

CAPÍTULO CUARTO: EL CLIMA DE ANDALUCÍA.

M^a Fernanda Pita López

En: LÓPEZ ONTIVEROS, A. (Coord): *Geografía de Andalucía*, Barcelona, Ariel, pp. 137-174

1. EL CLIMA DE ANDALUCÍA EN EL CONTEXTO MUNDIAL.

Las características climáticas de Andalucía se derivan en primer lugar y básicamente de su posición en el planeta. Andalucía se sitúa a una latitud comprendida entre 36° N en su punto más meridional y 38°44' N en el más septentrional, lo que la sitúa bajo el dominio de los climas subtropicales, una franja de transición entre los climas de las latitudes medias y los climas tropicales. Esta transición entre dominios se traduce, por un lado, en un comportamiento peculiar por lo que respecta al balance de radiación y, por otro lado, en una actuación también precisa sobre su territorio de la circulación atmosférica general.

En relación con el balance de radiación, como es sabido, el planeta se encuentra dividido básicamente en dos zonas: la zona tropical y subtropical, comprendida entre el Ecuador y los paralelos 37° de ambos hemisferios, en la cual el balance de radiación es excedentario, como consecuencia de la entrada en ella de más radiación de la que se emite, y la zona de las latitudes medias y altas, que se extiende aproximadamente desde el paralelo 37° hasta los polos, y en la cual la situación es justamente la contraria. En ella se producen más pérdidas que ganancias de radiación, lo que determina la existencia de un déficit de radiación tanto más acusado cuanto más nos desplazamos hacia los polos. Pues bien, Andalucía se encuentra precisamente en el límite que separa ambos dominios. Como consecuencia de ello su balance de radiación es prácticamente equilibrado, es decir, nulo, pero se constituye en un ámbito fundamental para el intercambio de masas de aire entre los dos ámbitos limítrofes, dado que, efectivamente, los desequilibrios radiativos de los dominios ecuatorial y polar del planeta se resuelven a través del intercambio de calor que realizan entre ellos las circulaciones oceánica y atmosférica. Así pues, ya tenemos aquí un primer rasgo que configura a Andalucía como un ámbito de transición entre dominios climáticos diferentes y como asiento de tránsito y trasiego de masas de aire distintas, más que como área de génesis de masas de aire propias.

Pero, además, este carácter de dominio de tránsito se plasma también en el modo de actuación de la circulación atmosférica general sobre la región, de forma tal que el espacio andaluz se va a ver sometido a la alternancia de centros de acción y de mecanismos

meteorológicos diferentes en las estaciones invernal y estival. Durante la estación invernal la región se verá sometida a los mecanismos propios de las latitudes medias, viéndose afectada esencialmente por la presencia de los vientos del oeste y las perturbaciones del frente polar en las capas bajas de la atmósfera, y por la corriente en chorro circumpolar en las capas altas. El desplazamiento de los cinturones de presión y viento hacia el polo Norte durante la estación estival determina que en esta estación la región quede bajo la influencia de las altas presiones subtropicales. Esta alternancia de centros de acción diferentes impone una clara diferenciación entre el tiempo predominante registrado en verano e invierno, la cual introduce además una dimensión de variabilidad e irregularidad que se deriva de la propia variabilidad existente en el desplazamiento de estos centros de acción. Los espacios sometidos permanentemente a un mismo centro de acción experimentan una variabilidad climática derivada únicamente de las variaciones internas de estos centros; cuando hay alternancia entre centros de acción diferentes, a estas variaciones internas hay que añadirle las variaciones asociadas al propio desplazamiento de los centros, que no se producen siempre en las mismas fechas ni con las mismas duraciones.

Pero, dentro de esta posición latitudinal, Andalucía se ubica entre los meridianos $3^{\circ}50'$ W y $0^{\circ}34'$ E, ocupando la fachada suroccidental del continente europeo o, lo que es lo mismo, la fachada occidental de la cuenca mediterránea y, como consecuencia de ello, se inscribe en el dominio de los climas subtropicales de costa occidental o mediterráneos. Ello implica dos hechos fundamentales: por un lado, el establecimiento en la región de mecanismos subtropicales en estado puro y, en ese sentido, la existencia de una distinción neta entre un invierno húmedo, lluvioso y suave en términos térmicos, alternando con un verano seco y marcadamente caluroso. Tales condiciones se derivan, efectivamente, de esta posición costera occidental dentro de la franja subtropical, dado que a ella los vientos del oeste llegan particularmente húmedos e inestables después del recorrido oceánico, produciendo así las características lluvias invernales, que en ámbitos más continentales u orientales llegarían ya más desnaturalizadas.

Lo mismo sucede con el cinturón de altas presiones subtropicales, que adquiere en estos enclaves los caracteres de máxima estabilidad dentro de la zona subtropical. Efectivamente, en los ámbitos continentales del dominio subtropical el calor veraniego determina el establecimiento de bajas presiones superficiales que perjudican el desarrollo de la estabilidad. En las costas orientales de los continentes (en el hemisferio Norte las costas de Florida o del sudeste asiático ejemplificarían la situación) razones térmicas y orográficas reducen la estabilidad inherente a las células de alta presión. Tomando como referencia el océano

Atlántico y la célula anticiclónica subtropical allí instalada (el anticiclón de las Azores), en torno a la cual el aire gira en el sentido de las agujas del reloj, se comprende fácilmente que en las costas de Florida la masa de aire superficial es muy cálida en función de su trayectoria sur-norte, con procedencia estrictamente tropical, y de su recorrido sobre aguas oceánicas muy cálidas (la corriente del Golfo), todo lo cual genera una propensión a la inestabilización del aire y al desarrollo en su interior de brotes convectivos. Por otro lado, estas masas de aire cálidas y húmedas procedentes del océano se dirigen directamente hacia el continente americano, donde el relieve ejerce un efecto de disparo sobre el aire que lo obliga a ascender y a generar nubosidad y precipitaciones abundantes.

La situación es justamente la contraria en las costas occidentales de los continentes (la península Ibérica en el caso que nos ocupa). En ellas la masa de aire que flanquea la célula anticiclónica es mucho más fría por su procedencia septentrional y su recorrido sobre una corriente oceánica muy fría – la corriente de Canarias -. Por otro lado, su trayectoria, preferentemente dirigida desde el continente hacia el océano impide el efecto de disparo del aire. Todo ello en conjunto contribuye a reforzar la estabilidad de esta masa de aire y, en consecuencia, a generar la sequía estival tan acusada que caracteriza a nuestro clima (las diferencias paisajísticas existentes entre Florida y Andalucía, prácticamente a la misma latitud, son buena muestra de esta disimetría).

Pero, además, la posición en la costa occidental europea determina la ubicación de Andalucía en la propia cuenca mediterránea y ello proporciona al clima algunos rasgos peculiares dignos de consideración. En primer lugar, la existencia de un mar muy cerrado y muy cálido, que en ciertos momentos puede propiciar la inestabilización del aire por el calentamiento y la humidificación superficial que éste recibe. Además, la existencia de una cuenca completamente accidentada y rodeada de relieves abruptos, tanto en su fachada norte como en la sur, lo que determina la existencia de flujos de aire muy complejos y que atribuyen mucho peso en el clima a características locales (reactivación de perturbaciones, generación de algunas nuevas, regímenes propios de viento por efectos föhn, Venturi etc.). Por último, la puesta en contacto de mundos muy diferentes pero muy próximos entre sí: el Atlántico y el Mediterráneo, el continente europeo y el africano.

Todo ello refuerza las condiciones de variabilidad temporal que ya veíamos en párrafos anteriores, hace además que ésta se acompañe también de una marcada variabilidad espacial y determina la aparición ocasional de fenómenos muy extremos que rompen con la tradicional suavidad y dulzura que se atribuye habitualmente a los climas mediterráneos con la sola evocación del nombre.

Todos estos rasgos, que caracterizan a los climas de la cuenca mediterránea, se producen de manera arquetípica en el territorio andaluz, que participa de todas las características ya comentadas para el conjunto del Mediterráneo. Por orden de importancia éstos podrían identificarse como:

- Un invierno húmedo, lluvioso y atemperado por la influencia oceánica.
- Una marcada variabilidad temporal en las magnitudes climáticas, especialmente en la precipitación, que permite la aparición de fenómenos extremos a veces muy intensos.
- Una acusada variabilidad espacial como consecuencia del relieve accidentado, lo que se traduce en la aparición de mosaicos climáticos muy finos en el interior del gran conjunto mediterráneo.

2. LOS FACTORES DEL CLIMA DE ANDALUCÍA.

Pero, además de esta panorámica general, que podría ser atribuible a cualquier espacio ubicado en la cuenca mediterránea, Andalucía presenta rasgos climáticos peculiares que se derivan de la intervención en ella de factores específicos y propios. Entre tales factores merecen destacarse, por un lado, los de carácter termodinámico, ligados al modo de actuación de la circulación atmosférica en el ámbito concreto de la región y, por otro lado, los factores de orden geográfico, entre los cuales el relieve juega el papel primordial, aunque tampoco es desdeñable la acción de la naturaleza de la superficie, en la cual la alternancia de mares y continentes y el propio contraste térmico entre el Atlántico y el Mediterráneo constituyen las piezas clave. Comenzaremos aludiendo a los factores de orden geográfico dado que su influencia llega incluso a plasmarse en los de carácter termodinámico.

2.1. LOS FACTORES DE ORDEN GEOGRÁFICO.

La **disposición del relieve y la altimetría** constituyen el principal factor de orden geográfico de la región. La mera altimetría interviene fuertemente sobre el clima imponiendo gradientes térmicos altitudinales que consagran a los dominios de montaña como los más frescos de todo el ámbito regional. Los gradientes térmicos altitudinales se pueden evaluar en aproximadamente $0,46^{\circ}/100$ m en la cuenca del Guadalquivir y $0,33^{\circ}/100$ en las solanas de las Béticas, con valores algo más acusados en invierno. Ello determina que las temperaturas más frescas del verano y las más frías del invierno se sitúen en los enclaves más altos de las cadenas Béticas y se vayan suavizando a medida que se desciende hasta el nivel del mar.

Pero, además, la disposición del relieve ejerce fuertes repercusiones sobre el clima de la región. El relieve andaluz presenta una orientación general SW-NE, especialmente marcada en las cadenas Béticas, en las cuales se sitúan además las alturas más elevadas, superándose los 3000 metros sobre el nivel del mar. En este edificio sólo se registra una gran apertura en el valle del Guadalquivir, a la que acompañan otras muy inferiores constituidas por las depresiones litorales mediterráneas y algunas planicies interiores emplazadas en el surco intrabético. Todo ello tiene repercusiones climáticas destacables. En primer lugar, el predominio de las influencias marinas atlánticas sobre las mediterráneas. Estas últimas quedan reducidas al ámbito estrictamente costero salvo las pequeñas penetraciones que encauzan los valles que vierten a esta cuenca y que sólo alcanzan cierto desarrollo y amplitud en el levante almeriense. Sin embargo, la influencia atlántica encuentra para su penetración el amplio valle del Guadalquivir, que se encuentra en una perfecta disposición para recoger y canalizar hacia el interior de la región los vientos del W y SW, que son por otra parte los predominantes durante la estación invernal y, más genéricamente, en el periodo comprendido entre octubre y junio.

En segundo lugar, la fragmentación de la región en dos grandes ámbitos climáticos bien diferenciados: el noroccidental o atlántico y el suroriental o mediterráneo, separados *grosso modo* por las cadenas Béticas, que se convierten en una muralla más o menos infranqueable entre uno y otro dominio. Esta fragmentación constituye un rasgo interno esencial del clima de la región, sobre todo, por la escasa covariación existente entre ambos dominios. La disimetría es especialmente marcada en la precipitación, donde el ámbito noroccidental suele recibir lluvia a través de mecanismos atlánticos (frentes y perturbaciones que penetran desde el oeste) que no llegan a hacerse sentir a sotavento de las Béticas, mientras que el suroriental las recibe a través de depresiones mediterráneas que tampoco alcanzan, en general, a los ámbitos noroccidentales. Pero las temperaturas y la humedad también acusan esta disimetría como consecuencia del efecto föhn ejercido por esta cadena sobre los vientos de procedencia tanto atlántica y septentrional como mediterránea y meridional.

El relieve, además, contribuye a configurar un área muy continentalizada en el interior de la región (las hoyas interiores de las cadenas Béticas y, en general, todo el surco intrabético), donde tanto las influencias atlánticas como las mediterráneas se ven obstaculizadas para acceder. Los extremos térmicos y la exigüidad pluviométrica serán buena muestra de este carácter continental.

Por último, el relieve, por su peculiar disposición SW-NE y en buena medida W-E, genera importantes disimetrías térmicas entre las solanas y las umbrías, las primeras con

abundante recepción de radiación solar y protegidas de las invasiones frías del norte por el relieve y, en consecuencia muy beneficiadas térmicamente, y las últimas con la situación justamente contraria. Toda la alineación de Sierra Morena constituye un buen ejemplo de este tipo de solanas, pero el ejemplo arquetípico se sitúa en la vertiente sur de las cadenas Béticas, donde a la condición de solana se asocia la influencia termorreguladora del Mediterráneo, todo lo cual la convierte en uno de los dominios más cálidos y suaves del continente europeo.

A todo ello habría que añadir los efectos ejercidos a escalas más detalladas, que no serán objeto de la presente obra, pero entre los cuales habría que destacar por su importancia las modificaciones ejercidas sobre el viento en el área del estrecho del Gibraltar y sus proximidades como consecuencia del encajamiento del aire en el angosto pasillo que allí dibuja el relieve.

La **naturaleza de la superficie** constituye un factor geográfico menos importante pero digno también de ser tomado en consideración, destacando en este sentido la presencia de la franja marina que rodea a la región por su flanco meridional y la ligera disimetría existente entre el área atlántica y el área mediterránea de dicha franja.

El Atlántico, en las proximidades de las costas andaluzas, tiene una temperatura media que oscila entre unos 14-15° en enero y unos 20-21° en julio. Por su parte, el Mediterráneo iguala esa cifra en enero, pero la supera en agosto, alcanzando entonces 22,5-23° de temperatura y, de hecho, a igualdad de latitud, siempre el Mediterráneo alcanza temperaturas superiores a las del Atlántico a excepción del invierno. Además, estos valores térmicos elevados se mantienen en el Mediterráneo a lo largo de todo su espesor, que alcanza aproximadamente 4000 m. y en el que no se desciende en general por debajo de 13°. Estos altos valores de temperatura son atribuibles a la fuerte insolación que la zona recibe a lo largo de casi todo el año y especialmente en verano, pero son atribuibles también a la condición que el Mediterráneo presenta de cuenca pequeña, cerrada y poco comunicada con el Atlántico.

