en 2030 de, al menos, un 32,5% de mejora de la eficiencia energética.

Estos objetivos se han normalizado en la propuesta de Ley Europea del Clima, ratificada recientemente por el Parlamento Europeo y pendiente de publicación en el diario oficial, lo que obligará a los Estados miembros a un esfuerzo aún mayor en materia de reducción de emisiones a 2030. En este sentido, la Comisión Europea ha presentado su ambicioso plan con 13 iniciativas legislativas para el cumplimiento de los objetivos y la protección del clima.

El plan incluye, entre otras, la prohibición de la venta de los automóviles con motores de combustión interna en el 2035 y una ampliación de los mercados de carbono para poner precio a las emisiones en el transporte y la edificación. Asimismo, se implantará un impuesto al carburante de aviación.

A nivel andaluz, la Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al Cambio Climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía, establece la necesidad de elaborar Planes Municipales de Cambio Climático (en adelante, PMCC), en el ámbito de las competencias propias que les atribuye el artículo 9 de la Ley 5/2010, de 11 junio, de Autonomía Local de Andalucía, y en el marco de las determinaciones del Plan Andaluz de Acción por el Clima (PAAC). Los PMCC, definirán objetivos y actuaciones concretas para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, la transición energética y la adaptación al Cambio Climático.

La Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, en la línea de facilitar esta labor a los ayuntamientos, ha puesto a disposición de los municipios una serie de herramientas como la *Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía* y la *Guía para la elaboración de Planes Municipales de Cambio Climático*, bases metodológicas para la identificación de los elementos vulnerables y de los impactos del Cambio Climático en el territorio.

Esta herramienta será la base sobre la que se construya este análisis de las proyecciones climáticas en la provincia de Málaga. En cualquier caso, será completada con la información disponible en el Visor de Escenarios de Cambio Climático de la Plataforma sobre la Adaptación al Cambio Climático en España (AdapteCCa.es) para el resto de las variables de interés, a fin de definir con el mayor detalle posible, el estudio de las variables climáticas. AdapteCCa es una iniciativa conjunta de la Oficina Española de Cambio Climático y la Fundación Biodiversidad, ambas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de este documento es establecer la línea base de adaptación en la provincia de Málaga. Para establecer este punto de partida es necesario definir y analizar el clima actual y las tendencias históricas de las principales variables climáticas, así como los eventos extremos a los que se ha visto sometida la provincia en las últimas décadas.

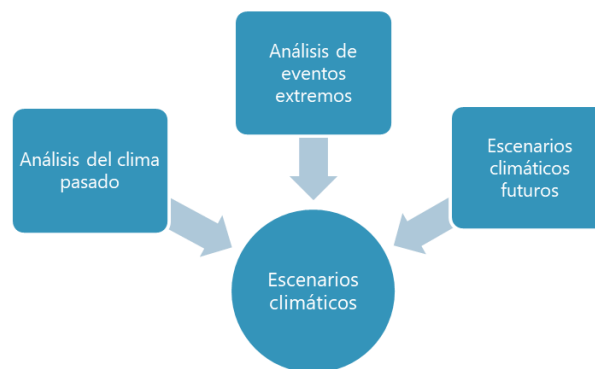
A partir de este análisis se podrá establecer el escenario de adaptación a partir de los valores proyectados a futuro de las principales variables climáticas estudiada en los Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía (proyecto ELCCA) sobre la evolución actual y previsible del clima en la provincia de Málaga.

Con ello se da respuesta al contrato de servicio de asistencia técnica para determinar los resultados de los principales impactos del clima en la provincia a 2030 y 2050 a nivel de la provincia de Málaga, en base a la metodología para la realización de un análisis del clima (pasado, presente y futuro) basado en la herramienta de Escenarios Climáticos de Andalucía y sus diferentes modelos matemáticos de proyección.

3. ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE DE ADAPTACIÓN

En cuanto al Cambio Climático, el Grupo Intergubernamental de Expertos (IPCC) lo define como el cambio del Clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. El Cambio Climático es una realidad que está afectando al planeta, aunque a nivel local pueden surgir ciertas preguntas, ¿cómo afecta a cada municipio?, ¿qué áreas y sectores se verán más afectados?, ¿cuál es la capacidad de reacción y adaptación?

Para dar respuesta a todas ellas, en este informe nos hemos centrado en realizar un diagnóstico preliminar ante los impactos del Cambio Climático en la provincia de Málaga. El equipo de la asistencia técnica de la Diputación de Málaga ha seguido la metodología de trabajo, fundamentada en las indicaciones del IPCC, así como la iniciativa europea *Covenants of Mayors Adapt*, que implica la realización de los estudios sectoriales/temáticos de adaptación conforme a las siguientes etapas:



3.1 SITUACIÓN ACTUAL ORIGINADA POR LA CRISIS SANITARIA

El SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19 es producto de la evolución natural, según varios estudios entre ellos el análisis de datos públicos de la secuencia de su genoma y de los virus relacionados coordinado por especialistas del *Scripps Research*. Su origen es natural y se cree que fue transmitida desde algún animal (vector) ya que los primeros pacientes detectados estaban relacionados con el mercado de animales de la ciudad china de Wuhan, epicentro de la crisis sanitaria declarada a nivel mundial.

La globalización de las comunicaciones, factor fundamental para el desarrollo del turismo mundial, ha sido una caja de resonancia de la rápida expansión internacional de la pandemia. Sólo así se explica que en pocos meses la enfermedad se extendiera a nivel mundial y que la enfermedad se trasladara desde China a Europa, a través de Italia y España, países más afectados y de aquí al resto del mundo.

Bien es cierto, que la acción humana combinada (ciencia-investigación-desarrollo) a nivel mundial ha permitido un hito histórico en materia de lucha contra enfermedades infecciosas, la elaboración de un grupo de vacunas en un tiempo récord, que he permitido, gracias a un enorme esfuerzo de los sistemas sanitarios y de planificación y logística, establecer planes de vacunación masiva de la población en un periodo muy corto de tiempo, alcanzado elevados porcentajes de población inmunizada. En España, se ha alcanzado la cifra de casi 35,8 millones de personas con la pauta completa (75,4% de la población total), 37,4 millones con al menos una dosis y más de 69,1 millones de dosis administradas.

No obstante, la pandemia sigue siendo una realidad y a fecha de este documento están remitiendo de forma considerable los contagios de la 5ª ola, que ha provocado que durante la temporada veraniega pasada aún se hayan tenido que mantener varias de las restricciones en el espacio público, aunque ya se está volviendo a una “normalidad” que aún está por definir cómo será definitivamente.

3.1.1 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Si bien, muchos estudios científicos ya asociaban el Cambio Climático con futuros problemas de salud pública relacionados, sobre todo, con la presencia de nuevos agentes patógenos, la previsión del aumento de plagas que pudieran afectar a la salud humana y la aparición de nuevos vectores transmisores de enfermedades, no es menos cierto que esta crisis sanitaria mundial no es una causa directa del Cambio Climático, al menos hasta que estudios científicos puedan interrelacionar la presencia de nuevas cepas de agentes infecciosos con las alteraciones ambientales de los entornos donde viven algunos animales portadores.

Desde el origen de la pandemia ya se han superado cinco olas y algunos expertos indican que seguirán produciéndose algunas más, registradas desde diciembre de 2019 hasta el verano del año 2021, lo que ha provocado, a fecha de este documento, uno datos globales a nivel mundial de más 226,2 millones de personas infectadas y 4,7 millones de fallecidos. En España las cifras son igualmente desoladoras; más de 4,9 millones de casos detectados y 85.783 fallecidos, bien con la enfermedad detectada o síntomas compatibles⁵.

Sin embargo, esta pandemia debe servir de aviso a navegantes. La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lleva varios años alertando de las consecuencias del Cambio Climático sobre el permafrost y la exposición a nuevos patógenos atrapados durante millones de años en el hielo. A medida que se vaya derritiendo, la “reaparición” de enfermedades antiguas, durante mucho tiempo erradicadas, podrán ir resurgiendo en el mundo, afectando especialmente a las poblaciones más vulnerables.

3.1.2 EFECTOS SOBRE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Otros de los aspectos más relevantes donde está teniendo una incidencia palpable la crisis del coronavirus es la reducción drástica de las emisiones a la atmósfera derivadas de la actividad humana.

⁵ Ministerio de Sanidad. Actualización nº 465. Enfermedad por el coronavirus (COVID-19). 17.09.2021

Lo que es evidente es que las principales medidas para evitar la propagación de la enfermedad tomadas a nivel mundial; el confinamiento de casi 3.000 millones de personas y el cierre de la actividad económica no esencial, como en el caso de España, ha actuado positivamente sobre la principal causa del Cambio Climático. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera derivadas del consumo de combustibles fósiles se habían reducido hasta en un 25% en China, como afirmaban varios estudios e imágenes de satélite.

No obstante, este beneficio a corto plazo que permitirá que el balance del año se cierre con una reducción global de gases de efecto invernadero y dará un respiro a las administraciones firmantes del Pacto de los Alcaldes en relación con los objetivos de reducción de emisiones comprometidos en sus planes de acción, es algo puntual, para este momento concreto y desconocido para el futuro, puesto que nadie es capaz de aventurar cómo será la salida de la crisis.

Varios artículos publicados en revistas reconocidas por expertos en Cambio Climático de prestigiosas instituciones⁶ alertan que lo más probable es que las emisiones vuelvan a aumentar en cuanto la economía se recupere como ya ha hecho tras otras crisis económicas o conflictos sociales. Es cierto que esta crisis sanitaria ha sido algo nuevo y ha creado una sensación generalizada de qué hemos estado ante un cambio de ciclo, pero no es menos cierto que los indicios a corto plazo son un relanzamiento e impulso de la actividad económica, para posteriormente ir volviendo gradualmente a la normalidad social.

3.1.3 EFECTOS SOBRE LA ECONOMÍA

Los efectos sobre la economía mundial han sido muy importantes, con efectos más acusados en economías como la española y, sobre todo, como en el caso de la malagueña, tan terciarizada y dependientes de un sector como el turismo, que ha sido el sector económico que, casi con toda probabilidad, más ha acusado la pandemia. No es menos cierto que el sector turístico es uno de los sectores económicos más vulnerable a los efectos del Cambio Climático, ya que depende casi en exclusividad de factores muy relacionados con los patrones climáticos y cualquier alteración de estos provoca servicios ambientales sobre los que se construye el atractivo de los destinos y que son el soporte de las actividades y los servicios que consumen los turistas y residentes.

El descenso de la actividad no esencial relacionado con el confinamiento de las personas, la falta de movilidad geográfica o las restricciones a determinadas actividades de carácter lúdico y social, asociadas a la concentración de personas han provocado caídas de la producción mundial del turismo con valores nunca vistos.

Estas pérdidas económicas en el sector de turismo han tenido una especial incidencia en destinos como Canarias, donde este sector representa el 35% de PIB y el 40,5% de empleo⁷, siendo la 1ª actividad económica de la región, algo similar a la situación de la provincia de Málaga donde el sector turístico es el tractor principal de la economía, sobre todo de los municipios del litoral y algunos de interior situados en zonas serranas.

⁶“El coronavirus podría empeorar el Cambio Climático a largo plazo”. James Temple | Traducción Ana Milutinovic. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.es/s/12011/el-coronavirus-podria-empeorar-el-cambio-climatico-largo-plazo>

⁷ Impactur Canarias 2018

Hay que ser conscientes que, si bien aún no se ha podido demostrar fehacientemente la casualidad del Cambio Climático en el origen de la pandemia, aunque ya hay los primeros estudios que los relacionan, la proliferación de plagas y enfermedades será una constante futura. Aunque hemos aprendido mucho y esta experiencia nos servirá para estar alertas y preparados para el futuro.

3.2 NOTA METODOLÓGICA

3.2.1 ESCENARIOS CLIMÁTICOS REGIONALES

El apartado b) del artículo 15.2 de la Ley 8/2018, de 8 de octubre, recoge que, en la elaboración de los PMCC, la identificación y caracterización de los elementos vulnerables y de los impactos del Cambio Climático sobre el territorio municipal ha de basarse en el análisis de los escenarios climáticos regionales, incluyendo el análisis de los eventos meteorológicos extremos.

En ese sentido, la Junta de Andalucía, a través de la CAGPDS, ha desarrollado recientemente una herramienta *online* sobre "*Escenarios climáticos regionalizados para Andalucía*"⁸. Dicha herramienta permite de manera sencilla descargar y visualizar la información proporcionada por el proyecto denominado "*Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía*" (ELCCA) sobre la evolución actual y previsible del clima en Andalucía.

El ELCCA es un proyecto de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) que ha permitido conocer a escala andaluza, los cambios esperados en el clima durante las próximas décadas, según los estudios realizados a escala planetaria mediante los Modelos de Circulación General (MCG), en el marco científico definido en el IPCC en su 5º informe.

El proyecto ELCCA está basado en la técnica denominada "downscaling estadístico", que permite transformar la información proporcionada por los MCGs, que trabajan a escala planetaria con muy baja resolución, a una escala local con una resolución espacial de hasta 200 metros, todo ello gracias a la información histórica suministrada por la red de observatorios del Subsistema de Información CLIMA de la REDIAM. El objetivo de los ELCCA no solo ha sido pronosticar los cambios esperados en variables climáticas, sino adelantar las consecuencias que dichos cambios han de causar sobre aspectos y procesos críticos tales como la producción primaria, los hábitats, el régimen hídrico, el confort climático, etc., constituyendo un instrumento básico para la realización de estudios prospectivos sobre del Cambio Climático.

⁸ <https://kerdoc.cica.es/cc#>

La aplicación permite visualizar y descargar tablas de valores históricos y proyectados al futuro de las principales variables climáticas estudiadas en los ELCCA, ordenadas en cuatro periodos climáticos: histórico de referencia (1961-2000) y futuros proyectados: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. Permite, asimismo, obtener esta información a nivel municipal y para un abanico representado por cuatro MCG – CGCM3⁹, ESM1¹⁰, GFDL¹¹, MIROC¹²–, y dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero RCP4.5 y RCP8.5.

La baja densidad de estaciones en altura y la naturaleza del modelo geoestadístico aplicado para la especialización del conjunto de variables puede producir la presencia de un sesgo en los valores presentes en zonas de altura. Por ello se aconseja tener en cuenta esta posibilidad de sesgo y contrastar los valores obtenidos en estas zonas con otras fuentes de información.

Para hacer este contraste y el análisis de tendencias de otras variables climáticas de interés se ha utilizado la aplicación *Visor de Escenarios de AdapteCCa*, que está orientada a facilitar la consulta de las proyecciones regionalizadas de Cambio Climático para España a lo largo del siglo XXI, realizadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) siguiendo técnicas de regionalización estadística. (http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat).

Es destacable que la aplicación Escenarios de AdapteCCa permite establecer proyecciones futuras de tendencia climática para diferentes escenarios según los esfuerzos de mitigación para Trayectorias de Concentración Representativas (RCP); un escenario de estabilización (RCP 4.5) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP 8.5).

Cabe mencionar que la propia plataforma referenciaba que los datos de proyecciones debían ser tenidos en cuenta como orientativos en cuanto a tendencias futuras, y su utilización en términos de fiabilidad y resolución no era comparable a la de los datos observacionales o de predicciones a corto y medio plazo. Las proyecciones climáticas se basan en resultados de modelos informáticos que implican simplificaciones de procesos físicos reales que actualmente no se comprenden en su totalidad.

Por lo general estos sesgos sistemáticos que podían presentar los datos suelen venir derivados del uso de simulaciones EURO-CORDEX con valores absolutos (originales) para algunas de las variables. Por ello se recomendaba, bien la corrección con alguna técnica de calibración antes de su utilización, bien el uso de las anomalías (variaciones con respecto al periodo de referencia 1971-2000) que no presentan estos sesgos.

⁹ El MCG MRI-CGCM3, por sus siglas en inglés *Meteorological Research Institute (MRI) – Coupled General Circulation Model*, versión 3, es un modelo acoplado atmósfera-océano, mediante el intercambio de energía entre ambos. Ha sido desarrollado por el Instituto de Investigación meteorológica de Japón.

¹⁰ El MCG BCC-ESM1 es la primera versión de un Modelo de Sistema Terrestre totalmente acoplado con química atmosférica interactiva y aerosoles desarrollado por el Centro Climático de Beijing (Pekín), Administración Meteorológica de China.

¹¹ El MCG GFDL se centra en la investigación integral a largo plazo en los procesos físicos, dinámicos, químicos y biogeoquímicos que rigen el comportamiento de los componentes de la atmósfera, los océanos, la tierra y el hielo y sus interacciones con el ecosistema. La investigación en GFDL es facilitada por el Programa de Ciencias Atmosféricas y Oceánicas, que es un programa colaborativo con la Universidad de Princeton.

¹² El MCG MIROC.ESM, por sus siglas en inglés *Model for Interdisciplinary Research on Climate Institute –Earth System Model*, es un modelo que acopla la atmósfera, el océano y la superficie terrestre, mediante el intercambio de energía, momento, agua y el CO₂. Ha sido desarrollado por la Universidad de Tokio, en el Instituto Nacional de Estudios Medioambientales de Japón y la Agencia de Ciencia Marina y Terrestre y de Tecnología de Japón.

En el pasado mes de mayo del 2020, el Visor de Escenarios de AdapteCCa ha incorporado nuevas funciones, entre las que destaca la posibilidad consultar los datos en rejilla provenientes de la iniciativa internacional EURO-CORDEX –ya disponibles– ajustados mediante una técnica de corrección de sesgo. Para ello se han calibrado las salidas de los modelos de EURO-CORDEX con las observaciones reales en un periodo histórico (utilizando los datos de observaciones interpoladas de Spain011). De esta manera, estos datos ajustados son más adecuados para calcular determinados índices, particularmente aquellos que dependen de umbrales absolutos, como, por ejemplo; noches tropicales (número de días donde la temperatura mínima ha sido mayor de 20°C). Por tanto, ahora se proporcionan, tanto los valores originales como los valores ajustados.

No obstante, la propia plataforma AdapteCCa informa que el Visor de Escenario de Cambio Climático no ha sido diseñado como una herramienta de descarga masiva de información, sino como una herramienta de visualización y consulta, que permite como paso final la descarga individualizada de datos para la unidad geográfica que ha sido analizada (comunidad, provincia o municipio, etc.) Por lo que no se dispone de informes automatizados para un conjunto de unidades geográficas.

Esta decisión se ha fundamentado en razones técnicas y científicas. La información en rejilla en la que se apoya el visor (Spain011 para observaciones y CORDEX para simulaciones de modelos regionales del clima) tiene una resolución efectiva de aproximadamente 10 km, y cada píxel es representativo de un promedio areal de aproximadamente 10x10 km. Por tanto, aunque el visor permite analizar la información a escala de municipio, es importante entender las limitaciones de esta información en cada caso particular, sobre todo en lo relativo a la señal espacial de cambio climático de cada variable; por ejemplo, en algunas provincias las observaciones ‘Spain011’ de temperatura muestran diferencias en función de la altura, pero la señal de cambio climático ‘CORDEX’ sólo muestra diferencia en función de la distancia a la costa.

Por ello, el visor se ha diseñado para que sólo se puedan descargar aquellos datos por los que se ha navegado y que han sido previamente visualizados, de forma que el usuario haya tenido una perspectiva espacial de la representatividad de estos y pueda valorar las particularidades de la región analizada y la mejor forma de uso. De esta forma se trata de fomentar el buen uso de los datos de proyecciones regionales de cambio climático, sin restringir *a priori* el análisis a una escala regional concreta a la que la información se considere representativa (en este caso, a resoluciones de decenas de km).

Para más información relacionada con el Visor de Escenarios de AdapteCCa en el apartado Información (<http://escenarios.adaptecca.es/info>)

3.2.2 ANÁLISIS TERRITORIAL

Dada la amplitud de municipios que conforman el nivel provincial de Málaga (103 municipios) y que el análisis del clima difícilmente se puede circunscribir a los límites administrativos, en este estudio se ha optado por agrupar la realidad municipal en ámbitos de mayor tamaño territorial, manteniendo como premisa el hecho de disponer de características climáticas similares.

En una provincia como Málaga donde existe una elevada variabilidad de ambientes biogeográficos, caracterizada por la presencia de zonas muy elevadas, mezcladas con zonas de valle con grandes desniveles y la presencia de una costa mediterránea que limita todo el sur provincial y afecta especialmente a las condiciones climáticas reinantes, se ha optado por un análisis espacial supramunicipal, a la luz de las limitaciones de los datos aportados por las plataformas al ser simulaciones simplificadas mediante modelos estadísticos de la realidad climática, utilizando como unidad de análisis y estimación de las proyecciones el nivel comarcal (administrativo), siendo conscientes, que algunos de estos niveles comarcales requieren de una subdivisión, algo más subjetiva, al no ser tan homogéneo el territorio y que se definido en base a la presencia de diferentes unidades geográficas, básicamente, zonas de influencia litoral o zonas serranas.

Figura 2. Distribución comarcal de la provincia de Málaga



Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de fichas municipales del SIMA-IECA

En total se analiza el clima para las siguientes unidades comarcales:

- Costa del Sol Occidental. Se diferencia entre municipios del litoral y zonas adyacentes a las sierras (Ronda y de las Nieves)
- Serranía de Ronda
- Sierra de las Nieves
- Málaga
- Valle del Guadalhorce
- Guadalteba
- Antequera
- Nororma
- La Axarquía. Se diferencia entre las zonas de litoral y las zonas de sierra del interior.

3.3 TENDENCIAS CLIMATOLÓGICAS PASADAS Y PRESENTES

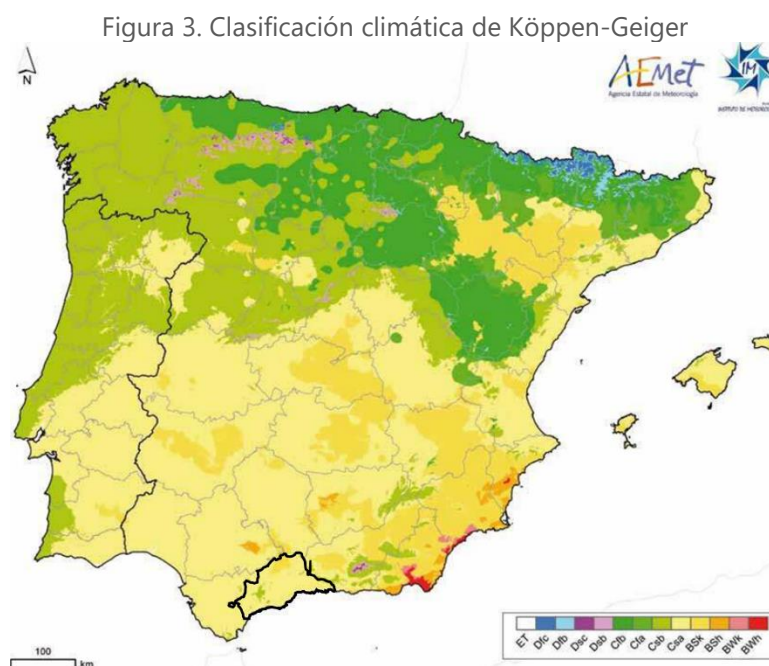
3.3.1 EL CLIMA DE MÁLAGA

El clima reinante en el conjunto del territorio objeto de estudio, según la clasificación climática de Köppen-Geiger (revisión de 1936), sería **Csa**, típico de los climas mediterráneos de inviernos templados y veranos secos y cálidos. Las precipitaciones anuales son muy irregulares, destacando por la presencia de una marcada estación húmeda. La vegetación natural asociada a este tipo de climas es el bosque mediterráneo.

Además, de este tipo de clima principal, en determinadas zonas, como la Sierra de las Nieves, parte de la Serranía de Ronda o la comarca de Antequera presentan algunas variaciones climáticas relacionadas con su geografía. Así, la zona de las Sierra de las Nieves presenta un tipo de clima **Csb**, clima de transición con una distribución territorial similar al Csa, pero al que sustituye en altura. Es un clima mediterráneo en cuanto a las precipitaciones, un poco más copiosas, pero con temperaturas más bajas. Los veranos siguen siendo secos, pero algo más frescos.

En cuanto a la comarca de Antequera, el clima se vuelve más estepario, asociado a la principal característica de este ámbito territorial, la llanura. El tipo de clima es **BSk**, estepario o semiárido templado y frío, caracterizado por un descenso de la temperatura media anual y una precipitación anual mucho más reducida.

En algunas zonas concretas de la provincia, como algunos municipios al norte y este de la comarca de la Axarquía (zonas más elevadas de las Sierras de Tejada y Aljara), Serranía de Ronda, otras sierras (Bermeja, Mijas, Montes de Málaga, etc.) o las zonas de contacto entre elevaciones y depresiones, presentan pequeñas variaciones climáticas, bien algunos de los tres ya definidos, bien de transición entre los estos.



Fuente: Atlas Climático Ibérico (AEMET e Instituto de Meteorología de Portugal), 2011.

Según el mapa de los grandes climas de España, en la provincia de Málaga se pueden localizar tres tipos de clima, todos asociados al clima mediterráneo; el costero que ocupa todo el litoral y zonas de influencia marina, el cálido de interior localizado más al norte en las zonas de la depresión de Antequera y la campiña del valle del Guadalquivir y el continentalizado que se localiza en las zonas de montaña del este provincial; Sierra de Líbar, Serranía de Ronda y media montaña de la Sierra de las Nieves, ya que las cumbres más elevadas de esta sierra está ocupado por el clima típico de montaña

Figura 4. Tipos de clima



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

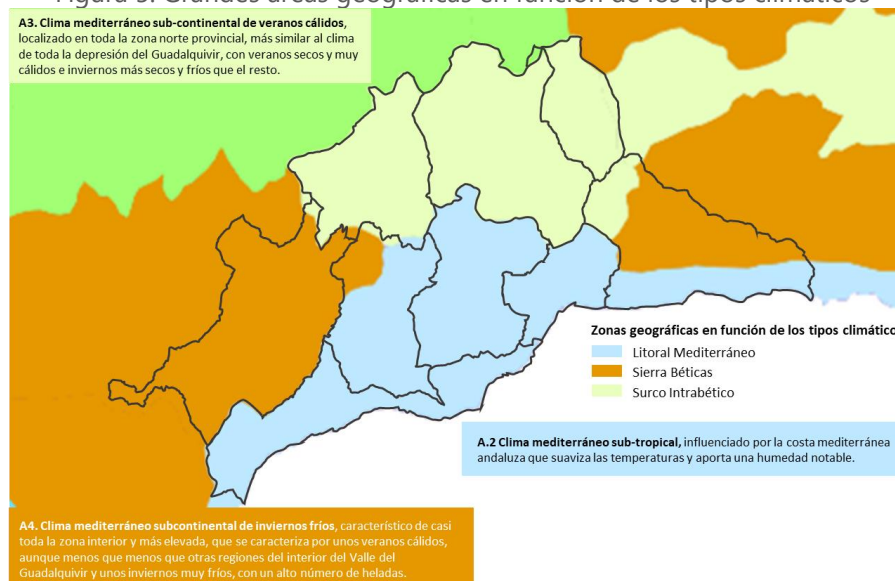
Aunque la categorización general del clima en toda Andalucía es del tipo climático mediterráneo, los factores geográficos de la comunidad como la disposición del relieve y la altimetría establecen cierta regionalización climática. Cada una de estas áreas geográficas, a las que le corresponde un determinado tipo climático, se corresponde a su vez con una subárea geográfica asociada a una zona bioclimática.

