



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

**ESTUDIO CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO DEL PARQUE  
NATURAL SIERRA DE GRAZALEMA  
CLIMATIC AND BIOCLIMATIC STUDY OF SIERRA DE  
GRAZALEMA NATURAL PARK**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**GRADO EN GEOGRAFÍA Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**2015-2016**

**Alumno:** Alfonso Jesús Naranjo Barea

**Director:** José María Senciales González

## ÍNDICE

	Págs.
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos e hipótesis.....	6
1.2. Competencias alcanzadas.....	6
1.3. Estructura.....	7
1.4. Particularidades climáticas iniciales del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	8
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN/ANTECEDENTES.....	8
2.1. Estudios de ámbito general.....	8
2.2. Estudios en el ámbito del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	11
3. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	13
3.1. Litología y relieve.....	14
3.2. Biogeografía.....	15
3.3. Vegetación.....	15
3.4. Flora y Fauna.....	16
3.5. Hidrología.....	16
3.6. Población y economía.....	17
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. Características climáticas.....	18
4.1.1. Introducción.....	18
4.1.2. Análisis detallado de temperaturas y precipitaciones.....	19
4.1.3. Creación de estaciones climáticas virtuales (cotas topográficas).....	21
4.2. Características bioclimáticas.....	24
4.2.1. Índices bioclimáticos.....	24
4.2.2. Pisos bioclimáticos.....	26
4.3. Cartografía.....	27
4.3.1. Cartografía básica.....	27
4.3.2. Cartografía climática de detalle.....	28
5. RESULTADOS.....	29
5.1. Estudio climático.....	29
5.1.1. Temperaturas.....	29
5.1.2. Precipitaciones.....	35
5.1.3. Gradientes y cartografía climática.....	41
5.2. Aproximación bioclimática.....	42
5.2.1. Índices bioclimáticos.....	42
5.2.2. Pisos bioclimáticos.....	44
6. DISCUSIÓN.....	44
7. CONCLUSIONES.....	46
8. BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	51

## **RESUMEN**

El Parque Natural Sierra de Grazalema, uno de los ámbitos más interesantes desde el punto de vista climático y bioclimático de la península, no está lo suficientemente estudiado. Por ello, en primer lugar, afrontamos un estudio climático de detalle, donde se analizan en profundidad las dos variables climáticas más relevantes (temperatura y precipitación). En vista de que la cartografía climática pública es muy general, hemos elaborado, con los valores térmicos y pluviométricos anuales disponibles, con estaciones climáticas virtuales extrapoladas, y con la ayuda del interpolador «IDW», mapas climáticos mucho más precisos y que se ajustan al relieve. Tras esto, y debido a la escasez de estaciones termopluviométricas sitas en el interior del Parque, hemos aplicado e interpretado una serie de índices bioclimáticos y, en función de criterios térmicos, se han delimitado los pisos bioclimáticos de las estaciones presentes en el interior del Parque.

Los resultados obtenidos muestran que los elevados registros pluviométricos medios anuales que se registran en Grazalema, más cuantiosos que en las estaciones situadas en la vertiente de barlovento, se deben a un efecto de depresión de sotavento (con refuerzo de efecto Venturi), producido por el Corredor del Boyar-Grazalema. Además, se ha comprobado que la mediana en algunas estaciones tiene un valor superior a la media de precipitaciones anuales, siendo las sequías las que sesgan a la baja dicho valor, es decir, a la inversa de lo que cabría esperar en un clima mediterráneo.

**Palabras claves:** Parque Natural, climático, bioclimático, cartografía climática, depresión de sotavento, Corredor del Boyar-Grazalema.

## **ABSTRACT**

The Sierra de Grazalema Natural Park is one of the most interesting areas from the climatic and bioclimatic point of view of the peninsula, however it has not been studied in detail. For this reason, first of all, we carry out a detailed climatic study where the two most relevant climatic variables (temperature and precipitation) will be analysed in depth. Since the public climatic cartography is really general, we have elaborated climate maps much more accurate and adjusted to the relief using the thermal and rainfall annual values available, the virtual extrapolated climate stations and with the help of the «IDW» interpolator. Once this has been done, due to the shortage of the thermal-rainfall stations located inside the park, we have apply and interpret a number of bioclimatic index and, according to the thermal criteria, the bioclimatic stages of the stations inside the park have been delimited.

The results obtained show that the high rainfall average annual levels recorded in Grazalema (which are more numerous than the ones recorded on the stations located at the barlovento slope) may be caused by a leeward depression effect (with reinforcement of Venturi effect) produced by the Corredor del Boyar-Grazalema. In addition, it has been proved that the median in some stations has a higher value than the rainfall annual average, being the droughts the reason why this value decreases, in other words, the opposite effect with a Mediterranean climate.

**Key words:** Natural Park, climatic, bioclimatic, climatic cartographic, leeward depression, Corredor del Boyar-Grazalema.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el clima ha suscitado el interés del hombre, encontrándose a lo largo de la historia multitud de referencias a las condiciones, variaciones y manifestaciones de la atmósfera (Albentosa, 1989; Cuadrat y Pita, 2006). La definición de clima con mayor aceptación es la que divulga la Organización Meteorológica Mundial (en adelante OMM), entendiéndose por clima *«el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un período suficientemente largo y en un dominio espacial determinado»* (Capel Molina, 2000).

La ciencia que se encarga del estudio del clima es la climatología, definida por Quereda Sala (2005) como *«la ciencia que estudia los estados medios y el régimen de la atmósfera sobre un lugar determinado»*.

Las primeras referencias a la climatología datan del siglo V a. C., con las obras *«Sobre los aires, aguas y lugares»* de Hipócrates y *«Acercas del cielo: Meteorológicos»* de Aristóteles. Pero no es hasta el siglo XV, con el inicio de las exploraciones geográficas, cuando comienzan a realizarse las primeras descripciones de los climas de la Tierra. Hay que esperar hasta los siglos XVI y XVII, para encontrar las primeras invenciones de instrumentos meteorológicos; destacan la invención del termómetro a manos de Galileo Galilei en 1592 y, la invención del barómetro por E. Torricelli en 1643. El siglo XX, supuso la llegada de estudios más detallados al ámbito de la climatología, destacan las obras de W. Köppen, que realizó una clasificación detallada de los climas mundiales de acuerdo con la cubierta vegetal del suelo en 1918; T. Bergeron con su obra sobre la climatología dinámica en 1928; R. Geiger con su manual de climatología en 1936 y, en 1948, C.W. Thornthwaite estableció una clasificación del clima en función de la evapotranspiración y la ficha hídrica (en la actualidad, aún se sigue utilizando esta clasificación). (OMM, 2011).

Con la creación de la OMM en el año 1950, se establece un sistema de recopilación de datos, que contribuye de manera destacada a una mejora en el análisis, comprensión y sistemas de prevención del clima (OMM, 2011).

En España, el desarrollo de la climatología tiene un origen reciente, pues, hasta el siglo XIX no se desarrolla una red de observatorios meteorológicos organizados y distribuidos por todo el territorio nacional (Capel Molina, 2000; Cuadrat y Pita, 2006).

El clima es un elemento fundamental en la configuración de los elementos del medio; tanto los seres humanos como los animales, si las condiciones climáticas les afectan, poseen la capacidad de desplazarse hacia otros territorios. En cambio, las plantas por su inmovilidad no poseen esa capacidad y, por tanto, deben subsistir en el territorio donde brotan. De la relación existente entre clima y vegetación, surge la bioclimatología, definida como *«la ciencia que trata de explicar cómo la variación de los parámetros climáticos (temperaturas, precipitaciones, etc.) modela la flora, las comunidades y el paisaje vegetal»* (Aparicio y Silvestre, 1996; Valle et al., 2004).

El área de estudio, Parque Natural Sierra de Grazalema, constituye uno de los máximos pluviométricos de la península ibérica, superándose, en su entorno, los 2.000 mm de precipitación anual (Martín Vide, 1991; Aparicio y Silvestre, 1996; Capel Molina, 2000; Pita, 2003; Vázquez, 2010).

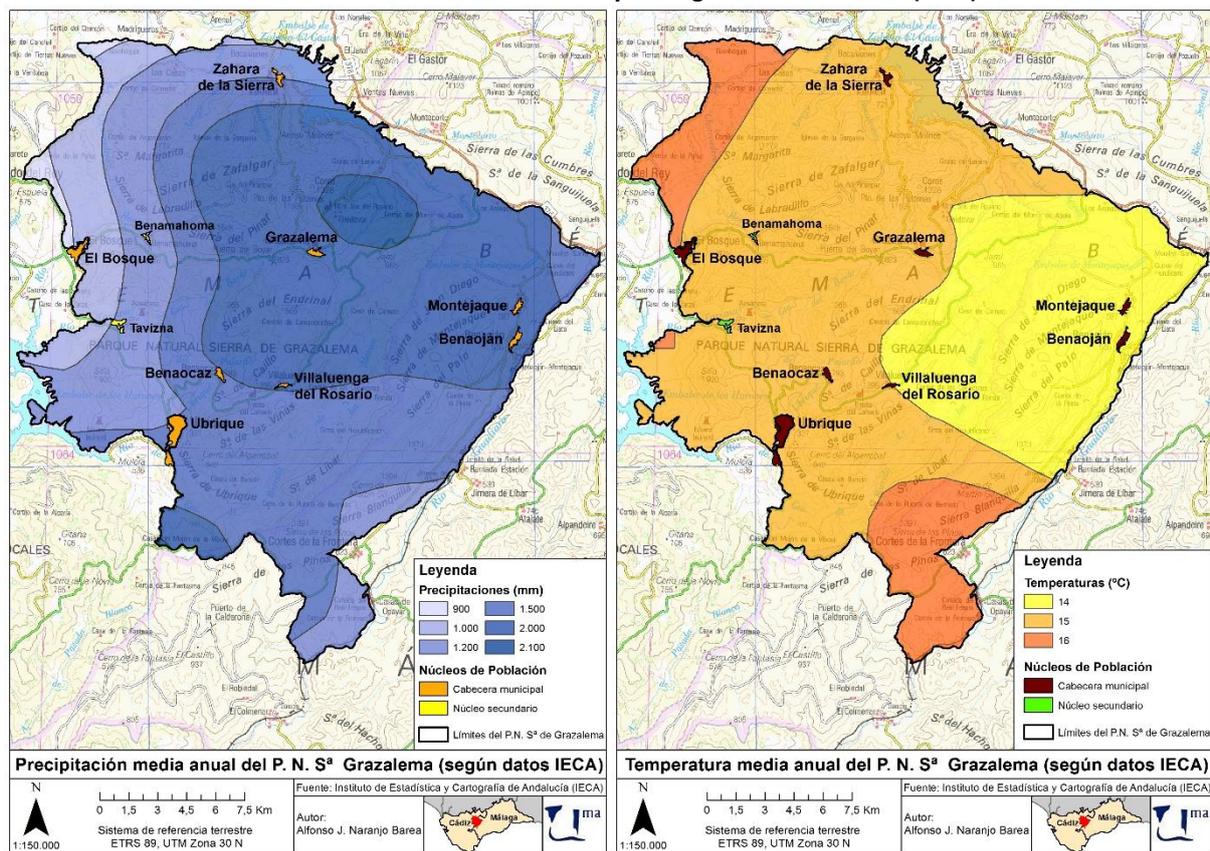
Estas condiciones climáticas, hacen que este singular espacio sea una de las zonas con mayor riqueza y variedad florística (más de 1.375 taxones florísticos) de Andalucía Occidental (Aparicio y Silvestre, 1996; Junta de Andalucía, 2006; Junta de Andalucía, 2015); destaca por su singularidad el pinsapo (*Abies pinsapo Boiss*), abeto endémico de la Serranía de Ronda (Delannoy, 1987).

Si el estudio del clima es siempre interesante (Albentosa, 1989), en esta zona, Parque Natural Sierra de Grazalema, adquiere una mayor relevancia por sus caracteres climáticos y sus condiciones geográficas.

El elevado volumen pluviométrico anual de la Sierra de Grazalema ha sido atribuido históricamente a su posición y orientación como primera barrera natural que se encuentran los frentes de procedencia atlántica que penetran en la península ibérica (Martín Vide, 1991; Aparicio y Silvestre, 1996; Capel Molina, 2000; Gavira, 2006); la orientación y altitud de la Sierra de Grazalema, determina que los vientos provenientes del océano Atlántico, cargados de humedad, se vean obligados a ascender por la ladera de barlovento, provocando su condensación y descarga en forma de lluvia en dicha ladera, mientras que la de sotavento no recibe precipitación; este fenómeno es denominado «efecto Föhn» (Vázquez, 2010).

El efecto Föhn no explica las elevadas precipitaciones que se producen en el Parque Natural Sierra de Grazalema, pues los núcleos municipales de Grazalema y Villaluenga del Rosario, a sotavento de las sierras del Endrinal, y Caílo y Ubrique respectivamente, registran valores pluviométricos más elevados que los núcleos municipales de Ubrique y Benaocaz, ambos situados a barlovento.

**Figura 1. Mapas de precipitación y temperatura media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema según datos del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)**



Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

La Junta de Andalucía (2010) elabora con carácter anual el Informe de Medio Ambiente de Andalucía (desde el año 1987 hasta la actualidad); en él se realiza un análisis de las variables climáticas en el ámbito andaluz. En este análisis se cae en el error de considerar los valores climáticos de una estación concreta válidos para toda el área geográfica en la que se ubica (por ejemplo, a las Sierras Subbéticas Occidentales se le asignan los valores climáticos de la estación de Grazalema). Esto pone de manifiesto que el Parque Natural Sierra de Grazalema, uno de los

ámbitos más interesantes desde el punto de vista climático de la península, no está lo suficientemente estudiado. Y que no se pueden considerar válidos ni los resultados climáticos de una zona concreta para una gran área, ni los resultados climáticos de una gran área para una zona concreta, ya que no se tienen en cuenta las variaciones que introduce el relieve, quedando una cartografía muy general en la que no se representan las características reales de la zona (fig. 1).

El presente estudio se ubica en el marco de la climatología analítica, una de las ramas de la climatología que tiene como objetivo «*la descripción de los valores medios que toman los parámetros climáticos estudiados*» (Capel Molina, 2000). Por otro lado, el análisis tiene carácter mesoclimático, pues, el clima del Parque Natural Sierra de Grazalema «*se ve modificado de forma local por diversos aspectos del paisaje, como el relieve y la altitud...*» (Aguiló et al., 2004).

### **1.1. Objetivos e hipótesis**

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal, realizar un estudio de detalle de las características climáticas y una aproximación bioclimática del Parque Natural Sierra de Grazalema.

Para la consecución del objetivo principal, se deben de alcanzar los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un análisis detallado de las dos variables climáticas más relevantes (temperatura y precipitación) y valorar la incidencia en detalle del relieve sobre las características climáticas del Parque Natural Sierra de Grazalema.
2. Crear estaciones climáticas virtuales de nueva creación (cotas topográficas), a partir de la utilización de gradientes térmicos y pluviométricos, teniendo en cuenta el factor exposición (solana y umbría).
3. Elaborar una cartografía climática (temperatura y precipitación) de detalle, teniendo en cuenta las variaciones que introduce el relieve; para ello, se utilizarán los valores climáticos de las estaciones climáticas reales y las estaciones climáticas extrapoladas.
4. Aplicar índices bioclimáticos y analizar sus resultados.
5. Delimitar los pisos bioclimáticos que componen el Parque Natural Sierra de Grazalema. Para una delimitación más correcta se compararán los resultados obtenidos con los resultados de otras investigaciones.

La hipótesis de esta investigación es la siguiente: observando la posición de las estaciones de Grazalema y Villaluenga del Rosario, claramente situadas en la vertiente de sotavento, y, que los registros pluviométricos son más elevados que en las estaciones situadas en la vertiente de barlovento, suponemos que se deben a un inusual efecto meteorológico denominado «Depresión de Sotavento».

Este estudio se ubica dentro de los análisis fundamentales de detalle que se están realizando en el análisis climático y, además, sirve de base para un análisis más serio de las perspectivas de cambio climático en el aspecto de la afectación a las masas forestales de interés, como es el pinsapar de Grazalema.

### **1.2. Competencias alcanzadas**

Con la realización del presente trabajo se han alcanzado las siguientes competencias en relación con los estudios universitarios:

- Capacidad de análisis y síntesis, de organización y planificación, y de comunicación oral y escrita.

- Manejo de una lengua extranjera y conocimientos informáticos esenciales.
- De aprendizaje autónomo y en equipo, de razonamiento científico y de proyectar y emprender tareas de investigación y gestión.
- Actitud sistemática de cuidado y precisión en el trabajo, y de motivación por la calidad.
- Capacidad para saber interrelacionar el medio físico y ambiental en la esfera social y humana.
- Interrelacionar los fenómenos a diferentes escalas territoriales.
- Comprender el funcionamiento del espacio geográfico local en el marco del sistema geográfico global.
- Conocer los fundamentos de la Geografía física y el medio ambiente.
- Dominio de la Cartografía.
- Dominio de las técnicas de cuantificación en Geografía.
- Dominio de los SIG y capacidad de aplicación de las TIG al análisis del territorio y a su gestión.
- Capacidad para plantear y desarrollar un proyecto de investigación aplicada.
- Capacidad de transmisión de los conocimientos geográficos.