Dos consecuencias importantes se derivan de estas elevadas temperaturas : en primer lugar, el efecto de atemperación ejercido en las zonas costeras, el cual es especialmente palpable en el invierno y, sobre todo, el hecho de que el Mediterráneo se convierte en una gran reserva de vapor de agua susceptible de trasvasarse hacia la atmósfera con ocasión de los movimientos ascensionales. Estos trasvases de vapor, y los de calor latente que llevan asociados, adquirirán un carácter protagonista en la génesis de ciertas perturbaciones atmosféricas especialmente relevantes durante la estación otoñal, como tendremos ocasión de comprobar más adelante.

2.2.LOS FACTORES DE ORDEN TERMODINÁMICO.

Los factores de orden termodinámico son aquéllos ligados al modo de actuación de la circulación atmosférica en el ámbito concreto de la región. En este sentido, el hecho más destacable es que la posición de Andalucía en el flanco más meridional de las latitudes medias determina una cierta marginalidad respecto al flujo circumpolar del oeste que recorre en altura estas latitudes y que es el principal responsable del tiempo en la zona. Como consecuencia de ello la región prácticamente nunca se ve sometida al flujo del oeste en disposición zonal, sino que recibe su visita cuando éste adopta un flujo meridiano o incluso cuando adopta circulaciones celulares cerradas. Además, hay que señalar que éstas últimas tienen una predisposición particular a situarse en las inmediaciones del estrecho de Gibraltar y golfo de Cádiz, siendo éste también un lugar preferente para el establecimiento de vaguadas profundas.

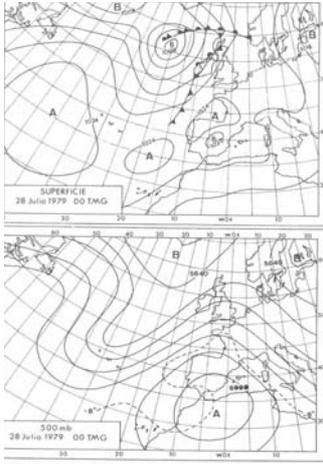
Es también reseñable en nuestro ámbito la necesidad de establecer una distinción muy clara entre los tipos de circulación que se establecen durante el verano de los que caracterizan a las restantes estaciones. En el primer caso el desplazamiento hacia el hemisferio Norte de todos los anillos que componen la circulación general atmosférica determina que en nuestro ámbito se ubique de manera permanente el cinturón de altas presiones subtropicales y, más concretamente, la célula conocida como anticiclón de las Azores. En esta estación, pues, el vórtice circumpolar queda muy desplazado hacia el norte y el flujo circumpolar del oeste o corriente en chorro se sitúa por encima del paralelo 45° N, dejando a Andalucía fuera de su radio de acción. Ello supone un predominio casi absoluto de la estabilidad. En invierno los anillos de la circulación atmosférica se desplazan hacia el sur y la corriente en chorro puede alcanzar los paralelos 35-45° con disposición zonal o incluso latitudes más bajas con disposiciones meridianas. En estos casos las situaciones de estabilidad e inestabilidad se suceden alternativamente y asistimos a la invasión de masas de aire no sólo tropicales sino también polares e incluso árticas, si bien éstas últimas llegan muy desnaturalizadas a Andalucía.

Ambas razones son las que nos han empujado a presentar los tipos de tiempo o situaciones sinópticas dominantes en la región a partir de una primera consideración acerca del comportamiento del flujo circumpolar del oeste en las capas altas de la atmósfera y a partir, también, de una diferenciación estacional, distinguiendo básicamente los tipos de tiempo veraniegos de aquellos que se presentan en las restantes estaciones del año.

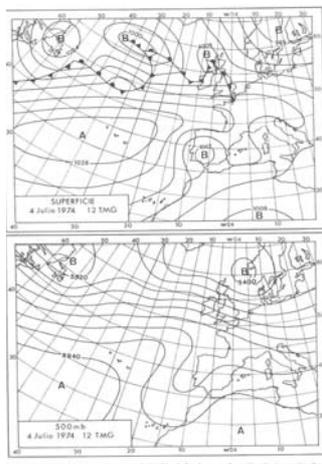
2.2.1. LOS TIPOS DE TIEMPO DOMINANTES EN VERANO.

Figura 1. Los tipos de tiempo dominantes en Andalucía.

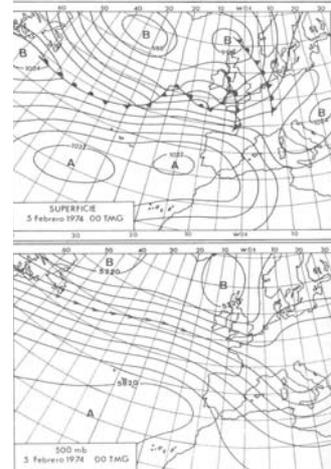
28-julio-1979



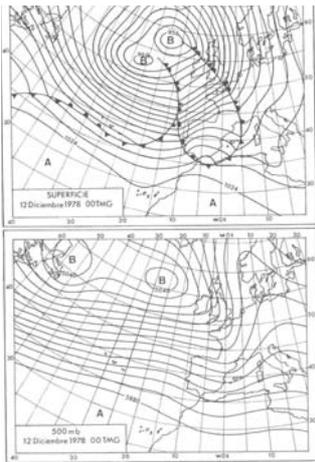
4-julio-1974



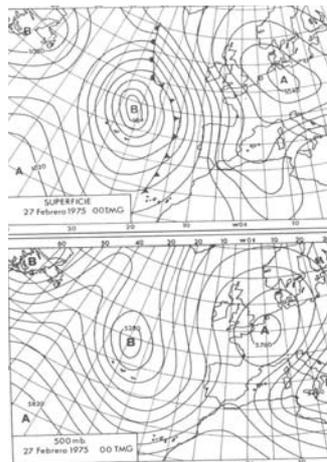
5-febrero-1974



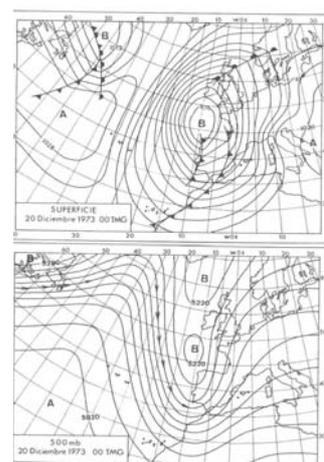
12-diciembre-1978



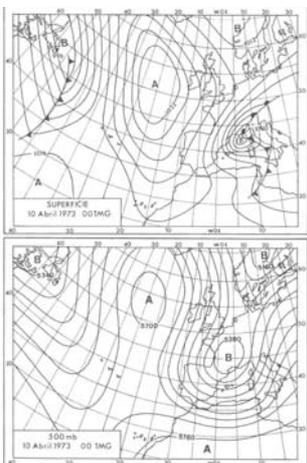
27-febrero-1975



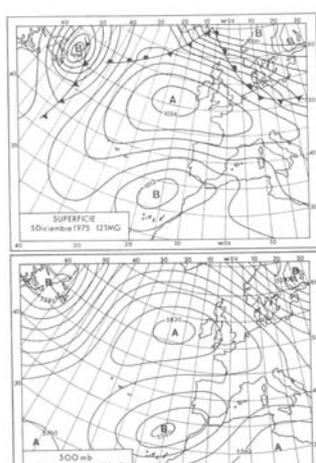
20-diciembre-1973



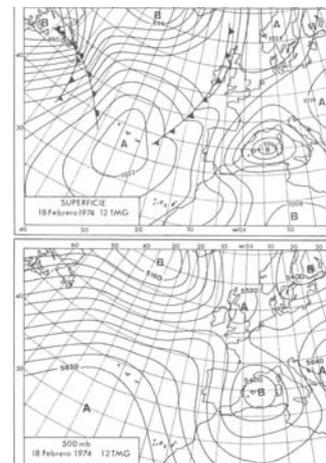
10-abril-1973



5-diciembre-1975



18-febrero-1974



Fuente: elaboración propia a partir de FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*, Madrid, INM.

El hecho común a todos los tipos dominantes en verano es el desplazamiento de la corriente en chorro hacia latitudes muy altas, que deja a la región andaluza sometida al cinturón de altas presiones subtropicales. Las escasas variaciones que se producen dentro de esta tónica general se derivan de pequeños matices que se introducen en la configuración de las presiones tanto en altura como en superficie. Dos son las situaciones que se repiten con más frecuencia en esta estación:

a) *Cresta anticiclónica en altura y pantano barométrico en superficie* (ver mapa del 28-7-79 en la figura 1). Las altas presiones subtropicales están bien extendidas por el hemisferio norte, cubriendo la península Ibérica una cresta anticiclónica muy cálida que garantiza la estabilidad en toda Andalucía. Como reflejo de esta situación, en superficie se extiende un enorme anticiclón que cubre todo el Atlántico y buena parte del continente europeo y que sobre la península Ibérica dibuja un pantano barométrico con presiones próximas a la normal e isobaras muy separadas que ponen de manifiesto el escaso gradiente barométrico y la calma que reinan en todo el territorio. Al no existir ningún flujo del norte en la península se produce un predominio absoluto de la masa tropical continental, muy recalentada; ello, unido a la fuerte estabilidad atmosférica reinante, que impide los intercambios verticales del aire, propicia la aparición de temperaturas muy elevadas en casi todo el territorio español y en especial en Andalucía, donde un régimen de levante muy calmado puede ocasionar que se rebasen los 40° en el interior de la región y valle del Guadalquivir.

Es un tipo de tiempo que se puede originar en todo el periodo comprendido entre mayo y octubre, aunque especialmente frecuente en julio y agosto. Su duración es larga y puede prolongarse durante más de una semana sin interrupción.

b) *Depresión térmica superficial asociada a una ligera vaguada en el seno del alta subtropical de las capas altas de la atmósfera* (ver mapa del 4-7-74 en figura 1). En el mapa correspondiente a este día la corriente en chorro continúa viajando por latitudes muy elevadas, pero una pequeña vaguada con su correspondiente irrupción de aire más frío se desplaza hasta latitudes próximas al paralelo 30° N. En el suelo una depresión de origen térmico, que prolonga la depresión sahariana, se instala sobre el sur peninsular introduciendo

hacia Andalucía la masa de aire tropical continental con claro flujo de levante. El calor es también intenso en la región con estas situaciones, si bien ahora el intercambio vertical del aire es más fuerte por la existencia de la depresión superficial y la menor estabilidad reinante en altura, lo cual contribuye a suavizar algo el rigor térmico. Ello no impide la reducción de la visibilidad por calima y la invasión de polvo sahariano. Cuando la vaguada de altura se instala convenientemente sobre la región propiciando la superposición de aire frío sobre el aire cálido superficial, pueden llegar a desencadenarse brotes convectivos y tormentas, que originan un importante descenso de las temperaturas y proporcionan los escasos días de precipitación que pueden llegar a producirse en el verano de nuestra región.

El establecimiento de la depresión térmica superficial sobre Andalucía, como prolongación de la del Sahara, constituye la situación más frecuente del verano; por el contrario, dada nuestra posición meridional, el embolsamiento de aire frío en altura se da sólo muy esporádicamente, especialmente en el corazón del verano, de ahí el carácter tan prolongado y continuo de la sequía estival, muy superior a la registrada en las restantes regiones españolas.

2.2.2 LOS TIPOS DE TIEMPO DOMINANTES EN INVIERNO.

Durante el invierno –entendido *lato sensu* como el periodo comprendido entre octubre y junio- las situaciones sinópticas son más variadas, lo que explica la mayor variabilidad del tiempo en esta época. Estas variaciones están ligadas esencialmente al comportamiento del flujo circumpolar del oeste, que puede revestir tres formas básicas: circulación zonal, meridiana y celular.

a) *Los tipos de tiempo ligados a la circulación zonal en la corriente en chorro.* El hecho más común es que la circulación se establezca al norte de la península, recorriendo su flanco más meridional los paralelos 40-45° (ver mapa del 5-2-74 en la figura 1). Ello determina que buena parte de España (a excepción de la fachada norte) y, desde luego, la región andaluza, queden bajo la influencia de altas presiones en altura que se acompañan también en superficie por un anticiclón extendido en el sentido de los paralelos. El aire tropical marítimo o el polar marítimo muy suavizado llegan entonces hasta nuestra región propiciando un tiempo estable y soleado, con ausencia de precipitaciones y escasa o nula nubosidad, salvo la asociada a las nieblas matinales que propicia la estabilidad.

Es un tipo de tiempo persistente (suele durar más de cinco días) y, aunque puede producirse en cualquier mes del año, tiene su máxima frecuencia de diciembre a marzo.

Con mucha menos frecuencia el flujo circumpolar del oeste se centra en los paralelos 35-40°, recorriendo entonces las perturbaciones del frente polar el conjunto de la península de oeste a este (mapa del 12-12-78 en la figura 1). En su flanco meridional afectan a Andalucía y pueden producir allí precipitaciones, acompañadas de temperaturas suaves derivadas de la intervención sobre la región, también en este caso, de masas de aire tropicales marítimas alternando con polares marítimas muy suavizadas por su largo recorrido oceánico. La frecuencia de este tipo de tiempo no es muy elevada, pero puede producirse entre diciembre y febrero, propiciando entonces la aparición de sucesivos días lluviosos y muy suaves en términos térmicos.

En ocasiones el flujo circumpolar del oeste ondula ligeramente y atraviesa la península junto con las perturbaciones del frente polar, en dirección noroeste-sureste, quedando las altas presiones relegadas a una posición más occidental. En estas situaciones las perturbaciones también barren el conjunto de la región, incluso el sureste, aunque ahora las temperaturas son inferiores a las del tipo precedente como consecuencia de la trayectoria más septentrional seguida por el aire polar marítimo, el único que ahora nos visita.

b) Los tipos de tiempo ligados a la circulación meridiana de la corriente en chorro. Los regímenes de la circulación zonal de la corriente en chorro, que corresponden a índices altos de circulación, se alternan con otros en los que el chorro presenta índices de circulación bajos y adopta posiciones meridianas, dibujando crestas y vaguadas más o menos pronunciadas. La posición de estas crestas y vaguadas sobre un territorio es determinante del tiempo que se registra en él; las vaguadas comportan advecciones de aire frío e inestabilidad, la cual es excepcionalmente marcada en el flanco oriental; por su parte, las crestas anticiclónicas transportan aire cálido hacia latitudes altas y las someten a un régimen de estabilidad atmosférica, más marcada también en su flanco oriental. Como consecuencia de esta disimetría es frecuente que en Andalucía se produzcan situaciones de diferenciación oeste-este o Andalucía occidental-oriental con ocasión de estas situaciones.