En este caso, la provincia de Málaga se localiza en la zona de transición entre las áreas geográficas Sierras Béticas de Los Alcornocales, en la provincia de Cádiz y Sierra Nevada (Granada). Se pueden diferenciar de este a oeste y de norte a sur, tres grandes áreas geográficas; las citadas Sierras Béticas, desde la Sierra de Líbar hasta la Sierra de las Nieves en el oeste y las Sierras de Tejeda y Almijara en la Axarquía malagueña, pasando por el Surco Intrabético, al norte, en toda la Depresión de Antequera y el Litoral Mediterráneo al sur.

Las zonas más al norte presentan valores más continentalizados del clima mediterráneo reinante, mientras que las zonas litorales tienen un clima más benigno, asociado a los efectos reguladores del mar (mediterráneo subtropical).

En las vertientes mediterráneas de los sistemas béticos, la mayor aridez se combina con lluvias torrenciales que desaguan a través de ramblas, secas la mayor parte del año. El abrigo de las sierras litorales permite que se alcancen aquí las temperaturas medias más suaves de la región. Un hecho de enorme trascendencia que ha favorecido, por ejemplo, la adaptación de muchas plantas subtropicales o el moderno desarrollo del turismo de masas. En las vertientes de las sierras litorales no expuestas a los vientos atlánticos, descienden sustancialmente los niveles de precipitación y, por tanto, hace que aumente la aridez.

Figura 5. Grandes áreas geográficas en función de los tipos climáticos

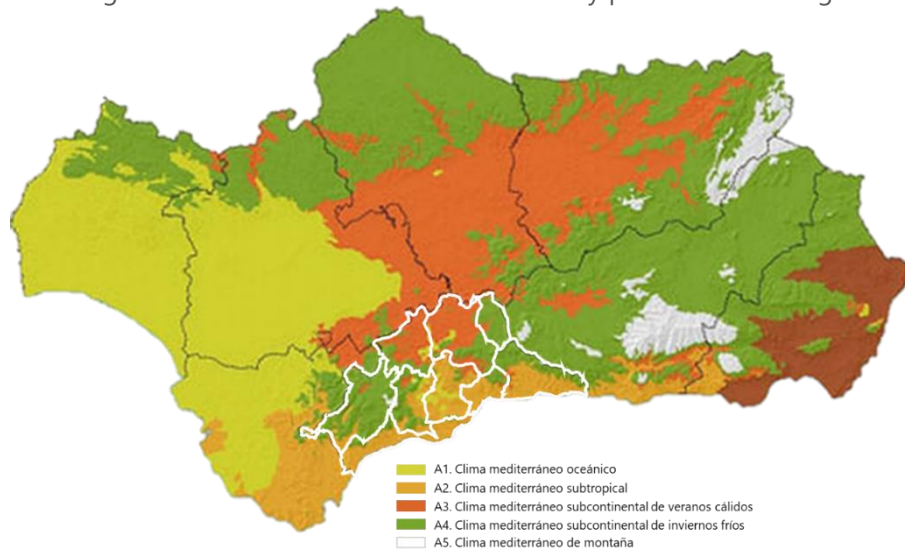


Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Así, desde el punto de vista de la regionalización de los grandes grupos climáticos de Andalucía, la provincia de Málaga se localiza en la zona de contacto de tres grupos climáticos más o menos diferenciados; la unidad **A.2 Clima mediterráneo subtropical**, influenciado por la costa mediterránea andaluza que suaviza las temperaturas y aporta una humedad notable, tiene una importante presencia territorial y afecta a las zonas más al sur del territorio, creando una zona de clima muy diferenciada; la unidad **A4. Clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos**, característico de casi toda la zona interior y más elevada, que se caracteriza por unos veranos cálidos, aunque menos que otras regiones del interior del Valle del Guadalquivir y unos inviernos muy fríos, con un alto número de heladas. En el caso del territorio objeto de estudio se circunscribe a las zonas más elevadas localizadas en las serranías del este y oeste provincial, y, por último, la unidad **A3. Clima mediterráneo subcontinental de veranos cálidos**, localizado en toda la zona norte provincial, más similar al clima de toda la depresión del Guadalquivir, con veranos secos y muy cálidos e inviernos más secos y fríos que el resto.

En algunos puntos concretos, sobre todo zonas de contacto entre la unidad A3 y A2, en las laderas expuestas a los vientos mediterráneos se aprecia la unidad A1. *Clima mediterráneo oceánico*, mientras que en las zonas más elevadas de la Sierra de las Nieves destaca claramente la unidad A5. *Clima mediterráneo de montaña*.

Figura 6. Zonas bioclimáticas de Andalucía y provincia de Málaga



Fuente: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

El subsistema clima de Andalucía¹³ aún establece una clasificación de mayor detalle de las unidades bioclimáticas, subdividiendo en 16 unidades las seis zonas bioclimáticas de Andalucía correspondientes al periodo de referencia climático 1961-2000. En la provincia de Málaga se observa una gran variabilidad bioclimática, en torno a las 3 unidades principales, en función de características biogeográficas muy localizadas; altitud, vientos reinantes, influencia del mar, cercanía a la costa, etc.

No obstante, la distribución bioclimática se alinea bastante con la comarcalización definida como base para este análisis de proyecciones climáticas, ya que la delimitación comarcal malagueña está realizada en base, principalmente, a atributos geográficos del territorio.

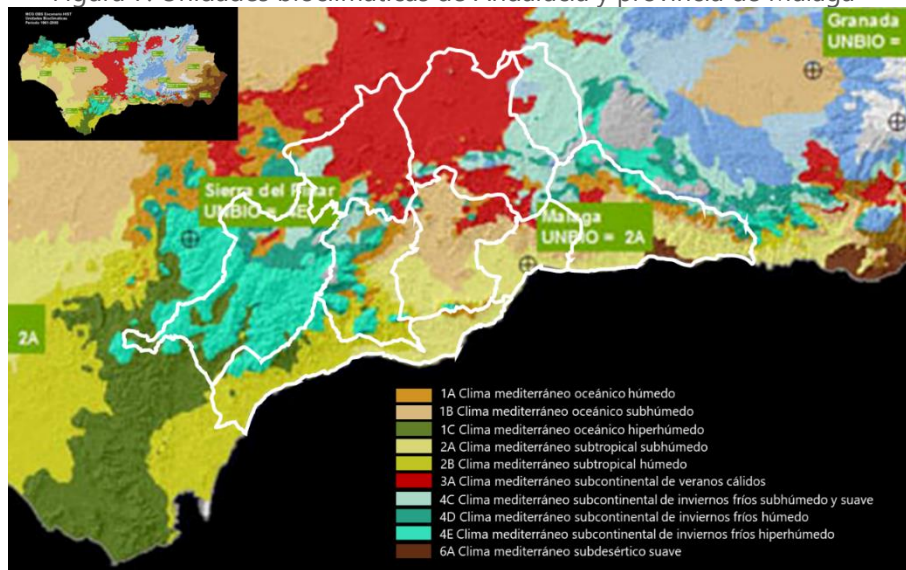
Así, observando un gradiente climático de oeste a este (más húmedo a más seco), toda la zona occidental provincial, asociada a las elevaciones de las Penibéticas Occidentales (Serranía de Ronda y Sierra de las Nieves), está dominada por la presencia de la unidad bioclimática **4E (clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos hiperhúmedo)** de veranos cálidos, aunque por debajo de la media e inviernos muy fríos y con un alto número de heladas. En la zona de Gaucín y a medida que descendemos en altitud esta unidad se sustituye por la **1C clima mediterráneo oceánico hiperhúmedo**, en el que la influencia de los vientos atlánticos aporta mucha humedad. Es la zona provincial de mayores precipitaciones anuales y de las más altas de Andalucía, junto con Grazalema y Cazorla.

Puntualmente, las zonas más elevadas de la Sierra de las Nieves presentan un característico *clima mediterráneo continental de montaña (5A)* que se define por presentar inviernos muy fríos y largos y veranos muy cortos y poco calurosos, donde buena parte de sus precipitaciones lo hace en forma de nieve, si bien este clima se circunscribe únicamente a las cumbres montañosas, siendo bastante limitado a nivel provincial.

¹³

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=3beae207c1935310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=871e4d0e54345310VgnVCM1000001325e50aRCRD>

Figura 7. Unidades bioclimáticas de Andalucía y provincia de Málaga¹⁴



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Subsistema de Información de Climatología Ambiental (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente).

Este clima frío e hiperhúmedo va derivando hacia el norte y sur a medida que desciende en altitud el terreno a climas más secos. Hacia el norte y este (municipios de Ronda, Montecorto, Serrato, El Burgo y Casarabonela), el clima va siendo sustituido por unidades bioclimáticas similares, pero en las que se van reduciendo notablemente las precipitaciones (humedad), principalmente por un descenso de la altitud o por la menor influencia de los vientos marinos. Así, van sucediéndose los climas más continentalizados, primero húmedos y luego subhúmedos de inviernos suaves (4D y 4C, respectivamente), para posteriormente, en las zonas más bajas, encontrarse el **1A clima mediterráneo oceánico húmedo**.

Mientras hacia el litoral aparece el clima **2B clima mediterráneo subtropical húmedo** en la Costa del Sol Occidental, variando a **2A clima mediterráneo subtropical subhúmedo**, a medida que avanzamos hacia el este hasta el límite de la provincia de Málaga. Sólo presentan variaciones en las precipitaciones anuales. Destaca en la zona de Vélez-Málaga la presencia de la unidad bioclimática 6A (*clima mediterráneo subdesértico suave*), caracterizado por sus temperaturas suaves, ausencia de heladas y muy bajas precipitaciones.

El norte del litoral de la Bahía de Málaga está dominado por la unidad **1B clima mediterráneo oceánico subhúmedo**, que se extiende por todo el centro de la provincia y municipios cercanos del noroeste, a medida que se asciende por el Valle del Guadalhorce y los Montes de Málaga. Es una unidad climática en las que los inviernos son frescos y en el verano se alcanzan de las máximas temperaturas de la provincia, junto con la depresión de Antequera.

Ya, por último, en la zona norte provincial, mientras que las comarcas de Antequera y Nororma presentan unidades bioclimáticas bastante más uniformes, la comarca de Guadalteba si presenta mayor variabilidad bioclimática intercalando zonas subhúmedas y suaves con zonas más húmedas dentro del *clima mediterráneo subcontinental*.

¹⁴ Simplificación a las principales unidades bioclimáticas en relación con la cartografía de referencia: MCG Observacional Histórico 1961-2000

La comarca de Antequera está claramente dominada por la **unidad 3A (clima mediterráneo subcontinental de veranos cálidos)**, el clima más seco y cálido de todos. Nororma, por su parte, vuelve a reproducir climas similares a los más occidentales, ya que el este provincial está dominado por las elevaciones de las Penibéticas Centrales. Así al este de la comarca, el clima 3A es desplazado por la unidad **4C (clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos subhúmedo y suave)**, muy similar al 4E, pero con temperaturas más confortables y un menor régimen de precipitaciones anuales.

3.3.2 PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS

3.3.2.1 Temperaturas

A grandes rasgos, el clima de todo el territorio se caracteriza por una temperatura media anual¹⁵ en torno a los $16,2^{\circ}\text{C} \pm 1,4^{\circ}\text{C}$, con una importante amplitud térmica anual ($10,5^{\circ}\text{C}$) entre valores máximos y mínimos de las medias anuales. Las temperaturas mínimas rondan los $\sim 11^{\circ}\text{C}$ de media, mientras que las máximas alcanzan los $21,4^{\circ}\text{C}$ de media anual.

Tabla. 1. Temperaturas medias, mínimas y máximas (global y comarcales)

Ámbito	Temperaturas máximas	Temperaturas medias	Temperaturas mínimas
Provincia de Málaga	21,4	16,2	10,9
Comarca de Antequera	21,9	16,1	10,3
Comarca Nororiental de Málaga (Nororma)	21,1	15,4	9,6
Costa del Sol Occidental	21,5	17,1	12,6
Guadalteba	21,4	15,8	10,2
La Axarquía	21,0	16,3	11,5
Málaga-Costa del Sol	21,5	16,4	11,4
Serranía de Ronda	20,1	15,5	10,9
Sierra de las Nieves	21,6	16,3	11,0
Valle del Guadalhorce	22,7	16,8	11,0
Datos de temperaturas en °C			

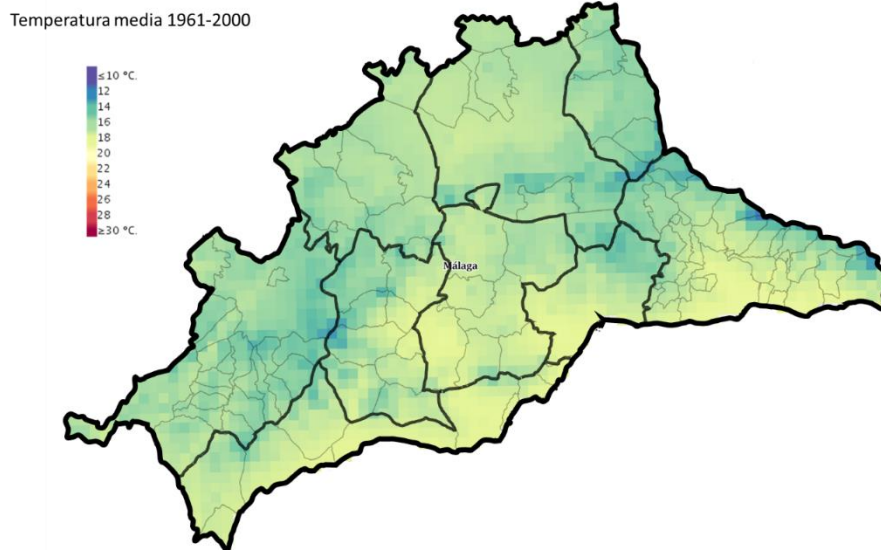
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Como ya se ha destacado previamente, la provincia de Málaga presenta diferentes unidades bioclimáticas que se caracterizan por variaciones más o menos claras de las diferentes variables climáticas. Así la temperatura media oscila entre $17,1^{\circ}\text{C}$ de la Costa del Sol Occidental y los $15,4^{\circ}\text{C}$ de la Comarca Nororiental (Nororma), o los $15,5^{\circ}\text{C}$ de la Serranía de Ronda, si bien de forma generalizada las temperaturas medias de todas las comarcas se mantienen en el rango de los 16°C .

Las variaciones entre unidades bioclimáticas se aprecian con claridad, dándose las temperaturas medias anuales más bajas en los municipios más al norte y en los de mayores elevaciones oeste y este provincial), mientras que, si descendemos hacia el sur, en dirección al litoral, las temperaturas son más cálidas, así como en las zonas más deprimidas orográficamente.

¹⁵ Datos medios observacionales en el periodo 1960-2000. Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, extracción de datos 2021.

Figura 8. Temperatura media provincia de Málaga



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Es muy poco frecuente que las temperaturas mínimas se encuentran por debajo de los 0°C (~4 días de media al año), si bien estos valores oscilan entre 1-2 días al año en la zona sur de la provincia (zonas cercanas al litoral) y 10-11 días en las zonas más elevadas (Serranía de Ronda y sierras de las Nieves y Tejeda y Almijara) y al norte de las comarcas de Antequera y Nororma. No obstante, históricamente se han registrado temperaturas muy bajas en los meses de enero y diciembre llegando a valores diarios negativos entre 8-12°C (Antequera y Ronda) o media mensual del mes de febrero en torno a los -1,3°C en la estación meteorológica de Antequera.

Otros efectos relacionados con las temperaturas son los días de calor (temperatura supera el umbral de los 40°C) y noches tropicales (temperatura mínima alcanza valores >22°C). En cuanto al número medio de días de calor al año, por los efectos suavizadores del mar y la orografía malagueña se observan con muy poca frecuencia, entre 0-2 días de media a nivel de la provincia, aunque hay una variación considerable dependiendo de las comarcas.

Donde menos días de calor se producen al año es en las comarcas de Costa del Sol-Occidental y la Axarquía que no superan los 0,5 días/año de media, mientras que, sobre todo, en la comarca de Antequera (1,7) y el Valle del Guadalhorce (1,4) se dan con bastante más frecuencia que la media provincial. En el municipio de Antequera se pueden llegar a 4 o más días al año con valores de temperaturas máximas.

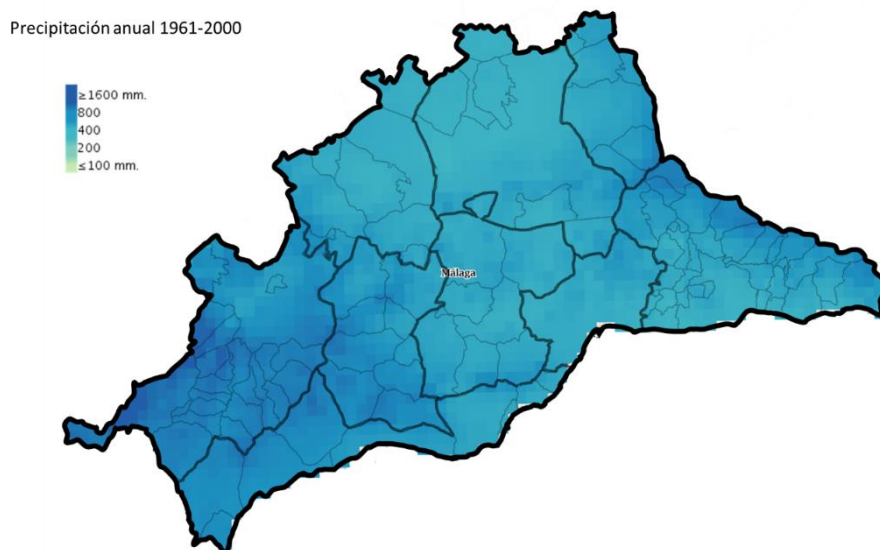
Si embargo el fenómeno noche tropical, para el que no existe una definición oficial meteorológica, pero en las que la temperatura mínima se encuentra por encima de 22°C (aplicación de escenarios regionalizados para Andalucía), ha tenido históricamente en la provincia de Málaga una presencia bastante mayor, al menos 8 noches al año de media. Estos valores oscilan entre 0-1 día como máximo en las zonas más elevadas y los 37 días de máxima que se llegan a alcanzar en Málaga y alrededores. También la zona de costa de la Axarquía alcanza valores elevados por encima de los 15 días/año, en Vélez-Málaga se superan los 24 días/año de media.

Algunos autores definen estas noches tropicales como las noches en las que se abandona la zona de confort térmico del cuerpo y para medir ese confort es necesario evaluar la sensación térmica, un valor que no sólo depende de la temperatura, sino de la humedad y del viento. Por regla general, son específicas del verano, aunque pueden extenderse residualmente al otoño y la primavera.

3.3.2.2 Precipitaciones

En cuanto a las precipitaciones anuales, la media de toda la provincia se sitúa entre los 650-700 mm, dándose una variación entre las diferentes comarcas, aún mayor que para las temperaturas. Básicamente las unidades bioclimáticas se diferencian por las mayores o menores precipitaciones anuales.

Figura 9. Precipitaciones provincia de Málaga



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Así en la Serranía de Ronda, sobre todo en la zona del municipio de Cortes de la Frontera, en el entorno del Parque Natural Los Alcornocales, se observan las mayores precipitaciones de toda la provincia cercanas a los 1.100 mm anuales, y de las máximas a nivel nacional, junto con la Sierra de Grazalema y Cazorla. Mientras el norte provincial, en la depresión de Antequera, así como zonas del interior como el Valle del Guadalhorce y la costa de Málaga alcanzan pluviometrías anuales por debajo de los 600 mm anuales, e incluso como el caso de la comarca de Antequera sólo se supera ligeramente los 500 mm/año.

Estas precipitaciones anuales son bastante irregulares, algo típico del clima mediterráneo, influenciado por el exceso de temperatura del mar Mediterráneo. Existe una marcada estación seca en las que las precipitaciones sólo suponen el 4% del total anual. Las lluvias son más frecuentes en el periodo otoño-invierno que concentra el 78,3% de todas las precipitaciones y donde el mes de diciembre se presenta como el mes más lluvioso (~118 mm/mes).

Tabla. 2. Precipitaciones medias anuales (global y comarcales)

Ámbito	Máximas	Medias	Mínimas
Provincia de Málaga	912,5	689,6	552,5
Comarca de Antequera	641,1	507,9	437,9
Comarca Nororiental de Málaga (Nororma)	867,6	652,3	527,6
Costa del Sol Occidental	1.016,0	766,9	638,1
Guadalteba	761,9	603,0	496,2
La Axarquía	846,3	649,0	486,1
Málaga-Costa del Sol	779,0	559,4	448,0
Serranía de Ronda	1.369,7	1.076,9	835,3
Sierra de las Nieves	1.154,3	810,9	619,8
Valle del Guadalhorce	776,1	580,5	483,3

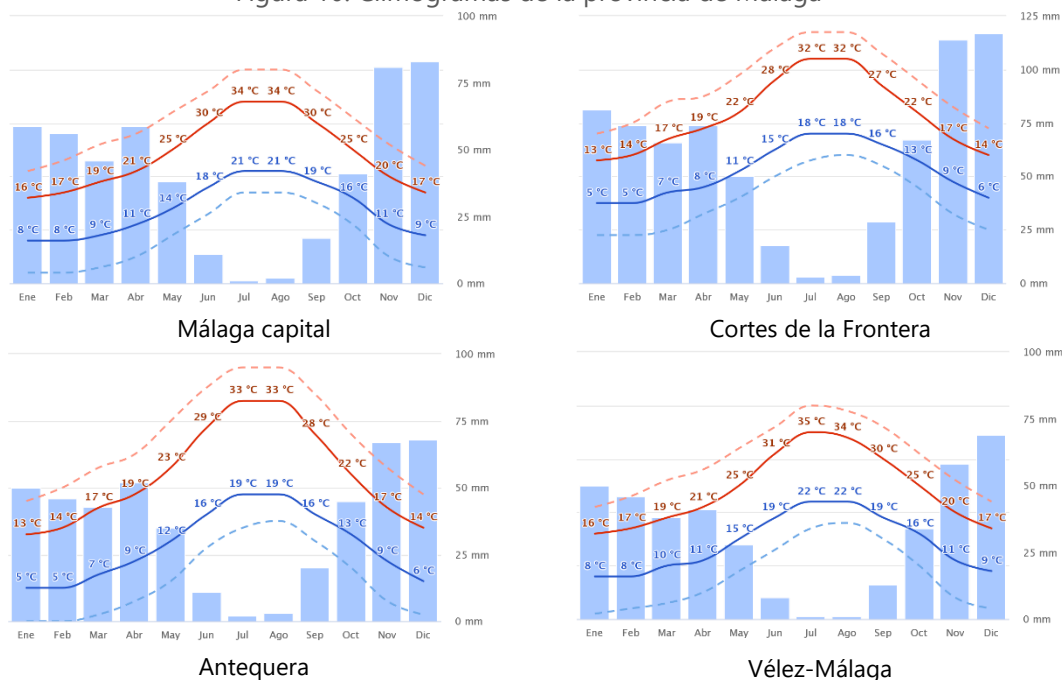
Datos de precipitaciones en mm/año

Fuente: Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

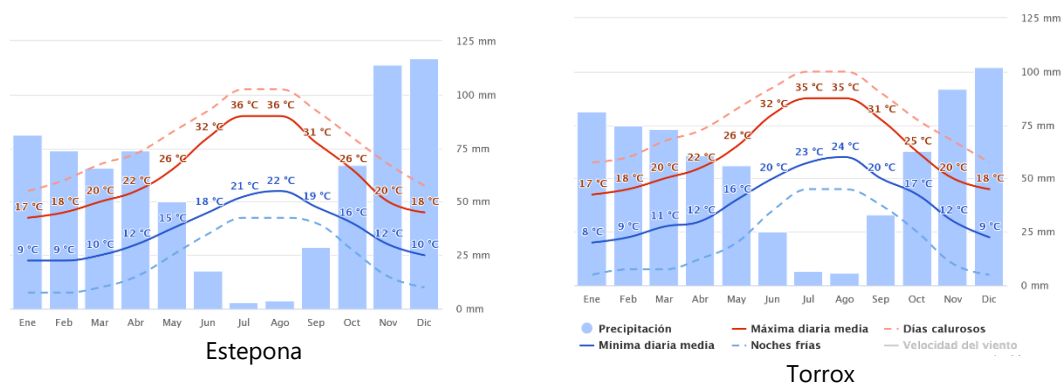
Por regla general, esa distribución estacional es común a todas las comarcas y municipios malagueños, independientemente de la unidad bioclimática. Así los meses estivales, las precipitaciones son mínimas o casi nulas, sobre todo los meses de julio y agosto. En algunas zonas, caso de Torrox, Málaga o Antequera, se observa un aumento importante de las precipitaciones en el mes de septiembre, generalmente asociadas a las típicas tormentas veraniegas que suelen ser de carácter bastante torrencial.

El resto del año, las precipitaciones suelen tener una estación húmeda principal (meses otoñales o invernales) acompañadas de otra estación secundaria primaveral más marcada en los climas húmedos e hiperhúmedos de las zonas más montañosas.

Figura 10. Climogramas de la provincia de Málaga¹⁶



¹⁶ Selección de climogramas para diferentes puntos de la provincia de Málaga (representación simplificada)



Fuente: Meteoblue® (licencia CC-BY-NC)

La irregularidad se manifiesta por el número de días de lluvia, por lo general, bastante reducido, aunque no tanto como en otras zonas con un clima mediterráneo más seco. Normalmente, los días de lluvia no llegan a los 59 al año de media, por lo que las precipitaciones se concentran en el 16,1% de todo el año. El reparto estacional demuestra que existen dos picos anuales de precipitación, otoño e invierno, en los que suele llover el 29,6 y 43,4% por estación, respectivamente. En invierno las lluvias son bastante más copiosas. Por el contrario, los días secos, en los que las precipitaciones son inferiores a 1 mm, son mucho más habituales, superando los 300 días al año.

Además, y relacionado con la sequía, los periodos de días consecutivos con precipitaciones mínimas (<1mm) alcanza un máximo anual en la época estival muy importante, superior a los dos meses. De media provincial son más de 77 seguidos en los que apenas llueve. Las comarcas peor paradas son las del litoral donde los días de sequía oscilan entre 85-88 dependiendo de los municipios, mientras que las zonas serranas de las comarcas de Nororma o La Axarquía pueden presentar medias entre 59-65 días consecutivos.