### **1.3. Estructura**

De acuerdo con las ideas expuestas, el estudio realizado se ha dispuesto de la siguiente manera:

0. Resumen/abstract. En él se explican brevemente los objetivos generales, la metodología empleada y las principales conclusiones obtenidas en el desarrollo del trabajo.
1. Introducción. En él se plantea el interés del estudio, se desarrollan los objetivos generales y específicos del trabajo, se incluyen las competencias del Grado que se pretenden alcanzar, también se anticipa la estructura del trabajo y se realiza una aproximación de las particularidades climáticas generales que posee la zona objeto de estudio.
2. Estado de la cuestión/antecedentes. En este apartado se realiza, primero, una revisión de los estudios de ámbito general, es decir, de entre los estudios consultados, se señalan las conclusiones más relevantes para el trabajo que se lleva a cabo y, en segundo lugar, se efectúa una revisión de los estudios que se han elaborado del Parque Natural Sierra de Grazalema.
3. Ámbito de estudio. En él se realiza una aproximación geográfica del área de estudio y se señalan las características del medio físico y medio humano de esta área.
4. Metodología. En él se describen las técnicas de análisis y las fuentes utilizadas en el estudio.
5. Resultados. En él se analizan los resultados obtenidos tras la aplicación de las técnicas de análisis utilizadas.
6. Discusión. En este apartado se comprueba la hipótesis, se señalan las cuestiones pendientes, las limitaciones encontradas y las posibles cuestiones a investigar aún.
7. Conclusiones. En él se realiza un balance del grado de cumplimiento de los objetivos y un análisis global con las conclusiones obtenidas con el desarrollo del trabajo.
8. Bibliografía. Este epígrafe reúne todas las referencias bibliográficas utilizadas en la elaboración del presente trabajo; esta recolección permite al lector identificar la procedencia de la información que ha sido tomada de otros autores.

9. Anexos. Se muestran aspectos normativos, así como la cartografía, gráficos y tablas que no se han incluido en el texto por no extenderlos más de lo reglamentado.

#### **1.4. Particularidades climáticas iniciales del Parque Natural Sierra de Grazalema**

El Parque Natural Sierra de Grazalema, a grandes rasgos, presenta un clima mediterráneo, caracterizado por presentar un régimen pluviométrico con marcada estacionalidad, con un período lluvioso en invierno y un verano largo y seco (Martín Vide, 1991; Aparicio y Silvestre, 1996). La cercanía de esta área al océano Atlántico (80 kilómetros) y el efecto de agravación provocado por el relieve, hacen que esta zona esté enmarcada dentro del dominio de la «España Lluviosa» con una precipitación media anual superior a los 800 mm (Albentosa, 1989). En cuanto al régimen térmico, presenta dos periodos claramente diferenciados, por un lado, presenta temperaturas elevadas en verano y, por otro, temperaturas frescas durante el invierno; el relieve de esta zona influye en el régimen térmico, pues es un hecho que las temperaturas disminuyen con la altitud (Aparicio y Silvestre, 1996).

Siguiendo a Pita (2003) se resume que la circulación atmosférica general sobre el área de la Sierra de Grazalema se verá sometida a la sucesión de centros de acción y de mecanismos meteorológicos diferentes en las estaciones de invierno y verano. Durante el invierno esta área se verá afectada por la presencia de los vientos del oeste y las perturbaciones del frente polar en las capas bajas de la atmósfera, mientras que, durante el verano el desplazamiento de los cinturones de presión y viento hacia el Polo Norte determina que esta área quede bajo la influencia de las altas presiones subtropicales.

## **2. ESTADO DE LA CUESTIÓN/ANTECEDENTES**

Este apartado ha sido dividido en dos partes. En la primera se realiza una revisión de los estudios de ámbito general, es decir, de los estudios consultados, se señalan las conclusiones más relevantes para el trabajo que se lleva a cabo. En la segunda se efectúa una revisión de los estudios, de toda índole, que se han elaborado en el ámbito del Parque Natural Sierra de Grazalema.

### **2.1. Estudios de ámbito general**

Es un hecho constatado que los factores geográficos originan alteraciones en las variables climáticas; los más importantes, a nivel general, son: la latitud, la longitud y la topografía. La topografía, a mesoescala, ejerce una influencia muy importante sobre el clima (Capel Molina, 2000), pues se puede afirmar que las temperaturas disminuyen con la altitud (Aparicio y Silvestre, 1996), mientras que, las precipitaciones aumentan con esta (Cuadrat y Pita, 2006); además de la altitud, otros factores topográficos que modifican las características climáticas locales son: la exposición y la orientación de las laderas (solana-umbría, barlovento-sotavento, etc.) (Aguiló et al., 2004; Quereda Sala, 2005).

Rodríguez Vidal (1979) elaboró un estudio climático (precipitaciones y temperaturas) de las Sierras Exteriores (Prepirineo de Huesca) para delimitar los sistemas morfogénéticos presentes allí. Utilizó 6 observatorios termopluviométricos en la vertiente septentrional y 8 en la meridional. El autor señaló que la orografía y la exposición influyen de manera directa en la distribución de las variables climáticas; por eso, elaboró mapas de isoyetas e isotermas a base de promedios anuales, en los que se observan las variaciones que introduce el relieve.

En Venezuela, Pineda et al. (2011) realizan una caracterización climática de la microcuenca del río Monaquito. Utilizan 6 estaciones con datos de precipitación media anual y 1 estación con datos de temperatura media mensual; todas las estaciones poseen datos del

período 1985-1995. Con los datos de precipitación y la ayuda del interpolador «Kriging» obtienen los mapas de isoyetas medias anuales y mensuales, utilizando 85 puntos de referencia distribuidos en el interior de la zona de estudio. La temperatura media mensual de los puntos de referencia se estimó aplicando el gradiente térmico altitudinal (disminución de  $0,58^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ) considerado válido en la zona. Como resultado, obtienen un mapa climático de detalle del área estudiada.

Sánchez Martín (1995) realizó, en zonas de montaña de Extremadura, el cálculo de gradientes termohídricos anuales, en función de los factores geográficos que causan las mayores alteraciones en el clima. Para ello, aplicó la técnica de regresión múltiple con cinco variables independientes (altitud de la estación, emplazamiento, latitud, longitud y exposición) y, como variables dependientes, las variables climáticas (precipitaciones medias, temperaturas medias, temperaturas medias máximas y mínimas, y temperaturas máximas y mínimas absolutas). Los resultados evidencian que la altitud tiene gran influencia sobre las variables climáticas y, además, pone de manifiesto que la exposición es uno de los factores geográficos que más cambios introduce en las diversas variables climáticas analizadas, causando fuertes incrementos y/o descensos térmicos y pluviométricos.

Como se indicó anteriormente, las temperaturas disminuyen a medida que ascendemos, y, por el contrario, las precipitaciones aumentan con la altitud; al enfriamiento que sufren las temperaturas con la altitud se le denomina gradiente térmico altitudinal, mientras que, al aumento que experimentan las precipitaciones con la altura se le denomina gradiente pluviométrico altitudinal. Se ha admitido que el descenso térmico medio, en las zonas templadas, es aproximadamente de  $0,65^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de elevación (Cuadrat y Pita, 2006); en cambio, al gradiente pluviométrico no se le puede asignar un valor fijo, pues este es muy variable tanto a escala mundial como incluso a escala local (Colón, 1998); pero, en realidad, al igual que ocurre con el gradiente pluviométrico, el gradiente térmico *«cambia ampliamente con el tiempo y de un lugar a otro según las condiciones atmosféricas y la influencia de la superficie»* (Cuadrat y Pita, 2006).

Marzol y Máyer (2015) realizan un estudio del gradiente térmico en las Islas Canarias con el fin de analizar la correlación existente entre temperatura, altitud y orientación del relieve. Utilizan 40 estaciones termométricas, con datos de temperaturas máximas, mínimas y medias diarias, distribuidas según el factor orientación: 16 estaciones en la vertiente meridional y 24 en la septentrional. La correlación altura-temperatura que realizan da como resultado, en la temperatura media anual, un descenso de  $0,62^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la vertiente meridional y de  $0,54^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la septentrional; en las temperaturas mínimas, un descenso de  $0,54^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la vertiente meridional y de  $0,82^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la septentrional; y, en las temperaturas máximas, un descenso de  $0,57^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la vertiente meridional y de  $0,43^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  en la septentrional.

Del Valle y San Román (1994) elaboran un estudio del gradiente pluviométrico en el macizo del Moncayo (provincias de Zaragoza y Soria) con el objetivo de cuantificar la precipitación media mensual y elaborar un mapa de isoyetas de la zona. Utilizan 7 estaciones en la vertiente norte y 11 en la vertiente sur, obteniendo un coeficiente de correlación superior a 0,96 en ambas vertientes. La correlación altura-precipitación que realizan da como resultado un aumento de  $100\text{ mm}/100\text{ m}$  en la vertiente septentrional, en altitudes superiores a los 1.000 m; y de  $25,3\text{ mm}/100\text{ m}$  en la vertiente meridional, en altitudes inferiores a los 1.400 m.

Las precipitaciones y las temperaturas son los elementos principales del clima (Albentosa, 1989); de la conjunción de ambos depende el ciclo del agua, componente esencial para la vida. Pero, en ocasiones, se producen fenómenos climáticos adversos que ocasionan

multitud de daños, tanto a los seres humanos y sus actividades (olas de calor y frío, inundaciones, destrozos en la agricultura...) cómo a las plantas y los animales; por ello, es necesario recoger y evaluar estos fenómenos para calcular el período de retorno de dichos sucesos y, en el futuro, poder tomarse las medidas necesarias para reducir los posibles daños.

AEMET (2007) elaboró un resumen de los extremos climáticos (temperaturas mínimas, máximas, medias anuales más altas, medias anuales más bajas, precipitaciones máximas diarias, máximas en una hora, medias anuales más altas y medias anuales más bajas) acontecidos en España en el período 1900-2007. Se recogen los valores récords históricos de cada una de las variables climáticas señaladas anteriormente, registradas en estaciones principales (capitales de provincia y/o localidades importantes). Resaltan dos episodios extremos sucedidos en las últimas 30 décadas, el episodio lluvioso de los días 3 y 4 de noviembre de 1987 que afectó especialmente a las provincias de Valencia, Murcia y Alicante, donde se acumularon precipitaciones superiores a 300 mm diarios e incluso llegando a registrarse el máximo histórico de precipitación de España, 817 mm, en Oliva S E Agraria (Valencia); y, por otro lado, la ola de calor en verano de 2003, que supuso el episodio de calor más prolongado (15 días) hasta la fecha de realización del estudio y, se superaron los registros históricos en numerosos observatorios de la península ibérica.

Elías Castillo (1963) elaboró un estudio de las precipitaciones máximas en España centrándose en el régimen de intensidades y frecuencias de la ya citada variable climática. Utiliza 683 estaciones pluviométricas (repartidas por todo el territorio nacional) con series, en general, superiores a 10 años.

- Calculó para cada una de las 683 estaciones: los valores de precipitaciones máximas en 24 horas (mes) expresadas en mm, media, desviación típica y el valor de la precipitación estimada para un período de retorno de 3, 5, 10, 15, 20 y 25 años.
- También calculó para las estaciones con series más completas (principalmente, capitales de provincia): las precipitaciones máximas (en mm) en distintos intervalos de tiempo (24, 12, 6, 2 y 1 horas, y 30, 20 y 10 minutos), media, desviación típica y el valor de la precipitación estimada para un período de retorno de 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años.

La vegetación está íntimamente relacionada con el clima (Valle et al., 2004), esto implica que a través del análisis de las variables climáticas y el cálculo de varios índices bioclimáticos se pueda conocer la distribución de la vegetación y, recíprocamente, que a través del estudio de la vegetación (situación, tipo...) se puedan conocer las características climáticas de un lugar determinado.

Valle et al. (2004) elaboran un manual que recoge toda la información necesaria para reconocer y caracterizar el bioclima y la biogeografía de cualquier área del territorio andaluz; estos datos son imprescindibles para establecer las series de vegetación de cualquier zona. En la parte dedicada a la bioclimatología, indican la ubicación y extensión de los termotipos y ombrotipos presentes en el territorio andaluz; recogen bioindicadores florísticos para la identificación de los termotipos y ombrotipos del territorio; y, por último, con los datos climáticos, la aplicación de varios índices bioclimáticos (de termicidad, de mediterraneidad, etc.) y la información ya recolectada, clasifican los municipios y picos más importantes de Andalucía (indicando altitud, bioclima, termotipo, ombrotipo y vegetación potencial de los mismos). En la parte dedicada a la biogeografía, indican y describen las distintas unidades biogeográficas presentes en el territorio andaluz y, tras esto, realizan una completa localización biogeográfica de los municipios y picos más importantes de Andalucía.

Bejarano Palma (1997) realizó un estudio de los factores climáticos que determinan la distribución de la vegetación en la costa atlántica de Andalucía. Utiliza 12 estaciones climatológicas, distribuidas a lo largo del litoral onubense y gaditano. La autora divide el análisis en dos partes:

- En primer lugar, lleva a cabo un detallado análisis de las temperaturas (medias anuales, medias mensuales y medias de las máximas y mínimas mensuales) y de las precipitaciones (medias anuales y mensuales) de la zona de estudio. De este análisis extrae dos conclusiones: por un lado, las temperaturas no actúan, a escala regional, como único factor de distribución de la vegetación; y, por otro, el régimen de precipitaciones y temperaturas va a determinar la evapotranspiración potencial y la disponibilidad de agua en el suelo.
- En segundo lugar, mediante la realización de varios índices bioclimáticos (ETP, diagramas ombrotérmicos de Gaussen, índice de humedad) lleva a cabo un análisis bioclimático donde delimita los pisos bioclimáticos existentes en la zona de estudio.

La autora, tras el análisis llevado a cabo, consigue su objetivo de evaluar la incidencia del clima como factor relevante en la distribución de la vegetación.

Delgado Peña (1999) elaboró una caracterización climática y bioclimática de la cuenca alta del río Grande (Yunquera). Al no poseer estaciones climáticas en el interior de la zona de estudio, utiliza datos de 3 estaciones climáticas situadas en las inmediaciones de dicha área. El estudio se divide en dos partes, en primer lugar, describe, en las 3 estaciones seleccionadas, de forma generalizada las precipitaciones, temperaturas, ETP y balance hídrico; y, en segundo lugar, debido a la falta de datos climáticos específicos de la zona y al carácter escarpado del territorio, realiza un muestreo de especies vegetales bioindicadoras, con el fin de determinar la distribución de estas especies y delimitar los límites altitudinales de los diferentes pisos bioclimáticos.

## **2.2. Estudios en el ámbito del Parque Natural Sierra de Grazalema**

La excepcionalidad y belleza del pinsapar del Parque Natural Sierra de Grazalema ha despertado, desde antaño, gran interés para naturalistas y botánicos. Destacan, a finales del siglo XVIII, las visitas de Nee y Rojas Clemente, quienes fueron los primeros en recorrer Grazalema y su ambiente, dejando datos más o menos fiables (Aparicio y Silvestre, 1996); en el siglo XIX, recorren este singular espacio notables botánicos como A. Barbey, quien hizo referencias sobre la situación de los pinsapos y su necesidad de conservación o la visita de E. Boissier junto a Prolongo en 1837-1838 (Colón, 1998). Los datos aportados por Pérez de Lara en su obra «*Florula Gaditana*» (1887), junto a los referidos por A. Barbey en su «*À travers les forêts de pinsapo d'Andalousie*» (1931) y P. Font Quer en su «*Geografía de España y Portugal*» (1954), han permitido conocer la gran diversidad florística de la Sierra de Grazalema y reconstruir la evolución del bosque de pinsapos de este espacio (Colón, 1998).

Conociendo la diferenciación pluviométrica del Parque Natural Sierra de Grazalema respecto a su entorno, resulta sorprendente que, de la abundante bibliografía consultada, únicamente Martín Vide (1991) analice esta diferenciación.

Martín Vide (1991) realizó un análisis del acusado contraste espacial de precipitación, uno de los más notables de España, que acontece en la provincia de Cádiz. En los 80 km que separan el observatorio de San Fernando y el de Grazalema se registra una diferencia de 1.500 mm anuales de precipitación. El autor sitúa el máximo pluviométrico, registrado en Grazalema, en relación con un óptimo pluviométrico combinado de altitud y distancia al mar, respecto a los flujos húmedos procedentes del Atlántico; aunque, al igual que indicamos en nuestra

hipótesis, el autor deja entrever que la situación particular del núcleo de población de Grazalema, a sotavento, podría, debido a varios efectos que causa la topografía, tener las consecuencias pluviométricas más elevadas de la sierra que lleva su nombre.

La totalidad de los estudios seleccionados, excepto el citado estudio de Martín Vide (1991), tienen en común el análisis de las características de la vegetación y/o la flora del Parque Natural Sierra de Grazalema, aunque también se hacen referencias al clima, geología y relieve.

Aparicio y Silvestre (1996) elaboran la «*Guía de la flora y la fauna del Parque Natural Sierra de Grazalema*» con el objetivo principal de recolectar y describir las especies florísticas (en especial, las de carácter endémico) que allí habitan; en este estudio, además, los autores realizan una completa descripción de los elementos del medio físico (situación, límites, geología, relieve, flora y fauna). Para llegar a comprender la distribución y configuración de la flora de un área, es necesario analizar las características climáticas que acontecen en ese ambiente; esto adquiere mayor interés si la zona estudiada es donde se registran uno de los registros pluviométricos más elevados de la península ibérica; por ello, en este estudio se lleva a cabo un análisis, utilizando datos de estaciones en el interior y en las inmediaciones del parque, de precipitaciones, temperaturas y clasificaciones e índices bioclimáticos (Ombroclima, pisos bioclimáticos, índice de mediterraneidad, etc.). Los principales resultados que se extraen de este estudio son que el ombroclima de las 16 estaciones pluviométricas analizadas oscila entre seco e hiperhúmedo y, que los pisos bioclimáticos de las 3 estaciones termopluviométricas analizadas se sitúan entre los pisos mesomediterráneo inferior y termomediterráneo superior.

El estudio realizado por Aparicio y Silvestre (1996) presenta bastantes similitudes con el trabajo que se está llevando a cabo, pero tiene como inconvenientes que las series de datos analizadas no son actuales (datos del siglo XX) y que no realiza un estudio climático de detalle.