El mapa del 27-2-75 (ver figura 1) presenta una situación en la que el flujo circumpolar del oeste dibuja una cresta anticiclónica muy pronunciada sobre la península, asociada a un importante transporte de calor desde las latitudes bajas hasta el paralelo 60°. En superficie ello origina un anticiclón de bloqueo que ocupa toda Europa y que canaliza hacia la península aire procedente del sur. En Andalucía oriental este flujo arrastra aire tropical continental procedente de África; Andalucía occidental, por su parte, es recorrida por un flujo de aire tropical marítimo que canaliza la depresión atlántica generada en respuesta a la vaguada de la corriente en chorro. Como reflejo de esta situación disimétrica el tiempo es seco y caluroso

en la zona oriental de Andalucía mientras que se muestra más húmedo o incluso con posibilidad de lluvias en la zona occidental.

En el mapa del 20-12-73 la situación, por el contrario, dibuja una vaguada sobre la península, con eje central en torno al golfo de Cádiz. Toda España, y particularmente el suroeste, se ve sometida a una fuerte inestabilidad, que en superficie se traduce en una profunda borrasca con centro en el paralelo 45°. Dos frentes fríos muy activos la acompañan, barriendo la península de suroeste a nordeste. En su inicio esta borrasca canaliza aire tropical marítimo procedente del suroeste hacia Andalucía y propicia temperaturas relativamente suaves para la época del año, acompañadas de precipitaciones intensas. Tras el paso de los frentes es el aire polar marítimo, con recorrido norte-sur, el que se impone, determinando una bajada brusca de las temperaturas. Toda la región se encuentra sometida a lluvias, que pueden llegar a ser muy intensas en el golfo de Cádiz, especialmente en los enclaves montañosos más occidentales, en los que el efecto de disparo ejercido por el relieve se une al mecanismo termodinámico.

No suele ser un tipo de tiempo muy duradero (3-4 días) ni tampoco muy frecuente, produciéndose sobre todo en invierno y comienzos de la primavera.

Una situación también de vaguada, pero ahora alojada en el Mediterráneo se registró el 10 de abril de 1973 (ver figura 1). En este caso la zona de máxima inestabilidad estaba en el área oriental de la península, debajo del flanco delantero de la vaguada, lo cual se reflejó en la formación de una depresión bien excavada sobre el golfo de Génova. En el Atlántico, bajo la cresta de la corriente en chorro, se originó un anticiclón de bloqueo también muy potente (1032 hPa en su centro) y entre ambos se canalizaba un flujo del norte y nordeste que transportaba aire polar hacia la península, procedente del continente eurosiberiano. El ambiente en toda la región fue muy frío y seco, la nubosidad estuvo prácticamente ausente, salvo por la aparición de nieblas de irradiación nocturna en los valles, favorecidas por la estabilidad atmosférica, y las temperaturas mínimas alcanzaron los valores más bajos de la región por la presencia de la masa de aire polar continental y por las fuertes pérdidas de calor por irradiación, al no existir en la atmósfera suficiente vapor de agua para retenerlo.

Se trata de tipos de tiempo cuya duración se establece en unos tres a cinco días y cuya frecuencia no es desdeñable en ningún mes del año a excepción de la estación estival.

c) Los tipos de tiempo ligados a circulaciones celulares de la corriente en chorro. Cuando el índice de circulación se hace muy bajo y los meandros descritos por la corriente en chorro se pronuncian mucho, llegan a formarse circulaciones celulares o cerradas que forman en altura grandes anticiclones cálidos desplazados hacia latitudes muy altas y depresiones de

aire frío que se sitúan en las latitudes bajas. Lo acusado de los meandros obliga al chorro a abandonar estas bolsas de aire cálido y frío, reconstituyéndose en las latitudes más septentrionales. En estas circunstancias, Andalucía, por su posición meridional, recibe la influencia de los embolsamientos de aire frío en altura, que inmediatamente generan una fuerte inestabilidad atmosférica. En estas condiciones tienden a formarse sobre la región los denominados “conjuntos convectivos de mesoescala”, que no son sino desarrollos tormentosos multicelulares de gran extensión (el radio suele ser superior a 100 kms.), normalmente con excentricidad en su radio y con una duración que supera ampliamente la que caracteriza a las típicas tormentas estivales. Estas formaciones nubosas, con una estructura bien organizada, se generan a partir de la coalescencia de núcleos convectivos iniciales en un contexto de abundante vapor de agua en la atmósfera y de fuerte inestabilidad, rasgos todos que caracterizan a estos embolsamientos de aire frío en altura a los que estábamos aludiendo.

Dos son los lugares preferentes para la instalación de estas depresiones frías: el golfo de Cádiz y norte del archipiélago canario y el Mediterráneo occidental. El primer caso aparece ejemplificado en el mapa del 5 de diciembre de 1975. En él una ondulación muy marcada de la corriente en chorro abandona un anticiclón de bloqueo en el Atlántico norte y un importante embolsamiento de aire frío entre Canarias y el golfo de Cádiz. Las isohipsas cerradas en círculo en torno a la depresión y la bajísima temperatura del aire en su seno configuran a esta baja como una gota fría, diagnóstico que se confirma al comprobar el escaso reflejo que esta baja adquiere en superficie. En efecto, en el mapa de superficie una baja presión relativa de 1012 hPa se sitúa por debajo de la gota. La presión apenas difiere de la presión normal, pero se ha generado una bien marcada curvatura ciclónica en el área meridional de la península que, asociada a la baja de altura, desencadenará una importante inestabilidad, con aparición de lluvias generalizadas en Andalucía y especialmente en el entorno del estrecho de Gibraltar.

El 18 de febrero de 1974 es una difluencia de la corriente en chorro la que provoca el desprendimiento de una depresión fría hacia el sur de la península Ibérica, centrándose en esta ocasión sobre el Mediterráneo. Su reflejo en superficie es ahora mucho más marcado que en el caso anterior, situándose una depresión muy cerrada de 996 hPa sobre el archipiélago balear. El embolsamiento de aire frío en altura, sobre las aguas del Mediterráneo, relativamente cálidas, genera un gradiente térmico vertical muy inestable que, asociado al fuerte contenido de vapor de agua de la atmósfera, desencadena intensas precipitaciones en todo el levante peninsular, especialmente en las laderas montañosas situadas a barlovento. La

Andalucía mediterránea es ahora la más afectada por las lluvias, quedando la zona occidental bajo el abrigo constituido por la cresta anticiclónica del Atlántico.

Todos estos tipos que genéricamente hemos atribuido a la estación invernal pueden producirse en cualquiera de los meses comprendidos entre octubre y junio. Hay que destacar, sin embargo, que los asociados a las circulaciones meridianas y celulares adquieren una importancia especial en las interestaciones, en las cuales se produce el reajuste entre las circulaciones invernal y estival de la corriente en chorro y de todos los centros de acción que la acompañan. Estos reajustes implican la continua formación de meandros en el flujo circumpolar del oeste, con crestas y vaguadas sucediéndose sobre el territorio andaluz. Como consecuencia de ello el tiempo suele ser más variable que en el corazón del invierno o el verano, y los tipos de tiempo suelen ser también menos persistentes. Por otro lado, no es infrecuente que se alternen primaveras u otoños que prolongan la estación que los precede (los otoños secos que prolongan las situaciones típicas del verano no son extraños a la región, por ejemplo) con otros que adelantan la estación que les sucede (sería el caso de los otoños en los que las lluvias se instalan precozmente, ya desde los inicios o mediados del mes de septiembre).

En un intento de síntesis de las situaciones que caracterizan a cada estación del año, podríamos describir el verano como la estación de claro predominio de las situaciones anticiclónicas, con sólo pequeñas depresiones térmicas muy débiles y sin apenas reflejo en el tiempo experimentado, y como la época de mayor duración de los tipos de tiempo, los cuales pueden llegar a prolongarse hasta dos o tres semanas ininterrumpidamente. En invierno los tipos ciclónicos y anticiclónicos presentan frecuencias similares, en torno al 50% en cada caso, y ambos adquieren una fuerte intensidad y una duración prolongada. La primavera registra un predominio de las situaciones ciclónicas, que serán además bastante duraderas en relación con la fugacidad de las situaciones anticiclónicas. El tiempo presenta además una máxima variabilidad, con tipos ciclónicos poco intensos alternando con otros más intensos y con tipos anticiclónicos. Por último, el otoño constituye una época de transición al invierno y en esa medida podría ser dividida en dos partes bien diferenciadas: el mes de septiembre y comienzos de octubre, que tendería a prolongar las características estivales, y la segunda parte de octubre y el mes de noviembre, que se asimilarían ya al funcionamiento propio del invierno. En esta estación hay que destacar, además, la aparición frecuente de paroxismos pluviométricos asociados a la presencia de gotas frías, muy activas en esta época del año como consecuencia de las altas temperaturas que entonces se alcanzan en el Mediterráneo. Estas elevadas temperaturas propician gradientes térmicos verticales muy inestables y un

trasvase importante hacia la atmósfera de vapor de agua y de calor latente, todo lo cual favorece el desarrollo de esas precipitaciones tan intensas.

3. LOS ELEMENTOS DEL CLIMA EN ANDALUCÍA.

3.1. INSOLACIÓN, RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA.

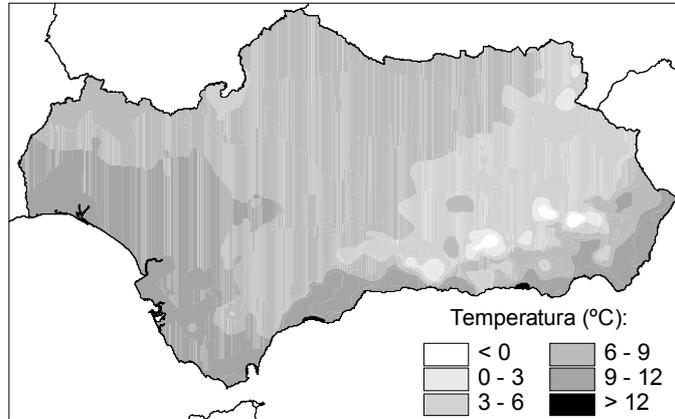
La intervención de los factores que acabamos de mencionar –particularmente la latitud subtropical y la abundancia de situaciones anticiclónicas sobre la región- determina la existencia en Andalucía de una insolación muy elevada. Todo el valle del Guadalquivir y los espacios costeros, con la excepción del área del estrecho de Gibraltar, supera las 2800 horas de sol al año, sobrepasándose incluso las 3000 horas en algunos enclaves del golfo de Cádiz y la costa almeriense. El resto de la región queda comprendido entre 2800 y 2600 horas de sol, escapando a esta norma sólo los lugares más elevados de los espacios serranos, en los cuales la mayor presencia de nubosidad por efecto del relieve, reduce la insolación por debajo de 2600 horas anuales. Estos altos valores de insolación, asociados al elevado ángulo de incidencia de los rayos solares en estas latitudes tan bajas, determinan también valores elevados de recepción de radiación solar, que superan los 5 Kw/h/m².

Ambos elementos constituyen, sin duda, dos de los principales recursos que el clima exhibe en el territorio, pero ejercen además una incidencia clara en la configuración de las temperaturas en la región.

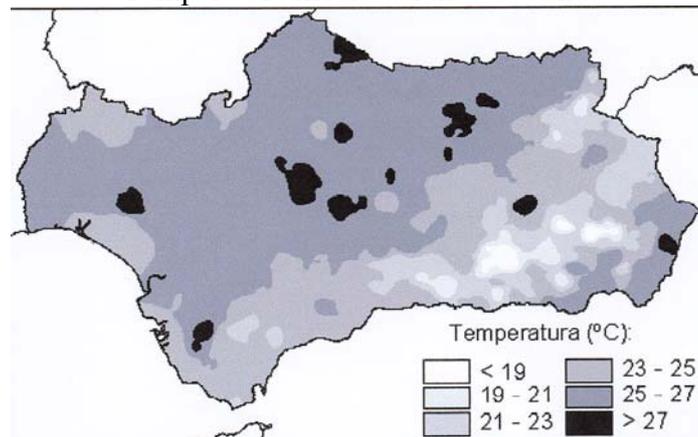
La temperatura media anual adopta valores muy diversos, que reflejan un gradiente costa-interior y, sobre todo, un fuerte gradiente altitudinal, de forma tal que los valores más bajos (inferiores a 9-10°) se encuentran en los enclaves montañosos del interior de las cadenas Béticas (Sierras de Cazorla y Segura, Sierra Nevada...). El flanco occidental de estas cadenas, más abierto a la influencia atemperante del Atlántico, y el conjunto de Sierra Morena, presentan valores más elevados, que oscilan entre 12° y 15°. En la costa atlántica se superan ya los 15°, y en el valle del Guadalquivir y algunos puntos de la costa mediterránea se pueden rebasar los 18°, alcanzándose incluso 20° en algunos enclaves del litoral almeriense, que se constituye en uno de los puntos más cálidos de España (ver figura 2).

Figura 2. La temperatura en Andalucía.

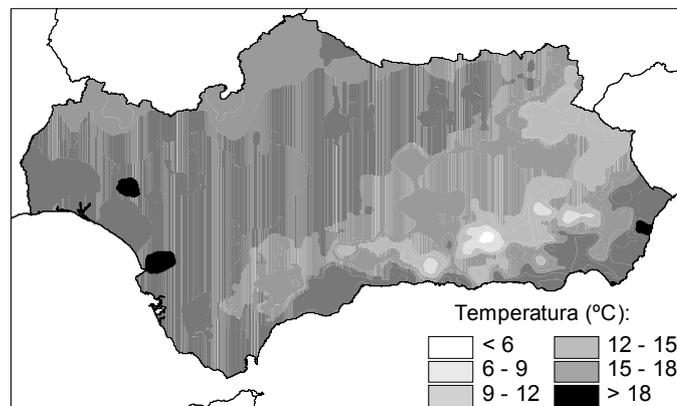
Temperatura media del mes de Enero.



Temperatura media del mes de Julio.



Temperatura media anual.



Fuente: Elaboración propia a partir de “Trabajos preparatorios par el Atlas de Andalucía de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía”, del Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga.