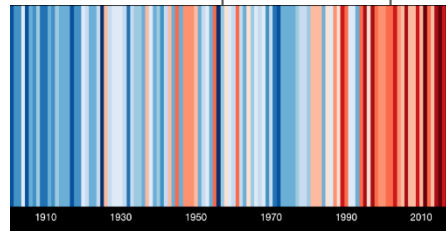
La humedad relativa media anual está en torno al 69,7%, pudiendo llegar a máximos de casi el 75%. La humedad relativa estival, periodo más seco estacional, está muy por debajo de la media anual, siendo del 58,7%. Es un dato de importancia ya que, mezclada con las altas temperaturas, principalmente en el periodo estival, es muy perjudicial para la salud, sobre todo la exposición en los trabajos al aire libre. En el caso del territorio objeto de estudio no se puede considerar una variable con efectos significativos.

3.3.3 TENDENCIAS HISTÓRICAS

Son multitud los estudios que han analizado la evolución histórica del clima en España, en los que, entre las principales conclusiones, se observa un calentamiento global general del clima desde que hay registros meteorológicos con relación al clima preindustrial y sobre todo la aceleración de este calentamiento en las últimas décadas.

En el caso de la provincia de Málaga, en el análisis de las tendencias en la última década (2010-2020¹⁷) se ha observado un incremento más acusado que en el periodo de referencia. Así, según los mapas de desviaciones de la temperatura media anual en este periodo con relación al periodo de referencia, se observa cómo, independientemente de los típicos dientes de sierra en la evolución de las variables climáticas, la línea tendencia ha sido al aumento de la temperatura en todo el territorio provincial.

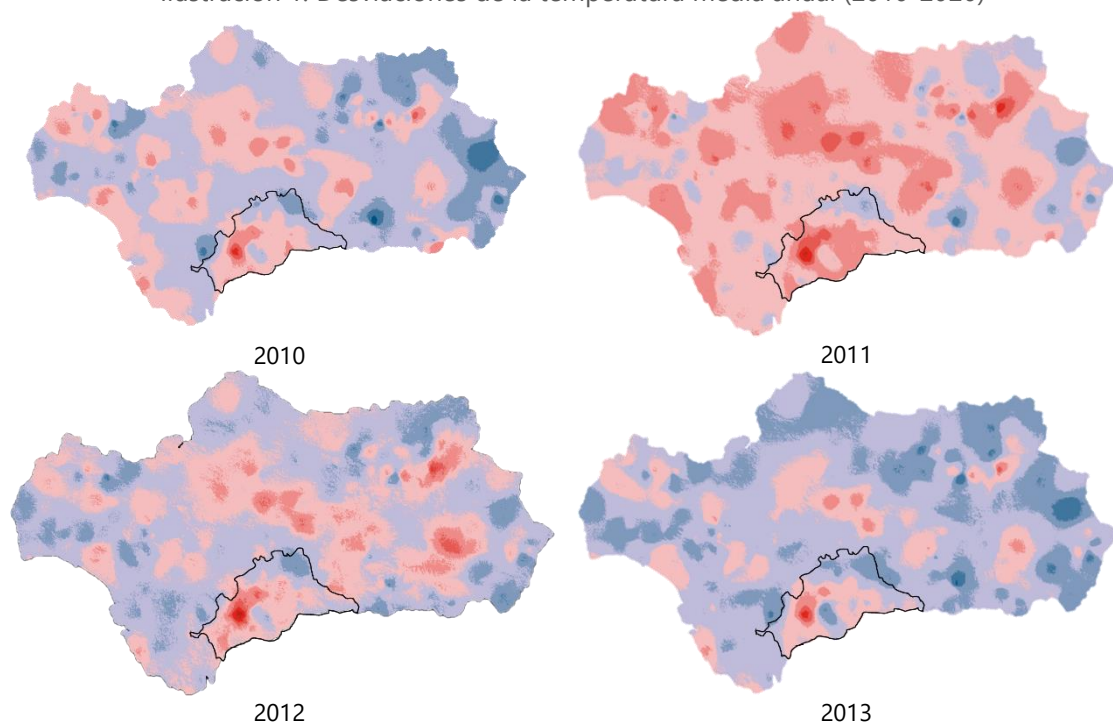
Figura 11. Cambio de la temperatura en España 1919-2019



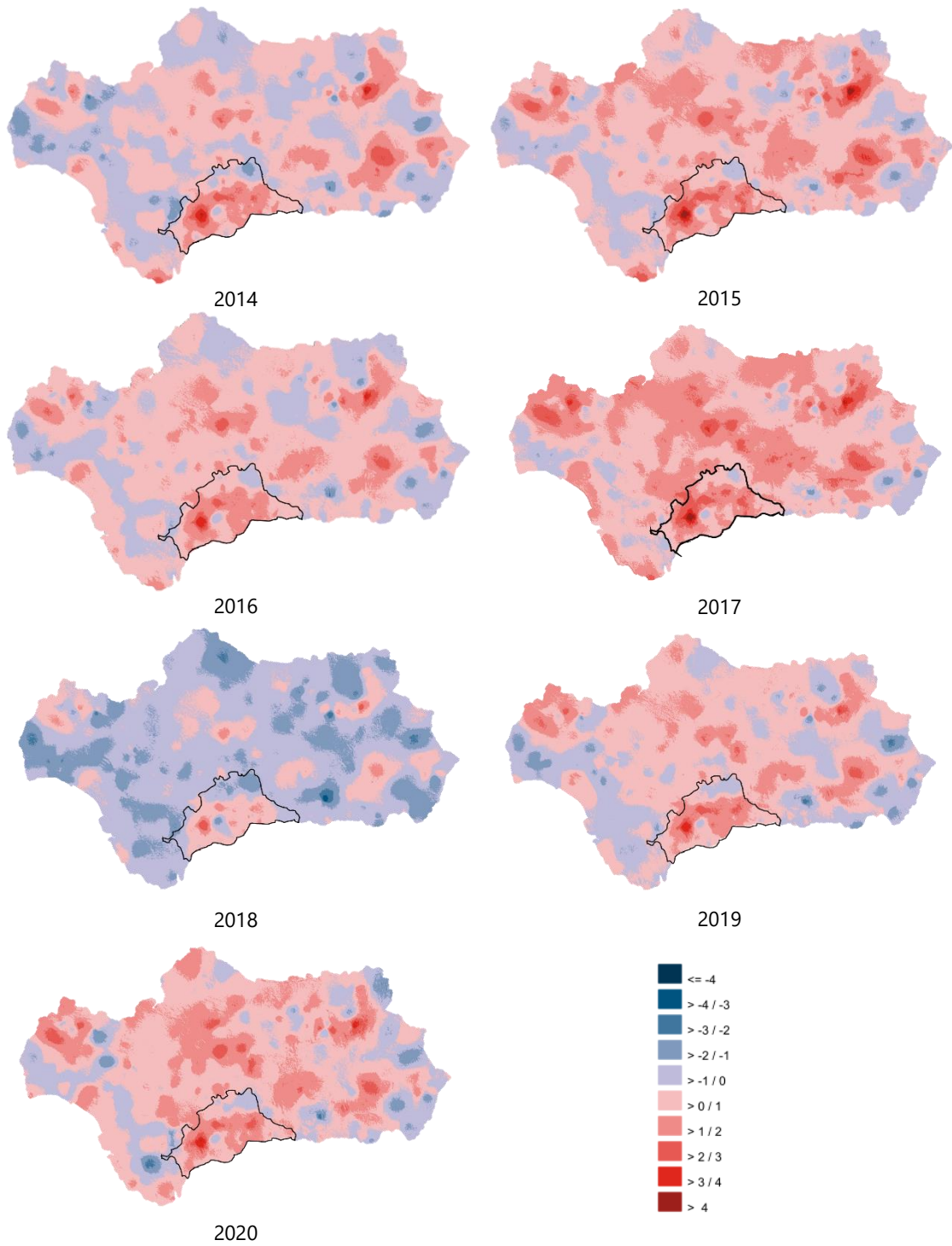
Fuente: Ed Hawkins (Universidad de Reading). <https://showyourstripes.info/>

De forma general, estos aumentos han estado comprendidos entre 0-1°C, incluso en algunos años se han observado aumentos mayores, entre 1-2°C, llegando en zonas puntuales y años concretos a superar la barrera de los 2°C, caso de los años 2015, 2017 y 2019, sobre todo en zonas más al norte, donde por regla general este tipo de variaciones de temperaturas ha sido más acusado.

Ilustración 1. Desviaciones de la temperatura media anual (2010-2020) *



¹⁷ Datos de elaboración propia a partir de los datos del Visor de Escenarios de Cambio Climático



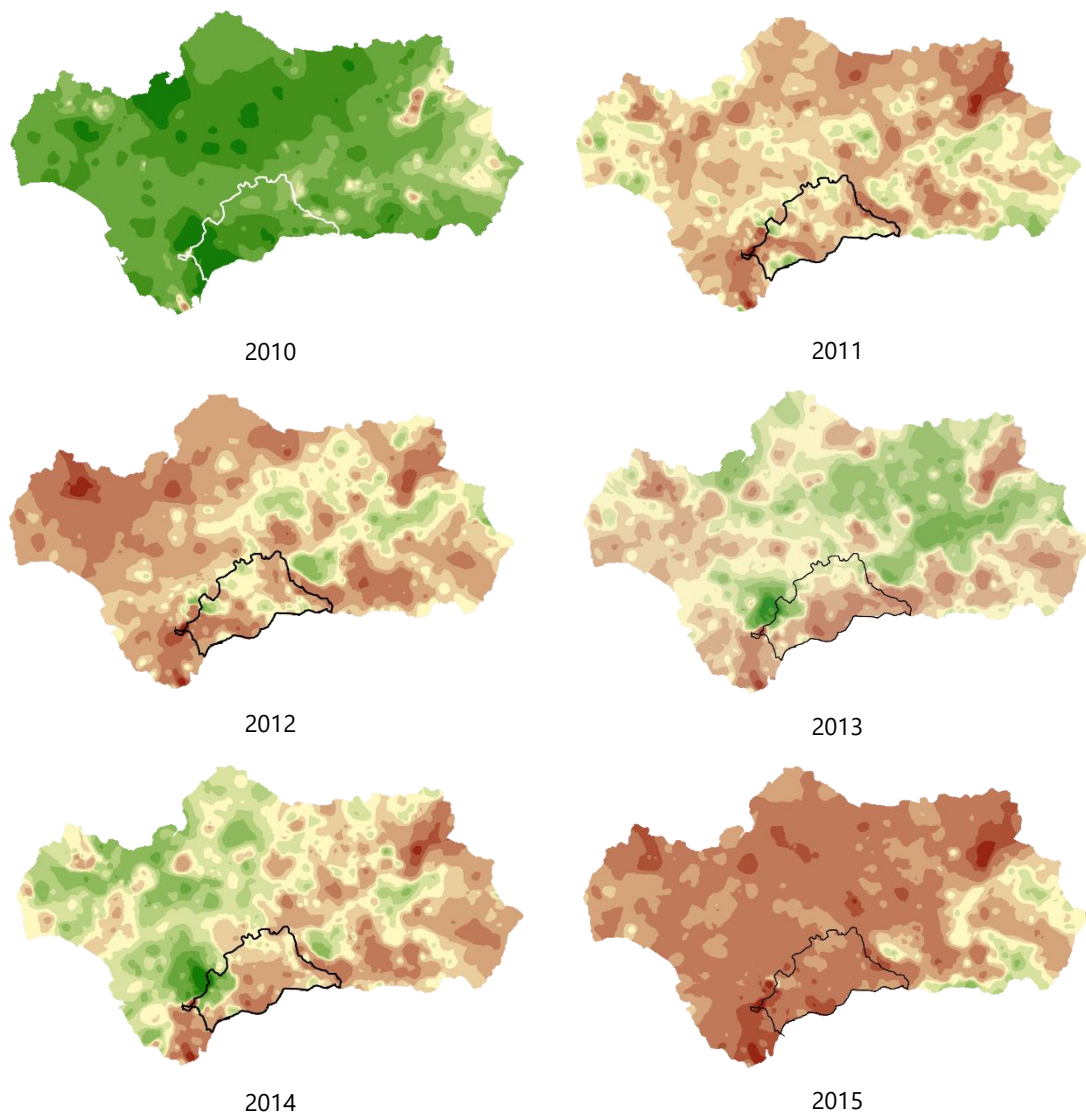
* Desviación de la temperatura media anual respecto a la media de referencia, obtenida a partir de datos de estaciones meteorológicas automática

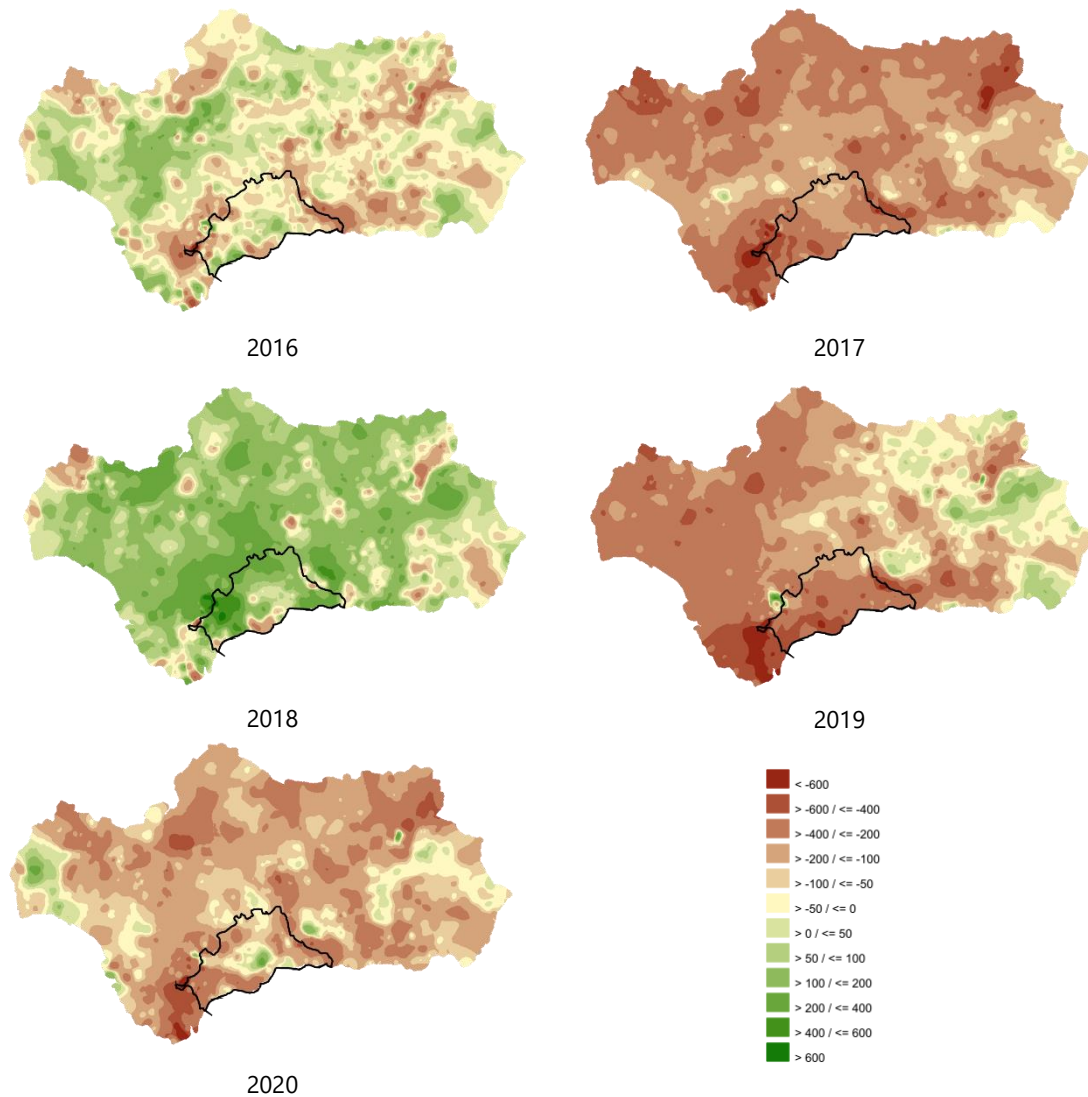
Fuente: REDIAM, 2020.

Las precipitaciones se han mantenido más o menos constantes desde el año 2010 con relación al periodo de referencia. Así, en los últimos diez años se ha registrado una media anual de 721 mm, lo que supone una desviación con relación al periodo de referencia de +1%. Por lo general, y como se puede apreciar en los mapas de desviaciones de las precipitaciones, se han ido alternando años secos con años más lluviosos, aunque la presencia de periodos secos ha sido algo más habitual.

De forma general, las desviaciones anuales han oscilado entre 0-50 y 50-100 mm menos de precipitaciones anuales, con algunos años en los que se ha notado más la sequía, llegándose a reducir la precipitación entre 100-200 mm, e incluso en zonas concretas de la provincia y en años puntuales la sequía ha sido extrema, como ha ocurrido en los años 2015, 2017 y 2019.

Ilustración 2. Desviaciones de la precipitación media anual (2010-2019)





Fuente: REDIAM, 2020.

Básicamente, esta tendencia indica un aumento general de las temperaturas y una reducción de las precipitaciones, resultado lógico de un calentamiento global del planeta, lo que viene a corroborar la tendencia a climas más secos y polarizados, de ahí que se observe una mayor variación en los dos extremos de las variables

Garijo y al. (2018), de la Universidad Politécnica de Madrid, evaluaron la incertidumbre estadística de las proyecciones de precipitación en las regionalizaciones efectuadas por la AEMET a partir de los modelos climáticos globales.

Compararon las proyecciones de los modelos climáticos con los datos observados en pluviómetros entre 1961–2000, determinaron que hay una clara diferencia entre el comportamiento medio de las series y el comportamiento de los máximos anuales, mientras que los modelos regionalizados se comportan razonablemente bien para valores medios, no ocurre así para valores máximos anuales.

Todos los modelos para ambos métodos de regionalización subestiman las precipitaciones extremas (precipitaciones máximas anuales). Los valores máximos anuales de precipitación no son adecuados ya que los modelos simulan un clima con precipitaciones máximas anuales inferiores y una gran incertidumbre en la caracterización de los valores extremos.

3.3.3.1 OTROS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS

Temperaturas extremas y olas de calor

A modo indicativo y siendo conscientes que sólo los valores de la estación Málaga Aeropuerto se pueden considerar representativos de una parte reducida de toda la provincia, la temperatura máxima absoluta registrada en esta estación fue de 44,2°C (18 de julio de 1978). Es evidente, que, dada la variación climática entre zonas deprimidas, baste recordar que la comarca de Málaga-Costa del Sol presentaba de las mayores temperaturas de la provincia, sobre todo para ser una zona litoral con influencia suavizadora del mar, en otras comarcas se ha podido registrar temperaturas superiores, sobre todo en el Valle del Guadalhorce y en la Costa del Sol Occidental.

Desde 1975, la provincia de Málaga ha registrado hasta 31 olas de calor¹⁸, de las que 14 se han producido desde 2001. Se parte de la consideración que uno de los principales problemas al hablar de *olas de calor*, es que no existe una definición única y precisa para este término; se sabe que se trata de episodios de temperaturas anormalmente altas, que se mantienen varios días y afectan a una parte importante de la geografía. Ahora bien, ¿qué valor tienen que alcanzar las temperaturas para poder considerarse ola de calor?, ¿cuántos días tienen que mantenerse?, ¿qué superficie tiene que verse afectada?, ya que en verano es normal que haga calor y no se puede confirmar siempre como olas de calor cuando las temperaturas, aun siendo altas o incluso muy altas, sean relativamente habituales en el periodo estival y en un territorio dado.

Por ello se utiliza como criterio general, una vez establecido determinados umbrales que; “se considera ola de calor un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10 % de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000”.

Destacan las olas de calor del verano de 2019, sobre todo la ocurrida entre el 6 y el 10 de agosto. Con una duración de 5 días, afectó hasta 11 provincias españolas y se alcanzaron una *temperatura máxima de la ola* de 37,9°C. en el caso de Málaga, la estación del Aeropuerto registró una temperatura récord de 40,6°C el día 7.

¹⁸ *Olas de calor en España desde 1975. Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. AEMET*

Sin embargo, la ola de calor ocurrida entre el 26 de junio y el 1 de julio ha sido muy destacable, considerada la más elevada de toda la serie, igualada con la acaecida entre el 11 y el 18 de agosto de 1987. El día más caluroso resultó ser el 29 de junio con una *temperatura máxima de la ola* de 38,8 °C. Llegó a afectar a 29 provincias y destaca por el registro de temperaturas mínimas nocturnas por encima de los 25°C. En el caso del Málaga, casi todas las estaciones de la costa e incluso muchas del interior registraron valores mínimos por encima de los 20°C, muy por encima del anterior valor más alto de cualquier mes.

En cuanto a la duración máxima de las olas de calor¹⁹, la media provincial es poco más de 10 días consecutivos, oscilando entre los 7,5 días de Málaga capital, 8,3 de media comarcal en Málaga-Costa del Sol y los cerca de 12 del norte de la comarca de Nororma (norte de Antequera, Villanueva de Algaidas, Cuevas Bajas y Cuevas de San Marcos).

No obstante, en el registro histórico de valores extremos²⁰, se han llegado a registrar temperaturas máximas diarias por encima de los 44°C en varias estaciones de la AEMET. Así por ejemplo la estación de Antequera registró el 04/08/2017 valores cercanos a los 44,5°C, mientras que el 2 de agosto del año pasado (2020), tanto Málaga-Centro Meteorológico como la estación de Estepona llegaron a los 43,7°C. Otros registros históricos ya se remontan a mayor plazo, como los 44,2°C registrados por Málaga-Aeropuerto el 18/07/1978.

El mes de agosto suele ser el mes más cálido de todo el año, como así se registra en casi todas las estaciones malagueñas, excepto Ronda y Torrox que suelen registrar el mes de julio. En ambos casos, se han llegado a registrar meses muy cálidos, muy por encima de la media anual para estos meses que oscilan entre 24-25°C, llegándose a todos los casos a superar los 27°C de media, por encima de 2-3°C.

Fuertes precipitaciones

Las fuertes precipitaciones; bien por situaciones de tormentas sinópticas de larga duración (borrascas invernales) que afectan más a las grandes cuencas; bien por tormentas locales de tipo convectivo, que suelen ir acompañadas de aparato eléctrico y afectan más a las cuencas pequeñas o zonas concretas donde se originan, pueden provocar problemas de inundaciones y avenidas del territorio, sobre todo si son de gran intensidad. En algunos casos estas fuertes precipitaciones pueden darse en forma de grandes nevadas, caso del reciente episodio Filomena, borrasca profunda que afectó mayormente a zonas de interior de España entre el 6 y el 11 de enero, pero que tuvo avisos de la AEMET por temporal de viento, mar y lluvias en buena parte de Andalucía.

En el caso de las borrascas invernales, muchas zonas afectadas ven incrementado el riesgo de inundación en sus cuencas hidrográficas por las crecidas primaverales de los ríos, que asociadas a la alta humedad del suelo y a cauces ya crecidos por tormentas más menos largas, aumentan los efectos negativos de las inundaciones. En el caso de Málaga con pendientes muy pronunciadas y de corta distancia entre sierra y zonas bajas, sobre todo del litoral, han tenido, históricamente como resultado inundaciones recurrentes, que ha obligado en algunos casos a la generación de grandes infraestructuras de canalización de algunos ríos más problemáticos, caso del Guadalmedina o Guadalhorce.

¹⁹ Visor de Escenarios de Cambio Climático (<http://escenarios.adaptecca.es/>)

²⁰ Extracción de datos de OpenData. AEMET, 2021.

Los registros de la precipitación media diaria a menudo son insuficientes para estudiar las tendencias y los cambios en las precipitaciones intensas. El daño asociado con las fuertes precipitaciones a menudo se origina en eventos de fuertes precipitaciones localizados en intervalos más cortos de tiempo, 8, 12 o 24 horas, que pueden conducir a costosas inundaciones repentinas. Debido a la falta de datos disponibles, solo un número limitado de estudios se han centrado en evaluaciones a gran escala regional de las precipitaciones subdiarias²¹.

Así, analizando la variable de precipitación máxima en 24 h, los valores observacionales en el marco del territorio objeto de estudio en el periodo de referencia (1971-2000) indican que los valores medios se sitúan en torno a los 60,9 mm/diario, alcanzando valores máximos que superan los 100 mm de media, llegándose a alcanzar valores extremos mucho más elevados, incluso superar los 107 mm/día de media.

En las últimas décadas, la intensidad de las lluvias torrenciales se ha intensificado de forma generalizada. No obstante, en la provincia de Málaga estas precipitaciones extremas se han mantenido más o menos constantes, incluso con una ligera reducción en las medias anuales. Sin embargo, se han registrado precipitaciones máximas absolutas de récord. Así, en la estación de Málaga-Aeropuerto, el 27 septiembre de 1957 se llegaron a contabilizar más de 313 l/m², lo que supone el 45,3% de las lluvias medias anuales en todo el territorio. En 1989 se han registrado otras precipitaciones intensas mensuales de récord (497,4 l/m²).

En el resto de las estaciones meteorológicas han registrado alguna vez precipitaciones extremas, excepto en Ronda, donde el máximo diario registrado "solo" alcanzó los 51,5 l/día. Además, de las precipitaciones extremas registradas por la estación del aeropuerto de Málaga, en épocas más recientes se han llegado a recoger casi 260 l en un día el 20/10/2018 en Antequera o los recientes 171 l de Estepona, en enero de este mismo año (08/01).

Otras variables de interés

La humedad, muy perjudicial para la salud mezclada con las altas temperaturas y la velocidad de viento que puede provocar alertas por grandes rachas, no han presentado variaciones tan acusadas y perjudiciales como las anteriores.

La humedad relativa en Málaga es muy alta de media, en torno al 70% de media, oscilando entre el casi 67% de la comarca de Nororma y el 71,8% de la Serranía de Ronda. No obstante, en verano suele considerablemente, sobre todo en las zonas de interior más al norte de la provincia, donde no se supera de media el 50%. Sin embargo, en el periodo invernal la humedad relativa llega a suponer más de 80% en casi todo el centro y norte provincial, especialmente en las zonas montañosas del oeste y este, donde se puede superar el 83-84% de humedad.

El litoral es mucho más estable y las variaciones anuales no son tan acusadas, ya que se mantiene en valores más o menos similares, oscilando entre el 60-75% a lo largo de todo el año. El problema principal se da en verano cuando las temperaturas son más elevadas y la humedad no baja del 60%, sobre todo hacía el este donde la humedad estival está en torno al 65-70%.