Gavira (2006) elabora una investigación con la intención de analizar la posible función como corredor ecológico de la alineación montañosa que constituye la Sierra del Oreganal y la Sierra de los Castillejos para la flora de los Parques Naturales Sierra de Grazalema y Sierra de las Nieves, físicamente comunicados. Realiza una comparación de la flora de especial interés del área propuesta como corredor ecológico y de ambos parques naturales. Los resultados evidencian la presencia de entornos bastante similares, pero, no se demuestra la existencia de un corredor ecológico actual ni pasado en dicha área.

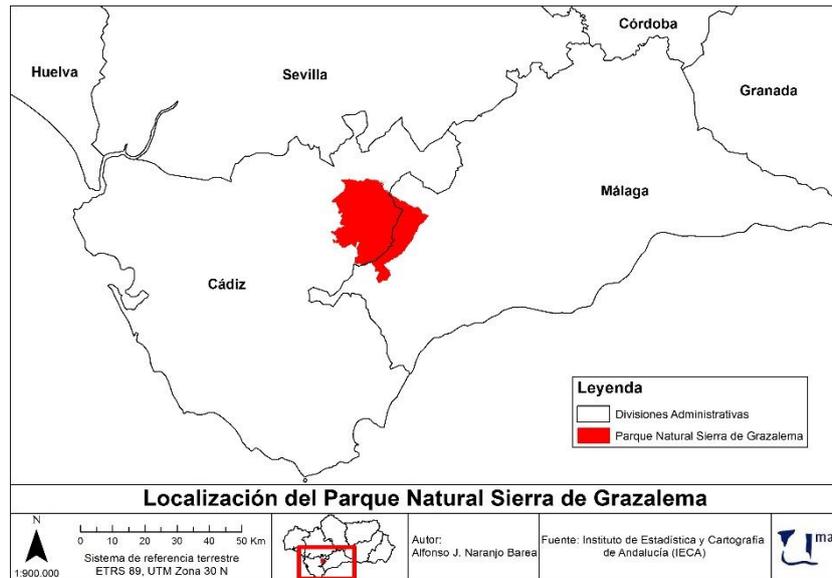
Delannoy (1987) realiza un estudio centrado, principalmente, en la descripción de la geología de las unidades de relieve que componen el Parque Natural Sierra de Grazalema y, también, de las unidades de vegetación. Con respecto a la geología, Delannoy señala que la Sierra de Grazalema está ubicada en las Cordilleras Béticas y, concretamente, en el ámbito Subbético, los materiales geológicos que la componen son de múltiples eras geológicas y las sierras más importantes son: Sierra del Pinar, Sierra del Endrinal-Caílo y Sierra de Líbar. Y, respecto a la vegetación, el autor señala como unidades de vegetación más importantes: el endrinal, el bosque de quejigo, el enebral-sabinar y el matorral xérico-espinoso; pero la unidad más interesante es el pinsapar.

Vázquez (2010) elabora la «*Guía oficial del Parque Natural Sierra de Grazalema*» con la intención de ofrecer al lector toda la información necesaria para adentrarse en este espacio natural. Para ello, en primer lugar, realiza una descripción detallada del relieve y de la distribución de la flora y la fauna en cada uno de los cinco ambientes que reconoce (ambientes rocosos, el monte de encinas, el alcornocal, el pinsapar y las riberas); y, por último, ofrece cuatro rutas trazadas para recorrer y conocer todos sus rincones.

### 3. ÁMBITO DE ESTUDIO

El área de estudio, Parque Natural Sierra de Grazalema, se localiza en el sur de Andalucía, concretamente en la zona nororiental de la provincia de Cádiz y el extremo noroccidental de la provincia de Málaga (fig. 2). Los límites del área de investigación lo conforman, a grandes rasgos, el curso del río Guadalete al norte; al este, en la provincia de Málaga, emerge como límite natural el cauce del río Guadiaro; al sur, está delimitado por el Parque Natural de los Alcornocales; y al oeste, queda definido por la Campiña Alta (Aparicio y Silvestre, 1996; Junta de Andalucía, 2006).

Figura 2. Localización del área de estudio



Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>)

El Parque Natural Sierra de Grazalema es un área de, aproximadamente, 53.400 hectáreas, situada su mayor extensión en la provincia de Cádiz (72 %), correspondiendo el resto del territorio a la provincia de Málaga (28 %) (Junta de Andalucía, 2006). Está constituido administrativamente por nueve municipios gaditanos (Algodonales, Benaocaz, El Bosque, El Gastor, Grazalema, Prado del Rey, Ubrique, Villaluenga del Rosario y Zahara de la Sierra) y seis malagueños (Benaoján, Cortes de la Frontera, Jimera de Líbar, Montecorto, Montejaque y Ronda) (Vázquez, 2010). En la fig. 3, se observa que están incluidos en el interior del Parque la totalidad de los términos municipales de Benaocaz, Grazalema, Montejaque y Villaluenga del Rosario; la mayor parte de Benaoján, Cortes de la Frontera, El Bosque, Ubrique y Zahara de la Sierra; y una pequeña parte de los términos municipales de Algodonales, El Gastor, Jimera de Líbar, Montecorto, Prado del Rey y Ronda.

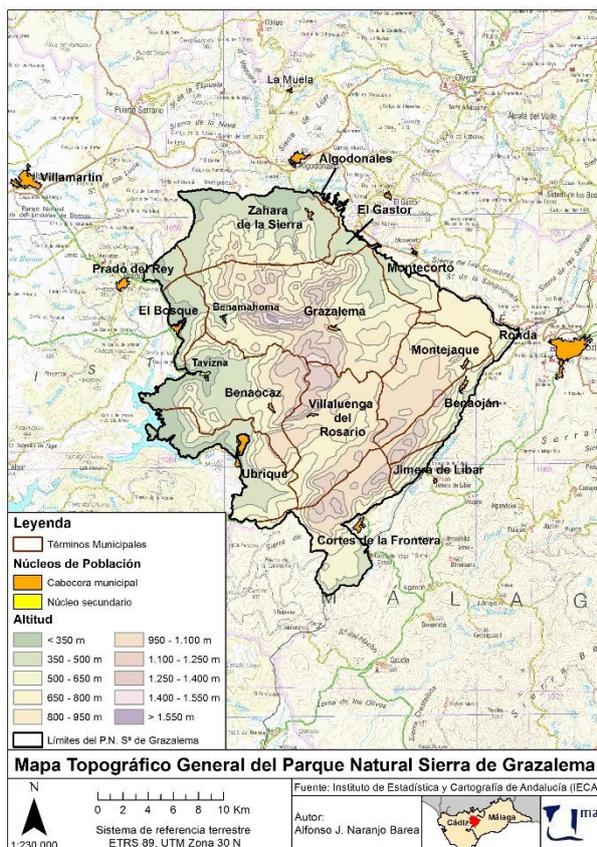
A finales del siglo XX surge la necesidad de proteger los paisajes que destacaban por sus cualidades estéticas. Por ello, en 1975, el Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA) elabora el Inventario Nacional de Paisajes Sobresalientes; en él se incluyen los siguientes ambientes de la Sierra de Grazalema: el pinsapar, la Manga de Villaluenga, el Salto del Cabrero y la garganta de Bocaleones, y posteriormente, en un inventario semejante se incorpora el primer espacio malagueño, la Cueva de la Pileta (Vázquez, 2010).

El 22 de enero de 1977 la UNESCO concede el título de Reserva de la Biosfera a la Sierra de Grazalema; este lugar, junto al Parque Nacional de Ordesa y Monte perdido (Pirineos), se convierte en el primer espacio en España que logra este destacado distintivo internacional de

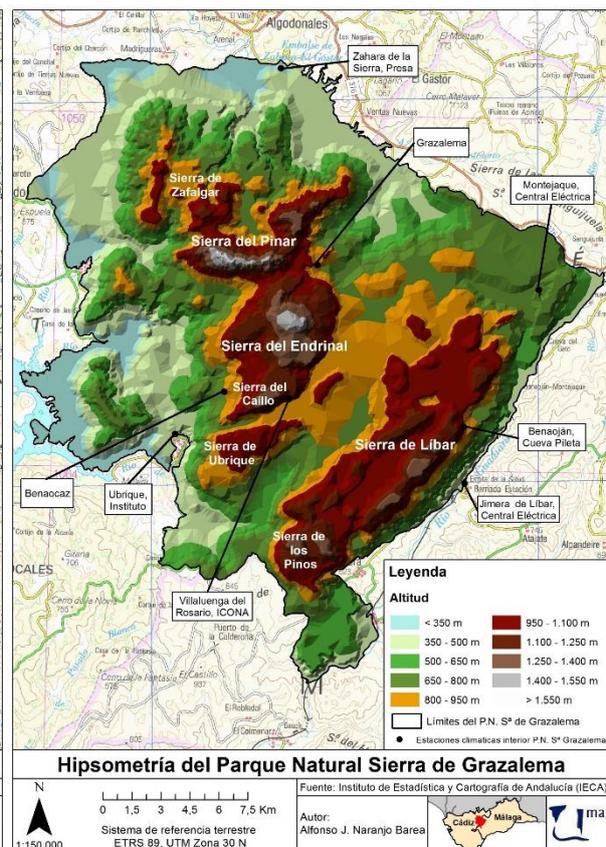
conservación de la naturaleza; ello propició que 7 años después, el 18 de diciembre de 1984, se convirtiera en el primer Parque Natural declarado por la Junta de Andalucía (Vázquez, 2010).

Bajo esta figura de protección, Parque Natural, se inicia un proceso de planificación y gestión del territorio, con el objetivo principal de conservar los recursos naturales y armonizar la conservación de la naturaleza con el desarrollo económico de la población (Vázquez, 2010; Junta de Andalucía, 2010). Para lograr dicho objetivo «*el parque natural se dota de una serie de planes como son el de ordenación de los recursos naturales (PORN), el rector de uso y gestión (PRGU) y el desarrollo sostenible (PDS)*» (Vázquez, 2010). (Para obtener más información sobre los planes del Parque Natural Sierra de Grazalema, ver epígrafe 1, anexo I).

**Figura 3. Mapa topográfico general del Parque Natural Sierra de Grazalema**



**Figura 4. Mapa de hipsometría del Parque Natural Sierra de Grazalema**



Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

### 3.1. Litología y relieve

El Parque Natural Sierra de Grazalema constituye el extremo occidental de las Cordilleras Béticas, que recorren todo el sur y sureste peninsular desde Cádiz hasta el Cabo de la Nao (Alicante) e Islas Baleares (Delannoy, 1987; Aparicio y Silvestre, 1996). En el interior de las Béticas se diferencian dos conjuntos montañosos, separados por depresiones y corredores: la zona Penibética al sur y la zona Subbética al norte; las sierras que conforman el área de estudio pertenecen al ámbito subbético (Colón, 1998).

Las cadenas montañosas que integran el Parque Natural Sierra de Grazalema emergieron durante la Orogenia Alpina, siendo todo el conjunto de naturaleza fundamentalmente carbonatada: calizas, dolomías, margocalizas, etc. (Gavira, 2006). El área de estudio está compuesta, mayoritariamente, por dos unidades litológicas dominantes: calizas y dolomías, y margas y calizas, siendo ambos los materiales que integran los conjuntos

orográficos de mayor altitud del Parque; por último, destacar que el Corredor del Boyar está compuesto por margas yesíferas, areniscas y calizas (fig. 1, anexo I).

La erosión kárstica tiene lugar en diversas áreas del Parque Natural, este fenómeno erosivo ha originado la creación de cavidades subterráneas (Cueva del Gato y Cueva de la Pileta) de gran valor paisajístico y arqueológico (Delannoy, 1987; Ruiz de la Torre, 1993).

Tomando como referencia lo antes señalado, se puede afirmar que el Parque Natural Sierra de Grazalema es un conjunto calcáreo con relieves prominentes provocado, fundamentalmente, por su estructura geológica subbética. Presenta una altitud media de 760 m, localizándose su cota máxima en el pico del Pinar o Torreón (Sierra del Pinar) con 1.654 m (Gavira, 2006). Existe gran diversidad de elevaciones, encontrándose zonas con altitudes inferiores a los 350 m (embalses de los Hurones y de Zahara-El Gastor, en el extremo occidental y en el norte del Parque respectivamente) y sierras que superan los 950 m de altitud (al noroeste, las sierras de Zafalgar y del Pinar; el núcleo central lo componen las sierras del Endrinal, Caíllo y de Ubrique; y al sureste, las sierras de Líbar y de los Pinos) (fig. 4).

El Parque Natural presenta una pendiente media elevada, superándose en prácticamente todo el territorio valores del 13 %; estas pendientes se equiparan al relieve, pues encontramos que las mayores pendientes se localizan en las sierras; destacan las sierras del Pinar y Líbar, donde se alcanzan pendientes muy abruptas (> 56 %), e incluso registrando pendientes extremas (> 140 %) en el pico del Pinar (Sierra del Pinar); en cambio, en las depresiones circundantes las pendientes son débiles y moderadas, no alcanzándose valores superiores al 7 % (fig. 2, anexo I).

### **3.2. Biogeografía**

Desde el punto de vista biogeográfico, el territorio andaluz pertenece a la región Mediterránea, caracterizada por la sucesión de periodos lluviosos en invierno y veranos secos y calurosos. La región Mediterránea se divide en dos superprovincias biogeográficas: la superprovincia Mediterráneo-Íbero-Atlántica y la superprovincia Mediterráneo-Íbero-Levantina; dentro de la superprovincia Mediterráneo-Íbero-Atlántica se incluyen las provincias Bética, Gadirano-Onubo-Algarviense y Luso-Extremadurensis, mientras que bajo la superprovincia Mediterráneo-Íbero-Levantina se encuentran las provincias Murciano-Almeriense y Castellano-Maestrazgo-Manchega (Aparicio y Silvestre, 1996; Valle et al., 2004).

En el Parque Natural Sierra de Grazalema se hallan representados los sectores Rondeño e Hispalense de la provincia Bética y el sector Aljibico de la provincia Gadirano-Onubo-Algarviense. El sector Rondeño ocupa la extensión mayoritaria, localizándose en él todas las sierras del Parque, mientras que los sectores Hispalense y Aljibico ocupan zonas prácticamente llanas y de pequeña extensión, ubicadas al norte y suroeste respectivamente (fig. 3, anexo I).

### **3.3. Vegetación**

La vegetación del área de estudio está compuesta por una serie de unidades bien definidas; siguiendo la información de Aparicio y Silvestre (1996) se señalan las más relevantes:

- Encinar: La encina mediterránea (*Quercus rotundifolia*) es la especie dominante en prácticamente todos los bosques ibéricos; esto es debido a que esta especie posee una resistencia ecológica muy notable, ya que es capaz de adaptarse a las condiciones climáticas extremas y a la mayoría de sustratos del suelo. En el Parque, la encina también es considerada la especie dominante; en él se encuentran representadas tres unidades correspondientes a los distintos pisos bioclimáticos: encinares termomediterráneos, mesomediterráneos y supramediterráneos.

- Alcornocal: El alcornoque (*Quercus suber*) posee una resistencia ecológica considerablemente menor que la encina; por ello, forma masas relativamente importantes en áreas del Parque favorables para su desarrollo, como lo son las zonas con sustratos silíceos, en donde aparecen los alcornocales de la asociación *Teucrio baetici-Quercetum suberis*.
- Quejigar: El quejigo (*Quercus faginea*) no forma comunidades homogéneas en el área de estudio, aunque, en algunas ocasiones, forma masas muy densas en espacios del Parque con gran profundidad y humedad edáfica. Los quejigos se intercalan frecuentemente entre las encinas, alcornoques y pinsapos.
- Pinsapar: Por su gran valor botánico, constituye la unidad de vegetación más interesante del Parque Natural Sierra de Grazalema. El pinsapo (*Abies pinsapo Boiss*) es una especie endémica de la Serranía de Ronda. En el área de estudio, el pinsapar mejor conservado se emplaza sobre las umbrías de la Sierra del Pinar, entre 900-1.600 m de altitud; no constituye una formación uniforme, ya que los pinsapos se encuentran mezclados con otras especies arbóreas (*Quercus faginea* y *Quercus rotundifolia*) y arbustos (*Berberis vulgaris* subsp. *australis*, *Lonicera etrusca*, etc.), sobre todo en las zonas bajas.

### 3.4. Flora y fauna

El Parque Natural Sierra de Grazalema posee unas condiciones climáticas especiales que, unidas a su variedad edáfica y geológica convierten este singular espacio en una de las zonas con mayor riqueza florística de Andalucía (Junta de Andalucía, 2006); en el interior del Parque se encuentran representados, aproximadamente, 1.375 taxones; esta cifra constituye más de la mitad de la Flora de Andalucía Occidental (55 %) (Aparicio y Silvestre, 1996; Junta de Andalucía, 2006). El área de estudio alberga taxones exclusivos de su ámbito; son los llamados endemismos locales: *Papaver rupifragum*, *Fumana lacidulemiensis*, *Echinopartium algibicum*, *Erodium recoderi* y los híbridos *Phlomis x margaritae* y *Narcissus x libarensis* (Junta de Andalucía, 2006).

La información faunística del Parque Natural Sierra de Grazalema se ha obtenido de Junta de Andalucía (2006). El área de estudio posee una notable riqueza faunística, encontrándose en su interior más de 200 especies de vertebrados (7 especies de peces, 34 de anfibios y reptiles, 44 mamíferos y más de 130 especies de aves). La importancia faunística que tiene el Parque Natural queda evidenciada al comprobar que la mayoría de estas especies se encuentran bajo una figura de protección: el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas recoge 131 especies bajo la categoría de Especies de Interés Especial; en el año 1979, el Parque Natural fue declarado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), relativa a la Conservación de las Aves Silvestres, según la cual tres especies del Parque cumplen con los criterios (buitre leonado, águila perdicera y chova piquirroja); y con respecto a las especies de invertebrados, son seis las que se encuentran protegidas por la Directiva Hábitat. Destacar también que el sistema Hundidero-Gato constituye una de las mayores colonias europeas de murciélagos de cueva (llegando a registrarse hasta 100.000 individuos de esta especie).