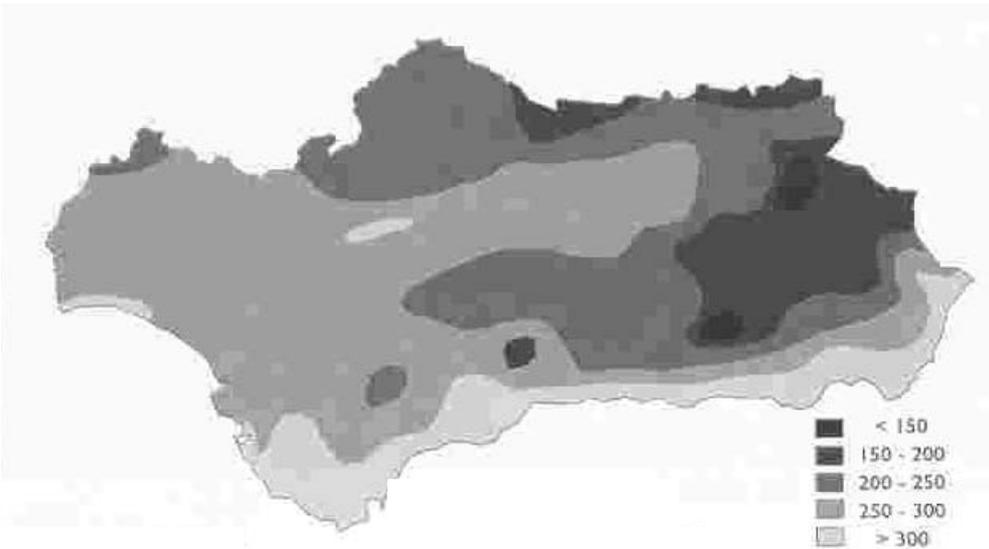
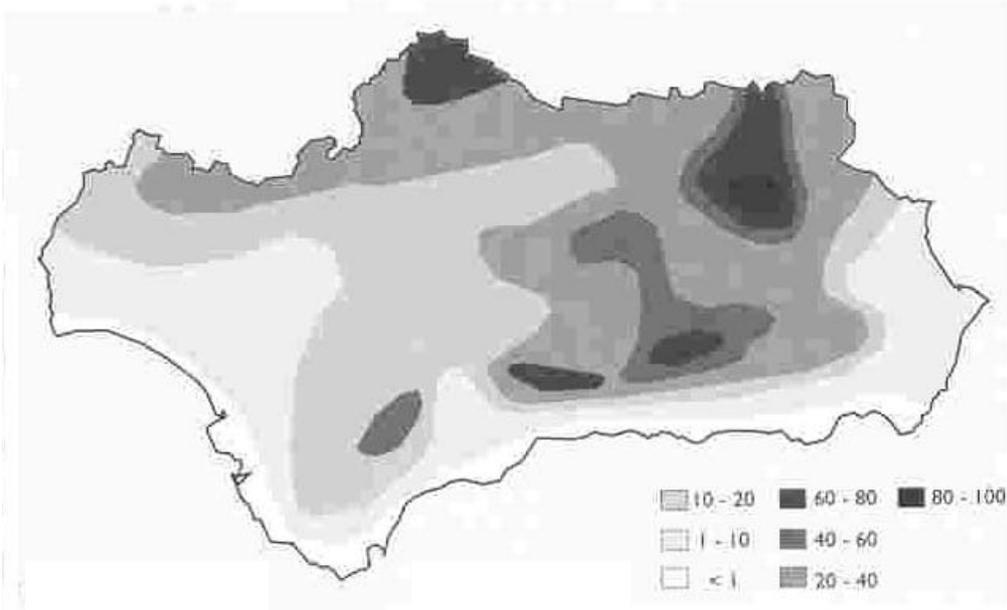
Estos valores abstractos, que resultan de la consideración conjunta de situaciones muy diversas a lo largo del año, adquieren algo más de concreción al examinar las temperaturas de enero y julio, expresivas de las condiciones invernales y estivales respectivamente. El mapa de la temperatura media de enero (ver figura 2) dibuja con más claridad aún que el caso anterior los gradientes altitudinales y costa-interior, que son los verdaderos artífices de la temperatura de la región. Los valores más reducidos aparecen siempre en los lugares más elevados, interiores y orientales de la región. Así, todo el conjunto integrado por las Béticas orientales queda por debajo de los 6° de temperatura, destacándose en su interior los lugares más elevados, en los cuales la temperatura suele descender de los 3° e incluso en algunos puntos puede adoptar valores bajo cero. Por el contrario, la porción más próxima al Atlántico del valle del Guadalquivir y los ámbitos costeros registran temperaturas superiores siempre a 9°-10° y a veces, a los 12°.

El riesgo de heladas refleja en gran medida este comportamiento de las temperaturas y se muestra como un fenómeno relativamente infrecuente en la región (ver figura 3). En ninguna de las áreas no montañosas se superan los 20 días anuales de helada y éstos llegan a ser un fenómeno rarísimo en las zonas costeras, sobre todo en la costa mediterránea, suavizada por el comportamiento térmico del mar interior y protegida de las advecciones de aire frío del norte por las cadenas Béticas. En realidad, sólo adquieren alguna relevancia en las zonas más elevadas, tales como Sierra Nevada y la Sierra de Cazorla, en las cuales se rebasan los 60 días de helada al año. Ello configura en la región un periodo libre de heladas muy prolongado (ver figura 3), lo que permite el crecimiento vegetativo de las plantas sin apenas problemas. En la costa mediterránea el periodo libre de heladas supera los 350 días, lo que supone su casi total ausencia, y en todas las zonas costeras más las áreas relativamente llanas, especialmente en la parte occidental, el periodo supera los 250 días anuales. Así pues, sólo en los ámbitos septentrional y oriental de la región, sobre todo en sus enclaves más elevados, se constituyen periodos libres de heladas lo suficientemente cortos como para suponer alguna limitación al desarrollo de la agricultura. También son infrecuentes las olas de frío generalizadas, aunque pueden suceder con ocasión de invasiones de aire polar por advecciones del norte y nordeste, en cuyo caso toda Andalucía, con muy escasas excepciones,

puede llegar a soportar temperaturas negativas, alcanzándose valores de 20 y 25° bajo cero en los altiplanos orientales y en la alta montaña (ver cuadro 1).

Figura 3. El comportamiento de las heladas en Andalucía.

a) N° medio anual de días de helada, b) Duración media del periodo libre de heladas



Fuente: FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*, Madrid, INM y GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1985): *Estudio de las heladas en España*, Madrid, INM

Durante el verano estas áreas de montaña siguen presentando las temperaturas más bajas (inferiores a 18° en algunos casos), pero ahora las máximas no se encuentran en las zonas costeras, sino en el interior de la región, que no puede beneficiarse de la influencia suavizadora del mar. Todo el interior del valle del Guadalquivir presenta temperaturas medias de julio superiores a 26°, que en algunos reductos llegan a superar los 28°. La elevada magnitud de estos valores –los más altos de España- se comprende adecuadamente si se tiene en cuenta que resultan de la media de temperaturas diurnas y nocturnas. Dado que durante el verano la nubosidad es prácticamente inexistente en la región y la insolación es muy acusada, la amplitud térmica diurna resulta muy elevada, lo que implica que estos valores medios son el resultado de temperaturas diurnas que normalmente superan los 35°. Con ocasión de las invasiones de aire sahariano asociadas a crestas anticiclónicas cálidas en altura, las máximas se sitúan por encima de 40° en la mayor parte de Andalucía y pueden rebasar los 45° en las tierras bajas del interior del valle del Guadalquivir (ver cuadro 1).

Cuadro 1.- Temperaturas extremas en algunos observatorios representativos de Andalucía (1961-90).

Estaciones	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)
Almería aeropuerto	0,4	41,2
Cádiz	1,5	43
Córdoba aeropuerto	-7,8	45,6
Granada aeropuerto	-14,2	41,6
Huelva	-0,8	43
Jaén instituto	-5,6	43,5
Jerez de la Frontera base aérea	-5,4	44,4
Málaga aeropuerto	-2,6	44,2
San Fernando	-2	42,6
Sevilla aeropuerto	-4,8	45,2
Tarifa	0,4	35,2

Fuente: INM (1997): *Guía resumida del tiempo en España (1961-90)*, Madrid.

La amplitud térmica anual refleja el comportamiento conjunto de los mapas de enero y julio y muestra los valores más elevados en el surco intrabético e interior del valle del Guadalquivir, donde se sitúa en 17°-18°, siendo la responsabilidad atribuible en el primer caso a las bajas temperaturas invernales y en el segundo caso a los altos valores estivales. Los ámbitos costeros muestran los valores más reducidos, en torno a 12°-13°, con mínimos en el área del estrecho de Gibraltar, donde se sitúan en torno a 11°.

3.2. LA PRECIPITACIÓN.

En conjunto y por lo que respecta a los totales pluviométricos anuales pueden establecerse en Andalucía cuatro grandes dominios (ver figura 4):

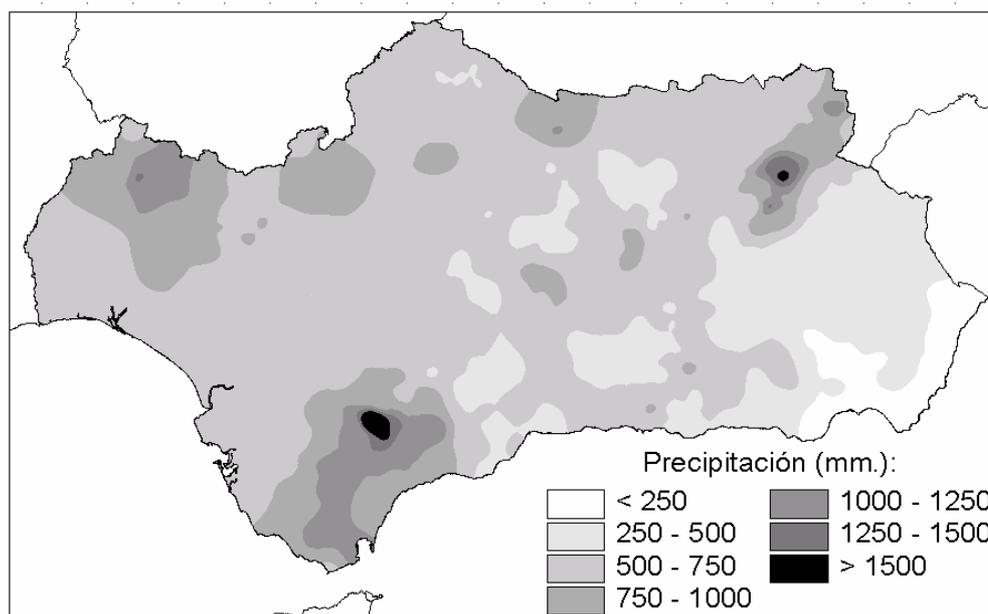
a) El dominio más lluvioso de la región, en el que se superan los 750 mms. anuales, y que se sitúa en las sierras de Aracena, Cazorla-Segura y Grazalema. En todos los casos se trata de relieves elevados y bien dispuestos respecto a las trayectorias más seguidas por las perturbaciones frontales en su penetración hacia la región a través del golfo de Cádiz. En los lugares más beneficiados por estos conceptos se superan los 1500 mms., y en Grazalema se rebasan incluso los 2000 mms, convirtiéndose así en uno de los lugares más regados de España.

b) En el segundo dominio se encuadra la mayor parte de Andalucía (valle del Guadalquivir, casi toda la Sierra Morena, y parte de la costa mediterránea) y en él la precipitación se sitúa entre 750 y 500 mms. Son zonas en las que el relieve no contribuye a potenciar la acción de las perturbaciones frontales en la misma medida que en el caso anterior, produciendo éstas, en consecuencia, un volumen menor de lluvias; no obstante, la apertura o cercanía al Atlántico determina que las precipitaciones no sean en ningún caso exiguas y pueden considerarse zonas relativamente bien regadas.

c) Por debajo de los 500 mms. se sitúan las depresiones y altiplanos interiores de las cadenas Béticas y el sureste de la región, precisamente por el efecto de obstáculo que ejercen estas cadenas frente a los flujos húmedos y perturbados del oeste. Estamos en el dominio de los medios semiáridos y, en ocasiones, áridos.

d) Por último aparece un cuarto dominio, en la costa oriental almeriense, que registra precipitaciones inferiores a 250 mms., participando ya de los caracteres de los climas subdesérticos.

Figura 4. Totales anuales de precipitación en Andalucía



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INM para el periodo 1960-1980.

Esta diversidad en los totales pluviométricos es compatible, sin embargo, con la existencia de un régimen de precipitaciones que muestra rasgos comunes para toda la región. El primero de estos rasgos es la sequía estival, que afecta prácticamente por igual a todo el territorio, de forma tal que en ningún caso las precipitaciones estivales alcanzan el 6% de las anuales, siendo su porcentaje normalmente inferior al 3%. Es también una nota dominante en la región el predominio de las precipitaciones invernales frente a las del otoño o la primavera, como consecuencia de la presencia frecuente entonces de vaguadas en la corriente en chorro y del vigor que alcanzan las perturbaciones del frente polar. Las estaciones equinocciales presentan un comportamiento más variado y, con arreglo a este criterio, pueden establecerse dos grandes conjuntos: el ámbito interior, en el cual el trimestre más lluvioso del año es el comprendido por los meses de enero, febrero y marzo, marcándose así la importancia de la primavera como segunda estación más lluviosa del año después del invierno, y el ámbito que podríamos denominar periférico, en el cual el otoño ocupa un papel más relevante, siendo el trimestre más lluvioso del año el constituido por los meses de noviembre, diciembre y enero. Dentro de este segundo conjunto cabe distinguir, además, el ámbito mediterráneo, en el cual el peso del otoño es particularmente relevante. En él las precipitaciones otoñales totalizan

aproximadamente el 30% del total anual, en tanto que en el dominio atlántico es el invierno el que predomina con claridad al totalizar más del 40% de las lluvias anuales.

En consecuencia, el dominio atlántico se define como el de predominio claro de las lluvias invernales. El dominio mediterráneo asocia a estas lluvias un fuerte volumen de precipitaciones durante el otoño, por la presencia entonces de abundantes depresiones y gotas frías con gran capacidad pluviométrica. Por último, aparece un ámbito interior en el cual a las lluvias invernales se asocia en importancia la precipitación de la primavera, originada en su mayoría por depresiones que integran una fuerte convección desde la superficie con una marcada inestabilidad en altura. Estas perturbaciones encontrarían aquí las mejores condiciones para su desarrollo, por la presencia de un suelo fuertemente recalentado en virtud de la continentalidad y relieves montañosos que favorecen el ascenso mecánico del aire.

También es un rasgo común a toda la región el hecho de que estos totales pluviométricos se generan durante un reducido número de días de lluvia, que, en general, se sitúa por debajo del 25% del total de días del año, alcanzando valores inferiores al 15% en todo el litoral sureste (ver cuadro 2).

Cuadro 2.- Número medio de días de precipitación apreciable en algunos observatorios andaluces (1961-90).