²¹ DL Hartmann et al., *Observaciones: Atmósfera y superficie en Cambio Climático 2013: La base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*, ed. TF Stocker y col. (Cambridge; Nueva York: Cambridge University Press, 2013), Capítulo 2, <http://www.climatechange2013.org/report/full-report/>

En cuanto al viento, sopla de forma general en toda la provincia de Málaga de forma constante con velocidades medias anuales entre los 20-25 km/h (brisa moderada en la escala de los vientos de Beaufort), con valores más elevados en el litoral oeste de la Costa del Sol Occidental, en general procedente del este (levante). Suele ser un viento fresco, aunque al aumentar la humedad relativa provoca sensación de bochorno. Le siguen en importancia los vientos del oeste-noroeste (poniente) que pueden derivar en vientos Terral.

El Terral "es un tipo de viento de poniente, que entra desde tierra hacia la costa utilizando el cauce de los ríos y arroyos. Por cada cien metros que desciende se calienta un grado, por lo que llega a dejar temperaturas muy altas en verano, por encima de 40°C. Causa una caída drástica del grado de humedad relativa. Se deja notar en la capital, el Valle del Guadalhorce, Torremolinos, Estepona, Vélez-Málaga y, en ocasiones, en Rincón de la Victoria". Existe una variante, que es el terral de invierno, y que provoca una sensación térmica de mucho frío cuando sopla²².

Desde el punto de vista de situaciones extremas, en las diferentes estaciones meteorológicas se han registrado rachas de viento muy elevadas, por encima de los 90 km/h (temporal duro) excepto en las estaciones de interior (Ronda y Antequera) que han sido algo menores. En Málaga capital algunas rachas de viento han llegado a alcanzar velocidades cercanas a los 100 km/h (temporal duro) e incluso superiores a los 130 km/h (temporal huracanado) que pueden producir destrucción en entornos urbanos con voladura de muchos objetos, lluvias muy intensas e inundaciones elevadas. Cabe recordar el tornado que arrasó la barriada de San Andrés, en la capital.

3.4 ANÁLISIS COMARCAL DEL CLIMA

3.4.1 COSTA DEL SOL OCCIDENTAL.

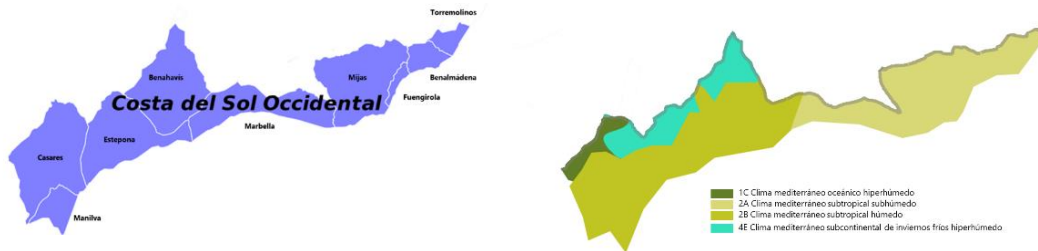
La comarca de la Costa del Sol Occidental está conformada por los municipios: Benahavís, Benalmádena, Casares, Estepona, Fuengirola, Manilva, Marbella, Mijas y Torremolinos.

Todos son municipios costeros, excepto Benahavís, el único completamente de interior. Esta comarca destaca por las delimitaciones norte sur. Al sur la costa, que ejerce sobre el territorio un efecto suavizador del clima y, al norte, las estribaciones más meridionales de las Sierras penibéticas Occidentales, entre las que destacan las sierras Crestellina, Bermeja, Blanca o de Mijas, distribuidas de oeste a este.

Esta orografía provoca que, en estas vertientes mediterráneas de los sistemas béticos, la mayor aridez se combine con lluvias torrenciales que desaguan a través de ramblas, secas la mayor parte del año. El abrigo de las sierras litorales permite que se alcancen aquí las temperaturas medias más suaves de la región. Un hecho de enorme trascendencia que ha favorecido, por ejemplo, la adaptación de muchas plantas subtropicales, o el moderno desarrollo del turismo de masas.

²² José Luis Escudero (blog Tormentas y Rayos). Fuente: Ignacio Lillo (Diario Sur)

Figura 12. Municipios y unidades bioclimáticas de la Costa del Sol Occidental



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

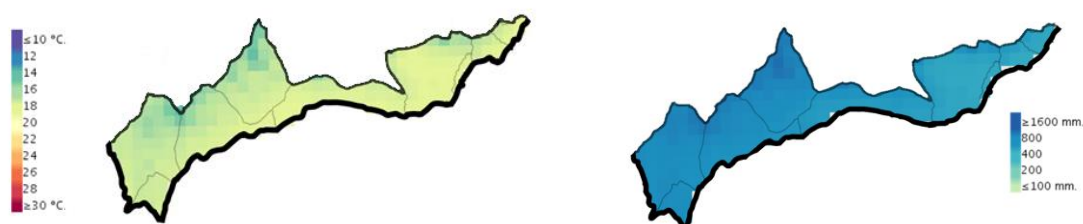
El clima dominante es el clima mediterráneo subtropical, que influenciado por la costa mediterránea andaluza suaviza las temperaturas y aporta una humedad notable a gran parte del territorio. Se caracteriza por las temperaturas suaves y ausencia de heladas.

Desde el punto de vista de los escenarios regionalizados de Cambio Climático, destaca la presencia de dos unidades bioclimáticas principales que dominan todo el litoral englobadas en la categoría de clima mediterráneo subtropical, que le aporta a todo el litoral unas condiciones climáticas excepcionales, con un clima muy confortable.

A medida que ascendemos hacia el norte, el terreno se escarpa, dejando paso a otras unidades bioclimáticas más húmedas y frías. Al oeste el clima mediterráneo de influencia oceánico, seguido en las zonas más altas de las sierras de un clima más continentalizado en los que los inviernos son bastante fríos, llegándose a superar los 4 días al año con temperaturas por debajo de los 0°C. En ambas situaciones destaca las importantes precipitaciones anuales.

En cuanto a las temperaturas oscilan entre los 16-17°C de media. Los municipios más de interior se localizan en el rango de los 16°C, Benahavís presenta la temperatura media más baja de la comarca con 16,4°C, mientras que los municipios claramente litorales oscilan en el rango por encima de los 17°C. Así, Fuengirola presenta la temperatura media más alta de la comarca, superando los 17,5°C anuales.

Figura 13. Temperaturas y precipitaciones en la Costa del Sol Occidental



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

La amplitud térmica anual es bastante importante, aproximadamente 9°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son bastante suaves entre los 12,1°C de Mijas y Benalmádena y los 13,3°C de Marbella. Sin embargo, los veranos son bastante cálidos, alcanzando temperaturas máximas por encima de los 21,5°C de media, aunque algunos municipios superan ampliamente los 22-23°C.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca oscila entre los poco más de 585 mm anuales de Fuengirola y los más de 950 de Benahavís, aunque se pueden llegar a alcanzar medias anuales por encima de 1.250-1.300 mm. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales, rara vez descienden por debajo de los 530 mm.

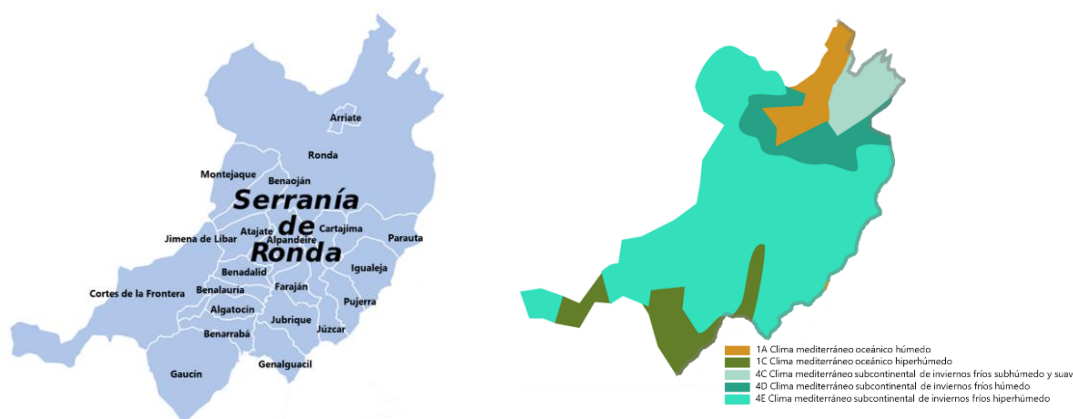
3.4.2 SERRANÍA DE RONDA

La comarca de la Serranía de Ronda está conformada por los municipios: Algotocín, Alpandei, Arriate, Atajate, Benadalid, Benalauría, Benaolán, Benarrabá, Cartajima, Cortes de la Frontera, Faraján, Gaucín, Genalguacil, Igualeja, Jimera de Líbar, Jubrique, Júzcar, Montecorto, Montejaque, Parauta, Pujerra y Ronda.

Todos son municipios de interior, bastante montañosos, exceptuando los que se encuentran en el interior de la depresión de Ronda, básicamente Ronda y parte de Benaolán y Alpandei. Destacan las estribaciones montañosas de bastante entidad de las Subbéticas Occidentales, Serranía de Ronda, Sierra de Líbar y la imponente Sierra de las Nieves, todas en el centro y norte de la comarca, son claros ejemplos de estas elevaciones que superan los con facilidad los 1.500 m, llegándose a alturas en torno a los 2.000 m en la Sierra de las Nieves. Los municipios más al sur están limitados por Sierra Bermeja.

La influencia de los vientos tiene especial incidencia sobre estas áreas montañosas más occidentales de la provincia de Málaga, primeras receptoras de los frentes de poniente, lo que las convierten en áreas de máxima pluviometría de toda la provincia, junto con las zonas más al noroeste de la comarca de la Costa del Sol Occidental.

Figura 14. Municipios y unidades bioclimáticas de la Serranía de Ronda

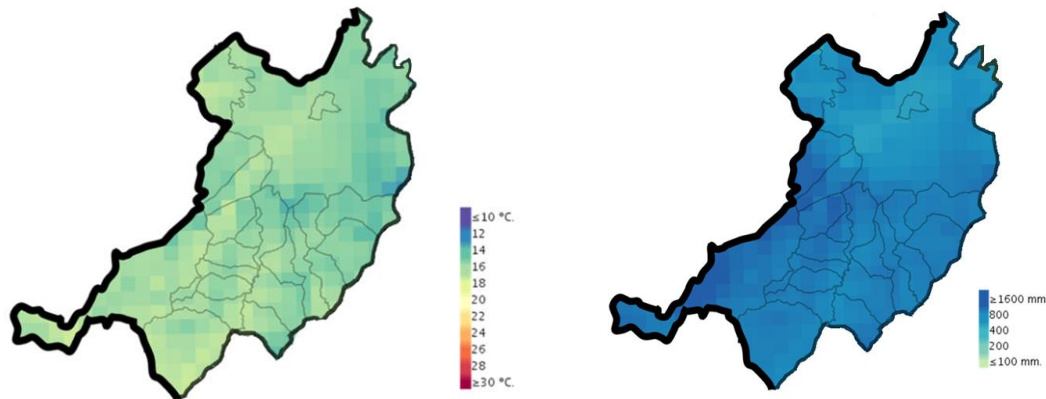


Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

El clima dominante es el clima mediterráneo continental, caracterizado por la presencia de veranos cálidos e inviernos muy fríos, con un alto número de heladas. Destaca la presencia de una unidad bioclimática principal, que domina casi toda la comarca; el clima mediterráneo subcontinental de inviernos fríos hiperhúmedo, típico de las zonas de montaña de las Béticas más occidentales. En las cumbres más altas esta unidad es sustituida por un clima continental de alta montaña (5A), caracterizado por presentar inviernos muy fríos y largos, y veranos muy cortos y poco calurosos, donde buena parte de las precipitaciones lo hace en forma de nieve.

Al norte y sur de la comarca, al descender en altura, el clima tiende a ser más cálido y algo más seco. Al sur sigue manteniendo niveles de precipitación muy elevados, aunque algo menores, mientras que al norte se mantiene la presencia de inviernos fríos, pero no tanto como en las zonas más elevadas y en el verano las temperaturas son más altas.

Figura 15. Temperaturas y precipitaciones en la Serranía de Ronda



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

En cuanto a las temperaturas oscilan entre los 14-16°C de media, aunque pocos municipios superan los 16°C. La mayoría de los municipios presentan temperaturas en torno a los 15°C y sólo Cartajima y Parauta no llegan a esa media (14,9 y 14,5°C, respectivamente), mientras que Montecorto y Gaucín superan por poco los 16°C. Así, Gaucín presenta la temperatura media más alta de la comarca, superando los 16,3°C anuales y Parauta la más baja con sólo 14,5°C.

La amplitud térmica anual es bastante importante, aproximadamente 9,2°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son frías, oscilando entre los 9,9°C de Ronda y los 11,9°C de Gaucín. Los veranos son bastante frescos ya que se superan, por poco, los 20°C de media y sólo los municipios de Arriate y Montecorto superan por poco los 21°C. Los valores máximos de temperatura son, también muy bajos, en torno a los 21°C, con máximos en torno a los 22°C.

En cuanto a las precipitaciones son muy elevadas, las mayores de toda Andalucía. La media de la comarca oscila entre los casi 700 mm anuales de Arriate y los más de 1.300 de Cortes de la Frontera, aunque se pueden llegar a alcanzar medias anuales por encima de 1.600-1.700 mm. La inmensa mayoría de los municipios de la comarca presentan precipitaciones anuales por encima de los 1.000 mm y sólo en tres municipios los valores descienden de los 900 mm, el citado Arriate, Montecorto y Ronda (~870 mm).

3.4.3 SIERRA DE LAS NIEVES

La comarca de Sierra de la Nieves está conformada por los municipios: Alozaina, Casarabonela, El Burgo, Guaro, Istán, Monda, Ojén, Tolox y Yunquera.

Todos son municipios de interior, bastante montañosos, asociados mayoritariamente a la Sierra de las nieves, que da nombre a la comarca, exceptuando los más orientales, caso de Alozaina, Guaro o Monda que se alejan de la sierra y se acercan bastante a la Hoya de Málaga. Los más sureños también son municipios montañosos (Monda, Ojén e Istán).

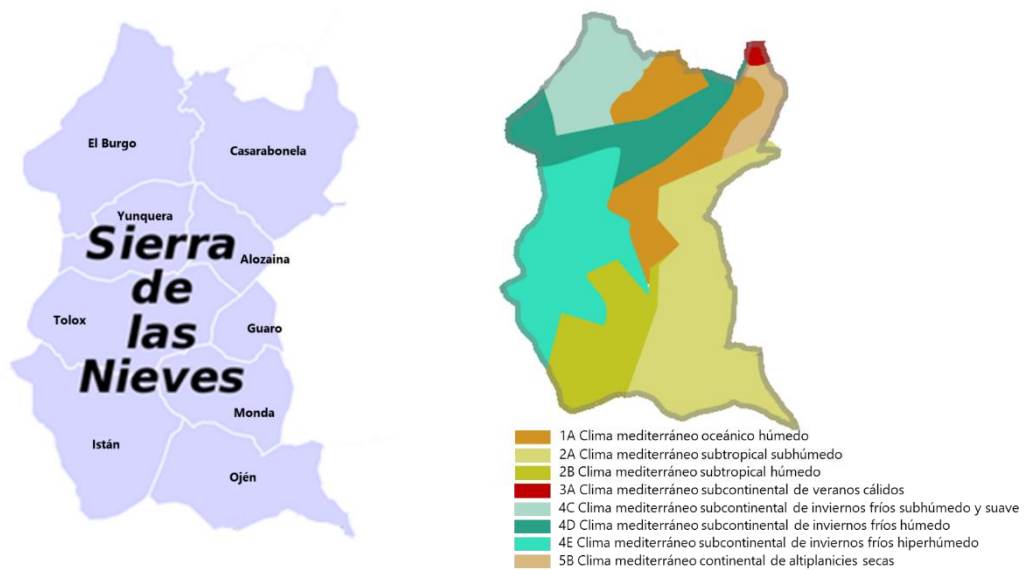
Destacan las estribaciones montañosas de bastante entidad de las Subbéticas Occidentales, sobre todo la imponente Sierra de las Nieves, que recorre casi todo el este de la comarca. Se superan con facilidad los 1.500 m, llegándose a alturas en torno a los 2.000 m (pico Torrecilla 1.919 m). Los municipios más al sur están limitados por las sierras Blanca y de Alpujata.

Al igual que la comarca Serranía de Ronda, la influencia de los vientos tiene especial incidencia sobre estas áreas montañosas provocando una importante pluviometría anual.

Al igual que ocurre en la comarca anterior, la comarca Sierra de las Nieves se caracteriza por una variabilidad de unidades bioclimáticas muy alta, resultado de los diferentes ambientes geográficos existentes en la comarca, desde una zona muy elevada al oeste y en menor medida la sur hasta una depresión del territorio al este.

No existe un clima dominante, ya que está bastante repartido entre los climas mediterráneo continental y subtropical, además de la presencia del oceánico en la zona más al norte. El clima varía de oeste a este y de sur a norte, pasando de continental en las zonas más elevadas de la Sierra de las nieves a subtropical hacia el sur y este, en los municipios de están y, sobre todo Ojén, muy cercanos al litoral de la Costa del Sol Occidental en la zona de Marbella. Hacia el norte, el clima continental tiende a estar más influenciado por los vientos oceánicos del sureste.

Figura 16. Municipios y unidades bioclimáticas de la Sierra de las Nieves

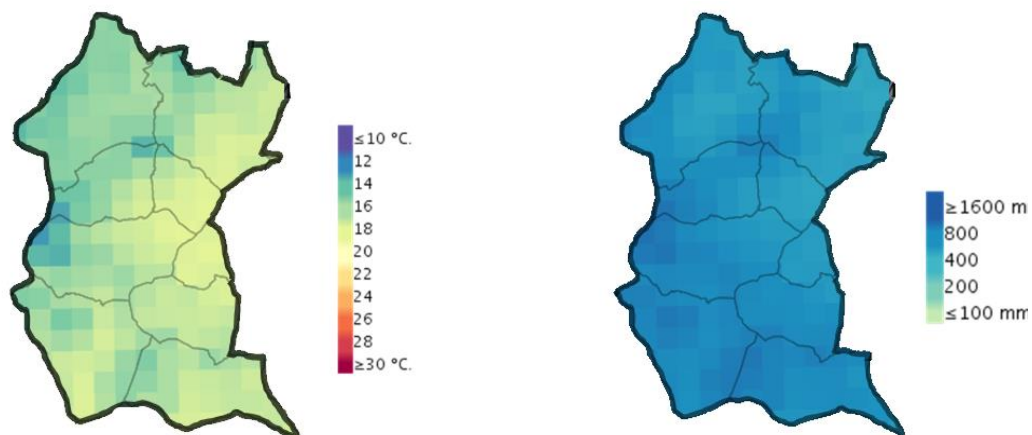


Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

En todas las unidades bioclimáticas existentes destaca, sobre todo, la presencia de importantes precipitaciones, de ahí que por lo general todos sean húmedos o hiperhúmedos y únicamente los municipios de la vertiente oriental de la comarca, cercanos a la Hoya de Málaga; Casarabonela, Alosaina y Guaro, presentan precipitaciones menores (tipo subhúmedo)

En cuanto a las temperaturas oscilan entre los 16°C de media, si bien es posible encontrar municipios más serranos con temperaturas que no superan los 15,5°C como El Burgo y Yunquera y otros no llegan a los 16 (Tolox). Por otro lado, hay al menos dos municipios que superan claramente los 17°C (Alozaina y Guaro). Las temperaturas más bajas se dan en El Burgo que ligeramente supera los 15°C (15,3) y las medias más elevadas en Guaro con más de 17,5°C.

Figura 17. Temperaturas y precipitaciones en la Sierra de las Nieves



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

La amplitud térmica anual es bastante importante, de las más altas de toda la provincia, con 10°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son bastante bajas entre los 11,2°C de Guaro y los 7,6°C de Tolox y Yunquera y una media anual en los 8,9°C.

Los veranos son suaves, no alcanzando temperaturas máximas por encima de los 19°C de media, excepto Alozaina y Guaro que, en el primer caso alcanza ese umbral de 19°C y en el segundo, lo supera ampliamente, llegando hasta los casi 22°C.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca oscila entre los poco más de 530 mm anuales de Casarabonela y los más de 755 de Istán, con una media comarcal de 810 mm, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 1.200-1.300 mm. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales, rara vez descienden por debajo de los 650-700 mm.

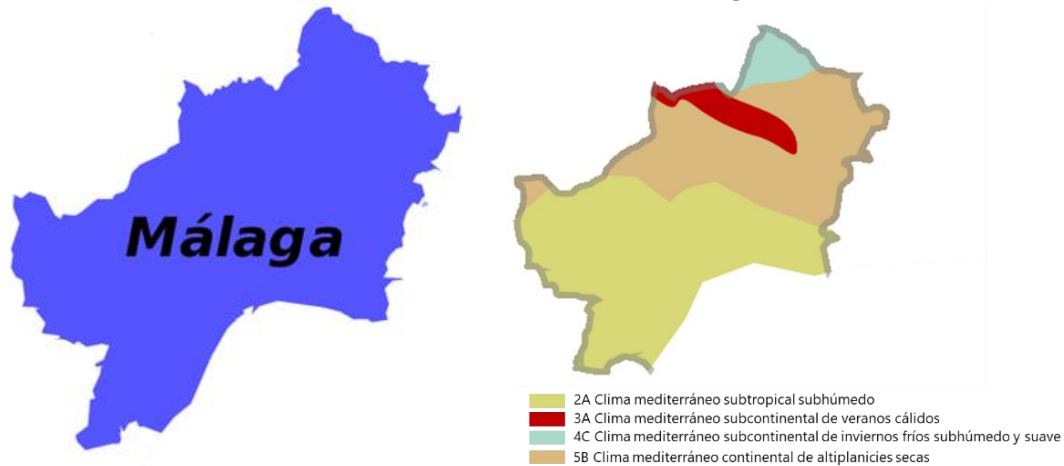
3.4.4 MÁLAGA-COSTA DEL SOL

La comarca Málaga-Costa del Sol es la única comarca malagueña con un solo municipio; Málaga. Si bien territorialmente es de gran extensión (395 km²), casi tan grande como toda la comarca de Nororma.

Es un municipio costero que se adentra hacia el interior provincial en una suerte de elevación de cierta importancia, los Montes de Málaga que discurren hacia el norte hasta las sierras de Antequera (El Torcal y las sierras de las Cabras y Camaroles). Todo el sur está dominado por la ciudad de Málaga que ocupa casi todo el litoral y se continua hacia el oeste con los núcleos urbanos de Torremolinos y Alhaurín de la Torre. La zona oeste del municipio se adentra en la Hoya de Málaga.

Esta orografía y las características urbanas provocan una situación climática especial. Por un lado, las zonas elevadas reciben los vientos cálidos del mar mediterráneo lo que suavizan las temperaturas y aumentan las precipitaciones y por otro, la concentración de infraestructuras urbanas en el litoral endurece el típico clima suave del litoral, sobre todo por los efectos islas de calor, aunque estos efectos estén muy concentrados en puntos concretos de la ciudad.

Figura 18. Municipios y unidades bioclimáticas de Málaga-Costa del Sol



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

La existencia de un único municipio simplifica bastante la presencia de diferentes tipos climáticos. No obstante, como ya se ha indicado el hecho de ser un término municipal tan grande y la presencia de una orografía variada, provoca que se puedan observar diferencias climáticas bastante claras. El clima dominante es el clima mediterráneo subtropical, que influenciado por la costa mediterránea andaluza suaviza las temperaturas y aporta una humedad notable a gran parte del municipio. Se caracteriza por las temperaturas suaves y ausencia de heladas.

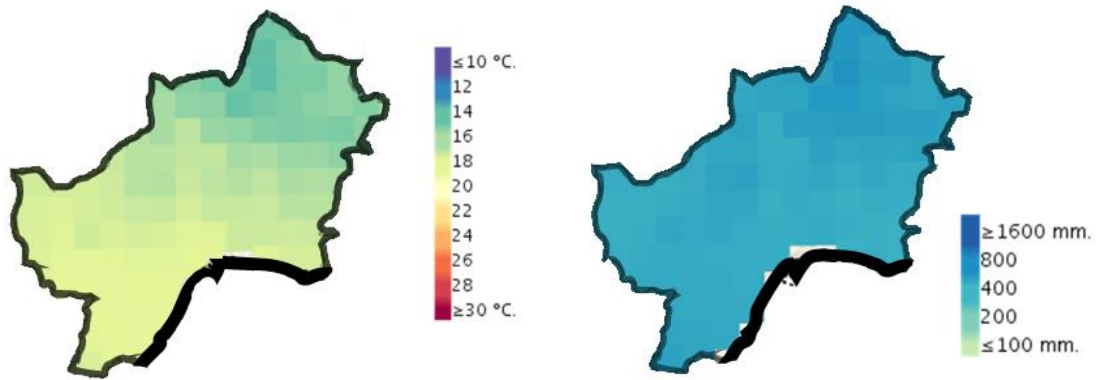
No obstante, hacia el interior (norte) en toda la zona de los Montes de Málaga es sustituido por un clima de tipo oceánico, que a medida que ascendemos hacia el norte y en altura va suavizando las temperaturas y se van aumentando las precipitaciones.

Desde el punto de vista de los escenarios regionalizados de Cambio Climático destaca la presencia de una unidad bioclimática principal que domina toda la Bahía de Málaga, similar en la mayoría del litoral malagueño. Este clima le aporta a todo el litoral unas condiciones climáticas excepcionales, con un clima muy confortable, aunque algo más seco y caluroso que el litoral occidental.

A medida que ascendemos hacia el norte, el terreno se escarpa, dejando paso a otras unidades bioclimáticas más húmedas y frías. Primero es sustituido por el típico clima oceánico subhúmedo y ya en el extremo norte, por un lado, en el valle del Guadalmedina aparece un clima más seco y caluroso y, por otro, en el extremo norte en contacto con el término municipal de Colmenar (zonas más elevadas de los Montes de Málaga) por un clima mucho más frío, aunque sin aumentar las precipitaciones considerablemente.

En cuanto a las temperaturas, las medias municipales rondan los 16,4°C con variaciones muy importantes entre las zonas de litoral y las de interior más elevadas. Así, oscilan entre los casi 18°C de media en la capital y los 13,9°C que se registran en la zona de Cerro Cuéllar o Casa de Ramírez, al norte de los Montes de Málaga.

Figura 19. Temperaturas y precipitaciones en la Sierra de las Nieves



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

La amplitud térmica anual es bastante importante, casi 11°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son frías, alrededor de los 14,4°C, mientras que los veranos son bastante cálidos, alcanzando temperaturas máximas cercanas a los 21,5°C de media, aunque como ya hemos observado en la Bahía de Málaga se superan ampliamente los 23°C.

En cuanto a las precipitaciones, la media del municipio está en torno a los 550 mm anuales, llegándose a alcanzar máximos cercanos a los 780 mm. En los años más secos las precipitaciones pueden caer hasta 100 mm al año, situándose en torno a los 450 mm.