### 3.5. Hidrología

En el Parque Natural Sierra de Grazalema predominan los materiales de naturaleza carbonatada, es decir, de carácter permeable, que restringen el desarrollo de la red hidrográfica del Parque Natural (Junta de Andalucía, 2006; Vázquez, 2010). La red de drenaje está compuesta, principalmente, por los ríos Guadalete y Guadiaro; ambos son los encargados

de recoger las aguas de los dos principales conjuntos orográficos del área de estudio (al norte, el Guadalete recoge aguas de las sierras del Pinar y Zafalgar, mientras que, al este, el río Guadiaro recolecta las aguas de la Sierra de Líbar) (Ruiz de la Torre, 1993); resulta sorprendente la disparidad entre el elevado régimen pluviométrico anual y el régimen estacional de los ríos; así como la exigua concentración de la red fluvial y la disposición de los cursos de agua, ambos alejados de los conjuntos montañosos del Parque (Junta de Andalucía, 2006).

La explicación a estos fenómenos radica en el carácter permeable de los materiales del Parque, que posibilitan la infiltración, circulación y salida del agua en profundidad. Precisamente la existencia de un área de infiltración, como son los poljes de la Sierra de Líbar, ha ocasionado la presencia de uno de los sistemas endokársticos más destacados de Andalucía: el sistema Hundidero-Gato, constituido por el enorme sumidero del Hundidero y el manantial de la Cueva del Gato (1.400 l/s de caudal medio) y, en la citada sierra, también se encuentra la Cueva de la Pileta, antiguo «dren kárstico» de más de 2 km de desarrollo horizontal (Durán Valsero, 2007). No obstante, *«tanto las aguas superficiales como las subterráneas de este macizo calcáreo constituyen la principal fuente de abastecimiento de la Bahía de Cádiz y gran parte de la provincia gaditana a través de su regulación posterior en embalses»* (Junta de Andalucía, 2006).

### **3.6. Población y economía**

Respecto a la población del Parque Natural, destacar que el 95,35 % de los habitantes se aglutinan en los núcleos de población (Junta de Andalucía, 2006); son, en general, municipios escasamente poblados (entre 400 y 6.000 habitantes), a excepción de los municipios urbanos (> 10.000 habitantes) de Ronda y Ubrique, en donde se concentra más de la mitad de la población total del área de estudio (tab. 1, anexo I). Los núcleos de población se sitúan, mayoritariamente, fuera de los límites del Parque Natural, encontrándose en el interior de él seis cabeceras municipales: Benaocaz, Benaoján, Grazalema, Montejaque, Villaluenga del Rosario y Zahara de la Sierra (fig. 3); estas seis localidades presentan, por su baja densidad de población, claros indicios de despoblamiento, pues, a excepción de Montejaque y Benaoján (21,6 y 47,3 hab./km<sup>2</sup>, respectivamente), ningún municipio alcanza los 20 habitantes por kilómetro cuadrado (tab. 1, anexo I).

Los pilares básicos de la economía del Parque Natural son la ganadería y, principalmente, el turismo. La ganadería que se desarrolla es la extensiva, dándose esencialmente dos tipos de aprovechamientos: pastos (ganado ovino, caprino y bovino) y montanera (ganado porcino); la belleza de los paisajes y sus valores culturales han propiciado que el área de estudio reciba una afluencia notable de turistas; las actividades más practicadas por los visitantes son: el senderismo, la observación de la flora y la fauna y las visitas a los pueblos que componen el Parque Natural (Junta de Andalucía, 2006).

## **4. METODOLOGÍA**

El método empleado para llevar a cabo el presente trabajo es el hipotético-deductivo; consiste en tomar una metodología preexistente, emitir una hipótesis a partir de ella y, por último, comprobar, con los datos disponibles, si estos están de acuerdo con la hipótesis dictada (Cegarra, 2004).

Conviene recordar que el objetivo principal de esta investigación es realizar un estudio climático de detalle y una aproximación bioclimática del Parque Natural Sierra de Grazalema. Por ello, el capítulo de metodología, en consonancia con los objetivos propuestos, ha sido dividido en tres partes: características climáticas, características bioclimáticas y cartografía;

esta división posibilita que el proceso de descripción en cada uno de los apartados sea más detallado y, además, permite mantener una estructura clara, concisa y ordenada.

## **4.1. Características climáticas**

### **4.1.1. Introducción**

Cuando se afronta un estudio climático de un área tan compleja como el Parque Natural Sierra de Grazalema es imprescindible recopilar datos de todas las estaciones climáticas presentes, tanto en el interior como en las proximidades de la zona objeto de estudio, pues la enorme variabilidad de exposiciones y pendientes que poseen las áreas de montaña hacen que los caracteres climáticos varíen en un pequeño intervalo espacial (Delgado Peña, 1999).

Con este fin, y tratando de seguir los criterios espacio-temporales recomendados por la OMM para este tipo de áreas, se han tomado datos de 15 estaciones (6 termoplumiométricas, 8 pluviométricas y 1 termométrica) (tab. 1, anexo II) tanto internas como periféricas al Parque; la distribución de las estaciones seleccionadas es irregular, con grandes zonas de ausencia de datos, y la densidad de estas es baja, aunque tolerable (fig. 1, anexo II). Los datos utilizados provienen de las redes de observación que componen el «*Subsistema de información de climatología ambiental (CLIMA)*» (REDIAM<sup>1</sup>), aunque también se han utilizado datos del «*Sistema de información ambiental de Andalucía (SINAMBA)*» (Junta de Andalucía, 1996) para obtener datos de las estaciones no halladas en la fuente anterior y para subsanar lagunas en varias series de precipitación.

Antes de comenzar a realizar el análisis de los datos climáticos fue necesario ordenarlos a la misma escala temporal, pues los datos recolectados para el estudio poseen una escala incomparable: diezminutal, diaria y mensual; este proceso, además, nos ha permitido hallar lagunas existentes en las series y establecer, en consenso con el director del trabajo, los siguientes criterios para su aceptación o rechazo:

- En series de precipitación con datos diezminutales pueden faltar, por un lado un máximo de 10 tramos horarios y, por el otro un máximo de 5 días. La falta de 11 o más tramos horarios supone la supresión de ese día, y la falta de 6 o más días supone que ese mes no sea válido.
- En series de precipitación y temperatura con datos diarios, pueden faltar un máximo de 2 días. La falta de 3 o más días supone que ese mes no sea válido.
- La falta de un mes supone que ese año sea suprimido.

Se ha optado por ordenar los datos a escala mensual ya que esta escala permite, por un lado obtener los datos anuales mediante la suma (precipitación) o promedio (temperatura) de los valores mensuales en los doce meses, y por el otro clasificar a simple vista las estaciones del año en: húmeda o seca, y calurosa, templada, fría o muy fría. Los datos obtenidos de Junta de Andalucía (1996) tienen una escala mensual y sin lagunas, así que no han sufrido ninguna modificación; en cambio, los datos obtenidos de REDIAM, al tener una escala diezminutal y diaria, se han visto sometidos a un proceso de ordenación a la escala elegida (escala mensual) mediante la suma (precipitación) o promedio (temperatura) de sus datos y, además, mediante los criterios antes propuestos, se han suprimido las lagunas encontradas en las distintas series de datos climáticos.

---

<sup>1</sup> Los datos de las estaciones de «Algodonales, La Muela», «Benaocaz», «El Bosque, San José, Automática», «Grazalema», «Ubrique, Instituto», «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Zahara de la Sierra, Presa» han sido proporcionados por REDIAM previa petición expresa del director del trabajo.

#### 4.1.2. Análisis detallado de temperaturas y precipitaciones

Las temperaturas y las precipitaciones son los elementos mayores del clima, por ello, y según los fines propuestos, se ha realizado un análisis detallado de ambos elementos climáticos. En la zona estudiada hay datos de 7 estaciones con datos térmicos; de ellas hemos eliminado la de «El Bosque, San José, Automática», debido a que solo cuenta con 3 años de observación completos; el período básico de trabajo ha sido el compuesto por los años 1984-2015 (tab. 1, anexo II). En la misma zona hay datos de 14 estaciones con datos pluviométricos; de ellas hemos eliminado, como en los datos térmicos, la de «El Bosque, San José, Automática», debido a que solo cuenta con 3 años de observación completos; el período básico de trabajo ha sido el compuesto por los años 1961-2015 (tab. 1, anexo II).

Para llevar a cabo el análisis de las temperaturas y las precipitaciones de un determinado lugar es necesario calcular, previamente, una serie de variables de ambos elementos climáticos; siguiendo a Aguiló et al. (2004) se estimaron, para cada una de las estaciones seleccionadas, las variables térmicas y pluviométricas más comúnmente empleadas para este tipo de estudios:

- Temperaturas:
  - Temperatura media mensual y anual.
  - Temperatura media mensual y anual de las máximas.
  - Temperatura media mensual y anual de las mínimas.
  - Temperatura media mensual y anual de las máximas absolutas.
  - Temperatura media mensual y anual de las mínimas absolutas.
- Precipitaciones:
  - Precipitación media mensual.
  - Precipitación media anual.

Estas estimaciones se efectuaron mediante el método de la media aritmética, este método es, por su sencillez, uno de los parámetros estadísticos más asiduamente empleados en climatología; se calcula dividiendo simplemente la suma de los valores de la serie entre el número de valores de la serie; el resultado nos da el valor estándar teóricamente habitual (Aguiló et al., 2004; OMM, 2011). Es importante señalar que la precipitación media anual no se calcula mediante la media aritmética, sino mediante el sumatorio de los volúmenes mensuales.

El análisis en profundidad de las series de temperatura y precipitación requiere la aplicación e interpretación de métodos estadísticos, ya que, como señala Rodríguez Puebla (2002), «*la climatología es en gran medida el estudio estadístico del sistema climático*»; por ello, y con el fin de realizar un análisis de la validez estadística, en cada una de las variables obtenidas anteriormente se calcularon, mediante el programa «Microsoft Excel», las siguientes medidas de centralidad y dispersión:

- Medidas de centralidad. Estas medidas «*tienen por objeto indicar un valor central en torno al que tienden a agruparse los datos*» (OMM, 2011); para este estudio se estimaron las siguientes:
  - Media aritmética. Esta medida de tendencia central ya se ha explicado y aplicado con anterioridad.
  - Mediana. Es el valor central de una distribución de frecuencias acumulativas; la mitad de los datos están por encima de la mediana y la otra mitad por debajo; se calcula ordenando los datos y seleccionando el valor del medio (OMM, 2011).

- Medidas de dispersión. «Una vez que se escoja una estimación adecuada de la tendencia central, es posible medir la variabilidad de las observaciones individuales en torno a ese valor» (OMM, 2011); para este estudio se estimaron las siguientes:

- Desviación estándar. Indica el rango de desviación de la media; se obtiene sumando los cuadrados de las desviaciones de cada uno de los valores con respecto a la media aritmética ( $x_i - \bar{x}$ ), dividiendo por el número de casos ( $n$ ), y extrayendo por último la raíz cuadrada del cociente (Cuadrat y Pita, 2006). Su fórmula es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

$\sigma$  = Desviación estándar.

$\bar{x}$  = Media aritmética.

$n$  = Número de casos.

- Coeficiente de variación. Multiplicado por cien, valora el rango de desviación en porcentaje; su cálculo se realiza a partir de la media aritmética y la desviación estándar –el coeficiente de variación trabaja con diferencias absolutas (media, como valor absoluto; y desviación estándar, como valor absoluto), y por tanto no puede presentar nunca valores negativos– mediante la fórmula (Cuadrat y Pita, 2006):

$$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

Dónde:

C.V. = Coeficiente de variación.

$\sigma$  = Desviación estándar.

$\bar{x}$  = Media aritmética.

- Sesgo (coeficiente de asimetría de Fisher). Este descriptor mide la forma de distribución de los datos (Rodríguez Puebla, 2002), es decir, indica hacia qué valores (por encima o por debajo) se desvía la media respecto al conjunto de valores; su cálculo es igual al de la desviación estándar, pero, en lugar de elevar al cuadrado, se eleva al cubo. Su fórmula es la siguiente (Bonnet, 2004):

$$CA_F = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n}}$$

Dónde:

$CA_F$  = Sesgo (coeficiente de asimetría de Fisher).

$\bar{x}$  = Media aritmética.

$n$  = Número de casos.

En el análisis climatológico de la precipitación interesa conocer, además del volumen total, otros aspectos relevantes, como el número medio de días de precipitación (poco habitual en los informes climáticos) o la intensidad media de esta (Albentosa, 1989; Cuadrat y Pita, 2006); ya que, por ejemplo, «de la intensidad de la precipitación dependen fenómenos de gran importancia, como los de tipo erosivo, la escorrentía superficial, la infiltración o saturación del suelo, la posibilidad de ocurrencia de catástrofes, etc.» (Albentosa, 1989). El número medio mensual de días de precipitación se obtiene hallando el promedio del sumatorio de días de precipitación mensual; mientras que la intensidad media diaria mensual se calcula a través del

cociente entre volumen de precipitación medio mensual y número medio mensual de días de precipitación, y se expresa en milímetros por día (mm/día) (Albentosa, 1989; Cuadrat y Pita, 2006).

Conociendo la importancia y sencillez de estimación de estas variables, se calculó, para las 4 estaciones climáticas más relevantes ubicadas en el interior del Parque («Grazalema», «Ubrique, Instituto», «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Zahara de la Sierra, Presa»), el número medio mensual de días de precipitación y la intensidad media diaria mensual de precipitación, con el objetivo de conocer y efectuar una comparación de los resultados obtenidos en las 4 estaciones señaladas; ya que, tal y como indican Cuadrat y Pita (2006) *«la intensidad varía según sea la superficie que se considere»*.

Además, aprovechando que las series de precipitación de las estaciones de «El Bosque, San José, Automática» y «Grazalema» tenían datos a escala diezminutal, resultó interesante contrastar la intensidad diezminutal y horaria mensual de ambas estaciones, con el fin de comprobar si existen diferencias de intensidad de precipitación entre una estación situada a barlovento («El Bosque, San José, Automática») y otra situada a sotavento («Grazalema»).

Para llevar a cabo esta comparación se seleccionó el año 2013, único en común con datos completos en ambas estaciones; por esto, no se trabaja con valores medios y, por lo tanto, esta comparación es meramente orientativa (al valorar únicamente un año, carece de validez); la intensidad diezminutal mensual (expresada en mm/10 minutos) se calculó obteniendo el cociente entre el volumen de precipitación mensual y el sumatorio de intervalos diezminutales con precipitación (> 0 mm), mientras que la intensidad horaria mensual (expresada en mm/hora) se calculó obteniendo el cociente entre el volumen de precipitación mensual y el sumatorio de intervalos horarios con precipitación (> 0 mm).

Por último, se obtuvieron los valores de precipitación máxima diezminutal anual de la serie de precipitación de la estación de «Grazalema» (serie 1991-2015), ya que es un parámetro interesante de analizar y en la bibliografía consultada no hay nada al respecto.

#### **4.1.3. Creación de estaciones climáticas virtuales (cotas topográficas)**

Como hemos comprobado, con la información recopilada es posible realizar un análisis detallado de temperaturas y precipitaciones, sin embargo, la baja densidad de estaciones climáticas en el área de estudio, con grandes zonas de ausencia de datos, no permite valorar la incidencia en detalle del relieve sobre las características climáticas del Parque Natural.

Por ello, con el objetivo final de elaborar una cartografía climática de detalle que permita valorar la incidencia en profundidad del relieve sobre las características climáticas del Parque, se han creado, en consenso con el director del trabajo, una serie de estaciones climáticas virtuales en el interior del área de estudio, mediante la selección de diversos puntos (cotas topográficas) y su posterior extrapolación, basada en gradientes, mediante los valores de las estaciones climáticas reales. Los pasos seguidos dentro de este proceso se detallan a continuación.

Para la obtención de las estaciones climáticas virtuales se han seleccionado, mediante la inclusión de las *«Hojas 1036-3, 1049-2 y 4, 1050-1 a 4, y 1064-1 a 4 del Mapa Topográfico Nacional de España, escala 1:25.000 ráster»* (IGN) en el programa «ArcMap 10.3», 25 puntos (cotas topográficas) dentro de los límites del área de estudio; la distribución de los puntos seleccionados es prácticamente regular, sin grandes zonas de ausencia de datos, y la densidad de estos es alta (fig. 1, anexo II). Cabe destacar que para posteriores procesos se ha creado, con el programa «ArcMap 10.3», una «capa de puntos» donde se han registrado las coordenadas y la altitud de las 25 estaciones de nueva creación.

Como se ha venido indicando a lo largo del presente trabajo, la exposición es el segundo condicionante, tras la altitud, responsable de los incrementos y/o descensos térmicos y pluviométricos; por ello, se ha tenido en cuenta este factor a la hora de realizar el cálculo de los gradientes (térmicos y pluviométricos), ya que no se puede considerar válido un mismo gradiente para zonas con distinta exposición. En nuestro caso, hemos optado por clasificar tanto las estaciones climáticas reales como las virtuales en función de su disposición en solana o umbría sabiendo que, en el hemisferio norte, las laderas de umbría son las orientadas hacia el norte y, las laderas de solana son las orientadas hacia el sur.

Esta clasificación se ha llevado a cabo de la siguiente manera: en primer lugar, con el programa «ArcMap 10.3» se ha creado una «capa de puntos» donde se han registrado las coordenadas y la altitud de las estaciones climáticas reales y, tras esto, mediante la inclusión de las «capas de puntos» de las estaciones climáticas reales y virtuales, el mapa de orientaciones del Parque (fig. 4, anexo I), y el «Servicio WMS (Web Map Service) mapa de orientaciones de 100x100 m de Andalucía (para escalas menores a 1:200.000)» (REDIAM, 2006) en el programa «ArcMap 10.3», se han clasificado las estaciones, de forma arbitraria, según estaban ubicadas en solana o umbría (tabs. 2 y 3, anexo II), considerando que en el mapa de orientaciones las estaciones con orientación sur, suroeste y sureste eran consideradas solana, y las estaciones que tenían orientación norte, noroeste y noreste eran consideradas umbría.