Estaciones	Nº medio de días de precipitación	%
Almería aeropuerto	49,4	13,5
Cádiz	76,7	21
Córdoba aeropuerto	88,8	24,3
Granada aeropuerto	91,3	25
Huelva	88,4	24,2
Jaén instituto	89,4	24,5
Jerez de la Frontera base aérea	82,5	22,6
Málaga aeropuerto	70,1	19,2
San Fernando	74,4	20,4
Sevilla aeropuerto	82,8	22,7
Tarifa	91,9	25,2

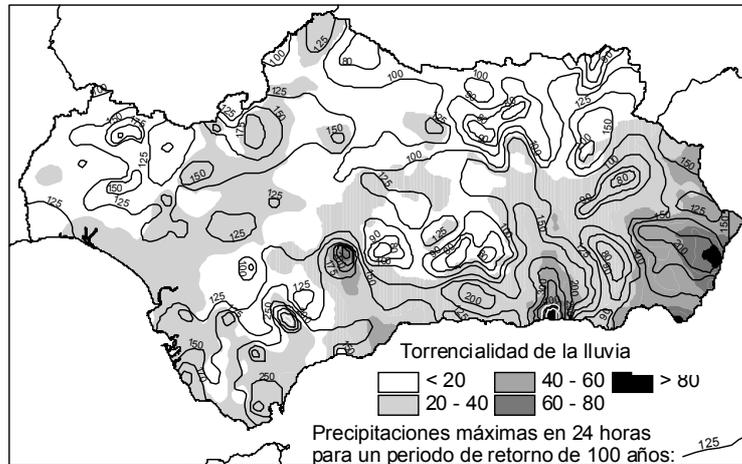
Fuente: INM (1997): *Guía resumida del tiempo en España (1961-90)*, Madrid.

Por último, conviene mencionar como rasgo común a toda Andalucía la elevada irregularidad interanual de las precipitaciones, pudiendo registrarse en sus observatorios años muy lluviosos junto a otros extraordinariamente secos. En prácticamente todo el territorio andaluz el índice de irregularidad alcanza valores superiores a 3, lo que implica que el año más lluvioso supera en más de tres veces al año más seco. En general los ámbitos de montaña suelen ser los más regulares y en ellos los índices apenas rebasan este valor, pero en las zonas más llanas es común que se supere el valor de 4, e incluso se rebasa el valor de 5 en la costa almeriense. Se trata, sin duda, de una de las limitaciones más severas que el clima impone en la región, no sólo por los problemas que genera a la hora de gestionar los recursos hídricos, sino también porque, en consonancia con esta alta variabilidad, se registra una abundancia de extremos pluviométricos por exceso y por defecto que deberían ser muy tenidos en cuenta en la ordenación y planificación del territorio.

El comportamiento de las precipitaciones de especial intensidad aparece reflejado en la figura 5, que recoge a la vez sus valores absolutos y relativos. La precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años es expresiva de la lluvia diaria máxima que es esperable por término medio una vez cada 100 años, siendo por tanto su probabilidad de ocurrencia muy reducida, de sólo un 1%. En el escenario andaluz la isolínea 150 mms. individualiza los ámbitos en los que estas precipitaciones son realmente muy intensas de aquellos otros en los que la lluvia no presenta comportamientos paroxísmicos reseñables. Entre los primeros cabe situar las estribaciones occidentales de Sierra Morena y la mayor parte de las Cadenas Béticas, pudiendo establecerse en ellas cuatro dominios: el dominio más occidental, correspondiente a las provincias de Cádiz y Málaga, un núcleo central, situado en la provincia de Granada, el sureste almeriense y un pequeño ámbito sobre las sierras de Cazorla y Segura.

A su vez, dentro de estos dominios se individualizan núcleos de especial intensidad de la precipitación, que ya en todos los casos se encuentran en las provincias más mediterráneas de las cadenas Béticas; se trata del entorno de la Sierra de Grazalema, con más de 400 mms de precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años, las Subéticas sevillanas, que alcanzan los 300 mms por este concepto, el sureste almeriense, que contabiliza 200 mms y, por último, el núcleo más destacable, situado en la costa granadina, en el entorno de Nerja-Motril, donde se rebasan los 450 mms de precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 5. Precipitaciones máximas en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años y torrencialidad de la lluvia en Andalucía.



- **Fuente:** Elaboración propia a partir de ELIAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN (1979): Precipitaciones máximas en España, Madrid, Ministerio de Agricultura y Pesca, ICONA, monografías, nº 21.

Todos estos lugares son lugares en los cuales son esperables ocasionalmente precipitaciones de intensidad extraordinaria; ahora bien, no son todos similares, sino que presentan diferencias de gran importancia entre unos y otros, las cuales se ponen de manifiesto al relativizar estos valores extremos. La torrencialidad de la lluvia, definida como el porcentaje que la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años supone respecto a la precipitación total del año, y que aparece como fondo gris del mapa, nos ofrece esta información y pone de manifiesto cuatro situaciones diferentes para cada uno de estos cuatro dominios. En la Sierra de Grazalema encontramos unas precipitaciones máximas muy altas, pero una torrencialidad muy baja, que se deriva de la elevadísima precipitación media anual que caracteriza a este ámbito. En el polo opuesto se sitúa el sureste almeriense, que no registra las precipitaciones máximas más elevadas, pero sí los mayores valores de torrencialidad (aproximadamente la precipitación máxima diaria registrada iguala a la precipitación total anual). En las Subéticas sevillanas aparece una situación intermedia por ambos conceptos y, por último, en el entorno de Nerja-Motril es donde se registran los valores más elevados en ambas categorías: la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años supera los 450 mms, igualando e incluso superando este valor los valores de precipitación anual registrados en el área.

Desde el punto de vista de los impactos esperables en el medio como consecuencia de estas lluvias extraordinarias, sin duda las peores situaciones son las del sureste almeriense y el sector Motril-Nerja, es decir, los enclaves dotados de mayor torrencialidad, dado que en ellos estas lluvias intensas caen sobre un medio adaptado para recibir precipitaciones muy escasas y, en consecuencia, incapaz de absorber el impacto de estos aguaceros. Todo lo contrario sucede en el ámbito de Grazalema, un medio adaptado a recibir fuertes lluvias de manera habitual y, por tanto, mucho menos vulnerable a sus precipitaciones máximas. Ello explica en buena parte que la mayoría de los puntos negros por inundación se sitúen grosso modo alrededor de estos enclaves de fuerte torrencialidad y, de forma general, en el ámbito mediterráneo oriental y las depresiones interiores, también orientales, de las cadenas Béticas. Hacia ellas fluyen estas fuertes lluvias de las estribaciones montañosas, y en sus cauces generan los desbordamientos correspondientes.

Tampoco son infrecuentes los extremos por defecto, habiéndose registrado en la región numerosas situaciones de sequía de importancia considerable. El elevado riesgo de sequía existente en Andalucía se deriva, en lo esencial, de tres rasgos que caracterizan a la precipitación en este ámbito. En primer lugar, la elevada variabilidad interanual de las precipitaciones, de la que ya hemos hablado, y que propicia la aparición de situaciones extremas de uno u otro signo. Además, la persistencia de las situaciones deficitarias en agua, que dota a las sequías de una elevada peligrosidad por su duración prolongada, y que es muy acusada en la región, donde es infrecuente la aparición de años secos aislados, agrupándose más bien éstos en secuencias prolongadas, que en algunas ocasiones y observatorios han llegado a superar 9 años consecutivos (ver cuadro 3). Por último, la fuerte covariación espacial que se registra en todo el territorio por este concepto; ello determina la aparición de sequías más o menos generalizadas en toda la comunidad, lo que dificulta el establecimiento de mecanismos de compensación interterritorial.

Cuadro 3. Secuencias de años secos consecutivos en Andalucía (1922-1986) (*).

Estaciones	Nº años secos	Nº de secuencias secas para diferentes duraciones								
		1 año	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años	8 años	9 años
Almería	30	8	5	1	-	-	-	-	-	1
Málaga	29	8	4	1	1	-	1	-	-	-
Tarifa	31	8	1	2	2	-	-	1	-	-
Sevilla (Tablada)	31	7	4	4	1	-	-	-	-	-

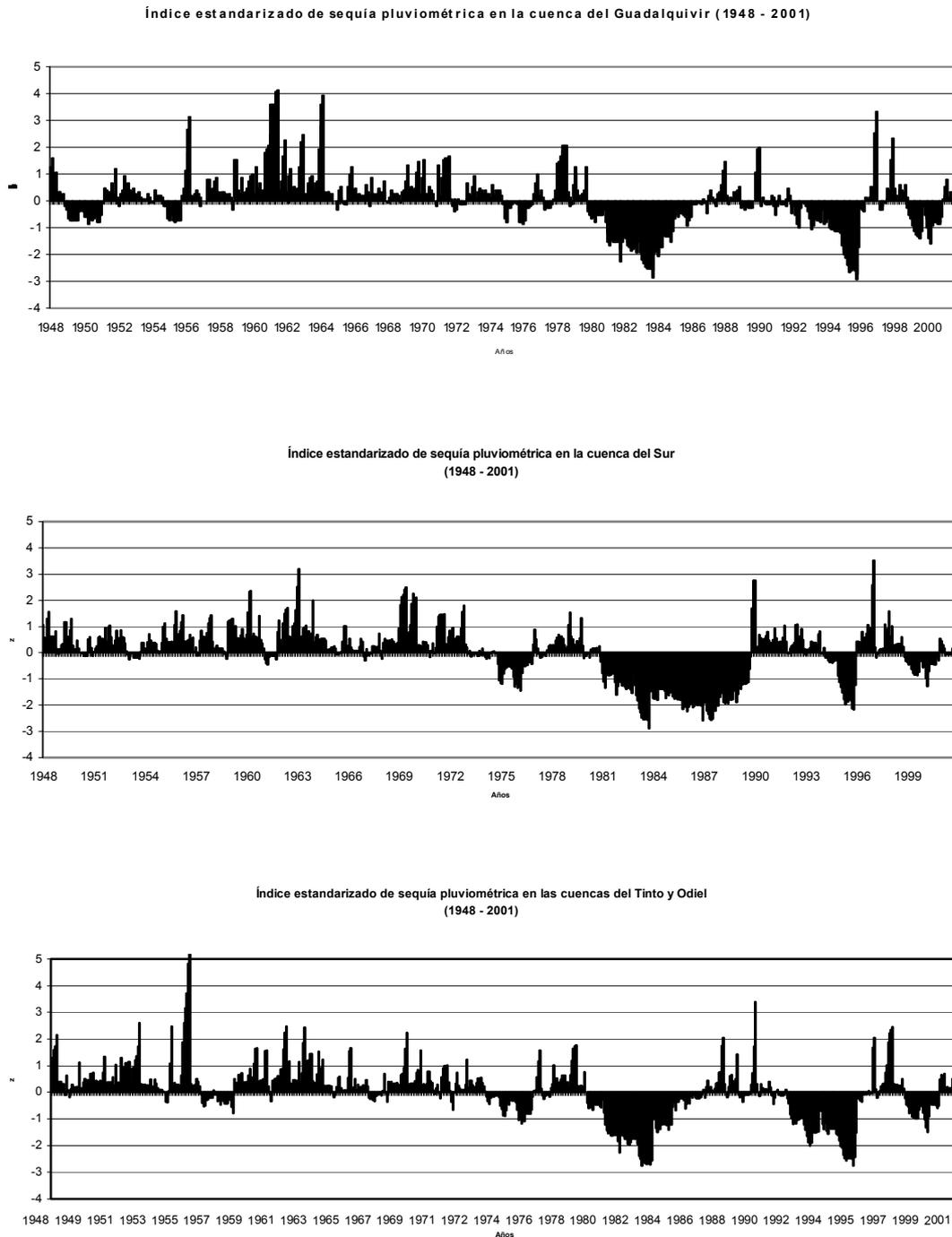
Córdoba	28	8	3	1	-	1	1	-	-	-
Grazalema	28	5	5	-	2	1	1	-	-	-
Jaén	22	3	4	1	2	-	-	-	-	-
Granada	27	6	6	-	1	1	-	-	-	-
San Fernando	29	9	5	2	1	-	-	-	-	-

(*) Los años secos se han definido como aquellos en los que el cociente entre la precipitación de ese año y la precipitación mediana anual era inferior a 0,9. En Jaén las observaciones se inician en 1935.

Fuente: Adaptación de Pita López (1989): *Riesgos hídricos en Andalucía. Sequía e inundaciones*, Sevilla, Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía.

Una muestra de esta fuerte covariación espacial aparece en la figura 6, donde se registran las secuencias secas registradas en las tres grandes cuencas vertientes que compartimentan el territorio andaluz, durante el periodo comprendido entre 1948 y 2001. La figura resulta de la aplicación del Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) a las precipitaciones mensuales registradas en las cuencas del Guadalquivir, el Sur y el Tinto y el Odiel, y en ella aparecen las secuencias secas como aquellos tramos de la figura que se sitúan por debajo del valor 0, adoptando valores negativos (Para más detalle sobre la elaboración del índice, ver PITA LÓPEZ, M.F. (2000): “Un nouvel indice de secheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir”, en *Publications de l’Association Internationale de Climatologie*, vol. 13, pp. 225-233 y PITA LÓPEZ, M.F. (2001): “*Sequías en la cuenca del Guadalquivir*”, en GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A.: *Causas y consecuencias de las sequías en España*, Alicante, Instituto Universitario de Geografía, pp. 303-344).

Figura 6: Secuencias secas registradas en las cuencas vertientes andaluzas en el periodo 1948-2000.



Fuente: Elaboración propia.