Al igual que con las temperaturas, la cambiante orografía municipal establece un gradiente de precipitaciones norte-sur de cierta consideración. No es tan extremo como en el caso de las temperaturas, pero las lluvias pueden variar desde los poco más de 450-500 mm de la costa, incluida la capital, la zona de Campanillas y Santa María Maqueda en la Hoya de Málaga, así como el valle del Guadalmedina, hasta los 700-750 mm anuales en los Montes de Málaga (El Colar, Pocopán o Molineta).

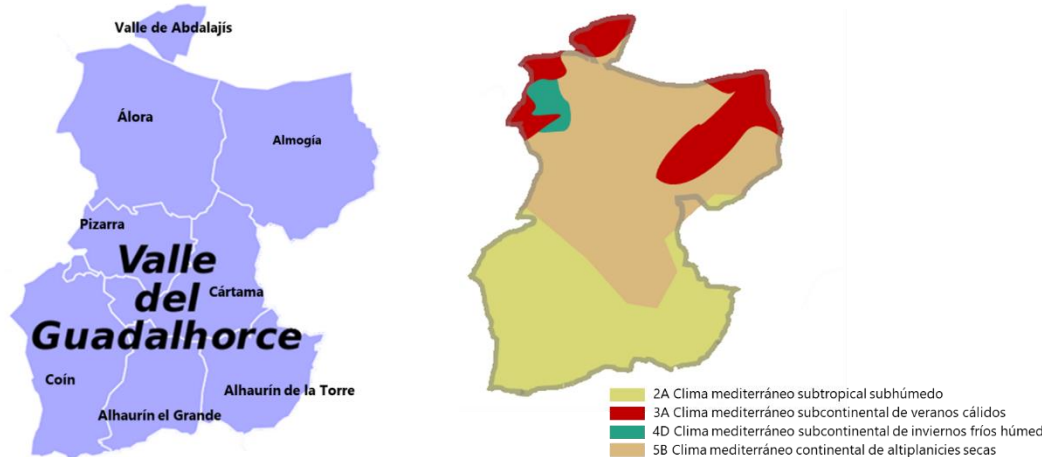
3.4.5 VALLE DEL GUADALHORCE

La comarca del Valle del Guadalhorce está conformada por los municipios: Alhaurín de la Torre, Alhaurín el Grande, Almogía, Álora, Cártama, Coín, Pizarra y Valle de Abdalajís.

Todos son municipios de interior, con una mezcla entre municipios más montañosos, caso de Almogía o incluso Valle de Abdalajís, en toda su vertiente más occidental, y otra serie de municipios más llanos, de fondo del valle del río Guadalhorce, en los que el paisaje es una sucesión de llanos y lomas de menor entidad, pero encajonado entre zonas serranas a este y oeste. Los municipios del sur son algo más abiertos, caso de Coín o los dos Alhaurines, pero limitados al sur por las sierras de Mijas, Negra y de la Alpujata.

Destacan las estribaciones montañosas de bastante entidad de las Subbéticas Occidentales, sobre todo la Sierra del Valle de Abdalajís, situada al este del núcleo urbano. Se superan con facilidad los 1.000 m, llegando a alturas en torno a los 1.200 m (Pico de la Capilla 1.185 m).

Figura 20. Municipios y unidades bioclimáticas de Valle del Guadalhorce



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

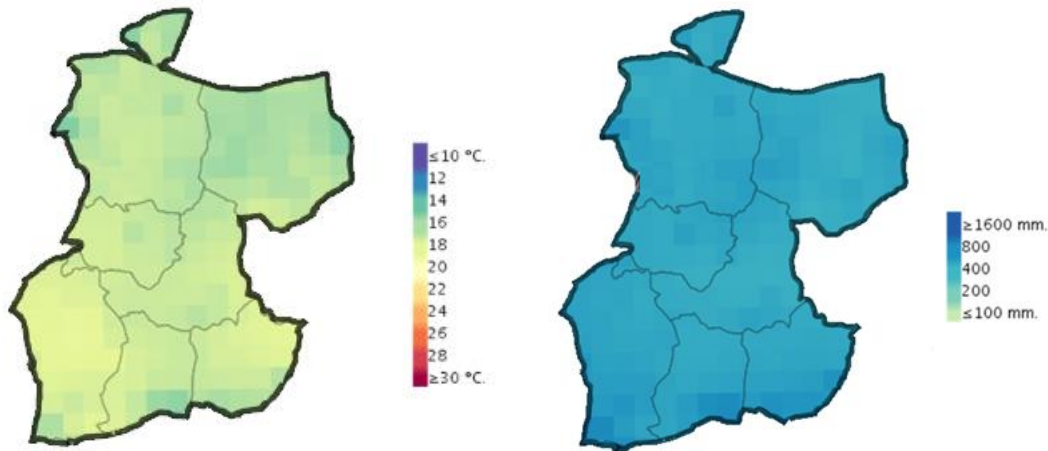
Su localización geográfica a caballo entre zonas prelitorales aunque con ciertas barreras que limitan, en parte la influencia de los vientos marinos, y el norte mucho más abrupto y montañoso y asociado a la que la comarca está recorrida de norte a sureste por el valle del río Guadalhorce, ha provocado que la variabilidad climática sea, a grandes rasgos, algo menos acusada, primando la presencia de dos tipologías climáticas dentro del clima mediterráneo; el subtropical, típico del litoral, que domina el sur comarcal y el oceánico en el resto, excepto las zonas más elevadas.

Le ocurre algo similar a la comarca de Málaga-Costa del Sol, salvando las distancias del carácter suavizador del clima producido por los efectos marinos. Así el sur mantiene un clima mediterráneo subtropical subhúmedo con un menor régimen de precipitaciones y temperaturas suaves, aunque algo más elevadas ya que las barreras geográficas del sur limitan la entrada de los vientos marinos. El resto de la comarca está dominado por el clima mediterráneo oceánico subhúmedo muy cálido en verano y con pocas precipitaciones.

El extremo norte, presenta por un lado un clima típico de montaña en la zona de la Sierra de Aguas (*clima mediterráneo de inviernos fríos húmedo*) rodeado en las zonas más bajas del valle del Guadalhorce, así como el municipio de Valle de Abdalajís y en el extremo nororiental de Almogías, en el que se mezclan valles y sierras de menor entidad y en los que domina un clima subcontinental de veranos cálidos caracterizado por temperaturas medias anuales elevadas, veranos muy cálidos e inviernos frescos y con heladas ocasionales.

Estas temperaturas oscilan en torno a los 16-17°C de media, si bien es posible encontrar municipios más serranos con temperaturas que superan por poco los 16°C como Valle de Abdalajís y otros, como Coín, que están muy cercanos a los 17,5°C. Todos los municipios del sur hasta Pizarra superan la media anual de los 17°C, mientras que los más serranos superan por poco los 16°C, excepto Álora que está en una situación intermedia (16,5°C)

Figura 21. Temperaturas y precipitaciones en el Valle del Guadalhorce



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

La amplitud térmica anual es bastante importante, de las más altas de toda la provincia, con casi 12°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son suaves entre los 11,7°C de Alhaurín de la Torre y los 10,5°C de Pizarra y una media anual en torno a los 11°C. Los veranos son muy cálidos, alcanzando temperaturas máximas por encima de los 23,8°C de media, excepto Valle de Abdalajís que es donde más refresca, llegando solo a poco más de 22,5°C. En el lado contrario, municipios como Cártama o Pizarra alcanzan máximas superiores a 24,3°C de media.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca oscila entre los poco más de 540 mm anuales de Almogía y los 650 de Coín, con una media comarcal bastante baja de 580 mm anuales, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 1.000 mm. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales, rara vez descienden por debajo de los 650 mm.

3.4.6 GUADALTEBA

La comarca del Guadalteba está conformada por los municipios: Almargen, Ardales, Campillos, Cañete la Real, Carratraca, Cuevas del Becerro, Serrato, Sierra de Yeguas y Teba.

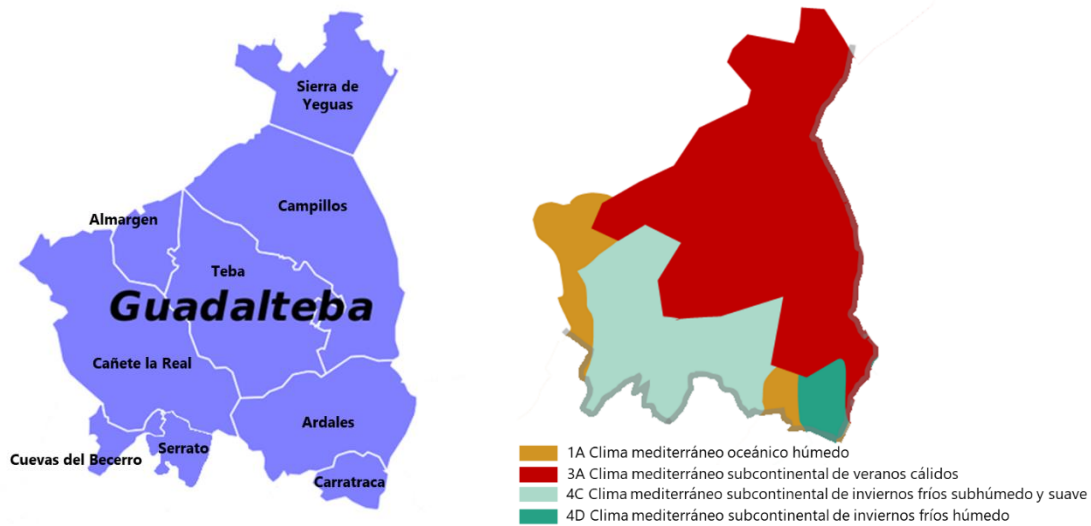
Las comarcas más al norte de la provincia de Málaga destacan por un paisaje bastante más llano, sucesión continua de zonas de cultivos las zonas de valles amplios y una sucesión de pequeñas colinas redondeadas. Guadalteba es la comarca más occidental, en contacto con la campiña sur de Sevilla de la que es una continuación, formando parte del valle del Guadalquivir.

Hacia el sur tiende a alomarse un poco más, al entrar en contacto con las estribaciones norteñas de la Serranía de Ronda (sierras de Alcaparaín y Aguas). Todo el sureste, entre Ardales y sur de Campillos está ocupado por una sucesión de grandes embalses; del Guadalteba, del Guadalhorce y del Conde de Guadalhorce, situados entre zonas serranas, Sierra de Peñarubia en Teba y la Sierra de Almonchón en Ardales.

Los municipios del sur son bastante más montañosos. Así, destacan las estribaciones montañosas de bastante entidad de las Subbéticas Occidentales, en el municipio de Carratraca, sobre todo la Sierra de Alcaparaín, donde se superan con facilidad los 1.000 m, llegándose a alturas en torno a los 1.200 m (Cerro del Canario 1.169 m)

El resto de la comarca es una sucesión de valles más o menos llanos jalonados por elevaciones puntuales del territorio; caso de la Sierra de Ortega entre Cañete la Real y Ardales o las propias sierras que rodean el núcleo urbano de Cañete (Padrastrillo, Malandrejos y Lineros)

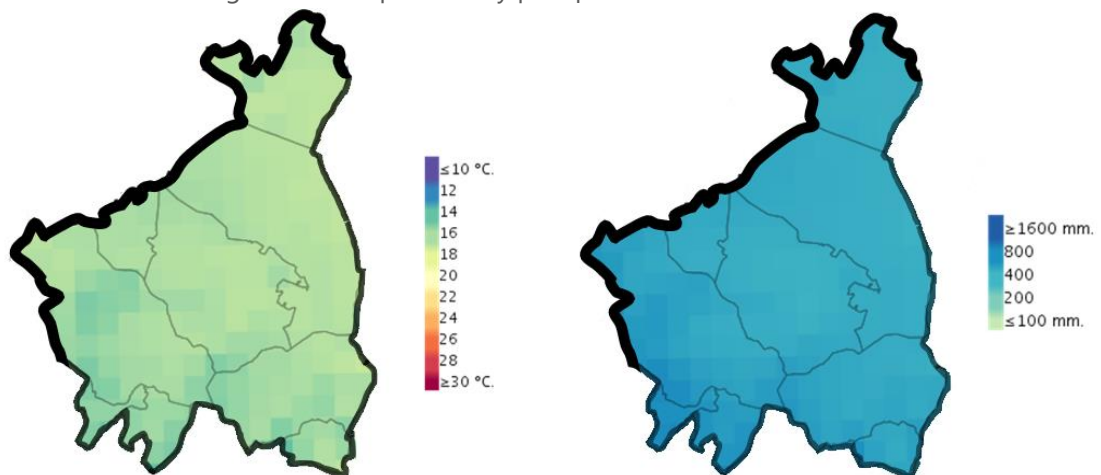
Figura 22. Municipios y unidades bioclimáticas de Guadalteba



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Su localización geográfica a caballo entre las zonas montañosas más montañosas del sur, el valle del Guadalteba y la zona de campiña norte del valle del Guadalquivir, le confieren una variabilidad microclimática bastante interesante. Casi toda la comarca está dominada por el clima continental, típico de las regiones de interior andaluzas fuera de la influencia de los vientos litorales que suavizan el clima. Sólo en las laderas más orientales

Figura 23. Temperaturas y precipitaciones en Guadalteba



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Las temperaturas oscilan en torno a los 15-16°C de media. Los municipios más serranos del suroeste, como Cuevas del Becerro o Serrato, tienen temperaturas medias un por encima de los 15,2°C, bastante frescas, debido fundamentalmente a que sus inviernos son bastante fríos. En el lado contrario, los municipios del norte, ya en la campiña del Guadalquivir son bastante más cálidos, alcanzando medias anuales en torno a los 16,3-16,4°C.

La amplitud térmica anual es bastante importante, de las más altas de toda la provincia, por encima de los 11,2°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales son frescas entre los 10,5°C de Teba y los poco más de 9,8°C de Cuevas del Becerro o Serrato y una media anual en torno a los 10,2°C. Los veranos son cálidos, alcanzando temperaturas máximas por encima de los 22,4°C de media, excepto Carratraca o Serrato que es donde más refresca, llegando solo a poco más de 21,6°C. En el lado contrario, municipios como Campillos o Sierra de Yeguas alcanzan máximas superiores a 23,3°C de media.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca oscila entre los poco más de 500 mm anuales de Campillos y los más de 770 de Cuevas del Becerro, con una media comarcal en la zona media de la provincia de 600 mm anuales, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 870 mm como en Cañete la Real. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales son bajas, pero rara vez descienden por debajo de los 400 mm.

3.4.7 ANTEQUERA

La comarca de Antequera está conformada por los municipios: Alameda, Antequera, Casabermeja, Fuente de Piedra, Humilladero, Mollina y Villanueva de la Concepción.

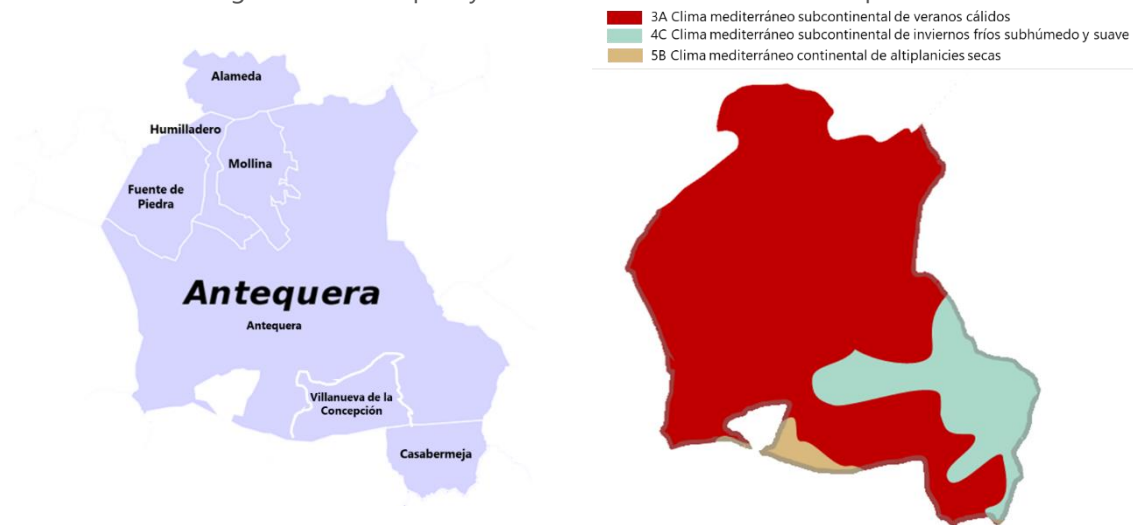
Antequera es la comarca más septentrional de la provincia y ocupa toda la zona central del norte provincial. Como el resto de las comarcas más al norte de la provincia de Málaga destaca por un paisaje bastante más llano, dominado por la depresión de Antequera, acompañada de pequeñas colinas redondeadas (Llanos de Antequera y Valle de Abdalajís).

El centro de la comarca se va elevando, poco a poco, hasta Antequera donde empieza la zona más montañosa que discurre por todo el sur comarcal, al entrar en contacto con las estribaciones de la cordillera de Antequera, una sucesión de sierras de bastante entidad que discurre transversalmente de oeste a este de la comarca y donde se alcanzan alturas considerables, por encima de los 1.200-1.400 m.

Destacan sobre todo las sierras de Chimenea (pico Chamorro Alto 1.378 m), Pelada y Torcal de Antequera, al oeste y las sierras de las Cabras y de Camarolos (pico Cruz 1.444 m), al este, que van ganando altura a medida que se acercan a las Penibéticos Centrales (Sierra de Tejada). Los municipios del sur son bastante más montañosos, adentrándose, como en el caso de Casabermeja, en los Montes de Málaga.

Su característica orografía definida por dos unidades bien diferenciadas, una zona de campiña (depresión) y otra montañosa, le confiere unas características climáticas más uniformes que otras comarcas malagueñas.

Figura 24. Municipios y unidades bioclimáticas de Antequera



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Básicamente, la comarca está dominada por el clima mediterráneo continental, sobre todo los Llanos de Antequera y el Valle de Abdalajís, así como el valle entre sierras del sur de Antequera y el norte de Montes de Málaga (Villanueva de la Concepción y Casabermeja) que presentan una unidad bioclimática bastante definida por presentar unos veranos muy cálidos y las zonas del sur y sureste, más montañosas, dominadas por un clima más frío (clima subcontinental de inviernos fríos subhúmedo y suave)

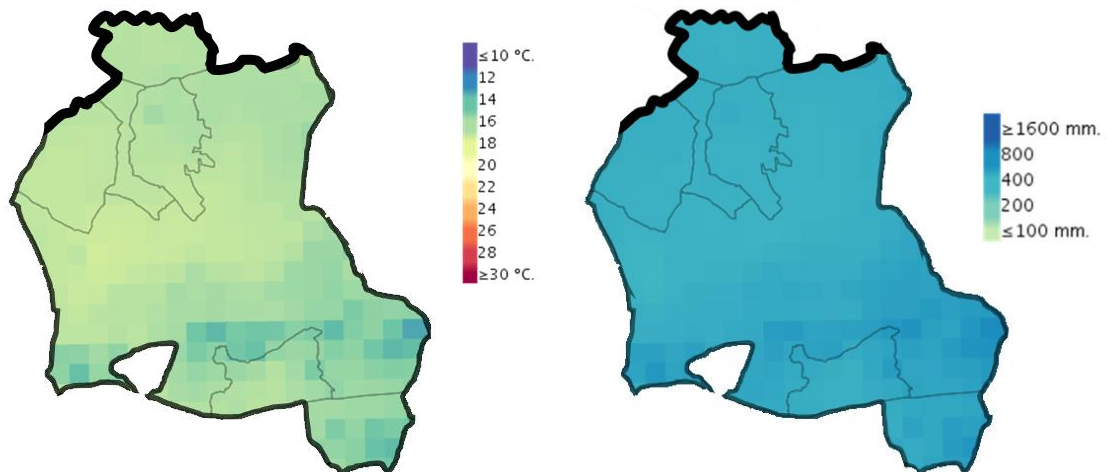
Las temperaturas oscilan en torno a los 15-16°C de media. Los municipios más serranos del suroeste, como Casabermeja o Villanueva de la Concepción, tienen temperaturas medias un poco por encima de los 15°C y no alcanzando los 15,5°C. Son bastante frescas, muy similares a todos los municipios serranos del interior provincial debido fundamentalmente a que sus inviernos son bastante fríos. En el lado contrario, los municipios del norte, ya en los Llanos de Antequera son mucho más cálidos, alcanzando medias anuales en torno a los 16,5-16,6°C.

La amplitud térmica anual, como ocurre en la mayoría de las comarcas de la provincia de Málaga, es bastante amplia, por encima de los 11,6°C, entre las mínimas y máximas anuales, debidas a la diferencia de unidades bioclimáticas existentes asociadas a una gran variabilidad geográfica.

Las mínimas anuales más bajas son frescas entre los 9,8°C que se dan en la mayoría de los municipios y los 8°C de Antequera y una media anual en torno a los 9,2°C. En general, el clima es bastante cálido, alcanzando temperaturas máximas cercanas a los 22°C de media anual en toda la comarca, pero con valores que pueden llegar a los 23°C de media en los máximos anuales, excepto Casabermeja y Villanueva de la Concepción que es donde más refresca, con valores próximos a los 20°C, (19,74°C en Casabermeja). En el lado contrario, el municipio de Antequera alcanza máximas superiores a 24°C de media. Antequera presenta las temperaturas mínimas más bajas y las máximas más altas debido a su extensión gran superficial que ocupa la mayor parte de la comarca y de los ambientes climáticos, por lo que es un reflejo de la situación climática de la comarca.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca es bastante baja. Suele llover poco a lo largo del año, con una media que oscila entre los poco más de 460 mm anuales de Mollina y los poco más de 600 de Casabermeja, con una media comarcal en la zona baja de la provincia que supera por poco los 500 mm anuales, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 930 mm en Antequera. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales son muy bajas, pero rara vez descienden por debajo de los 400 mm.

Figura 25. Temperaturas y precipitaciones en Antequera



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

3.4.8 NORORMA (COMARCA NORORIENTAL DE MÁLAGA)

La comarca de Nororiental de Málaga (Nororma) está conformada por los municipios: Archidona, Cuevas Bajas, Cuevas de San Marcos, Villanueva de Algaidas, Villanueva de Tapia, Villanueva del Rosario y Villanueva del Trabuco.

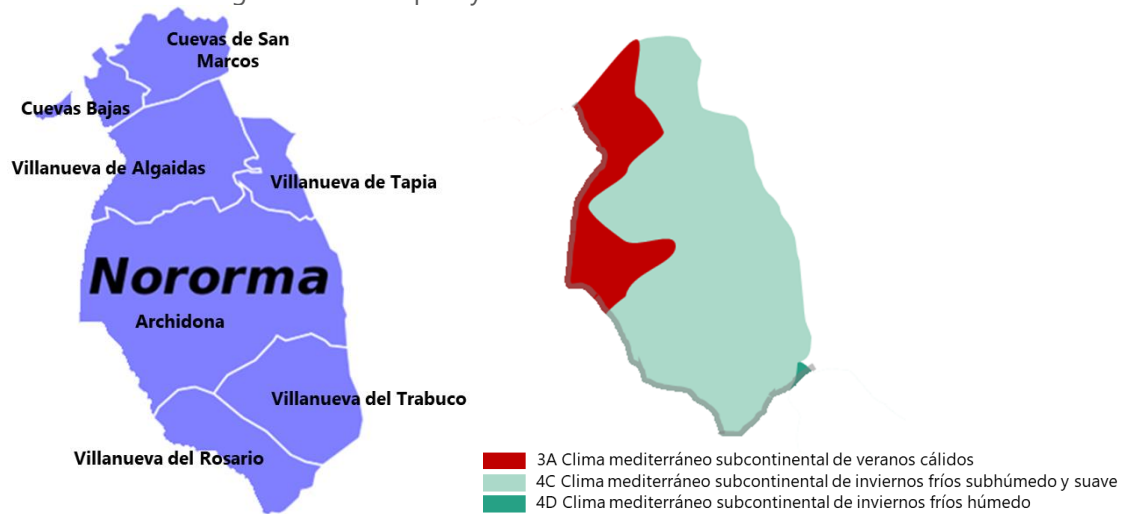
Nororma es la comarca más nororiental de la provincia, de ahí su nombre. Se encuentra enclavada en la depresión de Antequera dentro del Surco Intrabético, entre las Sierras Subbéticas cordobesas al norte y el arco calizo central malagueño (Cordillera Penibética) al sur. De este último, destacan las sierras de Camarolos, Gorda, del Jobo, San Jorge y Gibalto, que limitan el sur de la comarca y están ya en contacto con la Sierra de Alhama.

Estas sierras de sur presentan elevaciones muy importantes, en su mayoría por encima de los 1.300-1.500 m, llegando a alcanzar alturas por encima de los 1.600 m en algunos picos, como el caso del Chamizo con 1.641 m, junto en el límite administrativo con La Axarquía malagueña.

El resto de la comarca, si bien es una sucesión de zonas alomadas, se ve jalonada de cuando en cuando por algunas elevaciones de cierto interés, como la Sierra del Pedroso que supera los 1.000 m de altitud o la Sierra de Arcas, de algo menor entidad, pero cercana a los 950 m.

En cualquier caso, se nota claramente la elevación del territorio de oeste a este, a medida que nos vamos acercando al este andaluz y el territorio va perdiendo las características del extenso valle del Guadalquivir.

Figura 26. Municipios y unidades bioclimáticas de Nororma

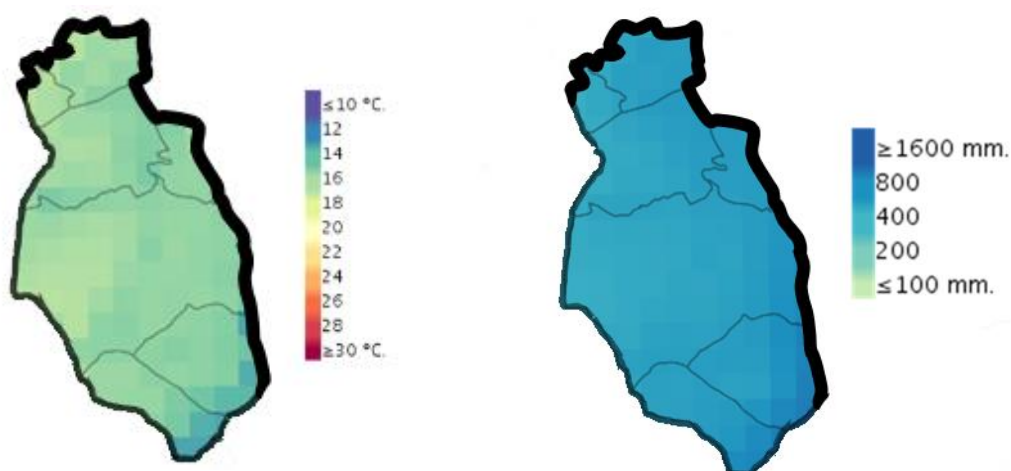


Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Básicamente, la comarca está dominada por el clima mediterráneo continental, como cabría esperar de un territorio de interior, muy alejado ya de la influencia marina y separado de los ambientes más suaves de los climas subtropicales por una sucesión continua de elementos montañosos que han elevado el territorio considerablemente desde las costas malagueñas.