Para el cálculo de los gradientes térmicos y pluviométricos disponemos, en el entorno del Parque Natural, de 15 estaciones climáticas reales clasificadas en función de su exposición (solana-umbría); con datos térmicos (7 estaciones) y pluviométricos (14 estaciones) y sus respectivos valores altitudinales (tab. 2, anexo II). Las variables térmicas y pluviométricas a las que se le ha estimado un gradiente válido han sido las siguientes:

- Temperaturas:
  - Temperatura media anual.
  - Temperatura media anual de las máximas.
  - Temperatura media anual de las mínimas
  - Temperatura media anual de las máximas absolutas.
  - Temperatura media anual de las mínimas absolutas.
- Precipitaciones:
  - Precipitación media anual.

El cálculo de los gradientes, en cada una de las variables climáticas señaladas, se llevó a cabo siguiendo a Aguiló et al. (2004); con el programa «Microsoft Excel» se efectuaron tres cálculos distintos:

- Estimación lineal ( $\gamma$ ).
- Coeficiente de correlación ( $R^2$ ).
- Intersección en el eje (I).

Estos cálculos tienen como objetivo calcular el gradiente (estimación lineal), la validez del mismo (coeficiente de correlación) y el punto de inicio de la recta a partir del cual se puede calcular cualquier punto del Parque (intersección en el eje). El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) nos señala un valor positivo de correlación (valores muy bajos deben de ser depurados, eliminando las estaciones que producen «ruido»), y la intersección en el eje (I) nos señala el punto de inicio de cualquier cálculo, bajándolo a un teórico nivel de 0 m (Aguiló et al., 2004).

Para el cálculo de los gradientes térmicos se consideraron: para observatorios ubicados en solana, las estaciones de «Grazalema», «Ubrique, Instituto» y «Villaluenga del Rosario, Icona»; estas estaciones presentan, en todas las variables térmicas, un ajuste lineal muy bueno,

con un coeficiente  $R^2 = 0,99$ ; mientras que, para los observatorios ubicados en umbría hemos tenido que utilizar dos grupos de estaciones:

- Para la temperatura media anual, media anual de las máximas y media anual de las máximas absolutas se han considerado las estaciones de «El Bosque, San José, Automática», «Ronda» y «Villamartín»; estas presentan, en las variables térmicas citadas, un ajuste lineal bueno, con un coeficiente  $R^2 > 0,91$ .
- Para la temperatura media anual de las mínimas y media anual de las mínimas absolutas se han considerado las estaciones de «El Bosque, San José, Automática», «Ronda» y «Zahara de la Sierra, Presa»; estas estaciones presentan, en las variables térmicas citadas, un ajuste lineal que se desvía ligeramente debido a las inversiones térmicas, con un coeficiente  $R^2 > 0,71$ .

A pesar de que el efecto solana-umbría tiene, en comparación con las temperaturas, escasa influencia en las precipitaciones, se ha calculado el gradiente pluviométrico teniendo en cuenta el citado factor para ver una correlación entre temperaturas y precipitaciones.

Para el cálculo de los gradientes pluviométricos se consideraron: para los observatorios en solana, las estaciones de «Grazalema», «Prado del Rey», «Ubrique, Instituto» y «Villaluenga del Rosario, Icona»; estas estaciones presentan un ajuste lineal bueno, con un coeficiente  $R^2 = 0,87$ ; mientras que, para los observatorios ubicados en umbría, se consideraron las estaciones de «Benaocaz», «Jimera de Líbar, Central Eléctrica», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa»; estas estaciones presentan un ajuste lineal bueno, con un coeficiente  $R^2 = 0,91$ .

De este modo, a pesar de haber terminado con menos estaciones asociadas de las que se partía en un principio, se ha podido obtener en gran medida, un gradiente que se ajusta a la realidad en todas las variables térmicas y pluviométricas y, por lo tanto, pueden considerarse como gradientes con gran nivel de correlación (con tendencia a asemejarse a una ecuación lineal). Por lo tanto, interesa tener gradientes de calidad y con buena correlación, que se adecuen a la realidad, como es el caso, más que un gradiente al cuál se asocien demasiadas estaciones y que al fin y al cabo distorsionen dicha correlación ( $R^2$ ); por eso es mejor llevar a cabo una depuración de las estaciones que provoquen «ruido».

Conociendo la altitud y exposición de las 25 estaciones climáticas virtuales (cotas topográficas) (tab. 3, anexo II), tan solo queda calcular, para cada estación climática virtual, sus valores térmicos (temperatura media anual, media anual de máximas y mínimas, y media anual de máximas y mínimas absolutas) y pluviométricos (precipitación media anual). Esta estimación se ha efectuado utilizando los gradientes válidos (para solana y umbría) obtenidos con anterioridad, mediante la fórmula de extrapolación propuesta por Aguiló et al. (2004):

$$T \text{ o } P_p \text{ (a una altura } h) = I + (\gamma * h)$$

Dónde:

T = Temperatura.

Pp = Precipitación.

I = El punto de intersección calculado.

$\gamma$  = Gradiente.

h = La altura del punto que se quiere calcular.

Tras los cálculos realizados se alcanza el objetivo de crear nuevas estaciones climáticas extrapoladas, con valores térmicos y pluviométricos que permitirán, junto a las estaciones climáticas reales, obtener una cartografía climática de detalle (véase epígrafe 4.3.2).

## 4.2. Características bioclimáticas

Debido a la escasez de estaciones termopluviométricas en el interior del área de estudio (4 estaciones), solo ha sido posible realizar una aproximación bioclimática del Parque Natural Sierra de Grazalema; para llevar a cabo esta aproximación bioclimática, se han utilizado las 4 estaciones termopluviométricas presentes en el interior del Parque («Grazalema», «Ubrique, Instituto», «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Zahara de la Sierra, Presa»).

### 4.2.1. Índices bioclimáticos

Como se ha indicado, la vegetación está íntimamente relacionada con el clima; tal relación ha sido asiduamente analizada mediante índices y clasificaciones bioclimáticas basadas principalmente en las dos variables climáticas más relevantes: temperaturas y precipitaciones (Rivas Martínez, 1988; Valle et al., 2004). De entre la multitud de índices bioclimáticos existentes hemos optado por utilizar, por su aptitud: los diagramas ombrotérmicos, la evapotranspiración potencial (ETP) y el balance hídrico, el ombroclima y el índice de termicidad (It); los procesos seguidos para su obtención se detallan a continuación.

#### a. Diagramas ombrotérmicos

Los diagramas ombrotérmicos se elaboraron según el método de Gausson ( $P=2T$ ), con la intención de obtener una representación gráfica conjunta de temperaturas y precipitaciones para cada una de las 4 estaciones seleccionadas (Bejarano Palma, 1997).

#### b. Evapotranspiración potencial (ETP) y balance hídrico

El cálculo de la evapotranspiración potencial (en adelante ETP) se estimó siguiendo a Cerezuela (1977), este autor utiliza el método de Thornthwaite, que se basa en la relación existente entre temperatura media mensual, tasa de transpiración de las plantas y latitud del lugar considerado. Su fórmula es la siguiente (Cerezuela, 1977):

$$ETP = \left( \frac{10t}{I} \right)^a$$

Dónde:

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes).

t = Temperatura media mensual (°C).

I = Índice de calor anual. El valor I es la suma de los doce coeficientes i de calor mensual, calculados a partir de la temperatura media de cada mes (t), mediante la siguiente fórmula:

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

a = función del índice de calor anual (I), calculada a través de:

$$a = 0'000000675I^3 - 0'0000771I^2 + 0'01792I + 0'49239$$

«Los valores obtenidos deben corregirse en función de las horas de insolación teórica media del lugar donde se esté calculando la ETP y asignando un valor distinto para cada mes según la latitud» (Cerezuela, 1977). En consenso con el director del trabajo, se han utilizado los valores del factor de corrección para la latitud 37° N (tab. 4, anexo II) ya que, aunque las 4 estaciones seleccionadas se hallan en la latitud 36° N, están más próximas a la latitud 37° N que a la latitud precedente; esta corrección se realiza mediante la multiplicación de los valores mensuales del factor de corrección seleccionado (valores para la latitud 37° N) por los valores mensuales de la ETP anteriormente calculados.

El cálculo del balance hídrico se estimó, como la ETP, siguiendo a Cerezuela (1977); este autor utiliza para su estimación el método más común: el de Thornthwaite. El cálculo de la ETP se realizó, previamente, con el objetivo de poder calcular el balance hídrico, ya que este se calcula mediante la comparación mensual de la ETP y la precipitación; esta comparación permite determinar cada uno de los meses del año de acuerdo con las disponibilidades hídricas del suelo y, por consiguiente, el agua disponible para las plantas (Albentosa, 1989; Aparicio y Silvestre, 1996; Aguiló et al., 2004).

Conforme a las diferencias entre ETP y precipitación fue posible estimar los valores de las siguientes variables del balance hídrico:

- Reserva. El suelo puede almacenar un máximo de 100 mm de agua (valor estándar calculado para suelos de 1 m de espesor). Cuando las precipitaciones son superiores a la ETP, la diferencia entre precipitaciones y ETP se incorpora a la reserva hídrica del suelo, si la reserva ya contiene agua se le suma esta diferencia; en cambio, cuando la ETP es superior a la precipitación, se hace uso de la reserva para paliar esta diferencia; hay que señalar que al comienzo año hidrológico, en septiembre, se comienza con déficit, ya que la ETP es mayor a la precipitación y, por ende, la reserva es igual a 0 mm de agua (Cerezuela, 1977).
- Evapotranspiración real (en adelante ETR). Es definida como «*la cantidad máxima de agua que el suelo puede perder, bajo un clima y cobertura vegetal dados, suponiendo una cantidad de agua ilimitada sobre la superficie*» (Cuadrat y Pita, 2006). La ETR toma el mismo valor que la precipitación cuando esta es inferior a la ETP; por el contrario, cuando la precipitación es superior a la ETP, adquiere el mismo valor que la ETP; y cuando se agota la reserva hídrica del suelo, la ETR es la suma de la reserva evaporada y la cantidad precipitada (Cerezuela, 1977).
- Exceso. Se produce cuando, una vez completa la reserva (100 mm), la precipitación sigue siendo superior a la ETP, generándose «*escorrentía neta*» (las precipitaciones exceden la capacidad de retención de agua por el suelo) (Cerezuela, 1977).
- Déficit. Periodo de sequía (no hay agua en el suelo, normalmente ocurre en el periodo estival mediterráneo), se produce cuando la ETP es mayor a las precipitaciones y las reservas hídricas del suelo están agotadas, este déficit es igual a la diferencia, en positivo, entre precipitaciones y ETP (Cerezuela, 1977).

Cabe destacar que el periodo considerado en el balance hídrico es el año hidrológico, septiembre a agosto, por lo que tanto su cálculo como su análisis se inicia en septiembre, y se trabaja a escala mensual; la unidad de medida utilizada para todas las variables es el milímetro (mm), excepto para la temperatura que se mide en grados centígrados (°C) (Cerezuela, 1977).

Por último, para el análisis del balance hídrico de las 4 estaciones seleccionadas, se ha optado por utilizar la representación gráfica, es decir, los diagramas de balance hídrico.

### **c. Ombroclima**

El ombroclima se estimó siguiendo los criterios de Rivas Martínez (1983); este autor reconoce 6 tipos de ombroclimas en la región mediterránea, los cuales delimita en función de los valores medios anuales de precipitación (tab. 5, anexo II). El cálculo de este índice es muy sencillo; únicamente se clasifican los valores medios anuales de precipitación dentro de un rango, por eso, a pesar de haber señalado con antelación que se trabajaría con las 4 estaciones termoplumiométricas ubicadas en el interior del Parque, se calculó para las 13 estaciones climáticas con datos pluviométricos (no se incluye «El Bosque San José, Automática» debido a que solo cuenta con 3 años de observación completos), siendo posible con ello, realizar una

comparación de estos resultados con los obtenidos por Aparicio y Silvestre (1996) (estaciones en el interior y proximidades del Parque con datos exclusivos del siglo XX). Para esta comparación se han seleccionado las estaciones que tienen una denominación y/o altitud similar a las utilizadas en nuestro estudio (en ambos estudios, el ombroclima se estimó siguiendo los criterios de Rivas Martínez (1983)); estas han sido un total de 10.

#### **d. Índice de termicidad (It)**

El índice de termicidad (It) se calculó, para las 4 estaciones seleccionadas, siguiendo el método de Rivas Martínez et al. (2011); este índice *«pondera la intensidad del frío, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales»* (Valle et al., 2004; Rivas Martínez et al., 2011); en nuestras latitudes medias este índice se obtiene mediante la siguiente fórmula (Rivas Martínez et al., 2011):

$$It = (T+m+M) \times 10$$

Dónde:

It = Índice de termicidad.

T = Temperatura media anual.

m = Temperatura media anual de las mínimas del mes más frío.

M = Temperaturas media anual de las máximas del mes más frío.

#### **4.2.2. Pisos bioclimáticos**

Tal y como sabemos, toda área en función de la latitud y altitud sufre variaciones en las variables climáticas; estas variaciones causan una sustitución de comunidades vegetales. A la caracterización de esas variantes mediante índices bioclimáticos se denomina «pisos bioclimáticos» (Valle et al., 2004).

La determinación de los pisos bioclimáticos presentes en el Parque se realizó siguiendo el método de Rivas Martínez et al. (2011); este autor se basa en criterios meramente térmicos para su determinación. En 1988, Rivas Martínez reconoce en Andalucía Occidental tres pisos bioclimáticos definidos en función de los principales índices (índice de termicidad<sup>2</sup>) e intervalos térmicos (tab. 6a, anexo II.); además, para cada uno de los pisos bioclimáticos pueden establecerse 2 horizontes en función de los valores del índice de termicidad (tab. 6b, anexo II) (Rivas Martínez et al., 2011).

Para una delimitación más correcta, se compararán los resultados obtenidos con los logrados para la misma área por: Rivas Martínez (1988), Aparicio y Silvestre (1996) y Valle et al. (2004). Hay que señalar que, de las 4 estaciones utilizadas en nuestro estudio, únicamente se analizan en estos estudios 2 (con una denominación semejante): «Grazalema» y «Ubrique»; así que tanto la localización de las estaciones utilizadas en nuestro estudio como los intervalos usados del índice de termicidad (empleados para delimitar los pisos bioclimáticos y sus respectivos horizontes) son diferentes al de los estudios con los que se pretenden comparar y, por tanto, es posible que se encuentren pequeñas diferencias en cuanto a la ubicación de estas 2 estaciones en los distintos horizontes de los pisos bioclimáticos.

---

<sup>2</sup> En 2011, Rivas Martínez et al. actualizan los valores del índice de termicidad (It) existentes en cada piso bioclimático.

## 4.3. Cartografía

### 4.3.1. Cartografía básica

La elaboración de la cartografía básica (10 mapas) se ha realizado con el programa «ArcMap 10.3» mediante la inclusión de datos del IECA (a) e IGN (2011); la escala utilizada ha sido, mayoritariamente, 1:150.000, adaptándola a escalas superiores (1:230.000 y 1:900.000) en función del espacio representado.

La elaboración de estos mapas no reviste gran complejidad; sin embargo merece la pena destacar, por el uso de herramientas (menos básicas) del programa «ArcMap 10.3», los siguientes mapas: hipsometría, pendientes y orientaciones.

Estos 3 mapas tienen una característica en común: se elaboran a partir de un TIN (Triangulated Irregular Network); por ello, en primer lugar fue necesario generar la «capa TIN del Parque», este proceso se realizó a partir de la «capa de altimetría» del IECA (a), la cual tuvo que ser «recortada» mediante la aplicación «Clip» de «Analyst Tools» para dejar, únicamente la altimetría del Parque; tras esto, se elaboró la «capa TIN del Parque» empleando la aplicación «Create TIN» de «3D Analyst Tools» y, por último, con la aplicación «TIN to Raster» de «3D Analyst Tools» se convirtió la «capa TIN» a formato ráster. Una vez elaborada la «capa TIN del Parque» y la «capa TIN del Parque» en formato ráster, es posible realizar los 3 mapas señalados; a continuación, se indican, brevemente, los procesos seguidos para su obtención:

- Mapa de hipsometría. Se utilizó la «capa TIN del Parque» (sin convertir a formato ráster), ya que esta definía, de forma notable, el relieve de la zona objeto de estudio. Se le modificaron los intervalos, asignándole intervalos regulares de 150 m, teniendo como primer intervalo zonas < 350 m y, como último, zonas > 1.550 m.
- Mapa de pendientes. La elaboración del mapa de pendientes constó de varios procesos: en primer lugar, se incluye la «capa TIN del Parque» en formato ráster en el programa «ArcMap 10.3» y, mediante la aplicación «Surface Slope» de «3D Analyst Tools» se obtiene la «capa de pendientes»; en segundo lugar, es necesario reclasificar los intervalos de pendientes que se han establecido por defecto y poner los intervalos deseados, para ello se han utilizado los intervalos que proponen Van Zuidam y Van Zuidam-Cancelado (1979) para delimitar la pendiente: 0-2 %; 3-7 %; 8-13 %; 14-20 %; 21-55 %; 56-140 % y > 140 %, esta operación se realizó mediante la aplicación «Reclassify» de «3D Analyst Tools»; y, por último, se convirtió la capa resultante del «Reclassify» a formato vectorial mediante la aplicación «Raster to Polygon» de «Conversion Tools».
- Mapa de orientaciones. La elaboración del mapa de orientaciones, al igual que el de pendientes, constó de varios procesos: en primer lugar, se incluye la «capa TIN del Parque» en formato ráster en el programa «ArcMap 10.3» y, mediante la aplicación «Aspect» de «3D Analyst Tools», se obtiene la «capa de orientaciones»; no fue necesario reclasificar la «capa de orientaciones», pues los intervalos que se han establecido por defecto, muestran un fiel reflejo de la realidad; y, por último, se convirtió la capa resultante a formato vectorial mediante la aplicación «Raster to Polygon» de «Conversion Tools»; tras esto se cambiaron los nombres (ya que por defecto están en inglés) y los colores de cada uno de los intervalos, asignándoles colores fríos para orientaciones frías (norte, noroeste y noreste) y colores cálidos para orientaciones cálidas (sur, suroeste y sureste), dejando las zonas planas en color gris, y las zonas con orientación oeste y este en tonos verde oscuro y claro respectivamente.