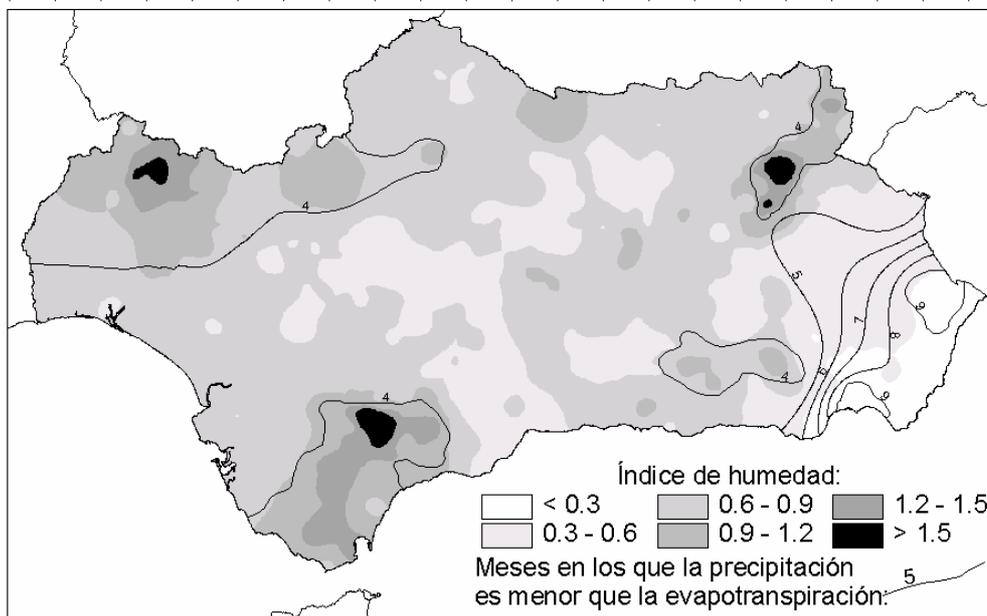
Tres conclusiones fundamentales pueden derivarse de la visión de esta figura. En primer lugar, la aparición más que frecuente de sequías prolongadas. Entendiendo por tales

las que registran una duración superior al año, pueden detectarse en la región un total de seis en el periodo comprendido entre 1948 y 2001, de forma tal que todas las décadas, salvo la de los años sesenta, cuentan con algún episodio seco de duración supraanual. Además es destacable la intensificación de las sequías en las décadas finales del periodo. La secuencia seca registrada en los años ochenta es la más destacable por su duración, pero en los años noventa y comienzos del siglo XXI la situación también revistió una gran peligrosidad. Por último, la figura pone de manifiesto la fuerte covariación espacial que caracteriza a la sequía en Andalucía, de forma tal que las largas secuencias secas tienden a manifestarse en el conjunto de la región y no sólo en enclaves concretos. Hay que mencionar, no obstante, algunas posibilidades de complementariedad, derivadas de la existencia de secuencias secas que se manifiestan en un ámbito y no en los demás (es el caso de las sequías de los años cuarenta y cincuenta, bastante intensas en la cuenca del Guadalquivir, pero inexistentes en la del Sur, por ejemplo), o bien, de la distinta duración e intensidad que se registra en las grandes sequías que han azotado a la región. La sequía de los años ochenta, que se prolongó casi hasta el final de la década en la cuenca del Sur, está ya finalizada en las otras dos cuencas hacia el año 1984-85; por el contrario, la sequía de los años noventa, que es muy intensa y prolongada en el Guadalquivir y el Tinto y el Odiel, tiene una duración mucho más reducida en el Sur. Son sólo algunas muestras de las posibilidades de compensación interterritorial que podrían implantarse en un problema como el de la sequía, en el que, por lo demás, las soluciones son siempre difíciles y exigen una planificación y ordenación de los recursos muy elaborada.

3.3. LA ARIDEZ Y EL BALANCE DE AGUA DEL SUELO.

La consideración conjunta de las temperaturas y las precipitaciones nos permite profundizar algo más en el conocimiento del estado de los recursos hídricos en Andalucía. Para tal fin hemos elaborado la figura 7, en la cual consignamos simultáneamente el índice de humedad anual y el número de meses en los que la precipitación (P) supera a la evapotranspiración potencial (ETP).

Figura 7. El balance de agua del suelo en Andalucía.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INM para el periodo 1960-1980

El índice de humedad resulta del cociente entre la precipitación anual media, expresiva del aporte de agua en la región, y la evapotranspiración potencial media anual, que reflejaría la demanda de agua ejercida por el medio, y que estaría determinada básicamente por la temperatura. Los tonos más claros representan los valores del índice inferiores a la unidad, es decir, aquellos en los que la ETP es inferior a P, y ocupan la mayor parte del territorio andaluz. Destaca en su interior el sudeste almeriense, donde la aridez es máxima, al existir índices de humedad inferiores a 0,3. Hay que reseñar, no obstante, que la existencia en todo este ámbito de valores de P inferiores a los de ETP no impide que se produzcan excedentes en algunos meses del año, siendo estos excedentes los que alimentan la escorrentía. Éstos pueden existir en cualquiera de los ámbitos de la región (salvo algunos enclaves del sureste almeriense) por el efecto de la concentración de la precipitación en la estación invernal y, de hecho, incluso en el área más árida de Andalucía se contabilizan hasta tres meses en los que la precipitación supera a la evapotranspiración potencial.

Las tonalidades más oscuras de la figura 7 corresponden a los lugares en los que el índice de humedad supera el valor de 1, e individualizan siempre los lugares de montaña, que ya se habían distinguido por sus elevados valores de precipitación y por sus temperaturas bajas. En algunos ámbitos, como Aracena, Cazorla y, sobre todo, Grazalema, el índice de

humedad supera el valor de 1,5 y en todos ellos los excedentes de precipitación son muy cuantiosos, constituyéndose en verdaderas fuentes de recursos hídricos para la región. A pesar de ello, también en estos lugares se registran déficit de agua en la estación estival y en todos existen cuatro meses en los que la ETP supera a la P, lo que de nuevo pone de manifiesto el carácter absolutamente definitorio de la sequía estival en el clima andaluz.

3.4. OTROS ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

Entre los restantes elementos climáticos, el viento destaca por su particular relevancia, constituyendo un recurso progresivamente apreciado en la región, a la vez que un elemento generador de riesgos también considerables.

En Andalucía las zonas más ventiladas se sitúan en las áreas costeras, especialmente en las inmediaciones del estrecho de Gibraltar, y en los enclaves montañosos más elevados de las cadenas Béticas. Esta zonificación no es sorprendente en la medida en que todos estos ámbitos presentan caracteres que los convierten en proclives a la intensificación del viento. Las zonas elevadas, en razón de la disminución de la densidad del aire que se produce con la altura y que conlleva una intensificación de la velocidad. Las zonas costeras, en razón de su condición de frontera entre dominios diferentes, el terrestre y el marino, con características térmicas y barométricas muy distintas. Esta diferenciación convierte a las costas en lugares de intenso gradiente barométrico, y es ese gradiente el que impulsa el viento a gran velocidad. Por último, en el estrecho de Gibraltar a esta condición costera se une la de angosto pasillo en el contacto entre dos continentes diferentes. El estrechamiento fuerza la canalización del aire e intensifica su velocidad, y ello es lo que explica que sea precisamente en este ámbito en el que se registran los vientos más fuertes. En ella se sitúan, consecuentemente, las mayores posibilidades de explotación para la obtención de energías renovables y también las áreas de mayor peligrosidad por vientos violentos.

Otro hecho destacable podría ser el relativo al reducido número de días de granizo que la región presenta, lo que refuerza la faceta benefactora del clima andaluz. El riesgo de granizo en Andalucía es en general muy reducido, especialmente en aquellas zonas en las que podría ser más dañino para la agricultura (valles, zonas costeras etc.). Efectivamente, tanto las zonas costeras como el interior del valle del Guadalquivir gozan de menos de un día de granizo al año por término medio; se trata, pues, de un fenómeno extraordinariamente raro. Casi todo el resto de la región experimenta situaciones de granizo en un promedio de 1 a 3

días al año, y sólo en las zonas de montaña, con menor dedicación agraria, se superan los 3 días anuales de granizo.

4. LOS TIPOS CLIMÁTICOS EN ANDALUCÍA.

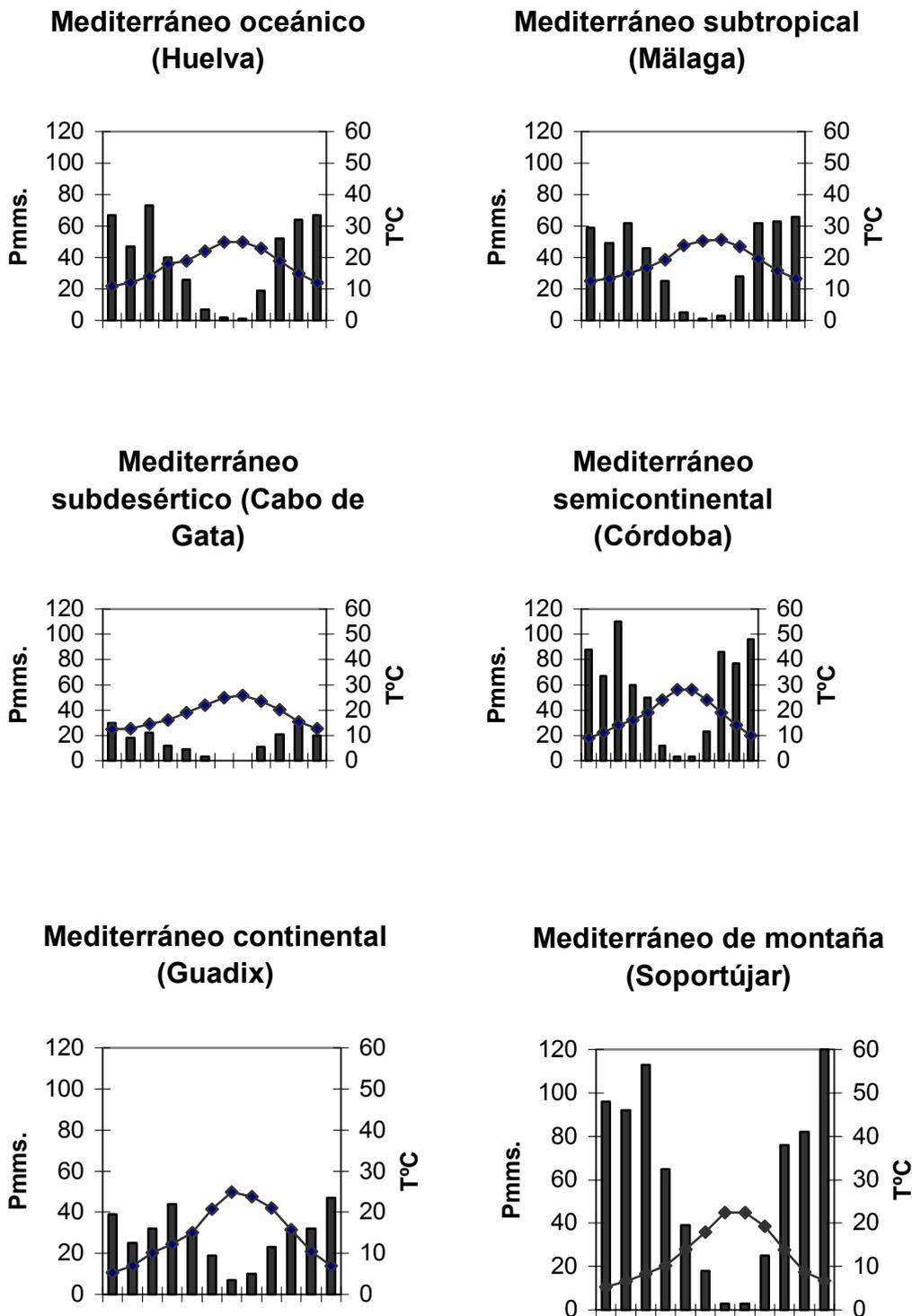
Si bien a escala mundial o incluso a escala del continente europeo toda Andalucía podría englobarse dentro de un mismo tipo climático: el mediterráneo, una mirada de detalle en su interior permite establecer algunas distinciones entre unos ámbitos y otros, lo que conduciría a una cierta forma de regionalización climática. Esta regionalización partiría de una triple distinción entre climas costeros, climas de interior y climas de montaña. A su vez la fragmentación de cada uno de estos tipos nos ha llevado a establecer un total de seis tipos climáticos para la comunidad andaluza (ver figura 8).

4.1. CLIMA MEDITERRÁNEO OCEÁNICO DE LA COSTA ATLÁNTICA.

Afecta a toda la costa atlántica andaluza, desde su extremo occidental en Huelva, hasta el estrecho de Gibraltar. El hecho distintivo de este tipo de clima es la influencia suavizadora del océano, que reduce la amplitud térmica anual, atemperando los inviernos, en los cuales la temperatura media anual se sitúa siempre por encima de 10°, y los veranos, que registran temperaturas medias en torno a 25° y en los que sólo en ocasiones excepcionales se superan los 40° de temperatura máxima.

Las precipitaciones no son demasiado abundantes, situándose entre los 500 y los 600 mms. anuales, y en ellas tanto la sequía estival como el predominio de las lluvias invernales son de total evidencia. Es también destacable en este ámbito la elevada insolación, que en algunos lugares supera las 3.000 horas de sol anuales y que justifica la denominación de Costa de la Luz a la porción onubense de esta costa.

Figura 8. Curvas ombrotérmicas de estaciones representativas de los tipos climáticos principales de Andalucía.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INM.

4.2. CLIMA MEDITERRÁNEO SUBTROPICAL

Es el que caracteriza a la mayor parte de la costa mediterránea andaluza. El hecho más característico de este ámbito es la gran suavidad térmica invernal, que se genera en virtud de la intervención de tres mecanismos básicos: la influencia suavizadora del mar, la orientación sur de la costa, que la convierte en una solana privilegiadísima para la recepción de los rayos solares, y la protección frente a las coladas septentrionales que le otorgan las cadenas Béticas. Las temperaturas medias mensuales en invierno se sitúan entre 12° y 15°, y son especialmente destacables las elevadas temperaturas mínimas, que reducen el riesgo de heladas hasta casi hacerlo desaparecer. Los veranos, aunque no demasiado extremados, por la influencia suavizadora del mar, sí pueden registrar episodios muy cálidos con ocasión de vientos terrales, pudiendo entonces llegar a alcanzar los 40°.

Las precipitaciones son muy variables de unos enclaves a otros y, en general, muestran un gradiente de disminución oeste-este, desde los enclaves muy lluviosos del estrecho de Gibraltar hasta el dominio subdesértico que se establece en la costa almeriense.

4.3. CLIMA MEDITERRÁNEO SUBDESÉRTICO.

Es el que caracteriza a todo el sector sureste de la provincia de Almería. El hecho distintivo aquí es la escasez de precipitaciones, que hace de esta zona el área más seca de toda Europa. En el conjunto del área las lluvias son inferiores a 200 mms. y en algunos puntos cercanos a Cabo de Gata ni siquiera se alcanzan los 150 mms. Estas escasas precipitaciones se producen, además, en un número muy reducido de episodios de lluvias muy intensas, lo que les otorga una fuerte torrencialidad y acentúa la aridez de la zona, a la cual también contribuye la elevada evapotranspiración que se produce como consecuencia de las altas temperaturas y de la insolación, también muy elevada.