Así la unidad bioclimática dominante es la subcontinental de inviernos fríos subhúmedo y suave que se caracteriza por unos veranos suaves, algo cálidos, e inviernos muy fríos, con un alto número de heladas. El extremo más al sur, en la Sierra del Jobo, y debido a las considerables alturas se sustituye por un clima más frío aún, pero con escasas precipitaciones. El otro clima dominante, aunque en menor medida, se localiza en la zona más occidental, asociado a las zonas más llanas, continuación de los Llanos de Antequera, que presentan el mismo clima reinante en esa comarca, el subcontinental de veranos cálidos, caracterizado por presentar temperaturas medias anuales elevadas, veranos muy cálidos e inviernos frescos y con heladas ocasionales.

Figura 27. Temperaturas y precipitaciones en Nornorma



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Las temperaturas oscilan en torno a los 14-16°C de media, de las más bajas de toda la provincia. Los municipios más serranos del sur, como las dos Villanueva del Trabuco y del Rosario, tienen temperaturas medias anuales por debajo de los 14,7°C. En el lado contrario, los municipios del norte son mucho más cálidos, alcanzando medias anuales en torno a los 16°C o con valores muy próximos. La media más alta se da Cuevas Bajas con 16,1°C.

Las temperaturas, en general, son bastante frías, muy similares a los municipios serranos del oeste provincial, en incluso por algo debajo de las medias que presentan estas comarcas, debido fundamentalmente a que sus inviernos son bastante más fríos, ya que no tienen los efectos suavizadores de los vientos mediterráneos.

La amplitud térmica anual, como ocurre en la mayoría de las comarcas de la provincia de Málaga, es bastante amplia, por encima de los 11,5°C, entre las mínimas y máximas anuales, debido a que hay zonas al norte y este con temperaturas muy cálidas y zonas muy frías al sur.

Las mínimas anuales más bajas son frías, entre los 9°C que se da en Cuevas Bajas y los 7,6°C de Archidona y Villanueva del Trabuco y una media anual en torno a los 9,6°C. En general, el clima es suave, con temperaturas menores que la comarca vecina de Antequera, alcanzando temperaturas máximas cercanas a los 21,1°C de media anual en toda la comarca, pero con valores que pueden llegar a los 22,4°C de media en los máximos anuales, exceptuando Villanueva del Rosario que es el municipio más frío, con valores que no pasan de los 17,7°C. En el lado contrario, los municipios de Cuevas Bajas y Cuevas de San Marco alcanzan máximas superiores a 23,3°C de media.

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca se encuentra en la zona media de la provincia, no es de las comarcas más secas. Suele llover medianamente a lo largo del año, con una media que oscila entre los poco más de 520 mm anuales de Cuevas Bajas y los casi 800 de Villanueva del Trabuco, con una media comarcal que supera por poco los 650 mm anuales, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 1.100 mm en los municipios más montañosos del sur comarcal. En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales pueden llegar a ser bastante bajas, pero rara vez descienden por debajo de los 450 mm.

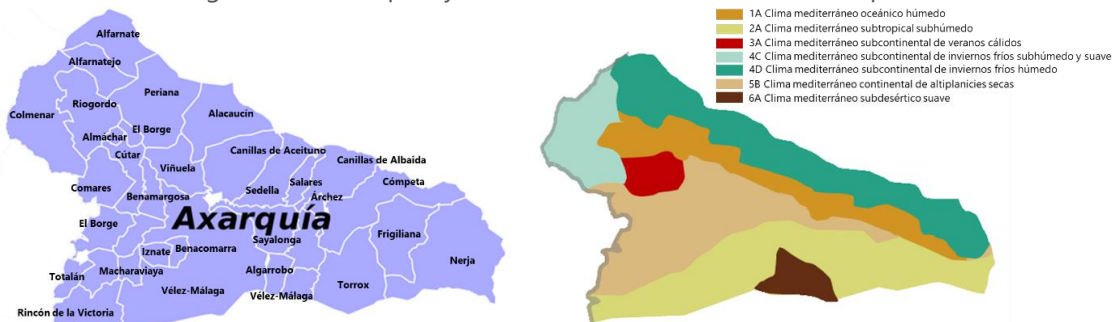
3.4.9 LA AXARQUÍA

La comarca de La Axarquía malagueña está conformada por los municipios: Alcaucín, Alfarnate, Alfarnatejo, Algarrobo, Almáchar, Árchez, Arenas, Benamargosa, Benamocarra, Canillas de Aceituno, Canillas de Albaida, Colmenar, Comares, Cómpeta, Cútar, El Borge, Frigiliana, Iznate, Macharaviaya, Moclinejo, Nerja, Periana, Rincón de la Victoria, Riogordo, Salares, Sayalonga, Sedella, Torrox, Totalán, Vélez-Málaga y Viñuela.

La Axarquía malagueña se halla en la parte más oriental de la provincia de Málaga y se extiende por la costa y el interior de la provincia desde los Montes de Málaga hasta las sierras de Tejeda y Almijara, en las Penibéticas Centrales. Es la comarca con mayor número de municipios y una de las más grandes en extensión de toda la provincia malagueña. La zona litoral es bastante abrupta, ya que las elevaciones montañosas de los municipios del litoral de las Costa del Sol Oriental están muy próximas a la costa.

En definitiva, es una sucesión de pequeños municipios enclavados en diferentes entornos geográficos; costa, valles, montes, montañas y cornisas, de ahí que sea la comarca como mayor variabilidad orográfica de toda la provincia, reflejando casi todos los ambientes existentes en el total provincial.

Figura 28. Municipios y unidades bioclimáticas de La Axarquía



Fuente: elaboración propia (base licenciada bajo CC BY-SA 3.0-GNU) y a partir de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente.

Entre las sierras de interior destacan, como no podía ser de otra forma, Tejeda y, sobre todo Almirajara, que presentan las mayores elevaciones de la provincia junta con la Sierra de las Nieves, en su mayoría por encima de los 1.500-1.800 m, llegándose a alcanzar alturas por encima de los 2.00 m en algunos picos, como el caso del Pico Maroma con 2.068 m, junto en el límite administrativo con Granada. Estas zonas montañosas están muy próximas a las costas de ahí la presencia de elevados desniveles del terreno en muy corto espacio.

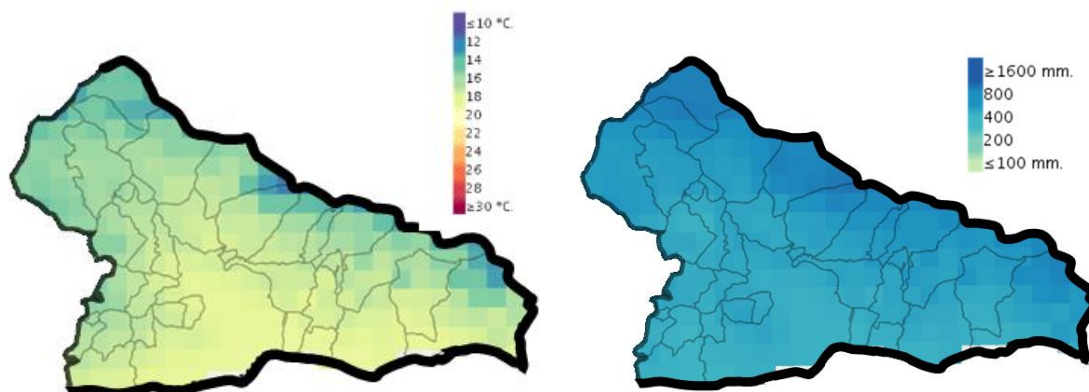
El resto de la comarca es un continuo de montes, valles y sierras, desde los municipios situados en los Montes de Málaga (El Borge, Comares e incluso Totalán) hasta los municipios al norte, enclavados en la Sierra de Alhama (Alfarnate, Alfarnatejo o Periana) y los ya citados del sureste en las sierras de Tejeda y Almirajara. La zona central está ocupada por el valle del río Vélez que da lugar a la Hoya de Vélez, una suerte de valle más o menos amplio a medida que desciende hacia el sur, pero muy encajonado entre zonas serranas.

En cualquier caso, es muy evidente como el territorio se va elevando hacia el este y desde el litoral del sur.

Esta variabilidad de ambientes geográficos provoca que La Axarquía presenta también una elevada variabilidad climática dentro del clima mediterráneo. Casi todos los tipos climáticos y unidades bioclimáticas presentes en la provincia malagueña tienen su reflejo en esta comarca. Así de este a oeste y de sur a norte se suceden el clima subtropical típico del litoral oriental malagueño caracterizado por las temperaturas suaves y ausencia de heladas, si bien es algo más seco que su homólogo occidental; el clima continental de altiplanicies secas, con inviernos muy fríos y largos, veranos muy cortos y poco calurosos y donde buena parte de sus precipitaciones lo hace en forma de nieve; el clima oceánico húmedo, a medida que se aumenta la altitud y en las laderas a poniente de las sierras orientales en la zona de media montaña que recibe vientos marinos que suavizan las temperaturas y aportan humedad y, por último, el clima subcontinental de inviernos fríos húmedo, con sus veranos son cálidos, aunque no tanto como en A3, y los inviernos muy fríos, con un alto número de heladas, se corresponde con las zonas más elevadas de las sierras de Alhama, Tejeda y Almirajara. En las montañas más alta se pueden observar zonas bioclimáticas típicas de la alta montaña (A5).

En el litoral destaca la zona de la Hoya de Vélez con un clima subdesértico suave, el más cálido de la provincia y similar a los climas del levante andaluz, aunque no tan calurosos. En el extremo noroccidental de la comarca es posible observar zonas de clima de zonas elevadas, pero con temperaturas más suaves y una pequeña porción en la parte superior del valle del Vélez de clima más cálido, donde se alcanzan en verano temperaturas importantes.

Figura 29. Temperaturas y precipitaciones en la Axarquía



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del visor Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

Las temperaturas oscilan en torno a los 16-17°C de media, influenciada por la existencia de zonas muy cálidas y otras muy frías. Los municipios del litoral presentan medias anuales por encima de los 17°C, sobre todo Vélez-Málaga (17,6°C), uno de los municipios más cálidos, no sólo ya de La Axarquía, sino de toda la provincia, con temperaturas similares a las existentes en la depresión de Antequera.

Las temperaturas, en general, son bastante suaves, si bien a medida que nos adentramos hacia el noreste descienden mucho, tornándose ambientes bastante fríos, muy similares a los municipios serranos del oeste provincial, en incluso por algo debajo de las medias que presentan estas comarcas, debido fundamentalmente a que sus inviernos son bastante más fríos, ya que no tienen los efectos suavizadores de los vientos mediterráneos. Alfarnate tiene la temperatura media más baja de toda la comarca, no llega a los 14°C anuales, de las más bajas de toda la provincia.

La amplitud térmica anual, como ocurre en la mayoría de las comarcas de la provincia de Málaga, es importante, aunque en la Axarquía no es tan elevada como en otras comarcas, situándose en los 9,5°C, entre las mínimas y máximas anuales. Las mínimas anuales más bajas son frías, no superando los 9,5°C de media y con valores medios especialmente bajos, caso de Alcaucín o Sedella que no superan los 6,3°C. En el lado contrario, Algarrobo tiene las temperaturas "menos" frías, llegando a superar por poco los 13°C.

En cuanto a las máximas más altas, la inmensa mayoría de los municipios superan los 22°C, algunos como Vélez-Málaga incluso se acercan a los 23°C de media, exceptuando a los municipios del norte que sólo alcanzan los 20,7°C (Alfarnate y Alfarnatejo). No obstante, hay varias zonas tanto del litoral y del interior en el valle del Vélez (Hoya de Vélez) que alcanzan temperaturas muy elevadas en verano, cercanas a los 31°C de media en los meses de julio y agosto (Vélez-Málaga, Benamocarra, Viñuela, Alcaucín, etc.)

En cuanto a las precipitaciones, la media de la comarca se encuentra en la zona media de la provincia, no es de las comarcas más secas. Suele llover medianamente a lo largo del año, con una media que oscila entre los poco más de 450 mm anuales de Rincón de la Victoria y los casi 1.000 de Alfarate, con una media comarcal que supera por poco los 650 mm anuales, aunque se pueden llegar a alcanzar máximas anuales por encima de 1.200 mm en los municipios orientales más montañosos (Canillas de Aceituno, Sedella y Alcaucín). En el caso contrario, las precipitaciones mínimas anuales pueden llegar a ser relativamente bajas, pero rara vez descienden por debajo de los 410 mm.

3.5 ESTÍMULOS E IMPACTOS ACTUALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

*"En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando y el nivel medio del mar continuará elevándose"*²³.

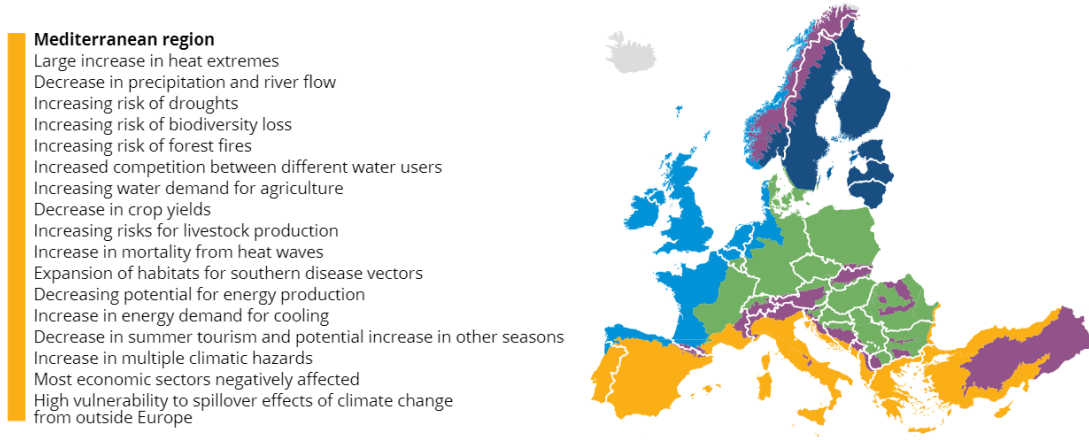
Los cambios observados en el clima ya están teniendo un amplio impacto en los ecosistemas, la economía, la salud y el bienestar humanos en Europa. Según el informe *Cambio Climático, impactos y vulnerabilidad en Europa 2016*²⁴, se siguen registrando récords de temperaturas mundiales y europeas, el nivel del mar sigue aumentando y continúan reduciéndose las placas de hielo en el Ártico.

Los patrones de precipitación están cambiando, por lo general haciendo las regiones húmedas de Europa aún más húmedas y las regiones secas, más secas. El volumen de los glaciares y las cubiertas de nieve están disminuyendo. Al mismo tiempo, los fenómenos climáticos extremos, como las olas de calor, las precipitaciones intensas y las sequías, están aumentando en frecuencia e intensidad en muchas regiones. Las proyecciones climáticas proporcionan pruebas adicionales de que los fenómenos climáticos extremos seguirán aumentando en muchas regiones europeas. Sin embargo, los costes de los daños proyectados por el Cambio Climático son más altos en la región mediterránea.

²³ Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis - IPCC.

²⁴ Climate change; impacts and vulnerability in Europe 2016. Enero 2017. Agencia Europea del Medioambiente, www.eea.europa.eu

Ilustración 3. Impactos Previstos en Europa (Zona mediterránea).



Fuente: *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*, (EEA).

Las emisiones continuas de GEI causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático. Para contener el Cambio Climático, será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de GEI.

El 19 de abril se ha presentado el Informe sobre el estado del clima mundial en 2021²⁵, en el que se indica como conclusión fundamental que *“la combinación de los fenómenos meteorológicos extremos y la enfermedad por el coronavirus de 2019 (COVID-19) asestó un golpe por partida doble a millones de personas en 2020”*.

En este informe se documentan algunos indicadores del sistema climático mundial compilados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y una amplia red de asociados que han determinado que la desaceleración de la economía relacionada con la pandemia no logró frenar los motores del Cambio Climático ni la aceleración de sus impactos.

Muchos de los indicadores empeoraron y los impactos del Cambio Climático se agravaron en 2020. El año pasado ha sido uno de los tres años más cálidos de los que se tiene constancia, a pesar del fenómeno de enfriamiento de La Niña. La temperatura media mundial fue de aproximadamente 1,2°C superior a los niveles preindustriales (1850-1900). Los seis años transcurridos desde 2015 son los más cálidos de los que se tienen datos y la década de 2011-2020 fue la más cálida jamás registrada.

Por otra parte, la pandemia mundial derivada de la COVID-19 sumó una nueva y lamentable dimensión a los peligros relacionados con el tiempo, el clima y el agua, con un amplio abanico de impactos combinados en la salud y el bienestar de los seres humanos. Las restricciones de circulación, la contracción de la economía y las perturbaciones en el sector agrícola agravaron los efectos de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos, lo cual incrementó los niveles de inseguridad alimentaria y retrasó la entrega de asistencia humanitaria. La pandemia también dificultó las observaciones meteorológicas y complicó los esfuerzos de reducción de riesgos de desastre.

²⁵ *State of the Global Climate 2020*. Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Los indicadores que mostraron los datos más preocupantes fueron el aumento de la concentración de GEI en la atmósfera, incluso con las restricciones mundiales a la movilidad y el parón económico; el aumento de la temperatura; acidificación y nivel de los océanos; el aumento de la temperatura terrestre; las sequías e inundaciones; las olas de calor y los incendios forestales y los ciclones y tormentas tropicales, que asociados a los efectos de la propia COVID-19 a nivel mundial, han propiciado problemas graves de inseguridad en la cadena alimentaria y el desplazamiento de millones de personas, muchas de ellas debidas a cuestiones climáticas.

No obstante, el informe establece en palabras del Fondo Monetario Internacional (FMI) que, si bien la actual recesión mundial causada por la pandemia de COVID-19 podría dificultar la adopción de las políticas necesarias para la mitigación, también ofrece la oportunidad de reconducir a la economía por un camino más verde, impulsando la inversión en infraestructura pública ecológica y resiliente, y así, favorecer el PIB y el empleo durante la fase de recuperación.

Las políticas de adaptación destinadas a fortalecer la resiliencia al Cambio Climático, como las inversiones en infraestructura resistente a los desastres y en sistemas de alerta temprana, la distribución del riesgo mediante los mercados financieros y la creación de redes de protección social, pueden limitar el impacto de las conmociones relacionadas con el tiempo y ayudar a acelerar la recuperación de la economía.

4. ESTABLECIMIENTO DE ESCENARIOS DE ADAPTACIÓN

4.1 RESULTADOS DE TENDENCIA CLIMÁTICA ANUAL Y ESTACIONAL

El proyecto ECCLA dispone de información base de seis variables climáticas de referencia con valores anuales; cinco relacionadas con la temperatura (temperaturas medias, máximas y mínimas, número de días de calor y noches tropicales) y una con las precipitaciones. Además, se ha incluido el análisis de tendencias de otras variables a partir de la plataforma AdapteCCa para completar los escenarios climáticos futuros de todo el territorio objeto de estudio; una relacionada con las temperaturas extremas (duración máxima de las olas de calor) y otras tres con las precipitaciones (días de lluvia, días secos y precipitaciones extremas).

Para el análisis integrado de ambas plataformas, se ha elaborado una herramienta de análisis de datos mediante un cuadro de mando que permite el análisis general de los datos descargados de ambas plataformas en periodos similares y los mismos escenarios. Para ello, la herramienta permite generar datos medios para todos los MGC e incluso analizar variaciones anuales y mensuales para cada uno de los diferentes escenarios, modelos y plazos temporales, bien como valores medios para todo el territorio objeto de estudio, bien indicando las peculiaridades para cada uno de los municipios.

La herramienta de análisis permite, a partir de los datos de las plataformas Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía y Visor de Escenarios Climáticos AdapteCCa, la elaboración de gráficos lineales y de barras, así como cálculos de valores medios para cada una de las variables climáticas analizadas.

Los cálculos se realizan en base al histórico y a un escenario temporal de clima actual, referido a las variaciones climáticas observadas en la última década, para la que la ONU, en el análisis del ODS 13. Acción por el clima (Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) establece que: *"2019 ha sido el segundo año más caluroso de todos los tiempos y marcó el final de la década más calurosa (2010-2019) que se haya registrado jamás"*. Los valores se presentan para los periodos establecidos 2011-2040 (corto plazo), 2041-2070 (medio plazo) y 2071-2100 (largo plazo).

4.1.1 PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA LA PROVINCIA DE MÁLAGA

Las conclusiones son muy similares, independientemente del escenario de análisis. Si bien las proyecciones en el escenario RCP 8.5 son bastante peores en relación con el periodo de referencia, sobre todo para el modelo MIROC considerado el más pesimista de todos. Incluso en el mejor de los casos, escenario RCP 4.5 y modelo CGCM3 se observarán variaciones significativas en algunas de las variables, sobre todo en las temperaturas.

Así, en una situación intermedia, tanto en escenarios RCP como en modelos MCG, se producirá un aumento sostenido de las temperaturas y una disminución, algo menos significativa, de las precipitaciones. En las páginas siguientes, se presentan mediante gráficos las variaciones para las distintas variables climáticas en el corto, medio y largo plazo, tanto para el escenario de estabilización (RCP 4.5) como para el de altas emisiones (RCP 8.5).

Se representan los valores medios para los cuatro MGC, así como para los modelos CGCM3 (más optimista) y MIROC (más pesimista). En el caso de las variables seleccionadas de AdapteCCa se hace una diferenciación entre las proyecciones anuales para los 3 periodos futuros y la variación esperable entre estaciones frías y cálidas (primavera-verano y otoño invierno)

Un análisis más detallado indica que las temperaturas extremas (máximas y mínimas), sufrirán aumentos elevados, incluso por encima de los 3°C a finales de siglo. Estos aumentos se notarán especialmente en las estaciones *a priori* más cálidas (mayor aumento de las máximas anuales), corroborado con una evolución al alza del número de días y, lo que es más preocupante, de las noches cálidas. También se esperan aumentos importantes tanto de la intensidad, como de la frecuencia y duración máxima de las olas de calor que a medio plazo ya se verán duplicadas su duración.

En cuanto a las precipitaciones²⁶ se observan pocos cambios en el régimen anual, si bien se observa una leve reducción de estas y un aumento de las precipitaciones máximas, asociadas a lluvias más torrenciales. En el caso de las precipitaciones máximas a 24 h, la media anual puede llegar a suponer un aumento a 2040 del +3,2%.

También es previsible una redistribución anual de las precipitaciones, modificándose el patrón de lluvias, lo que puede redundar negativamente en la vegetación. Aumentarán ostensiblemente los días secos anuales, llegando a finales de siglo a los 320 anuales con precipitación inferior a 1 mm, el 87,7% de los días del año. En el lado contrario, los días de lluvia se comprimirán hasta un 23%, lo que asociado a una reducción poco significativa de las precipitaciones implica un aumento de las precipitaciones intensas, ya que lo que antes llovía en 58,2 días de media, a finales de siglo XXI lo hará en poco más de 44 días al año.

En general, el clima del territorio de estudio tiende a ser más cálido y seco y serán más frecuentes y de mayor intensidad los eventos extremos.

Tabla. 3. Variaciones esperadas en las medias anuales con relación al periodo de referencia

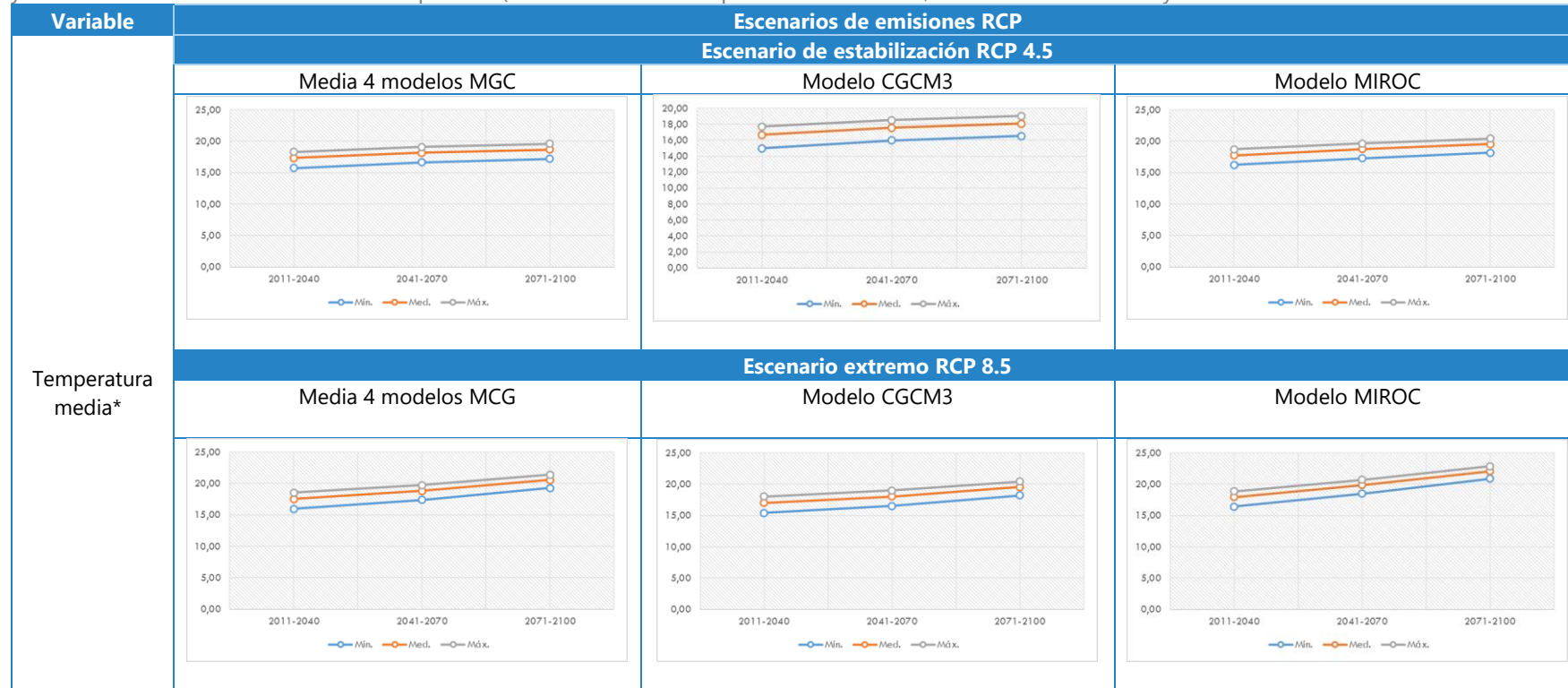
Variables climáticas	Año referencia	Estimaciones/plazos		
	1961-2000*	Corto	Medio	Largo
Temperatura media	16,2°C	+1,3	+2,3	+3,4
Temperatura máxima	21,4°C	+1,4	+2,5	+3,7
Temperatura mínima	10,9°C	+1,1	+2,1	+3,1
Días de calor (>40°C)	0,9 días	+5,6	+16,7	+34,0
Noches tropicales (>22°C)	8,1 días	+27,3	+45,7	+64,7
Duración máxima de olas de calor	10,4 días	+5,2	+13,8	+25,4
Precipitación	689,65 mm anuales	-0,9%	-4,3%	-5,2%
Días de lluvia	58,2 días	-5,0	-9,9	-13,4
Precipitaciones extremas (máx. 24 h)	60,9 mm	+3,2%	-0,2%	0,2%

Plazos: Corto 2011-2040; Medio 2041-2070 y Largo 2071-2100
 Escenario intermedio entre RCP 4.5 y 8.5 y los cuatro modelos MGC
 * Periodo de referencia AdapteCCa 1971-2000

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía y el Visor de Escenarios Climáticos AdapteCCa, 2021.