#### 4.3.2. Cartografía climática de detalle

Con la creación de las 25 estaciones climáticas virtuales (véase epígrafe 4.1.3), junto a las estaciones climáticas reales seleccionadas (7 con datos térmicos y 14 con datos pluviométricos), se logra obtener una alta densidad de estaciones climáticas en el área de estudio (fig. 1, anexo II), que permite elaborar una cartografía climática de detalle y, posteriormente, valorar la incidencia en profundidad del relieve sobre las características climáticas del Parque Natural.

Se elaboró un mapa para cada una de las siguientes variables climáticas:

- Temperaturas:
  - Temperatura media anual.
  - Temperatura media anual de las máximas.
  - Temperatura media anual de las mínimas
  - Temperatura media anual de las máximas absolutas.
  - Temperatura media anual de las mínimas absolutas.
- Precipitaciones:
  - Precipitación media anual.

La cartografía climática de detalle, como se comprueba, se ha restringido a la temperatura y precipitación anual; no se ha elaborado una cartografía mensual en ninguna de las variables, pero el presente estudio podría ser la base de futuras investigaciones en la que se incluyesen estos parámetros analizados de modo pormenorizado.

La elaboración de estos 6 mapas climáticos se ha realizado con el programa «ArcMap 10.3» y la escala utilizada ha sido común para todos: 1.150.000; el proceso seguido para su obtención consta de varias fases:

- En primer lugar, fue necesario introducir los valores reales y estimados de cada una de las variables climáticas en las «capas de puntos» (capas donde se registraron las coordenadas y altitud tanto de las estaciones climáticas reales como de las virtuales); para posteriores procesos se han unificado las «capas de puntos».
- En segundo lugar, se incluye la «capa de puntos» unificada en el programa «ArcMap 10.3», y se interpolan los datos mediante la aplicación «Inverse Distance Weighted (IDW)» de «Spatial Analyst Tools»; se obtienen las «capas de temperaturas y precipitación» (tan sólo se incluye el valor de la variable que se quiere representar, por lo tanto, este proceso ha de repetirse en 6 ocasiones).
- En tercer lugar, es necesario reclasificar los intervalos en cada una de las «capas» elaboradas y poner los intervalos deseados; para ello se han utilizado intervalos regulares tanto para las temperaturas (intervalos de 1°C) como para la precipitación (intervalos de 200 mm), estas operaciones se han realizado mediante la aplicación «Reclassify» de «3D Analyst Tools»; y con la con la aplicación «Contour» de Spatial Analyst Tools» se crean las isóneas de cada capa (isotermas para las temperaturas e isoyetas para la precipitación).
- Tras esto, se convirtieron los 6 mapas resultantes del «Reclassify» a formato vectorial mediante la aplicación «Raster to Polygon» de «Conversion Tools»; y, por último, con la aplicación «Intersect» de «Analyst Tools», se recortan todas las capas elaboradas para adaptarla a los límites del Parque Natural.

Al emplear datos de estaciones climáticas virtuales (cotas topográficas) como si fuesen datos reales y no extrapolados, se consigue representar mapas climáticos que se ajustan al relieve, consiguiendo una representación fiel a la realidad; si estos mapas únicamente se

hubiesen elaborado con los datos de las estaciones reales, no se tendría en cuenta el relieve y, por lo tanto, se obtendrían mapas que no representarían la realidad (mapas «planos»).

## **5. RESULTADOS**

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos tras la aplicación de diversas técnicas a los datos (expuestas en el capítulo 4). Con objeto de mantener una estructura clara y ordenada se ha dividido este apartado en dos partes: por un lado, se analizan los resultados del estudio climático y, por otro, los resultados de la aproximación bioclimática.

### **5.1. Estudio climático**

#### **5.1.1. Temperaturas**

Para facilitar la comprensión del análisis térmico es necesario consultar, además de las tablas y figuras específicas que se citarán a lo largo de dicho análisis, la fig. 1 y la tab. 2, anexo II, referentes, respectivamente, a la ubicación y exposición de las estaciones climáticas reales seleccionadas para el análisis térmico.

##### ***a. Temperatura media anual***

Las temperaturas medias anuales (tab. 7, anexo II) se mueven entre 13,8 y 18,7°C, siendo la primera correspondiente a la estación situada a mayor altitud («Grazalema», a 900 m) y la última a la más meridional («Ubrique, Instituto»). La amplitud térmica anual –diferencia entre temperatura media del mes más caluroso y mes más frío del año (Rodríguez Vidal, 1979)– se mantiene elevada, entre 16,2 y 17,8°C, lo que implica una considerable continentalidad en el clima del Parque. La amplitud es mayor a medida que ascendemos en latitud; así las estaciones más septentrionales registran mayores amplitudes térmicas («Zahara de la Sierra, Presa» y «Ronda» con 17,8 y 17,7°C respectivamente), mientras que la estación más meridional registra la menor amplitud térmica («Ubrique, Instituto» con 16,2°C).

Esta variable tiende, en general, a experimentar una disminución a medida que ascendemos en altitud y latitud, no obstante, como era de esperar, las características físicas del Parque contribuyen a que se produzcan disimetrías térmicas entre la ladera de umbría y la de solana; así, en la ladera de umbría las medias anuales muestran una tendencia a disminuir de W-E y a medida que ascendemos en altitud, sin embargo, la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» (393 m) rompe dicha tendencia debido a que su ubicación próxima al Embalse Zahara-El Gastor favorece la aparición de inversiones térmicas –aumento térmico a medida que ganamos altura (Quereda Sala, 2005)– y, a su vez, actúa atemperando las temperaturas (el citado embalse en invierno suaviza las temperaturas y, en verano, debido a la capacidad que tienen las masas de agua de retener el calor durante más tiempo que el suelo, las aumenta).

Debido a los efectos de su emplazamiento, la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» presenta una temperatura media anual más alta (18,4°C) que la estación de «Villamartín» (17,2°C) a pesar de que esta última está ubicada a menor altitud (151 m). Dejando a un lado la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» claramente influenciada por los efectos desencadenados por su cercanía al citado embalse, la diferencia de los valores de temperatura media anual entre la estación más occidental y la más oriental («Villamartín» - «Ronda») es, a pesar de la diferencia de altitud (600 m aproximadamente), de tan solo 2,9°C.

En la ladera de solana, las medias anuales presentan una tendencia clara a la disminución de S-N y a medida que ascendemos en altitud. La diferencia de los valores de temperatura media anual, entre la estación más meridional y situada a menor altitud («Ubrique, Instituto», a 420 m) y la estación más septentrional y con mayor altitud

(«Grazalema»), es de 4,9°C; estos resultados evidencian que en esta ladera el enfriamiento, a medida que ascendemos en altitud, es más brusco que en la de umbría. Esta ladera es más cálida que la de umbría, dado que «Ubrique, Instituto», a mayor altitud, posee 1,5°C más que «Villamartín»; incluso a pesar de los efectos introducidos en la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» y disponer de menor altitud, «Ubrique, Instituto» posee 0,3°C más que esta; la mayor calidez de la ladera de solana se deja notar también a mayor altitud, ya que «Villaluenga del Rosario, Icona», a 885 m, posee la misma temperatura (14,3°C) que la estación de «Ronda» ubicada a 750 m.

### ***b. Temperatura media anual de las máximas***

Las temperaturas medias anuales de las máximas (tab. 8, anexo II) oscilan entre 18,6 y 24,5°C; al igual que en las medias anuales, el valor térmico más bajo se registra en la estación situada a mayor altitud («Grazalema») y el más elevado en la más meridional («Ubrique, Instituto»).

De manera general, las medias anuales de las máximas sufren una disminución térmica a medida que se asciende en altitud y latitud; en cuanto al comportamiento que experimentan las temperaturas con respecto al factor altitud, se constata que, en los primeros 420 m, la altitud tiene escasa importancia, siendo, en este caso, más influyente el factor inducido por la exposición de las laderas y otros fenómenos puntuales como las inversiones térmicas. Sin embargo, a partir de los 750 m la altitud es el factor más importante y el desencadenante del descenso térmico que aquí se produce.

Como se ha señalado, las características físicas de la zona objeto de estudio contribuyen a que se originen importantes disimetrías térmicas entre la ladera de umbría y la de solana; si en las temperaturas medias anuales la desigualdad era patente (ladera de solana más cálida que la de umbría), en el caso de las medias anuales de las máximas, estas se han atenuado considerablemente, especialmente en las estaciones situadas a menor altitud, aunque no se ha neutralizado ya que la ladera de solana sigue siendo más cálida que la de umbría.

Dicho esto, procedemos a analizar la dinámica que siguen las temperaturas medias anuales de las máximas en ambas laderas; centrándonos principalmente en señalar las diferencias encontradas con respecto a las medias anuales, ya que entreveremos un comportamiento similar entre ambas. Así, en la ladera de umbría, ambas conservan la misma tendencia, es decir, tienden a disminuir de W-E y a medida que ascendemos en altitud. Además, la estación de «Zahara de la Sierra, Presa», debido a los efectos producidos por su emplazamiento, sigue rompiendo dicha tendencia, pero a diferencia de las temperaturas medias anuales, donde esta estación presentaba casi 1,5°C más que la de «Villamartín» (situada al oeste y a menor altitud), aquí ha disminuido considerablemente, alcanzando ambas la misma temperatura (24,4°C). La diferencia de los valores de temperatura media anual de las máximas entre la estación de «Villamartín» y la de «Ronda» aumentan con respecto a las medias anuales, pasando de 2,9°C a 4,6°C.

En la ladera de solana, los resultados no evidencian ninguna variación respecto a la tendencia que siguen las medias anuales. La diferencia de los valores de temperatura media anual de las máximas, entre «Ubrique, Instituto» y «Grazalema», también ha aumentado, pasando de 4,9°C a 5,9°C; por lo tanto, en esta ladera el enfriamiento, a medida que ganamos altura, continúa siendo más rápido que en la de umbría.

### ***c. Temperatura media anual de las mínimas***

Las temperaturas medias anuales de las mínimas (tab. 9, anexo II) se mueven entre 9,1 y 12,9°C, siendo la primera correspondiente a la estación de «Ronda» y la última a la de «Ubrique, Instituto».

Esta variable experimenta, por lo general, una disminución térmica a medida que ascendemos en latitud; en este caso, y al contrario que en los análisis térmicos precedentes, la altitud no es un factor importante, pues el ascenso en altura no siempre conlleva disminución térmica.

Los resultados en dicha variable evidencian, hasta el momento, las mayores diferencias térmicas entre ambas laderas, en favor de la de solana. Así, la estación de «Ubrique, Instituto» a mayor altitud que las de «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» registra 2,8 y 0,6°C más respectivamente; y la de «Ronda» a menor altitud que las de «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Grazalema» registra 0,4 y 0,1°C menos respectivamente.

En ambas laderas se mantienen las tendencias citadas en las variables térmicas precedentes. En la de umbría, el Embalse de Zahara-El Gastor actúa, especialmente en este caso, suavizando las temperaturas, ocasionando que la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» registre temperaturas moderadas a pesar de su ubicación y que las diferencias respecto a la estación situada más al oeste («Villamartín») se incrementen 1°C a favor de la primera en las medias anuales. Dejando a un lado la estación de «Zahara de la Sierra, Presa», influenciada por el efecto atemperador del embalse, la diferencia de los valores de temperatura media anual de las mínimas entre la llanura («Villamartín») y la cumbre («Ronda») es de tan sólo 1°C, evidenciándose una clara disminución con respecto a las temperaturas medias anuales y las medias anuales de las máximas.

En la de solana, la diferencia de los valores de temperatura media anual de las mínimas entre la estación de «Ubrique, Instituto» y la de «Grazalema» también ha disminuido considerablemente en comparación con las variables térmicas analizadas anteriormente, siendo en este caso de 3,7°C. Dicho esto, concluimos que en la ladera de umbría el enfriamiento es más pausado que en la presente.

### ***d. Temperatura media anual de las máximas absolutas***

Las temperaturas medias anuales de las máximas absolutas (tab. 10, anexo II) oscilan entre 25,6 y 31,5°C, siendo la primera correspondiente a la estación situada a mayor altitud («Grazalema») y la última a la de «Zahara de la Sierra, Presa».

El comportamiento de estas marchas parejo al de las medias anuales de las máximas, aunque los resultados evidencian diferencias que señalaremos a continuación.

En primer lugar, se observa de manera general, y sobre todo en los primeros 420 m, que la diferencia térmica entre ambas laderas ha aumentado siendo la de solana más cálida, aunque la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» tiene 0,1°C más que la de «Ubrique, Instituto».

En segundo lugar, en la ladera de umbría la estación de «Zahara de la Sierra, Presa» rompe, de modo más destacado que en las máximas, con la tendencia a la disminución de W-E, alcanzando 1°C más que la de «Villamartín» a pesar de que esta última se ubica unos 240 m por debajo. Sin embargo, la diferencia entre los valores de temperatura media anual de las máximas absolutas entre la estación de «Villamartín» y la de «Ronda» se sitúa en 3,7°C, entre los 2,6°C de las medias anuales y los 4,6°C que tenían las medias anuales de las máximas.

Y, por último, en la ladera de solana el comportamiento de las medias anuales de las máximas absolutas es prácticamente idéntico al de las medias anuales de las máximas,

reduciéndose en 0,1°C la diferencia entre «Ubrique, Instituto» y «Grazalema»; y, por tanto, el enfriamiento a medida que ascendemos sigue siendo más rápido que en la de umbría.

#### ***e. Temperatura media anual de las mínimas absolutas***

Las temperaturas medias anuales de las mínimas absolutas (tab. 11, anexo II) se mueven entre 3,8 y 7,9°C; al igual que en las medias anuales de las mínimas, el valor térmico más bajo se registra en la estación de «Ronda» y el más elevado en la de «Ubrique, Instituto».

El comportamiento de estas es similar al de las medias anuales de las mínimas, no encontrándose diferencias significativas entre ellas. Así, podemos afirmar que las temperaturas medias anuales de las mínimas y las mínimas absolutas poseen las mayores diferencias térmicas entre ambas laderas y, que como viene repitiéndose, el enfriamiento a medida que ganamos altura es más rápido en la ladera de solana.

#### ***f. Análisis térmico medio mensual y estacional***

Para este análisis hemos empleado los termogramas representativos de las 6 estaciones seleccionadas (fig. 2, anexo II), ya que estos nos permiten observar, a simple vista, el comportamiento que experimentan las distintas variables térmicas y, además, nos facilita la comparación de estas entre las distintas estaciones climáticas.

A lo largo del presente análisis se harán numerosas referencias a las cuatro estaciones del año, por ello se ha considerado oportuno, para evitar posibles ambigüedades, citar los meses que, en el hemisferio norte, las conforman (clasificación tomada de Albentosa, 1990):

- Primavera: marzo, abril y mayo.
- Verano: junio, julio y agosto.
- Otoño: septiembre, octubre y noviembre.
- Invierno: diciembre, enero y febrero.

En la fig. 2, anexo II se hallan representadas, mediante líneas, las variables térmicas medias mensuales de las estaciones aquí utilizadas. En ella observamos una representación coherente, ubicándose la media mensual de las máximas absolutas (línea roja) en la parte superior de los termogramas, ya que muestra, como su nombre indica, los registros térmicos más elevados; en contraposición, encontramos la media mensual de las mínimas absolutas (línea azul) en la parte inferior; entre las citadas variables térmicas localizamos, de arriba abajo, la temperatura media mensual de las máximas, la media mensual y la media mensual de las mínimas con líneas de color naranja, gris y celeste, respectivamente.

El análisis global de las temperaturas medias mensuales, en todas las estaciones estudiadas, muestra rasgos característicos del clima en el que se ubica (clima mediterráneo).

El máximo estival se produce generalmente en el mes de agosto; no obstante, en algunos casos, como ocurre en varias variables de la estación de «Ronda» (fig. 2b, anexo II), esta circunstancia acontece un mes antes (julio). El hecho de que el mes más cálido sea julio y no agosto implica mayor continentalidad (Capel Molina, 2000); es decir, hay una disminución de la influencia marítima y se da precisamente en «Ronda», la más continentalizada de todas las estaciones estudiadas. El mínimo invernal se presenta habitualmente en el mes de enero; sin embargo, tal y como ocurre en el máximo estival, este hecho puede suceder un mes antes (diciembre).

Se corrobora que el embalse Zahara-El Gator, como se señaló en el análisis térmico medio anual, actúa en verano aumentando las temperaturas de la estación de «Zahara de la Sierra, Presa»; alzándose esta en verano con los registros térmicos medios mensuales más

elevados en todas las variables. Las temperaturas medias mensuales más bajas se corresponden con las estaciones señaladas en el análisis térmico medio anual (ver tabs. 7-11, anexo II).

Veamos a continuación el comportamiento que siguen las estaciones de transición, es decir, primavera (transición invierno-verano) y otoño (transición verano-invierno). Estas estaciones presentan, como es obvio, temperaturas moderadas; sin embargo, los meses otoñales, a consecuencia de su cercanía al período estival, registran valores más elevados que los de primavera; pero, mientras que el ascenso primaveral se produce de manera paulatina, el descenso otoñal es brusco, superando, en muchas ocasiones, los 10°C.