4.4. CLIMA MEDITERRÁNEO SEMICONTINENTAL DE VERANOS CÁLIDOS.

Ya en el interior de la región nos encontramos con este tipo de clima, que corresponde al área del interior del valle del Guadalquivir, donde la penetración de la influencia oceánica

por el oeste tiene lugar preferentemente en invierno, pero no tanto en verano. En esta última estación tiende a imponerse un régimen de levante en la región, asociado a una fuerte subsidencia del aire generada por la presencia de una manifestación muy intensa del anticiclón de las Azores; en esas condiciones las influencias oceánicas se reducen al máximo y ello explica el carácter muy cálido y seco de los veranos de esta zona. De hecho, este es el rasgo que mejor define lo peculiar de esta región, donde las temperaturas medias de julio y agosto superan los 28°, produciéndose, además, estos elevados valores en virtud de unas temperaturas máximas muy altas, que superan casi siempre los 35° y con una frecuencia nada desdeñable los 40°. Los inviernos, aunque son suaves por la penetración de las influencias oceánicas, son algo más frescos que en las zonas costeras (la temperatura media anual suele descender de los 10°, aunque no suele ser inferior a 6°-7°) y ello determina un aumento de la amplitud térmica anual respecto a los climas mencionados anteriormente.

4.5. CLIMA MEDITERRÁNEO CONTINENTAL DE INVIERNOS FRÍOS.

Corresponde genéricamente al área del surco intrabético, donde la continentalidad, el aislamiento impuesto por los relieves circundantes y la altitud, determinan la aparición de un clima muy extremado, con veranos calurosos (en torno a 24°-25°) y, sobre todo, inviernos muy fríos, cuyas temperaturas medias suelen situarse por debajo de los 6°-7° y en los que las heladas son un acontecimiento frecuente. A ello hay que añadir unas precipitaciones exiguas, del orden de los 400 mms. o incluso inferiores, y con una distribución a lo largo del año más regular que la que caracteriza al resto de la región; aquí las precipitaciones primaverales ocupan un papel muy destacado y la sequía estival no es absoluta, registrándose algunas lluvias incluso en los meses de julio y agosto. Naturalmente, las precipitaciones en forma de nieve no son desconocidas durante el invierno.

4.6. CLIMA DE MONTAÑA.

Afecta a las áreas más elevadas de la región, esencialmente Sierra Nevada, pero también todas las altas sierras que la rodean, así como los enclaves más altos de las sierras de Cazorla y Segura. El efecto general de la altitud consiste básicamente en una reducción de la temperatura, tanto mayor cuanto más elevado sea el lugar, y en un aumento de la precipitación, que, en este caso, es muy variable en función de la posición topográfica y de los relieves circundantes (a este respecto es ilustrativo el caso de Grazalema, donde se superan los

2.000 mms anuales de lluvia). Por lo demás, tanto el régimen térmico como el pluviométrico se mantienen inalterables y la sequía estival es tan acusada como en el resto de la región, no pudiendo el efecto orográfico imponerse a la marcada subsidencia del aire que se deriva de la presencia de las altas presiones subtropicales. Lo que si es cierto es que esta sequía estival, unida a los rigores térmicos invernales, configura unas condiciones de extraordinaria dureza tanto para la vegetación y la fauna como para la ocupación humana.

5. LOS RECURSOS CLIMÁTICOS EN ANDALUCÍA: LAS RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y LA SOCIEDAD.

Podría asumirse de forma general que el clima es neutro, siendo el hombre, con sus actividades, el que le otorga una carga valorativa y el que lo convierte en un factor positivo para su desarrollo o, por el contrario, en una limitación al mismo. La verdad de este aserto se pone claramente de manifiesto al considerar cómo, además, esta carga valorativa es muy cambiante de unos momentos a otros, de forma tal que aspectos naturales que eran tradicionalmente limitantes se convierten en positivos o viceversa, como consecuencia de cambios tecnológicos, cambios en las pautas de comportamiento social u otros fenómenos. En el caso del clima esta afirmación es especialmente cierta, y hay buenos ejemplos en la región que nos permitirán ilustrarlo a lo largo de este epígrafe. A pesar de ello, y aún asumiendo esta responsabilidad social en la valoración del clima de una región dada, es cierto que existen en el propio comportamiento climático aspectos o caracteres que nos permiten hacer una primera valoración de su incidencia sobre la sociedad y que nos permiten, además, sistematizar y categorizar el conocimiento del clima desde este punto de vista.

En este sentido resulta conveniente no olvidar que el clima no es un recurso estático o fijo, sino que es el resultado de una sucesión variable de ambientes atmosféricos, siendo la variabilidad precisamente su seña de identidad. Pero dentro de esta variabilidad puede establecerse una primera distinción entre los fenómenos habituales y los fenómenos raros y extremos. Los primeros suelen situarse en torno a los parámetros de tendencia central de las series de observación y presentan una alta frecuencia de aparición; los segundos se sitúan, por el contrario, en los límites del campo de variabilidad de las series y presentan frecuencias de aparición considerablemente más bajas.

Los fenómenos habituales, precisamente por su alta frecuencia, son los que generan un medio propio y una respuesta social específica, que intenta adaptarse a esa cotidianidad. Pero, aparte de este rasgo común, los fenómenos climáticos habituales pueden ser muy

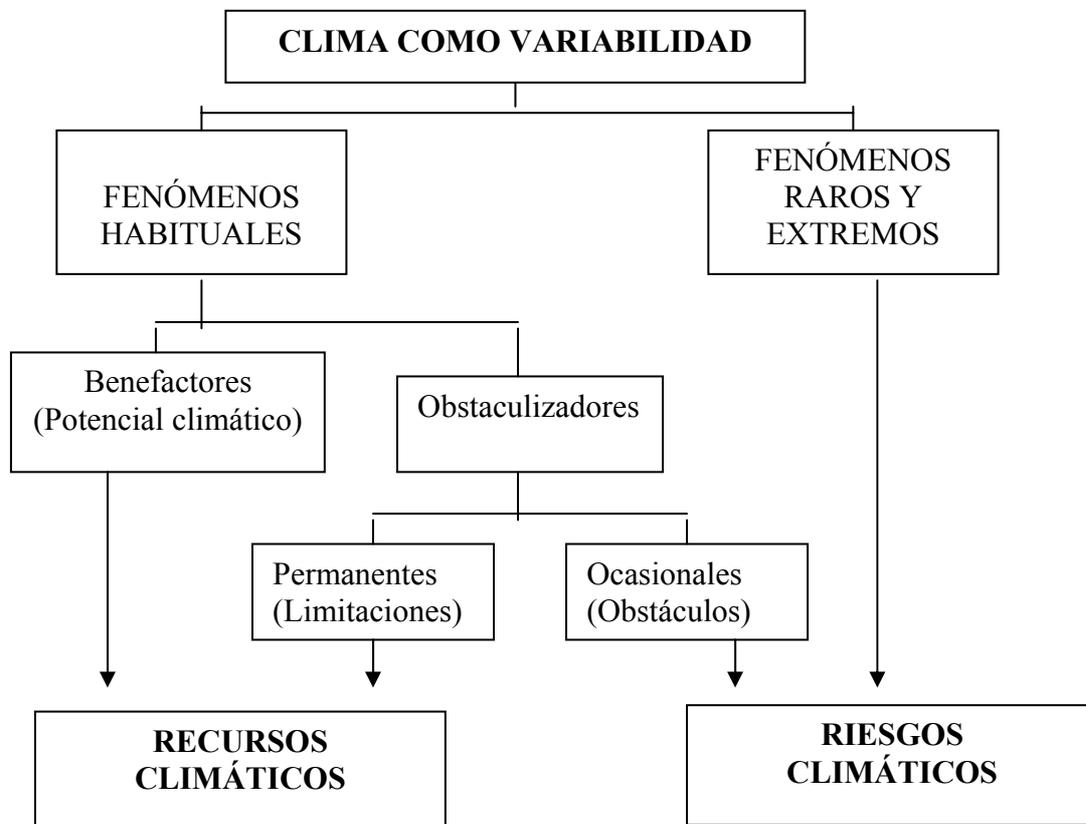
heterogéneos en sus impactos. En este sentido existen dos tipos básicos de fenómenos: los que resultan benefactores o neutros para el medio y la sociedad, posibilitando su desarrollo y constituyendo lo que podemos denominar el potencial climático del lugar, y aquéllos que obstaculizan o dificultan ese desarrollo. A su vez, dentro de estos últimos podemos distinguir dos tipos diferentes: los que actúan de modo permanente o casi permanente dificultando la vida social y limitando sus posibilidades, y aquellos otros que sólo actúan durante cortos periodos de tiempo (unas horas, unos días...) aunque de modo recurrente y habitual. Entre los primeros se podría citar la exigüidad permanente de agua que caracteriza a los grandes desiertos del mundo o la escasez de energía calorífica que se registra en los casquetes polares. En ambos casos se dificulta permanentemente la vida humana, la producción de recursos o el desarrollo de las actividades económicas. Entre los segundos se sitúan, por ejemplo, los ciclones tropicales, los tornados y otros tipos de perturbaciones de corta duración, pero que ponen en juego tales cantidades de energía, que resultan devastadoras para la sociedad durante su ocurrencia. No obstante, una vez acaecidas, el clima vuelve a adquirir su faz benefactora o neutra. Para distinguir a ambos tipos de fenómenos, a los primeros les denominaremos limitaciones, ya que son, en efecto, caracteres climáticos limitantes para la sociedad, y a los segundos, obstáculos, ya que cumplen el papel de barreras circunstanciales que el clima impone a la sociedad y que ésta debe sobremontar (ver figura 9).

Los fenómenos raros y extremos, por su baja frecuencia y su ruptura de los ritmos climáticos habituales, suponen un cierto *stress* tanto para el medio como para la sociedad, siendo éste tanto mayor cuanto más raro y extremo sea el fenómeno, pudiendo a veces llegar a originar pérdidas irre recuperables o recuperables sólo tras largos periodos de tiempo. En consecuencia, los fenómenos raros y extremos, meramente por su baja frecuencia, por su presencia poco habitual, constituyen también un obstáculo para la sociedad, aunque no sean en sí mismo dañinos ni limitadores. Los consideraremos, pues, obstáculos al mismo nivel que los contemplados dentro de los fenómenos habituales. Y es que, en realidad, los dos tipos de obstáculos tienen muchos elementos en común. Ambos son devastadores para la sociedad durante lapsos de tiempo cortos, ambos son imprevisibles en su acaecimiento, y ambos sorprenden a la sociedad inadaptada para asimilarlos sin perjuicio, aunque en el segundo caso la inadaptación se deba a la rareza de los fenómenos y en el primero a la naturaleza intrínseca de éstos.

Sintetizando todo el conjunto de fenómenos climáticos susceptibles de producirse en un espacio dado, pueden aislarse dos modos fundamentales de actuación del clima sobre la sociedad: la actuación del clima como recurso, que sería el resultado del balance entre el

potencial y las limitaciones climáticas, y la actuación del clima como obstáculo, cuando éste presenta fenómenos devastadores, aunque habituales, o cuando adopta posiciones extremas y poco habituales; en este caso hablaríamos de riesgos climáticos (ver figura 9). Cada uno de estos dos modos de actuación requiere unas estrategias específicas de gestión y planificación, que son las que permiten la optimización en el empleo de los recursos climáticos del territorio, normalmente, maximizando el potencial climático y tratando de minimizar sus limitaciones y obstáculos.

Figura 9. La incidencia del clima sobre la sociedad.



Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de estos principios generales a Andalucía conduce a un balance bastante positivo entre potencialidades y limitaciones, lo que determina que los recursos climáticos sean una pieza fuerte en la región. A ello hay que añadir, no obstante, la presencia de un

cómputo de riesgos también apreciable que, sin mermar el capital de los recursos climáticos, obliga a gestionarlos con el máximo cuidado.

Las **potencialidades climáticas** de Andalucía son muy numerosas, pero entre ellas conviene destacar la elevada insolación, que se convierte en un recurso esencial para el desarrollo de la vida vegetal, la producción agrícola, el confort humano y, desde luego, el turismo, actividad central de la economía andaluza y en gran medida dependiente de este activo de luz.

En estrecha relación con la insolación destaca también la importancia de la radiación solar recibida, que une a los recursos anteriores la disponibilidad de enormes cantidades de energía renovable. La agricultura saca ya abundante partido de esta disponibilidad energética, pero aún no es suficientemente aprovechado este potencial como fuente de energías limpias y alternativas para complementar los recursos energéticos convencionales. Es previsible que en un futuro inmediato el aprovechamiento se haga cada vez más intensivo, aunque no sea más que como contribución a la reducción de nuestros niveles de emisión de gases de efecto invernadero, colaborando así al cumplimiento de los compromisos internacionales contraídos en Kyoto en esta dirección.

También asociado al comportamiento de la insolación y la radiación solar destaca el potencial constituido por la suavidad térmica invernal, que llega a convertirse en un recurso de valor incalculable en las solanas de las cadenas Béticas asomadas al Mediterráneo y en los ámbitos costeros. Los cultivos subtropicales y de primor dan ya buena cuenta de este potencial, así como el turismo. No obstante, se trata de un recurso dotado de una gran variabilidad espacial y muy ligado a la topografía, y sigue sin conocerse su comportamiento con el detalle espacial requerido. Un inventario de los recursos heliotérmicos a escalas topoclimáticas constituiría una pieza muy valiosa de cara a la gestión de los recursos del territorio andaluz y tendría numerosas aplicaciones en el ámbito de la agricultura y la salud, contribuyendo además a diversificar los espacios dedicados al turismo.

De forma más puntual, y no tan general, constituyen también potencialidades importantes el viento y la nieve. El viento, como ya hemos visto, adopta valores medios considerables y rachas ocasionalmente muy fuertes en todo el entorno del estrecho de Gibraltar, y en él se asiste en estos momentos a un proceso de cambio en la percepción de este rasgo, de forma tal que lo que hasta ahora constituía la principal limitación para el desarrollo de este territorio, se convierte progresivamente en uno de sus potenciales más destacados. Dicho potencial se actualiza ya en la implantación creciente de parques eólicos que suministran una gran cantidad de recursos energéticos renovables, y en el desarrollo en el

litoral de una actividad turística ligada a los deportes de viento, que cada vez más se constituye en la imagen de marca de toda la zona.

La nieve sólo juega un papel destacado en el área de sierra Nevada, donde da pie a la implantación de una estación de ski y deportes de invierno que encuentra sus mejores bazas en el hecho de ser la más meridional de Europa, lo que comporta el disfrute de la nieve asociada a una suavidad térmica inusitada y a una insolación muy prolongada. Estas grandes ventajas contribuyen a compensar la reducida duración de la época apta para el ski y las incertidumbres asociadas a esta duración de unos años a otros.

Las **limitaciones climáticas** principales se producen en relación con el comportamiento de la precipitación o, más genéricamente, del balance hídrico, destacando tres aspectos particularmente desfavorables. En primer lugar, la importancia de los déficit hídricos, ya puesta de manifiesto a partir de los valores adoptados por el índice de humedad. Además, el desequilibrio intraanual de las precipitaciones, con inviernos abundantemente regados, pero con una sequía estival prolongada e intensa que, al coincidir con la época de máximas temperaturas, exacerba la dureza de sus impactos. Por último, la irregularidad pluviométrica interanual con alternancia de años lluviosos o muy secos que requieren de un proceso de adaptación no siempre fácil.