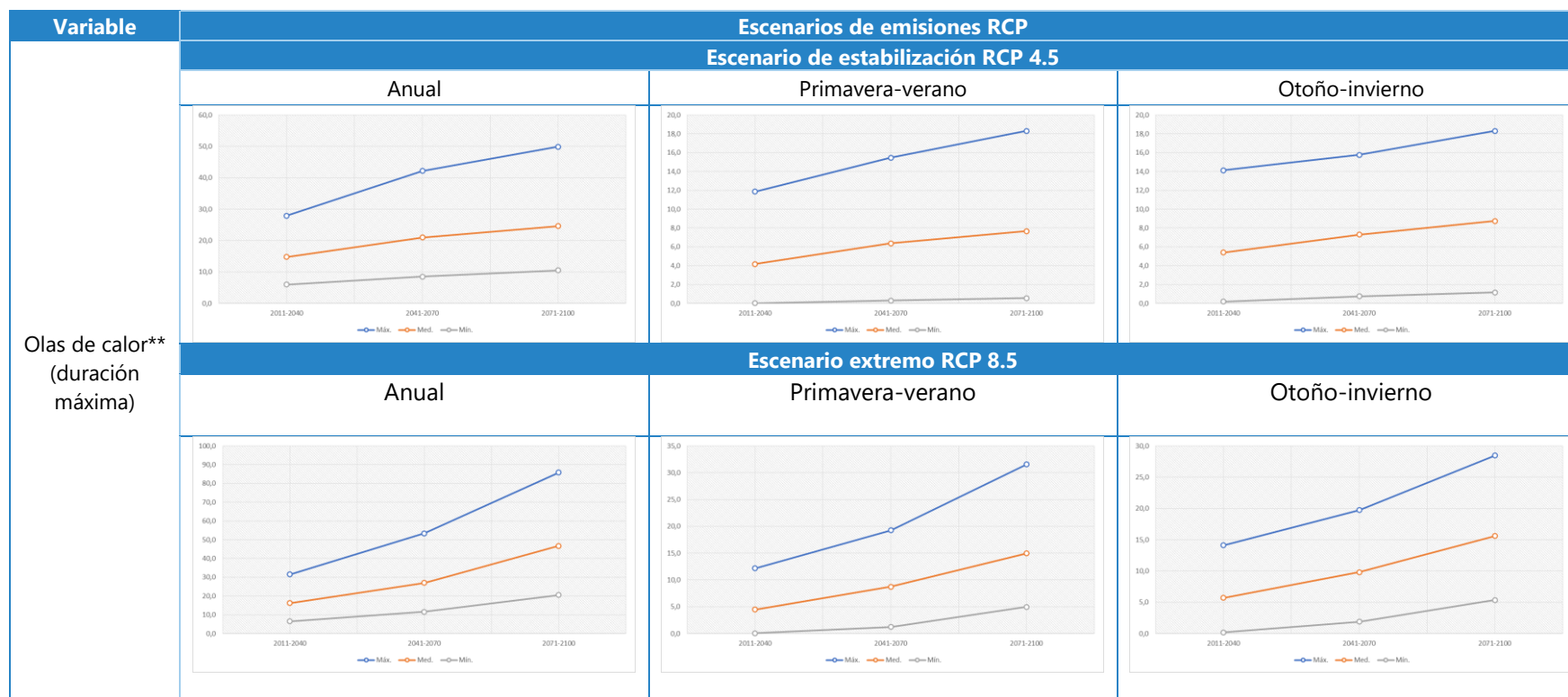
²⁶ Es necesario resaltar que algunos estudios consideran que la confianza de certidumbre de la mayoría de las variables, tanto de temperatura, como de precipitación presenta valores altos o muy altos (Martín, Santana, Nazco y López, 2013, mientras que otros estudios e informes refieren que los valores de tendencia de precipitación hay que tratarlos con mucha cautela por su baja significación estadística, debido a que las precipitaciones, en general, son muy variables en el clima mediterráneo.

Tabla. 4. Resultados de tendencia climática anual según la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía y el Visor de Escenarios Climáticos AdapteCCa (valores intermedios para modelos MGC, modelo MGCCGCM3 y MIROC)

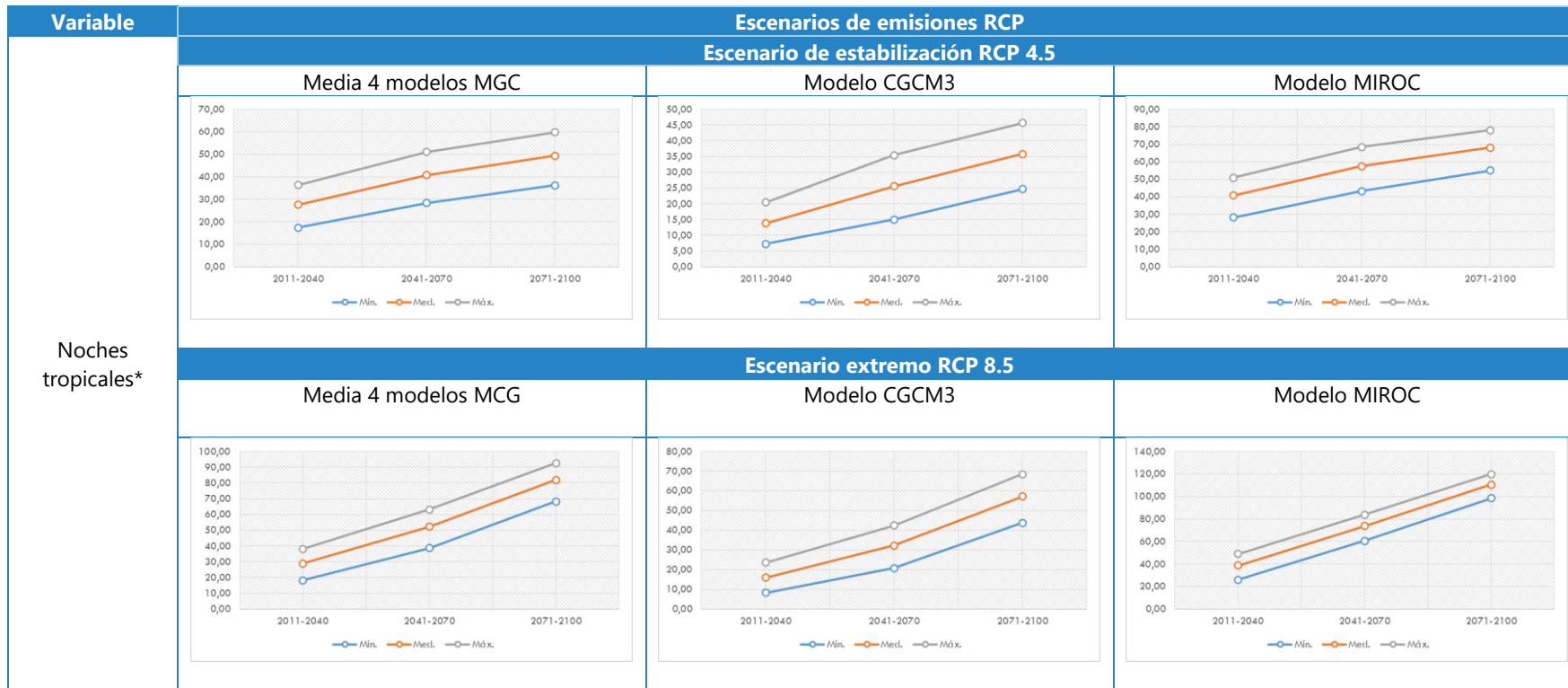


Variable	Escenarios de emisiones RCP		
Temperatura mínima*	Escenario de estabilización RCP 4.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC
	Escenario extremo RCP 8.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC

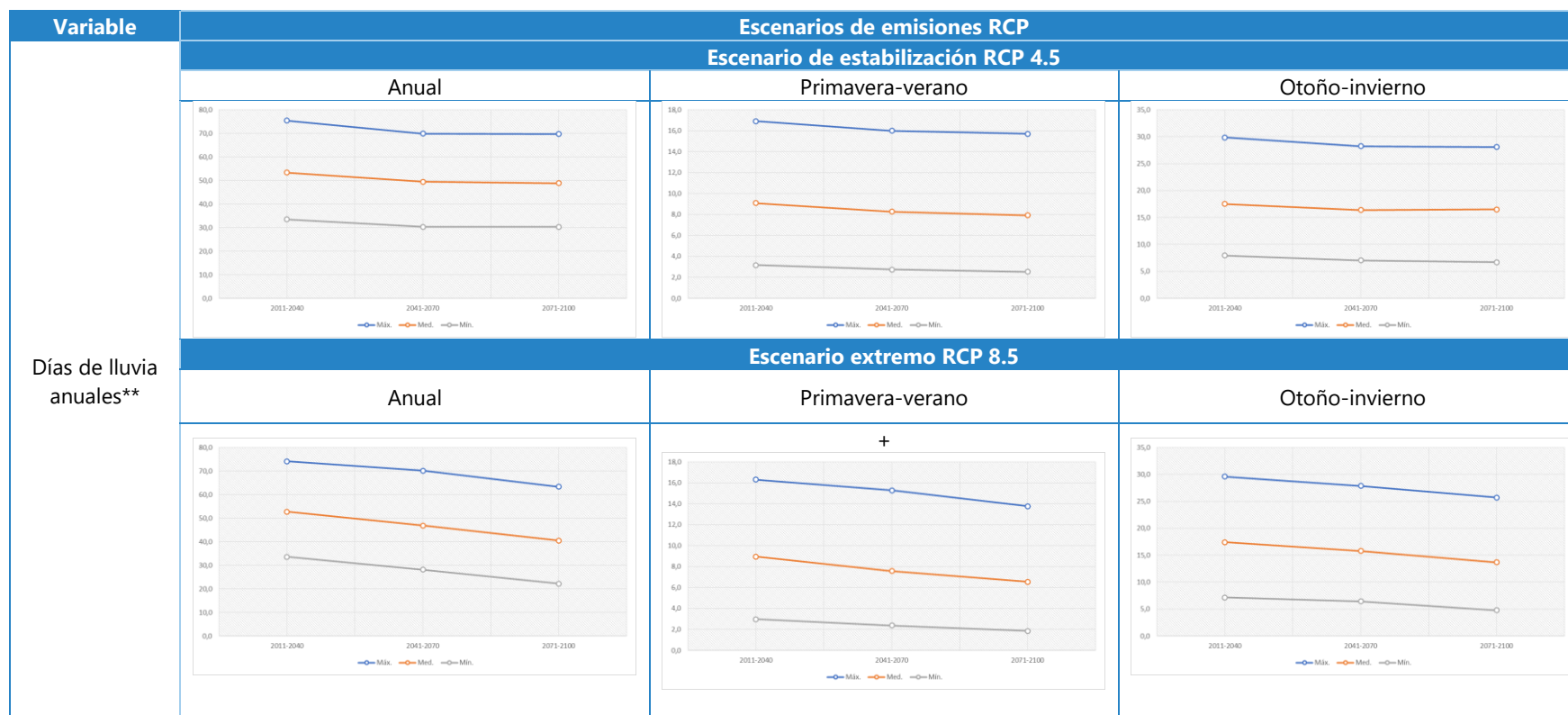
Variable	Escenarios de emisiones RCP		
Temperatura máxima*	Escenario de estabilización RCP 4.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC
	Escenario extremo RCP 8.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC

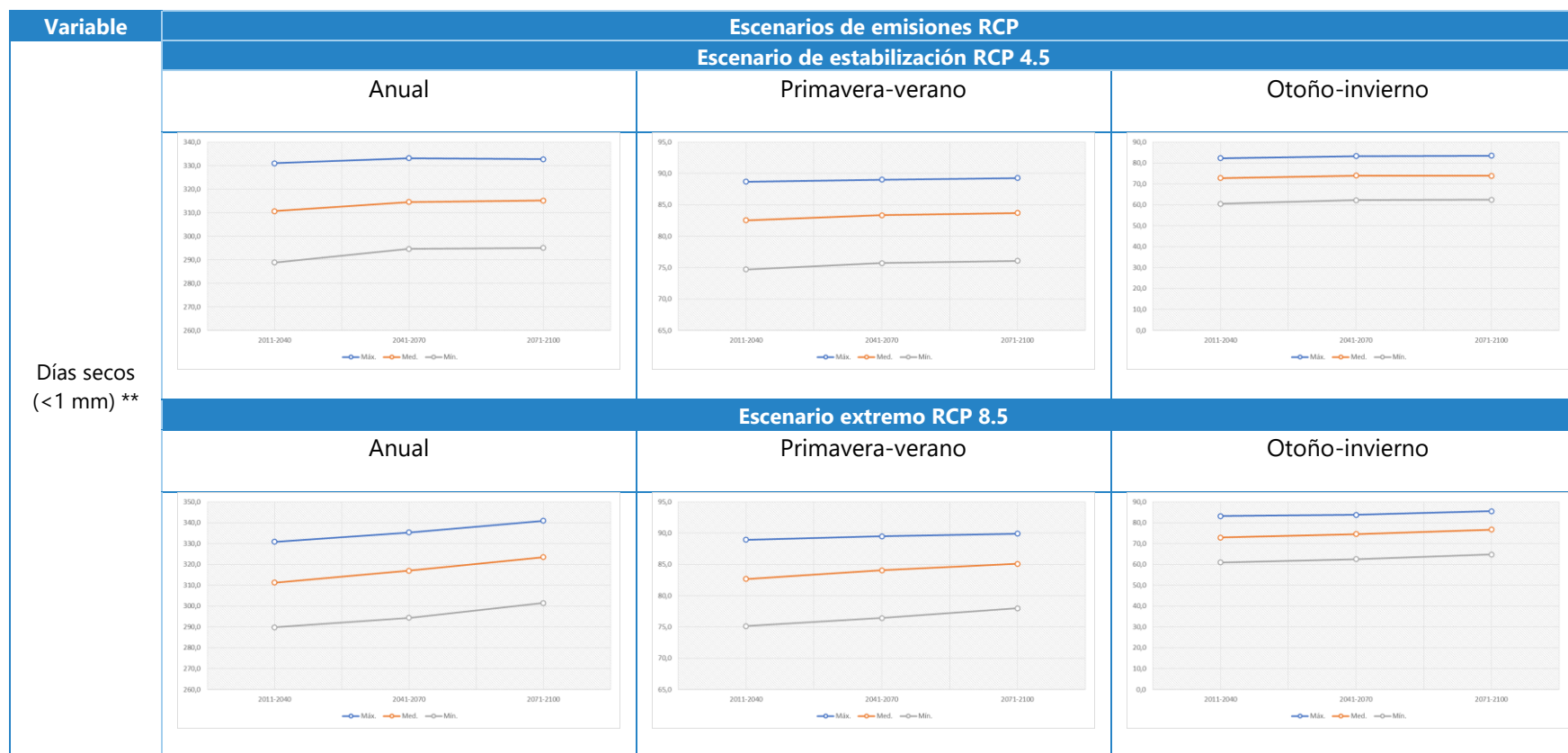


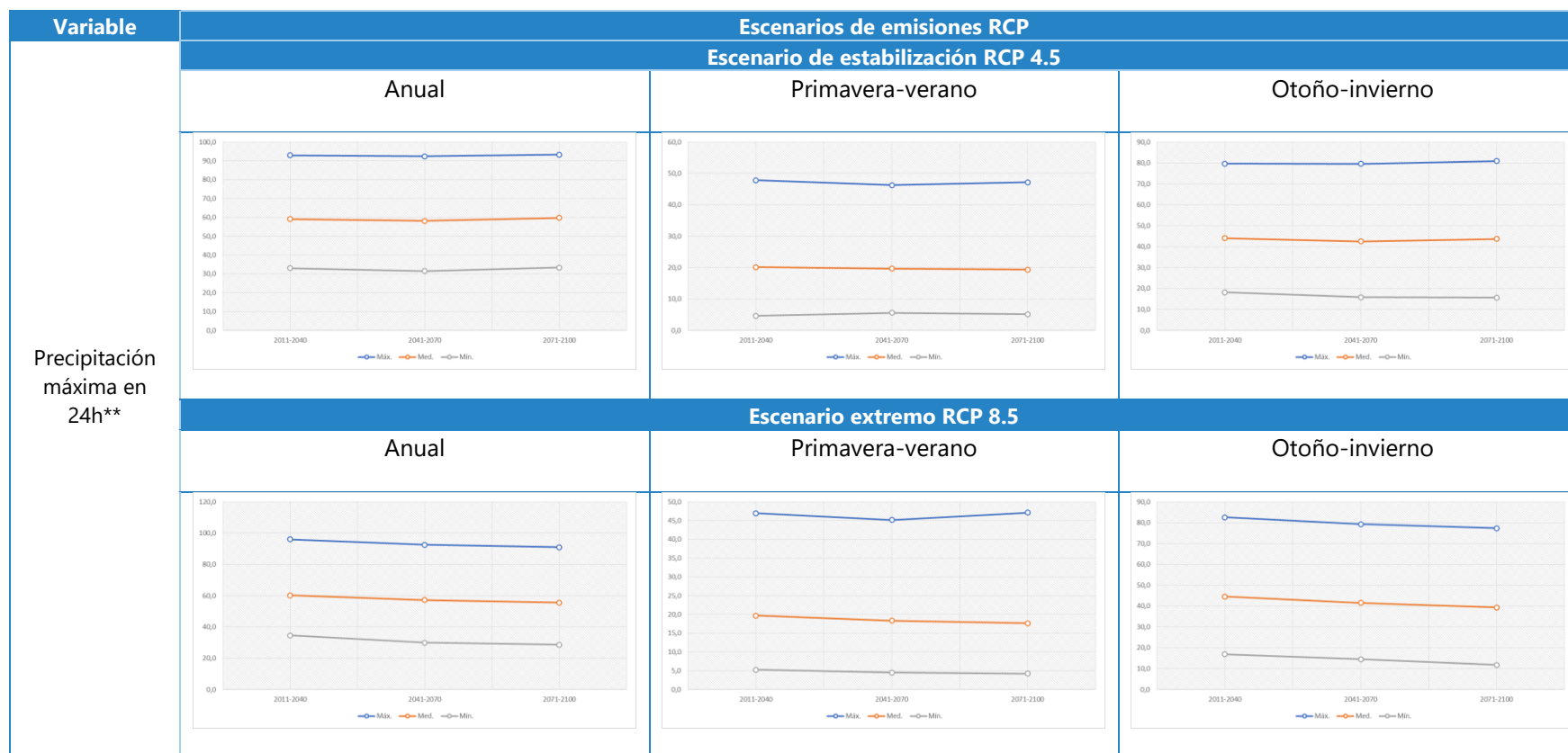
Variable	Escenarios de emisiones RCP		
	Escenario de estabilización RCP 4.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC
Días de calor*	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 4.5 scenario using the average of 4 MGC models. The y-axis ranges from 0,00 to 18,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 4.5 scenario using the CGCM3 model. The y-axis ranges from 0,00 to 18,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 4.5 scenario using the MIROC model. The y-axis ranges from 0,00 to 50,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>
	Escenario extremo RCP 8.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC
	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 8.5 scenario using the average of 4 MGC models. The y-axis ranges from 0,00 to 30,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 8.5 scenario using the CGCM3 model. The y-axis ranges from 0,00 to 18,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>	<p>Line chart showing projected 'Días de calor' for the RCP 8.5 scenario using the MIROC model. The y-axis ranges from 0,00 to 50,00. Three lines represent Min (blue), Med (orange), and Máx (grey) values. All lines show an upward trend from 2011-2040 to 2071-2100.</p>



Variable	Escenarios de emisiones RCP		
Precipitaciones * (mm/año)	Escenario de estabilización RCP 4.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC
	Escenario extremo RCP 8.5		
	Media 4 modelos MGC	Modelo CGCM3	Modelo MIROC



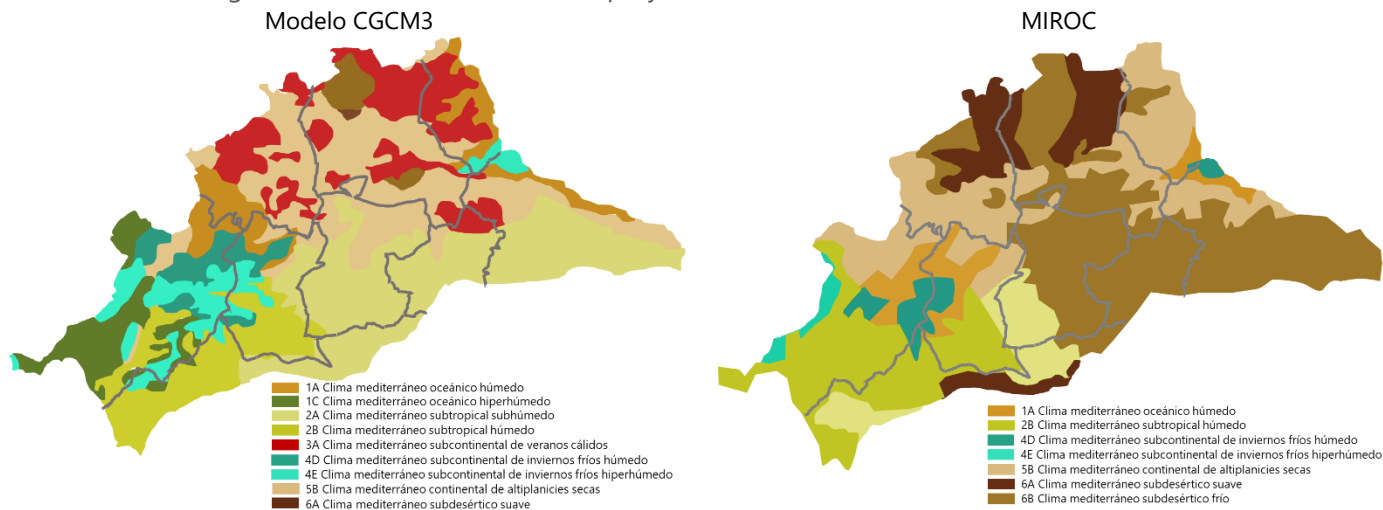




Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía* y el Visor de Escenarios Climáticos AdapteCCa**, 2021.

Según los *Escenarios Locales de Cambio Climático* en Andalucía actualizados al 5º Informe IPCC, realizados por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible en el marco del Subsistema de Información de Climatología Ambiental, se han desarrollado proyecciones a final de siglo de la situación de las clases de clima y unidades bioclimáticas proyectadas.

Figura 30. Unidades bioclimáticas proyectadas 2071-2099 en el escenario RCP 8.5²⁷



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Subsistema de Información de Climatología Ambiental (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente).

Una extracción de los cambios del clima proyectados la provincia de Málaga revela que, en el modelo CGCM3, considerado el más optimista en el marco de un escenario de altas emisiones a la atmósfera, el clima actual tiende a una atomización de los escenarios, con una tendencia clara a la reducción de las precipitaciones, ya que los ambientes más húmedos pierden presencia territorial reservándose a las zonas más elevadas. El clima en general se vuelve más seco y cálido (tropicalización), ya que los climas típicos del litoral irán ganando terreno hacia el norte ocupando el territorio de las primeras barretas serranas cercanas al mar (sierras Bermeja, Blanca, de Alpujata, de Mijas, Montes de Málaga y las primeras estribaciones de la Sierra de Almijara)

En el modelo MIROC, considero el más pesimista, la situación es bastante crítica, ya que los climas áridos del este almeriense, que destacan por la presencia de clases climáticas subdesérticas van ganando terreno de este a oeste y hacia el norte, sustituyendo a climas más suaves y húmedos, por otros más cálidos y secos. Los climas más frescos y de mayores precipitaciones sólo se podrán encontrar en las cumbres de las altas montañas, y, aun así, los típicos climas de montaña, que actualmente se pueden observar en las principales cumbres montañosas de la provincia, en los que los inviernos son claramente muy fríos y las precipitaciones, por regla general, son en forma de nieve, verá reducido considerablemente su presencia, e incluso tenderán a desaparecer.

4.1.2 ANÁLISIS COMARCALIZADO DE LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS

A continuación, mediante el análisis cruzado de cartografía de referencia y los datos de proyecciones climáticas para algunas variables, se define la evolución esperada del clima en los diferentes escenarios y modelos para las diferentes comarcas malagueñas.

²⁷ Simplificación global de los escenarios de cambio climático proyectado

Teniendo en cuenta la premisa de la robustez de los datos aportados por la plataforma de visualización y consulta de los escenarios regionalizados de Cambio Climático que indica que la fiabilidad de estos aumenta en el corto plazo de tiempo y que a medida que se reduce la unidad de análisis la probabilidad de error es mayor debido al uso de datos en rejilla de un tamaño determinado que a veces casa con cierta dificultad con escalas superficiales más pequeñas, tipo municipio, las proyecciones a 2040 son las más fiables, perdiendo significación a medida que nos alejamos en el siglo XXI.

En el caso de las temperaturas medias se observa claramente como, independientemente del escenario seleccionado (RCP 4.5/8.5), las temperaturas tienden a aumentar, de forma general, en mayor proporción en las comarcas del interior, sobre todo las más montañosas, con valores entre 1,2-1,5°C, mientras que las comarcas del sur, gracias a la suavidad climática que aporta el mar, las predicciones son un poco más halagüeñas.

Tabla. 5. Proyecciones comarcales de las temperaturas medias a 2040

Comarca	Histórico	RCP 4.5	RCP 8.5
Costa del Sol-Occidental	17,1	+1,0	+1,2
Serranía de Ronda	15,5	+1,3	+1,5
Sierra de las Nieves	16,3	+1,1	+1,3
Málaga-Costa del Sol	16,4	+1,1	+1,3
Valle del Guadalhorce	16,8	+1,1	+1,3
Guadalteba	15,8	+1,2	+1,4
Antequera	16,1	+1,3	+1,5
Nororma	15,4	+1,3	+1,5
La Axarquía	16,3	+1,0	+1,2

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

En algunos municipios del litoral malagueño las subidas proyectadas en el corto plazo no superan los +1°C, presentando subidas entre 0,7-0,9°C en el escenario más favorable (RCP 4.5), ya que, en el caso de emisiones altas, las subidas proyectadas se sitúan entre 1-1,3°C. En el interior, en este escenario más pesimista, algunos municipios pueden llegar incluso a sobrepasar los 1,6°C.