Por último, para finalizar con el examen térmico medio mensual, efectuamos un análisis estacional donde examinamos, de forma específica, el comportamiento que siguen las distintas variables térmicas en las 6 estaciones consideradas, indicando además las semejanzas y diferencias encontradas entre ellas.

Observando los valores térmicos registrados en los meses invernales en las estaciones estudiadas, podemos calificar el invierno como fresco (según clasificación de Aguiló et al., 2004), con temperaturas medias mensuales que se mueven entre 5 y 15°C. En las medias mensuales de las máximas hallamos «Grazalema», «Ronda» y «Villaluenga del Rosario, Icona» (figs. 2a, 2b y 2d, anexo II, respectivamente) con valores inferiores, en estos 3 meses, a los 15°C, y a «Ubrique, Instituto», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» (figs. 2c, 2e y 2f, anexo II, respectivamente) con valores que exceden la citada cifra. Las medias mensuales de las mínimas se sitúan por encima de los 0°C, superándose los 5°C en «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa». Las medias mensuales de las máximas absolutas no superan los 25°C, y las medias mensuales de las mínimas absolutas se sitúan bajo los 0°C en todas las estaciones, excepto en las de «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa» que registran valores positivos en estos 3 meses, aunque en ningún caso llegan a alcanzar los 5°C, dejando abierta la posibilidad de que se produzcan, en todas las estaciones, días con heladas —*temperatura mínima igual o inferior a 0°C*» (Albentosa, 1989)–.

En invierno, las variables térmicas medias mensuales tienen, en general, un comportamiento similar en las diferentes estaciones. De diciembre-enero, las medias mensuales sufren un ligero descenso para alcanzar la mínima invernal en este último mes y, seguidamente aumentan hasta alcanzar, en febrero, valores próximos a los de diciembre; sin embargo, como ya se señaló, el mínimo invernal puede producirse en el mes de diciembre, y precisamente esto es lo que ocurre en las estaciones de «Ronda», «Ubrique, Instituto» y «Villamartín» en las medias mensuales de las máximas absolutas, produciéndose un ascenso continuado de diciembre-febrero. Dicho esto, el ascenso invernal es moderado, no superándose en ningún caso, un incremento superior a los 5°C, siendo el más brusco el que se produce en «Ubrique, Instituto» en las medias mensuales de las máximas absolutas.

El período primaveral se confirma como la segunda estación más fría del año, influido por su cercanía al período invernal, las temperaturas medias mensuales oscilan entre 10 y 20°C (aproximadamente 5°C por encima, en ambos extremos, de la registrada en invierno). Las medias mensuales de las máximas oscilan entre 15 y 25°C excepto en el último mes primaveral, en el cual las estaciones de «Ubrique, Instituto», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» alcanzan valores superiores a 25°C; las medias mensuales de las mínimas se sitúan, en todos los casos, por encima de 5°C. Las máximas mensuales de las máximas absolutas no alcanzan los 35°C, quedándose «Ubrique, Instituto», «Villamartín» y, sobre todo, «Zahara de la Sierra, Presa» muy próximas a dicho valor; y, en las medias mensuales de las mínimas absolutas encontramos en el mes de marzo 4 estaciones («Grazalema», «Ronda», «Villaluenga del

Rosario, Icona» y «Villamartín») con valores próximos a 0°C, aunque en los 2 meses posteriores rondan los 5°C y las otras 2 estaciones alcanzan valores cercanos a los 10°C.

En primavera, a excepción de la estación de «Ubrique, Instituto», en las temperaturas medias mensuales, medias mensuales de las máximas y medias mensuales de las mínimas, en donde se produce un casi inapreciable descenso térmico de marzo-abril, las variables térmicas medias mensuales adquieren un comportamiento muy parecido en todas las estaciones. Se ocasiona un ascenso térmico de marzo-mayo, que en la primera mitad de la primavera (marzo-abril) será muy lento, para que en la segunda mitad este se acelere. En este caso, el ascenso primaveral es algo más brusco que el invernal, pero no deja de ser moderado ya que, en general, los incrementos rondan los 5°C, siendo un poco superiores a este valor los registrados en «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» en las medias mensuales de las máximas y las medias mensuales de las máximas absolutas.

El período estival es la estación más cálida del año, las temperaturas medias mensuales se sitúan entre 20 y 30°C (aproximadamente 10°C por encima, en ambos extremos, de la obtenida en primavera). Las medias mensuales de las máximas llegan a situarse por encima de los 35°C en «Ubrique, instituto», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa», localizándose en las demás entre 25 y 30°C; las medias mensuales de las mínimas se mantienen superiores a 15°C, excepto en el primer mes estival donde, salvo «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa», todas alcanzan valores inferiores a dicha cifra. Las medias mensuales de las máximas absolutas superan ampliamente los 30°C y, en el caso de «Zahara de la Sierra, Presa» se mantiene en estos 3 meses por encima de los 40°C, y las medias mensuales de las mínimas absolutas rondan los 10°C en junio (3 estaciones por encima y 3 por debajo) para alcanzar valores entre 10 y 15°C en los meses sucesivos.

En verano, las variables térmicas medias mensuales muestran, en general, un comportamiento prácticamente idéntico en todas las estaciones. De junio-agosto, las temperaturas medias mensuales experimentan un ascenso moderado para alcanzar el máximo estival en este último mes. Hay que señalar que el verdadero ascenso se produce de junio-julio, ya que el producido de julio-agosto es, a menudo, prácticamente inapreciable; sin embargo, como se ha comentado, el máximo estival puede producirse en julio y esto es lo que ocurre en «Ronda» en todas las variables térmicas excepto las medias mensuales de las mínimas y mínimas absolutas, produciéndose, en este caso, un aumento de junio-julio para descender de julio-agosto. Aquí, como ocurre en la primavera, el ascenso estival es más brusco que el invernal, pero no deja de ser moderado ya que, en general, los incrementos rondan los 5°C, siendo un poco superiores a este valor los registrados en «Ubrique, Instituto» y «Villaluenga del Rosario, Icona» en las medias mensuales de las máximas y medias mensuales de las máximas absolutas.

El período otoñal presenta valores térmicos moderados que, por su cercanía al período estival, la convierten en la segunda estación más cálida del año. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 10 y 25°C (aproximadamente 5-10°C por debajo de los valores obtenidos en verano). Las medias mensuales de las máximas se mueven entre 15 y 25°C excepto en el primer mes otoñal, en el cual «Ubrique, Instituto», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» alcanzan valores superiores a los 30°C; las medias mensuales de las mínimas se sitúan, en todas las estaciones, por encima de los 5°C. Las máximas mensuales de las máximas absolutas se mantienen por encima de los 20°C situándose en «Ubrique, instituto», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» próximas a los 40°C en septiembre, y las medias mensuales de las mínimas absolutas se sitúan, en los 2 primeros meses del otoño, por encima

de los 5°C, para que en el último mes otoñal estas se muevan, salvo en «Ubrique, Instituto», entre los 0 y 5°C.

En otoño, las variables térmicas medias mensuales tienen un comportamiento homogéneo en las distintas estaciones. De septiembre-noviembre, las temperaturas medias mensuales sufren un descenso brusco y gradual hasta alcanzar, en este último mes, valores próximos a los de la estación invernal. Aquí se produce la mayor variación térmica del año, en este caso un descenso que ronda los 10°C, superándose ampliamente esta cifra en «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa» en las temperaturas medias mensuales de las máximas y máximas absolutas, y en las medias mensuales de las máximas absolutas en «Villamartín».

#### ***g. Análisis estadístico***

Para concluir con el estudio térmico se interpretan, brevemente, los resultados obtenidos tras la aplicación, en todas las variables térmicas de las estaciones climáticas elegidas, de los métodos estadísticos seleccionados (medidas de centralidad y dispersión); estos resultados están expuestos en las tabs. 7-11, anexo II.

Los valores de la media y la mediana no muestran una diferencia mayor, salvo en contadas ocasiones, superior a 1°C, y no sobrepasan los 0,5°C si obviamos los valores mensuales y nos centramos en los anuales; estos resultados evidencian una distribución cercana a la normal.

Los datos obtenidos en los parámetros de dispersión ponen de manifiesto que las variables térmicas estudiadas se agrupan en torno a la media, puesto que la desviación estándar registra valores bajos (< 4) y el coeficiente de variación no supera, por lo general, el 20 % (datos homogéneos); sin embargo, el sesgo nos indica una gran heterogeneidad en la distribución de los datos, alternándose distribuciones simétricas (sesgo igual a 0) con distribuciones asimétricas positivas y negativas (sesgo que oscila entre 0 y 2, y -2 y 0 respectivamente).

No obstante, es habitual encontrar algunos meses, en las variables térmicas extremas, con valores altamente dispersos que desvirtúan la media en dichos meses. Esto es lo que ocurre en las temperaturas mínimas absolutas (tab. 11, anexo II), donde en el período noviembre-abril se registran valores del coeficiente de variación superiores al 50 % (datos muy heterogéneos), alcanzando su punto culminante en marzo, con valores que llegan a superar el 2.000 % en las estaciones de «Grazalema», «Ronda» y «Villamartín».

#### **5.1.2. Precipitaciones**

La exposición de las laderas genera importantes diferencias pluviométricas entre barlovento y sotavento –la ladera de barlovento está orientada a favor de los vientos dominantes y la de sotavento se halla a resguardo de estos–. Teniendo en cuenta la posición que ocupan ambas laderas respecto a los vientos dominantes, es lógico ratificar lo que señala el efecto föhn: que los vientos dominantes se ven obligados a ascender por la ladera de barlovento, provocando su condensación y descarga en forma de lluvia en la ladera de barlovento, mientras que la ladera de sotavento prácticamente no recibe precipitaciones (Vázquez, 2010); sin embargo, en ocasiones y a la inversa de lo que afirma el efecto föhn, en la ladera de sotavento se registran precipitaciones más elevadas que en la de barlovento.

En capítulos anteriores (véase epígrafe 4.1.1), se señaló que las redes de observación que componen el «*Subsistema de información de climatología ambiental (CLIMA)*» (REDIAM) eran la principal fuente de información de los datos climáticos utilizados en el presente estudio, pero, a su vez, se indicaba que en algunas estaciones pluviométricas se habían usado datos del

«Sistema de información ambiental de Andalucía (SINAMBA)» (Junta de Andalucía, 1996) para subsanar las lagunas encontradas en la fuente anterior; estas estaciones han sido las siguientes: «Algodonales, La Muela», «Benaocaz», «Benaoján, Cueva de la Pileta», «Cortes de la Frontera, Bañuelos» y «Prado del Rey», comprobando que estas, en ambas fuentes, son las mismas. Es decir, tienen el mismo nombre, las mismas coordenadas y la misma altitud.

Para facilitar la comprensión del análisis pluviométrico se recomienda tener presente, en todo momento, la fig. 1, anexo II, referente a la ubicación de las estaciones climáticas reales elegidas para dicho análisis.

#### **a. Precipitación media anual**

Las precipitaciones medias anuales (tab. 12, anexo II) son, en conjunto, muy importantes. Oscilan entre 584 y 1.893 mm, correspondiendo el valor más bajo a «Montejaque, Central Eléctrica» (429 m) y el más elevado a «Grazalema» (900 m). Estos datos permiten incluir al Parque y su área adyacente en una región de clima húmedo (salvo «Montejaque, Central Eléctrica», todas las estaciones tienen precipitaciones medias anuales que se mueven entre el ombroclima subhúmedo y el hiperhúmedo, según Rivas Martínez, 1983).

Existe un problema en la definición de barlovento-sotavento en la Sierra de Grazalema, de tal manera que si en términos generales se aprecia una mayor pluviometría en la vertiente de barlovento que en la de sotavento, como indica la lógica; sin embargo, existen unas «islas» pluviométricas marcadas por las estaciones de «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» que rompen dicha lógica.

Dicho esto, se comparan los registros pluviométricos medios anuales obtenidos en las estaciones situadas en ambas vertientes (dicha comparación se efectúa entre las estaciones que ocupan una posición latitudinal similar): al norte, en la vertiente de barlovento «Villamartín», a 151 m, presenta precipitaciones medias anuales de 615 mm, y «Prado del Rey», a 433 m, 789 mm; en cambio, en la de sotavento, las precipitaciones se reducen considerablemente: «Montejaque, Central Eléctrica», a 530 m, registra 584 mm «Zahara de la Sierra, Presa», a 393 m, 686 mm; «Algodonales, La Muela», a 480 m, 702 mm, y «Ronda, Parchite», a 755 m tan solo recibe 643 mm.

Al descender en latitud, las diferencias pluviométricas medias anuales entre ambas vertientes se acentúan, es decir, la de barlovento alberga en su interior estaciones con registros pluviométricos superiores, a pesar de que estas se ubican a menor altitud que la de sotavento. En la vertiente de barlovento, «Ubrique, Instituto», a 420 m, recibe 1.015 mm, y «Benaocaz», a 793 m, 1.416 mm; por el contrario, en la de sotavento, «Jimera de Líbar, Central Eléctrica», a 429 m, presenta 934 mm, y «Benaoján, Cueva de la Pileta», a 920 m registra 1.322 mm.

Mención aparte merecen, dado que registran los valores pluviométricos medios anuales más elevados del área objeto de estudio, «Cortes de la Frontera, Bañuelos», «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Grazalema». En la vertiente de barlovento, «Cortes de la Frontera, Bañuelos», a 560 m, recibe 1.725 mm; este elevado registro pluviométrico encuentra explicación en la posición favorable que ocupa, abierta a los flujos de procedencia atlántica; mientras que, en la de sotavento, aunque resulte sorprendente, «Villaluenga del Rosario, Icona» (885 m) y «Grazalema» (900 m) registran, respectivamente, 1.512 y 1.893 mm.

#### **b. Análisis pluviométrico medio mensual y estacional**

Con el fin de facilitar la comparación de las precipitaciones medias anuales entre las 13 estaciones seleccionadas se ha optado, al igual que en el análisis térmico medio mensual, por utilizar la representación gráfica, en este caso, los pluviogramas (fig. 3, anexo II).

En la fig. 3, anexo II se aprecia, especialmente en las estaciones con precipitaciones medias anuales superiores a los 900 mm, que el régimen pluviométrico del área de estudio presenta un marcado contraste estacional, con un máximo invernal (invierno muy lluvioso) y un evidente mínimo estival (verano largo y seco), típico en el contexto mediterráneo. El máximo invernal se produce normalmente en el mes de diciembre; sin embargo, este evento puede presentarse en el último mes otoñal o en el segundo mes del invierno, esto es, en noviembre, como ocurre en «Villamartín» (fig. 3l, anexo II) o en enero, como sucede en «Benaocaz» (fig. 3b, anexo II); el mínimo estival acontece, en todas las estaciones analizadas, en julio.

Primavera y otoño registran precipitaciones moderadas, aunque hay que destacar que los meses otoñales son, en conjunto, ligeramente más húmedos que los primaverales y que el descenso primaveral es más lento y progresivo que el ascenso otoñal.

Culminamos el examen pluviométrico medio mensual, ejecutando un análisis estacional donde, de modo más detallado, se compara y examina el comportamiento que tienen los registros pluviométricos en las estaciones elegidas.

El período invernal es la época más húmeda del año; en todas las estaciones analizadas, salvo en «Villamartín» (35 %), este período representa alrededor del 45 % de la precipitación media anual. En dicho periodo, se registran medias mensuales que superan, en estos 3 meses, los 80 mm; excepto en el último mes invernal donde, en las estaciones de «Algodonales, La Muela» y «Montejaque, Central Eléctrica» (figs. 3a y 3g, anexo II respectivamente), y en los dos últimos meses del invierno en «Villamartín», estas presentan valores inferiores al citado. Destacan, por sus elevados registros pluviométricos, las estaciones de «Benaocaz», «Benaoján, Cueva de la Pileta», «Cortes de la Frontera, Bañuelos», «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» (figs. 3b, 3c, 3d, 3e y 3k, anexo II, respectivamente), las cuales alcanzan, en los 3 meses invernales, registros superiores a los 160 mm, que, en diciembre y enero, en «Grazalema», llegan a ser superiores a los 320 mm.

En invierno, las precipitaciones medias mensuales tienen, en general, un comportamiento muy parecido en todas las estaciones. Como se comentó, el máximo invernal se produce normalmente en diciembre; así pues, de diciembre-febrero, las medias mensuales experimentan un descenso gradual; sin embargo, no todas las estaciones siguen esta tendencia, ya que, por ejemplo, en «Ronda, Parchite», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa» (figs. 3i, 3l y 3m-result., anexo II, respectivamente) este descenso se ve interrumpido en diciembre, produciéndose un aumento, casi imperceptible, de enero-febrero, o, como se refirió, el máximo invernal se presenta en «Benaocaz» en enero, ocasionándose un aumento de diciembre-enero para luego descender, rápidamente, de enero-febrero. Dicho esto, el descenso invernal es moderado, pues, por lo general, este no rebasa los 50 mm, salvo en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» donde dicho valor se duplica.

El período primaveral constituye entre el 20-25 % de la lluvia media anual; por tanto, si bien este período no representa un porcentaje tan elevado como el invernal, hablamos de una estación relativamente húmeda. En los dos primeros meses de la primavera, las precipitaciones medias mensuales aún conservan, en las estaciones con registros pluviométricos anuales superiores a los 1.300 mm («Benaocaz», «Benaoján, Cueva de la Pileta», «Cortes de la Frontera, Bañuelos», «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona»), valores propios del invierno; de entre ellas sobresale «Grazalema» con medias mensuales que superan, en los citados meses, los 160 mm. Estos valores se sitúan, tanto en el mes de diciembre de las ya nombradas estaciones como en los 3 meses primaverales de las restantes, en torno a los 50 mm, siendo, en mayo, en «Ronda, Parchite», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa», inferiores a 40 mm.