Todo ello determina que el gran problema climático de la región sea sin duda el agua, a pesar de que los volúmenes medios precipitados en Andalucía no sean tan bajos como se tiende a pensar en ocasiones desde la imagen popular y a pesar de que existan incluso enclaves en los que la precipitación se cuenta entre las más elevadas de España. La gestión rigurosa de este recurso y el respeto y la consideración de los ritmos naturales son fundamentales no sólo para su aprovechamiento sino, además, para poder rentabilizar otro tipo de recursos como el turismo o la agricultura, fuertemente dependientes de estos recursos hídricos.

Frente a esta limitación, cualquier otra pierde relevancia; conviene mencionar, no obstante, los rigores térmicos estivales que se registran en todo el ámbito interior de la región, y que constituyen a veces limitaciones muy importantes para la agricultura y el confort humano, lo que indirectamente revierte en un aumento de los consumos energéticos para hacer frente a este inconfort. La limitación, además, adquiere relevancia especial en el contexto de una amenaza de calentamiento global que en nuestro caso, y si se cumplen los pronósticos cada vez más unánimes en este sentido, nos podría conducir a situaciones muy desfavorables.

En el apartado de los **riesgos climáticos** también la precipitación se convierte en el agente protagonista. Resultan destacables, por su intensidad y por su carácter general y aplicable a todo el territorio, los riesgos derivados de las precipitaciones intensas, como las inundaciones o la erosión de los suelos (abundantemente tratados en otros capítulos de esta obra), así como los asociados a su escasez, tales como la sequía. Igualmente relevante es el riesgo de incendios forestales, que, además de su importante dimensión antrópica, se relaciona estrechamente con situaciones atmosféricas muy precisas en las que predominan el fuerte calor, la sequedad ambiental y el desarrollo de vientos intensos. También presenta un carácter generalizado, aunque reviste una importancia mucho menor, el riesgo de aparición de situaciones prolongadas de estabilidad atmosférica, las cuales obstaculizan la dispersión de los contaminantes y propician su concentración. Por último, cabría mencionar la existencia de episodios más puntuales en el espacio y en el tiempo, como los temporales de viento o las olas de calor, que sin duda revisten una importancia mucho menor.

6. LAS TENDENCIAS CLIMÁTICAS. EL CLIMA DEL FUTURO EN ANDALUCÍA.

No parece ya posible en los momentos actuales analizar el clima de una región sin tomar en consideración la posibilidad de cambios esperables en el futuro. Las evidencias de cambio climático como consecuencia de la intervención antrópica sobre el sistema son ya tan rotundas y la unanimidad científica tan grande, que cada vez se disipan más las dudas iniciales en torno a este tema.

Sintetizando hasta el máximo el tema, parece hoy ya universalmente admitido que la emisión hacia la atmósfera por parte del hombre de gases de efecto invernadero (GEI) provocaría una modificación del balance de energía del sistema climático conducente a un calentamiento global. De él a su vez se derivarían cambios en otras variables climáticas e impactos considerables tanto en el sistema natural como en las actividades humanas. Dicho cambio estaría ya generando manifestaciones en forma de tendencias crecientes en las temperaturas planetarias como fenómeno más destacable. Las múltiples interrelaciones existentes en el sistema climático mundial y el carácter global atribuible al cambio climático determinan que ningún ámbito planetario se vea eximido de esta amenaza, y ello nos obliga a plantear, aunque sea someramente, el estado de la cuestión en Andalucía.

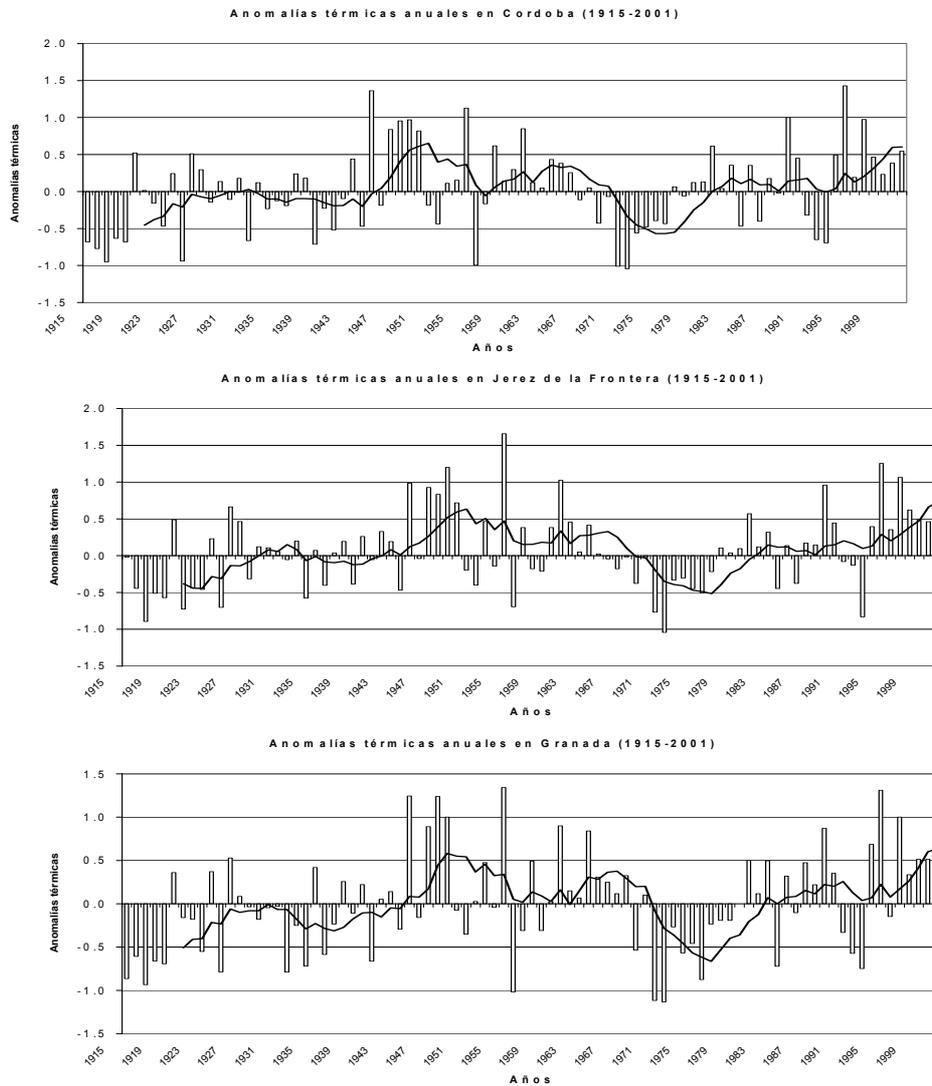
En este sentido, el primer hecho destacable es que el espacio andaluz manifiesta en los momentos actuales pautas de comportamiento muy similares a las registradas para todo el conjunto del planeta. El III Informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático

(IPCC) evalúa en aproximadamente 0,6° C el incremento experimentado por las temperaturas en el planeta desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, registrándose también valores de este orden de magnitud en las series termométricas existentes en Andalucía (ver figura 10). Las series de Granada, Córdoba y Jerez de la Frontera –representativas de todo el territorio andaluz- han sido sometidas al mismo tratamiento que las series medias mundiales utilizadas para las evaluaciones del calentamiento global por parte del IPCC. Consecuentemente, en ellas se han corregido las posibles inhomogeneidades derivadas de errores en la medición o la transcripción de los datos, y se ha eliminado el efecto urbano. En las nuevas series, resultantes de la aplicación de estos procesos, se han calculado las anomalías de las temperaturas medias anuales respecto a las respectivas medias del periodo 1961-90 y en ellas surgen tendencias muy similares a las que caracterizan el comportamiento mundial: un ascenso sostenido de las temperaturas durante la primera mitad del siglo, con culmen en los años cuarenta, un descenso desde entonces hasta mediados de los años setenta, y un nuevo ascenso desde entonces hasta la actualidad, de forma tal que las anomalías más recientes alcanzan un valor próximo a +0,6, como sucede a nivel planetario. De hecho, en nuestras estaciones las anomalías térmicas para el año 2001 rebasan en ocasiones el valor de +0,6, alcanzando los valores de +0,546 para Córdoba, +0,85 para Jerez y +0,92 para Granada.

Tampoco en las precipitaciones las tendencias recientes en Andalucía contradicen los hechos constatados a nivel mundial, si bien éstos son más irregulares que los manifestados por las temperaturas. Los datos instrumentales relativos al siglo pasado muestran un aumento de la precipitación de 0,5% a 1% por década para las latitudes medias y altas del hemisferio Norte, pero una disminución de un 0,3% por década en las latitudes subtropicales. La Península Ibérica refleja bien esta situación y muestra un ligero aumento en sus observatorios septentrionales, pero una disminución en los meridionales, entre los cuales se encuentran los ubicados en Andalucía. Los índices de sequía en las cuencas vertientes de la región ya muestran este descenso pluviométrico con claridad, al integrar todas las grandes secuencias secas a partir de los años setenta y especialmente en los años ochenta y noventa.

Estas tendencias reflejan la evolución del clima desde el pasado hasta la actualidad y en ningún caso pueden servir para adelantar el futuro. Para este fin se cuenta con los modelos de simulación del sistema climático mundial, los cuales, situándose en diferentes posibles escenarios de futuro, adelantan el comportamiento climático esperable para cada uno de los escenarios.

Figura 10. Tendencias de las temperaturas en algunos observatorios andaluces durante el siglo XX.



Fuente: Elaboración propia.

La valoración adecuada de estas previsiones exige dos consideraciones previas. En primer lugar, la concerniente a las fuentes de incertidumbre existentes en ellas. Estas incertidumbres se derivan del conocimiento aún no perfecto del funcionamiento del sistema climático en toda su complejidad, pero se derivan, sobre todo, de la dificultad inherente a la previsión de la evolución de los comportamientos de la sociedad en el futuro, de los cuales depende en último término la emisión de GEI y el cambio climático derivado. Ello determina que las previsiones del clima del futuro no sean nunca tajantes, sino que ofrecen un abanico

de posibilidades que está ligada, en el fondo, a las múltiples formas en que la actividad humana puede evolucionar. La importancia de un cambio tecnológico conducente a una mayor eficiencia en el uso de la energía, o de un cambio en las pautas demográficas conducente a un control de la explosión demográfica, pueden ser algunas muestras de este tipo de evoluciones sociales con particular incidencia en el cambio climático.

Además, conviene tener presente que las previsiones de futuro ofrecidas por los modelos de simulación del sistema son muy sólidas y consistentes para la escala planetaria, pero más inciertas a medida que se reduce el ámbito espacial de la previsión. Ello supone que no se dispone en la actualidad de previsiones muy fidedignas a escala regional ni local, debiendo limitarnos a aceptar las salidas de los modelos para grandes conjuntos espaciales, tales como la cuenca del Mediterráneo o el sur de Europa, que serían los ámbitos en los que se inscribe nuestra región.

Aceptando estas premisas, podemos asumir como aplicables a Andalucía las previsiones realizadas para el sur de Europa, las cuales pueden sintetizarse en los siguientes hechos. En cuanto a las temperaturas, se prevé para Europa un calentamiento que oscila entre 0,1° y 0,4° por década (dependiendo de los escenarios considerados), siendo este calentamiento máximo en el sur y el nordeste (España, Grecia e Italia, así como Finlandia y el este de Rusia). El calentamiento sería más homogéneo durante el invierno, pero en el verano dibujaría un acusado gradiente norte-sur, de forma tal que en el sur de Europa se situaría en 0,2°-0,6° por década. Las precipitaciones también muestran esta disimetría entre el norte y el sur, señalando un aumento en el norte de un 1% a un 2% por década y un ligero descenso en el sur, que no supera el 1% por década. Es destacable también el gran contraste existente entre el invierno y el verano en las pautas de cambio pluviométrico. La mayoría del territorio europeo aumentará sus precipitaciones en el invierno, pero en el verano surgirá un fuerte gradiente norte-sur, con un incremento superior a un 2% por década en el primero, frente a un descenso que rebasará el -5% en el segundo. La disminución de las precipitaciones precisamente durante la estación estival, que es la que registra mayor demanda evaporativa del aire, implicaría una reducción sustancial del contenido de humedad del suelo y constituiría una seria amenaza para el estado de los recursos hídricos, lo cual ya se recoge en numerosas investigaciones y en documentos oficiales relacionados con este tema.

No es fácil valorar el impacto que estos cambios puedan tener sobre Andalucía ni los procesos de adaptación a que ésta deberá someterse, si bien cabe esperar que el aprendizaje realizado por la región en este sentido en virtud de la gran variabilidad natural que el clima presenta constituya un aliado eficaz.

BIBLIOGRAFÍA.

- AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE (1987): *Evaluación de recursos naturales de Andalucía*, Sevilla, Junta de Andalucía
- CAPEL MOLINA, J.J.(1977): “El clima de la cuenca baja del Guadalquivir”, *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, nº 7, pp. 307-350.
- CAPEL MOLINA, J.J.(1987): “El clima de Andalucía”, en CANO, G. (Ed.): *Geografía de Andalucía*, Sevilla, Ed. Tartessos, vol II, pp. 99-186
- CAPEL MOLINA, J.J. (2000): *El clima de la península Ibérica*, Barcelona, Ariel
- CASTILLO REQUENA, J.M. (1985): *Precipitaciones y tipos de tiempo en las Béticas-Alto Guadalquivir (Andalucía oriental)*, Madrid, INM, Serie A-56
- CASTILLO REQUENA, J.M. (1989): *El clima de Andalucía*, Almería, Instituto de Estudios Almerienses.
- ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN (1979): *Precipitaciones máximas en España. Estimación basada en métodos estadísticos*, Madrid, Ministerio de Agricultura y Pesca, ICONA, monografías, nº 21.
- FONT TULLOT, I (1983): *Atlas climático de España*, Madrid, INM.
- FONT TULLOT, I (1983): *Climatología de España y Portugal*, Madrid, INM
- FONT TULLOT, I (1984): *Atlas de la radiación solar en España*, Madrid, INM
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1985): *Estudio de las heladas en España*, Madrid, INM
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (1992): *Atlas Nacional de España*, Sección II, Climatología. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (1983): *Atlas climático de España*, Madrid.
- MARTÍN VIDE, J. y OLCINA CANTOS, J. (2001): *Climas y tiempos de España*, Madrid, Alianza Editorial.
- PITA LÓPEZ, M.F. (1989): *Riesgos hídricos en Andalucía. Sequías e inundaciones*, Sevilla, Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía.