Avanzando en el siglo XXI, la situación se complica bastante, ya que las proyecciones a 2070 indican subidas en el interior por encima de los 1,5°C, en el mejor de los escenarios, en muchos municipios y comarcas, especialmente en los climas más fríos que serán los que notarán una mayor subida en las temperaturas, provocando una caída de los días fríos e incluso de las precipitaciones en forma de nieve. En el litoral, estas subidas estarán en torno a los 1-1,3°C, llegando en algunas zonas a acercarse bastante a los 1,5°C.

En el caso del peor de los escenarios, el mapa se tiñe casi completamente de rojo, con subidas, rara vez por debajo de los 2°C, llegando incluso a superar completamente los 3°C en comarcas del interior y municipios más serranos.

En cuanto a las precipitaciones y teniendo en cuenta la variabilidad del clima mediterráneo y la significación otorgada por algunos autores, el escenario temporal a 2040 con una proyección de bajas emisiones es un fiel reflejo de las precipitaciones en este clima. En algunas zonas muy puntuales, se observa como incluso las precipitaciones pueden llegar a crecer, sobre todo en la comarca de la Serranía de Ronda, ya de por sí caracterizado por su elevada pluviosidad.

En otras zonas serranas del interior e, incluso, de las primeras estribaciones montañosas del litoral (Montes de Málaga, Sierra Bermeja, Sierra Blanca y estribaciones de la Sierra de Almijara) también se observan aumentos en las precipitaciones. En cualquier caso, todo este aumento de las lluvias es bastante poco significativo, ya que como máximo alcanzan los +10 mm anuales, llegando en algunos puntos hasta los 15-16 mm, lo que viene a significar variaciones sin importancia dentro de las tipologías de climas hiper y húmedos, incluso en aquellos más secos.

En muchos casos, estos aumentos se proyectan en estimaciones de crecimiento de las precipitaciones torrenciales ya que, por lo general, se reduce considerablemente en toda la provincia los días de lluvia.

Tabla. 6. Proyecciones comarcales de las precipitaciones medias a 2040

Comarca	Histórico	RCP 4.5	RCP 8.5
Costa del Sol-Occidental	766,9	-3,0	-34,3
Serranía de Ronda	1.076,9	+9,1	-29,5
Sierra de las Nieves	810,9	+1,6	-26,1
Málaga-Costa del Sol	559,4	+2,7	-22,7
Valle del Guadalhorce	580,5	+1,6	-26,1
Guadalteba	603,0	+4,0	-15,2
Antequera	507,9	+0,8	-18,3
Nororma	652,3	-3,2	-23,1
La Axarquía	644,0	+4,8	-20,0

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

En el escenario de altas emisiones, la tendencia es a la reducción de las precipitaciones aproximadas entre el 4,5% en el Valle del Guadalhorce y el 2,5% de Guadalteba o de la Serranía de Ronda. En cualquier caso, la mayor reducción observada en ambos escenarios se localiza en el municipio de Casares oscilando entre 28-69 mm anuales dependiendo del escenario elegido.

A más largo plazo, la situación se compromete mucho en la mayoría de las comarcas y municipios malagueños, sobre todo en las zonas montañosas del litoral y las Penibéticas occidentales y centrales, a oeste y este de la provincia. Así, a 2070 ya son muchas las zonas marcadas en rojo, sobre todo en el suroeste, sierras centrales del litoral y sierras orientales más meridionales, ya que las comarcas del norte provincial, de por sí las más secas, presentan reducciones mucho menores de las precipitaciones. Las reducciones más severas ya se estarán acercando considerablemente a los -100 mm anuales y casi siempre por encima de los 80 mm de reducción, lo que para zonas como la Serranía de Ronda suponen casi el 9,3% de las precipitaciones anuales, porcentajes superados en la Sierra de las Nieves, en la que los municipios del sur pueden llegar a perder más del 10,8% de las lluvias.

La situación es mucho peor en el escenario pesimista, en el que las reducciones por encima de los 120-130 mm se extienden por toda la provincia, siendo muy pocas las comarcas que se libran (Antequera y Guadalteba), así como algunos puntos concretos asociados a zonas de valle en los municipios del centro de la provincia.

Para el año 2040 se ha diseñado una metodología de análisis de las zonas más sensibles al Cambio Climático en base al aumento de las temperaturas medias comarcales y la reducción de las precipitaciones. Se ha elaborado una matriz de doble entrada con diferentes tramos de reducción de las precipitaciones y aumento de las temperaturas y se ha definido como afecta cada situación a la situación climática de partida.

Tabla. 7. Cambios observados en el clima en función de las temperaturas y las precipitaciones (2040)

	0-0,5°C	0,5-1°C	1-1,5°C	1,5-2°C	>2°C
>0 mm	Sin cambios	Cambios no significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes
Sin variación	Sin cambios	Cambios no significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes
<1-25 mm	Sin cambios	Cambios no significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes
<25-50 mm	Sin cambios	Cambios no significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes
<50-75 mm	Cambios no significativos	Cambios significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes
<75 mm	Cambios significativos	Cambios significativos	Cambios significativos	Cambios importantes	Cambios importantes

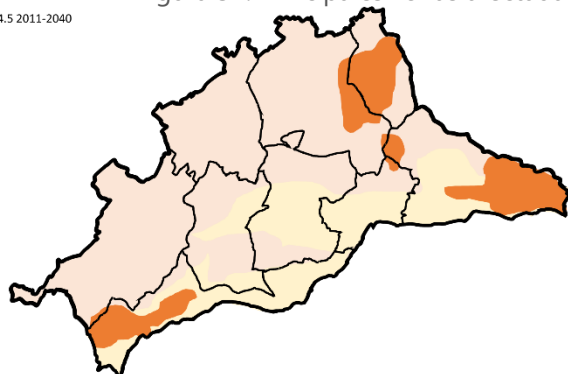
Fuente: elaboración propia.

En caso de cambios no significativos o sin cambios, se prevé que el clima actual no sufra ninguna modificación y se mantenga similar al actual. Los cambios significativos ya implican una variación al menos de la unidad bioclimática, en general con tendencia a la tropicalización del clima. Por su parte, los cambios importantes pueden afectar incluso a las clases generales de clima dentro del marco del clima mediterráneo, cambiando la distribución actual de las 6 zonas bioclimáticas, lo que implica una variación muy significativa de los diferentes climas observados

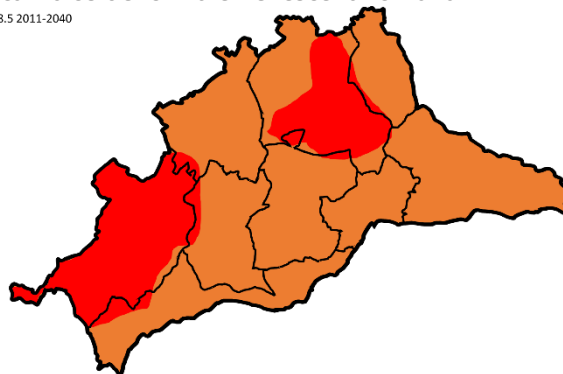
Por último, los cambios drásticos afectan incluso a la distribución de los climas según áreas geográficas (A2, A3 y A4), lo que puede provocar que un área determinada que, por su orografía, exposición a los vientos, altitud y localización geográfica presente un clima totalmente diferente al que debería corresponderle según la clasificación de los climas de Andalucía.

Figura 31. Principales zonas afectadas por cambios del clima en el escenario 2040

RCP 4.5 2011-2040



RCP 8.5 2011-2040



Fuente: elaboración propia.

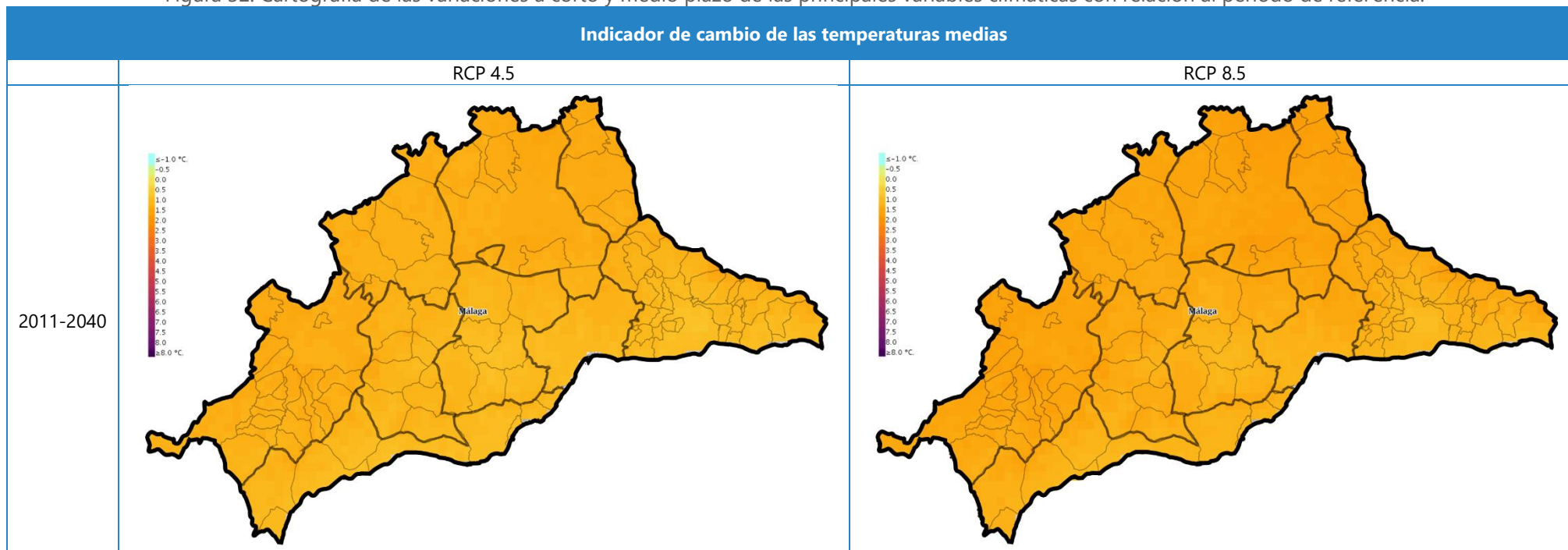
Así en el escenario RCP 4.5, la mayor parte del interior provincial presentará cambios significativos en el clima, lo que implica que se producirá una variación en las unidades bioclimáticas en relación con las definidas en el periodo histórico (1961-2000), principalmente debido a un aumento importante de las temperaturas que generará climas más cálidos o suaves.

Destacan algunas zonas concretas, municipio de Casares en la Costa del Sol Occidental o municipios centrales de la comarca Nororiental y este de Antequera, así como los municipios más orientales, junto con Colmenar en La Axarquía que sufrirán cambios importantes en el clima, debido a reducciones elevadas de las precipitaciones asociada a un aumento de las temperaturas entre 1-1,5°C.

En el escenario más pesimista, toda la provincia sufrirá, a grandes rasgos, cambios importantes del clima dominante y especialmente las comarcas de la Serranía de Ronda y Antequera serán las puedan sufrir mayores cambios en el clima, con una tendencia en la Serranía de Ronda a un clima con temperaturas más suaves y seco, retrayéndose las diferentes unidades bioclimáticas asociadas a las zonas elevadas hacia arriba. En el caso de Antequera, el clima tenderá a más seco y más cálido aún, provocando veranos más calurosos que los actuales e inviernos más secos y fríos, asociado a los vientos de poniente, sobre todo el terral de invierno.

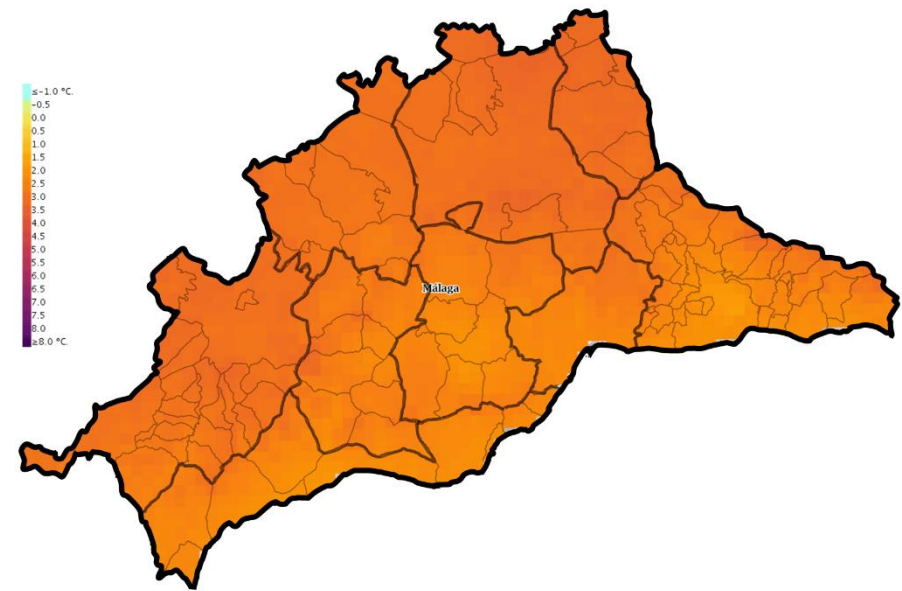
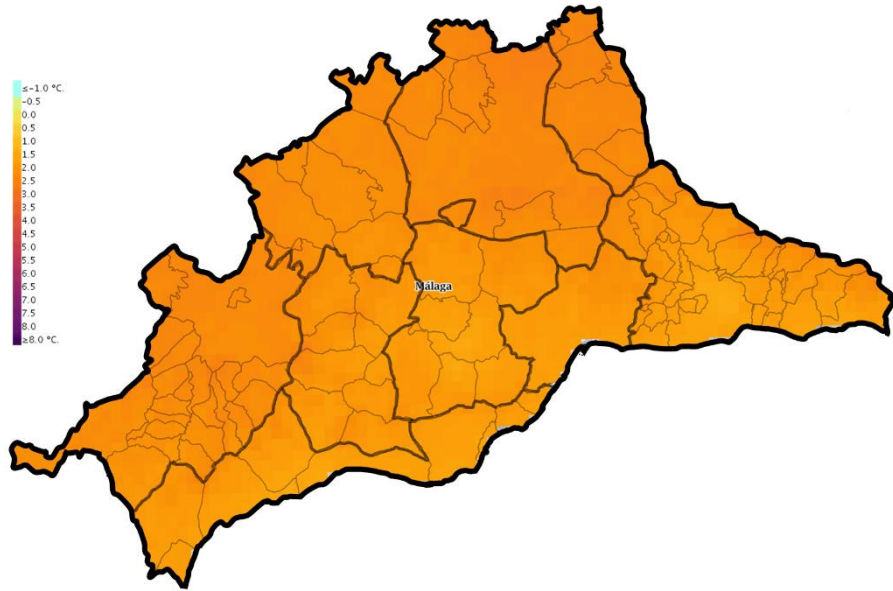
Figura 32. Cartografía de las variaciones a corto y medio plazo de las principales variables climáticas con relación al periodo de referencia.

Indicador de cambio de las temperaturas medias



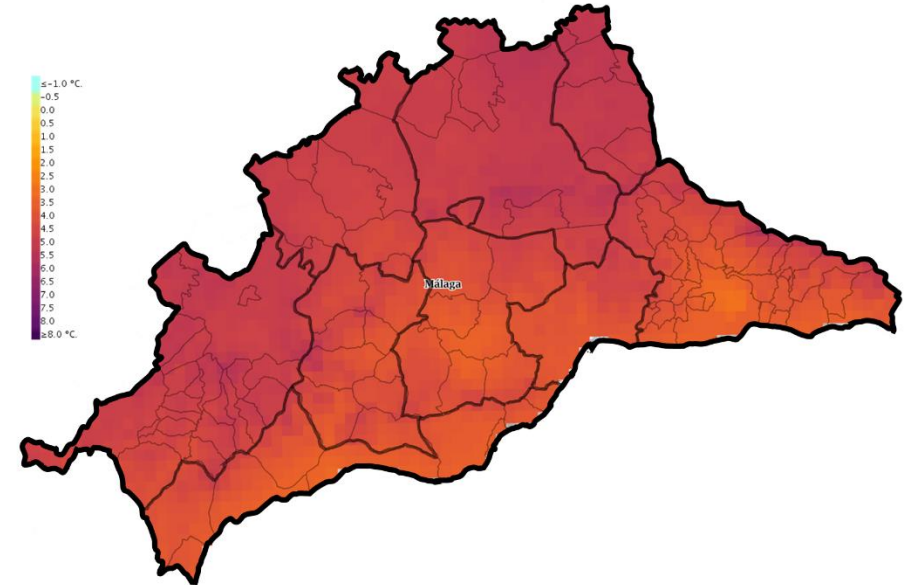
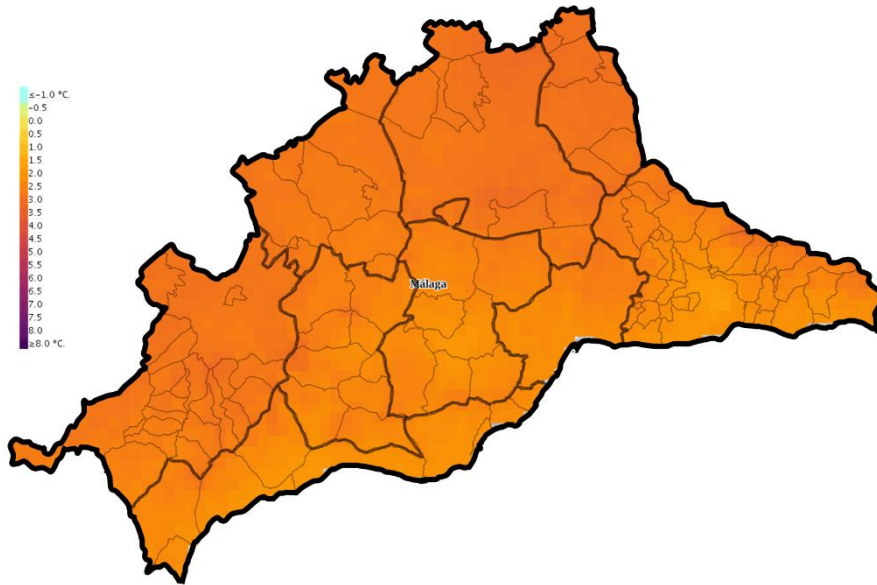
Indicador de cambio de las temperaturas medias

2041-2070

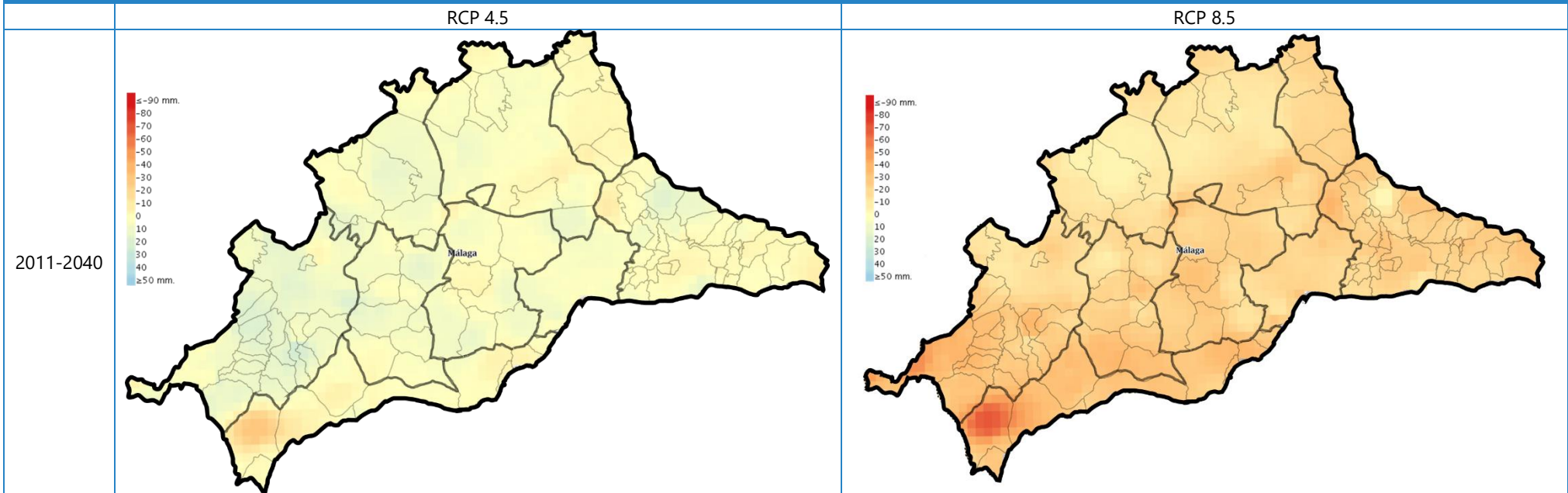


Indicador de cambio de las temperaturas medias

2071-2099

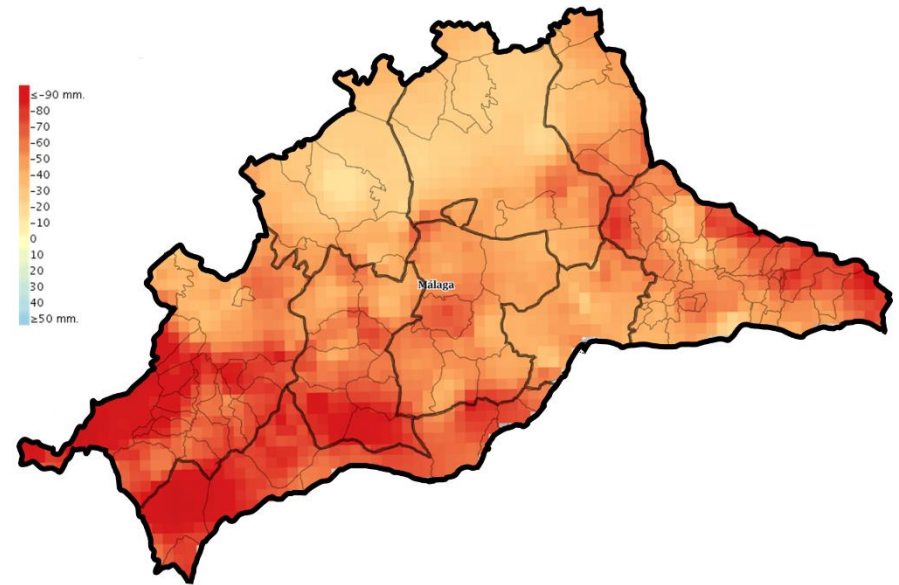
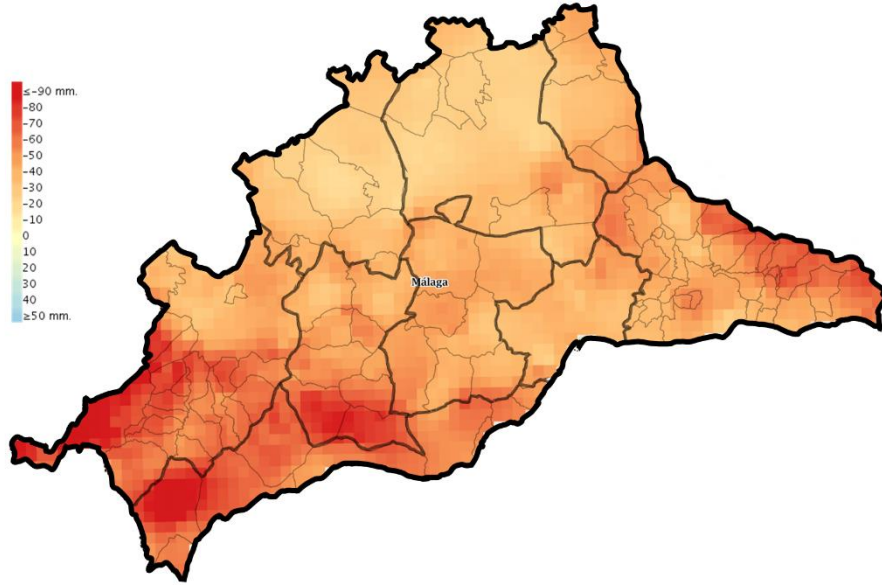


Indicador de cambio de las precipitaciones anuales

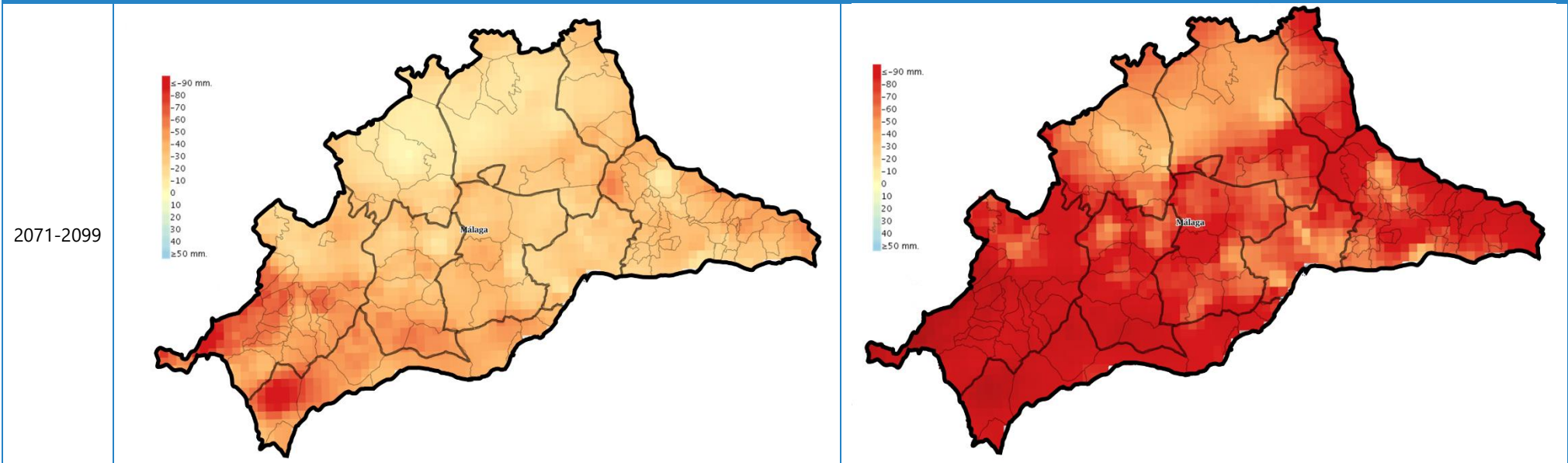


Indicador de cambio de las precipitaciones anuales

2041-2070



Indicador de cambio de las precipitaciones anuales



Fuente: elaboración propia a partir de la Aplicación de descarga y visualización de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía, 2021.