En primavera, salvo en «Prado del Rey» y «Ubrique, Instituto» (figs. 3h y 3j, anexo II, respectivamente), en las que se produce un aumento de marzo-abril para, seguidamente, descender de abril-mayo, las precipitaciones medias mensuales adquieren un comportamiento prácticamente idéntico en todas las estaciones. De marzo-abril, estas sufren un descenso lento y progresivo. En este caso, el descenso primaveral es un poco más mesurado que el invernal, puesto que, en conjunto, no supera los 40 mm, excepto en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» donde, como en el período invernal, este valor se duplica.

El período estival es lo opuesto al invernal, o sea, es la época más seca del año; este período representa menos del 5 % de las precipitaciones medias anuales. El estío se caracteriza por presentar valores pluviométricos escasos, prácticamente inexistentes, y este caso no es una excepción; las medias mensuales se sitúan, salvo en el mes de junio de «Benaocaz», lejos de los 40 mm.

En verano, excepto en «Villamartín» donde el mes de agosto es ligeramente más húmedo que el de junio, las precipitaciones medias mensuales tienen un comportamiento similar en las diferentes estaciones. De junio-julio, estas sufren un descenso moderado para alcanzar el mínimo estival en este último mes y, de seguida aumentan para lograr, en agosto, valores próximos a los registrados en julio. Aquí los valores pluviométricos medios mensuales son uniformes, esto hace que el descenso estival sea mínimo, siendo la estación de «Benaocaz» la única en la cual el descenso supera los 40 mm.

El período otoñal es, tras el invernal, la época más húmeda del año; no obstante, hay que destacar que, en ambos períodos, «Villamartín» representa el mismo porcentaje de precipitación media anual (35 %). Dicho esto, todas las estaciones estudiadas constituyen entre el 25-35 % de la lluvia media anual. En septiembre, las medias mensuales son moderadas debido a su cercanía al período estival, solo en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» estas superan ampliamente los 40 mm. En los meses restantes del otoño, hallamos dos grupos de estaciones bien diferenciadas: el primero lo componen estaciones con registros pluviométricos medios anuales inferiores a los 750 mm («Algodonales, La Muela», «Montejaque, Central Eléctrica», «Ronda, Parchite», «Villamartín» y «Zahara de la Sierra, Presa»), que registran, en estos 2 meses, medias mensuales que se mueven entre 40 y 80 mm.

El segundo lo integran las estaciones restantes, o sea, las que presentan medias anuales superiores a los 750 mm, aquí los valores medios mensuales están muy próximos a los registrados en el período invernal, pues, salvo en la estación de «Prado del Rey», y en el mes de octubre de «Jimera de Líbar, Central Eléctrica» (fig. 3f, anexo II) y «Ubrique, Instituto», todas registran medias mensuales superiores a los 120 mm, destacando de entre ellas, «Cortes de la Frontera» con registros, en ambos meses, superiores a los 200 mm.

En otoño, exceptuando «Zahara de la Sierra, Presa» donde se origina un casi inapreciable descenso térmico de octubre-noviembre, las precipitaciones medias mensuales tienen un comportamiento homogéneo en las distintas estaciones. Se ocasiona un aumento pluviométrico de septiembre-noviembre, que en la primera mitad del otoño (septiembre-octubre) será muy brusco, para que en la segunda mitad se atenúe. Aquí se produce la mayor variación pluviométrica del año, un ascenso que, en la mayoría de las estaciones, supera ampliamente los 80 mm; sobresalen «Benaocaz», «Cortes de la Frontera, Bañuelos» y «Villaluenga del Rosario, Icona» donde este ascenso es superior a los 160 mm.

### **c. Análisis estadístico**

Continuamos con el estudio pluviométrico interpretando brevemente los resultados logrados tras la aplicación de los métodos estadísticos elegidos (medidas de centralidad y dispersión) en las 13 estaciones seleccionadas, los cuales se exponen en la tab. 12, anexo II.

Por lo general, los valores de las medianas son inferiores a las medias, hecho bastante habitual, puesto que, como señala Romero Díaz (1988), «*por encima de la mediana la variación no tiene límites, mientras que por debajo tiene como límite cero*». En los meses más húmedos se hallan las mayores diferencias entre ambas medidas de centralidad (> 30 mm), en cambio, en los más secos se localizan las menores (< 10 mm); en cuanto a los valores anuales, las diferencias entre estas son, salvo en la estación de «Zahara de la Sierra, Presa», superiores a 10 mm, llegando a situarse por encima de los 100 mm en «Benaocaz», «Cortes de la Frontera, Bañuelos», «Ronda, Parchite» y «Villaluenga del Rosario, Icona».

Existen, sin embargo, en algunas estaciones, meses aislados en los cuales la media es ligeramente inferior a la mediana; pero lo que realmente llama la atención es descubrir que, en los valores anuales de las estaciones de «Algodonales, La Muela», «Grazalema» y «Villamartín», la mediana es superior a la media, puesto que esto significa que no son las precipitaciones intensas las que sesgan al alza la media sino todo lo contrario, son las sequías las que la sesgan a la baja: a la inversa de lo que cabría esperar en un clima mediterráneo.

Los resultados de las medidas de dispersión evidencian la enorme variabilidad que tienen, respecto a la media, los datos pluviométricos. Esta variabilidad se manifiesta en todas y cada una de las medidas de dispersión seleccionadas: la desviación estándar presenta valores elevados (en el estío, con precipitaciones que no superan los 10 mm, la desviación estándar es, por lo general, superior a 10) que serán muy elevados cuanto más nos acerquemos a los meses invernales; sin embargo, los meses con mayores desviaciones, y con ello mayor coeficiente de variación, son los estivales, valores altamente dispersos (> 100 %) que desvirtúan la media en estos 3 meses (aunque en los demás meses del año siguen siendo muy heterogéneos -> 50 %-), lo que se refuerza con un sesgo positivo muy alto (oscila entre 1 y 5). Por otro lado, en los datos anuales la desviación estándar registra, en todas las estaciones, valores muy altos (> 150), que en «Cortes de la Frontera, Bañuelos» y «Grazalema» llegan a situarse por encima de los 500; en cambio, la variabilidad anual, aunque sigue siendo considerable, es menor a la mensual; el coeficiente de variación oscila entre el 25-40 % (datos heterogéneos) y el sesgo es, salvo en «Villamartín» donde es negativo (-0,7), positivo y moderado, ya que este se mueve entre 0,2 y 1.

Todo esto no hace más que ratificar que, en esta zona, «*las precipitaciones se encuentran muy irregularmente repartidas en los meses a lo largo de un año y a lo largo de años sucesivos*» (Aparicio y Silvestre, 1996).

### **d. Número de días de precipitación e intensidad**

El estudio pluviométrico finaliza con el examen de las figs. 4, 5 y 6, anexo II. En la primera, se hallan representados gráficamente dos de los aspectos más relevantes en el análisis climatológico de la precipitación, esto es, el número medio mensual de días de precipitación y la intensidad media diaria mensual de las 4 estaciones ubicadas en el interior del Parque («Grazalema», «Ubrique, Instituto», «Villaluenga del Rosario, Icona» y «Zahara de la Sierra, Presa»); en la segunda se representa, igualmente, el volumen de precipitación total mensual y la intensidad diezminutal y horaria mensual de las estaciones de «El Bosque, San José, Automática» y «Grazalema» (año 2013); y en la tercera se representa la evolución anual de la precipitación máxima diezminutal de la estación de «Grazalema» (serie 1991-2015).

En la fig. 4, anexo II se aprecia que tanto el número medio mensual de días de precipitación como la intensidad media diaria mensual presentan, como es propio en el clima mediterráneo, un marcado contraste estacional, con un máximo invernal (diciembre o enero) y un claro mínimo estival (julio). El número medio mensual de días de precipitación se sitúa, en el período comprendido entre octubre y mayo, por encima de 6 en todas las estaciones; de entre ellas, «Grazalema» es, con diferencia, la que presenta en todo este período un mayor número medio de días de precipitación (> 10), algo lógico, puesto que es la estación, de las analizadas, con el mayor volumen pluviométrico medio anual; en las 3 estaciones restantes el número medio de días de precipitación es similar, no encontrándose una diferencia mayor entre ellas de 3 días en cada mes. Dicho esto, es muy llamativo que «Zahara de la Sierra, Presa» y «Ubrique, Instituto», las estaciones con los dos volúmenes pluviométricos medios anuales más bajos, tengan, en la mayoría de estos meses, más días de lluvia que la estación de «Villaluenga del Rosario, Icona», ya que está última las supera en 700 y 500 mm medios anuales respectivamente.

Durante los meses estivales y el primer mes del otoño el número medio mensual de días de precipitación es, propiciado por los casi inexistentes registros pluviométricos que acontecen en dicho período, < 5 y con valores homogéneos en todas las estaciones, excepto en el mes de septiembre, donde «Grazalema» registra cerca de 7 días, es decir, 2 más que las restantes estaciones.

En términos generales, y visto que el número medio mensual de días de precipitación no difiere mucho entre las estaciones seleccionadas, el volumen pluviométrico medio mensual es, en este caso, la variable con mayor repercusión en la intensidad media diaria mensual. Dicho esto, la intensidad media diaria mensual –se ha clasificado según Senciales (1995)– en las estaciones consideradas será menor cuanto menos volumen pluviométrico medio anual registren estas; esto es así, especialmente, en «Zahara de la Sierra, Presa» y «Ubrique, Instituto», siendo la primera la que tiene la menor intensidad media diaria mensual; son precipitaciones débiles ya que, excepto en septiembre y noviembre, se sitúan por debajo de los 10 mm/día; la última, aunque es la segunda estación con menor intensidad media diaria mensual, y así se corrobora en la mayoría de meses, presenta lluvias que oscilan entre débiles y moderadas (entre 4-16 mm/día), que la hacen aproximarse, o incluso superar, en los meses estivales, los valores que registran las 2 estaciones con mayor intensidad media diaria mensual («Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona»).

Como se acaba de mencionar, las estaciones que presentan la mayor intensidad media diaria mensual son las de «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona», que presentan lluvias moderadas (entre 10-26 mm/día), salvo en el período comprendido entre mayo y agosto donde son débiles (< 10 mm/día). Es preciso recordar que la estación de «Villaluenga del Rosario, Icona» presenta, en todos los meses, un número medio mensual de días de precipitación inferior al de «Grazalema» e incluso menor, en la mayoría de meses, al de las estaciones con menores precipitaciones medias anuales; esto ha provocado que, a pesar de registrar un volumen pluviométrico medio anual 300 mm inferior al de «Grazalema», al tener como denominador un menor número medio de días de precipitación, la intensidad media anual de «Villaluenga del Rosario, Icona» alcanza valores semejantes a los de «Grazalema» e incluso es, en 7 meses, superior. No obstante, el mayor valor de intensidad media diaria mensual se registra en la estación de «Grazalema», en diciembre (26 mm/día).

Conviene recordar, antes de iniciar el examen de la fig. 5, anexo II, que para comparar la intensidad diezminutal y horaria mensual entre la estación de «El Bosque, San José, Automática» (barlovento) y la de «Grazalema» (sotavento) se ha empleado el único año con

datos completos que ambas tienen en común (2013) y, por consiguiente, esta comparación es exclusivamente orientativa. Dicho esto, tanto la intensidad diezminutal (fig. 5a, anexo II) como la horaria (fig. 5b, anexo II) presentan, en ambas estaciones, valores mensuales semejantes (no se considera la fuerte intensidad diezminutal y horaria que registra «El Bosque, San José, Automática» en el mes de agosto, puesto que es un suceso aislado); por tanto, lo que en realidad sucede, al menos en este año, no es que en «Grazalema» llueva más intensamente, sino que esta estación recibe un volumen de precipitación superior.

Tal y como se observa en la fig. 6, anexo II, la precipitación máxima diezminutal anual se concentra, como indica la línea de tendencia (línea de puntos), en torno a los 10 mm; registrándose, en 2005, el valor máximo de la serie analizada (25 mm).

### 5.1.3. Gradientes y cartografía climática

#### a. Gradiente térmico y pluviométrico

Hay que aclarar que ambos gradientes se han calculado teniendo en cuenta el factor solana-umbría, cuando lo lógico, a priori, era calcular el gradiente pluviométrico utilizando la idea sotavento-barlovento. Y es que, además de utilizar el efecto solana-umbría en ambos para ver una correlación entre temperaturas y precipitaciones, antes de iniciar el cálculo del gradiente pluviométrico se intentó conocer la relación existente entre el volumen pluviométrico medio anual y la exposición (relación cuantitativa-cualitativa) con la realización del análisis de la varianza (ANOVA), pero este no se pudo llevar a cabo, pues además de ser estaciones insuficientes los resultados no son nada satisfactorios (probabilidad de acierto con un porcentaje bajo).

La fig. 7, anexo II muestra la representación altitudinal del gradiente térmico y pluviométrico medio anual en las laderas de solana y umbría; esta se ha limitado a dichas variables medias anuales, puesto que, aunque también se calcularon gradientes válidos en ambas laderas para las restantes variables térmicas medias anuales (temperatura media anual de las máximas, mínimas, máximas absolutas y mínimas absolutas), no se ha considerado su representación altitudinal, ya que no mejora la información presentada; eso sí, viendo los buenos coeficientes de correlación obtenidos en todos los gradientes calculados (véase epígrafe 4.1.3) se demuestra que estos se pueden aplicar de modo generalizado. Se han elaborado dos gráficos (figs. 7a y 7b, anexo II), donde se han ajustado estos gradientes situando la variable dependiente (temperatura y precipitación) en el eje «X» y la variable independiente (altitud) en el eje «Y» –lo correcto es que la variable dependiente quede en el eje «Y» (Andrés y Guerra, 2014); pero, en consenso con el director del trabajo, se ha considerado que esta representación altitudinal resulta más expresiva–.

Como se observa en la fig. 7a, anexo II, en la ladera de solana la temperatura media anual disminuye más rápidamente con la altitud que en la de umbría ( $-0,00987^{\circ}\text{C}/\text{m}$  y  $-0,00530^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , respectivamente); así, mientras que en la primera el descenso ronda los  $15^{\circ}\text{C}$  en 1.600 m, en la segunda no supera los  $10^{\circ}\text{C}$  en el mismo desnivel; por ello, a pesar de que inicialmente (a 0 m) la de solana es más cálida que la de umbría ( $23$  y  $18^{\circ}\text{C}$ , respectivamente), al llegar a los 1.000 m ambas presentan la misma temperatura ( $13^{\circ}\text{C}$ ) y, superada dicha altitud, la de umbría es más cálida que la de solana.

En la fig. 7b, anexo II se aprecia cómo en la ladera de solana la precipitación media anual aumenta más rápidamente con la altitud que en la de umbría ( $1,72$  mm/m y  $1,30$  mm/m, respectivamente); de esta manera, en la primera el ascenso es de unos 2.700 mm en 1.600 m, en cambio en la segunda es de alrededor de 2.000 mm en el mismo desnivel; así pues, aunque, a 0 m, la de umbría es más húmeda que la de solana (150 y 350 mm, respectivamente), al

alcanzar los 400 m las dos registran el mismo valor pluviométrico (850 mm) y, rebasada la citada altitud, la de solana es más húmeda que la de umbría.

Tras este análisis (figs. 7a y 7b, anexo II) se puede señalar que existe correlación entre temperaturas y precipitaciones, pues a medida que se asciende en altitud se observa cómo en la ladera de umbría tanto el descenso térmico como el ascenso pluviométrico es lento y progresivo, mientras que en la de solana ambos son más bruscos.

### ***b. Cartografía climática***

El análisis de los mapas de temperaturas (figs. 8-12, anexo II) y el de precipitación (fig. 13, anexo II) se ha realizado de forma conjunta, señalando los datos más relevantes. La razón de ello es que si observamos cómo se distribuyen las temperaturas y precipitaciones en el interior del Parque, tanto las isotermas como las isoyetas se ajustan al relieve, distinguiéndose a grandes rasgos 2 zonas con una disposición similar en los 6 mapas climáticos elaborados (5 térmicos y 1 pluviométrico).

Para facilitar la comprensión de este análisis, véase la fig. 4 referente a la hipsometría que presenta nuestra zona objeto de estudio.

Las variables térmicas y pluviométricas se mueven entre los siguientes valores:

- Las temperaturas medias anuales (fig. 8, anexo II) entre 9 y 17°C.
- Las temperaturas medias anuales de las máximas (fig. 9, anexo II) entre 13 y 23°C.
- Las temperaturas medias anuales de las mínimas (fig. 10, anexo II) entre 4 y 12°C.
- Las temperaturas medias anuales de las máximas absolutas (fig. 11, anexo II) entre 20 y 30°C.
- Las temperaturas medias anuales de las mínimas absolutas (fig. 12, anexo II) entre -1,5 y 7,5°C.
- Las precipitaciones medias anuales (fig. 13, anexo II) entre 600 y 2.400 mm.

Las diferencias térmicas más marcadas se localizan en las medias anuales de las máximas y máximas absolutas, ambas con alrededor de 10°C de diferencia entre el valor más bajo y el más elevado; mientras que la diferencia entre las zonas con menores registros pluviométricos y los mayores es de unos 1.800 mm.

Bordeando los núcleos orográficos del Parque, en las zonas más bajas (< 500 m de altitud), encontramos, en todas las variables térmicas medias anuales, los valores de temperatura más elevados; por el contrario, en esta misma zona se registran los mínimos de precipitación media anual.

En las cumbres de las sierras del Pinar, Endrinal y Líbar, en zonas superiores a 1.400 m, localizamos, en todas las variables térmicas medias anuales, los mínimos térmicos; mientras que, de modo opuesto, aquí hallamos los valores de precipitación media anual más elevados del Parque.

## **5.2. Aproximación bioclimática**

### **5.2.1. Índices bioclimáticos**

#### ***a. Diagramas ombrotérmicos***

En la fig. 14, anexo II se aprecia que el periodo seco ( $P < 2T$ ), en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» (figs. 14a y 14c, anexo II, respectivamente), se registra en los meses estivales, mientras que, en «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa» (fig. 14b y 14d, anexo II, respectivamente), se prolonga hasta septiembre (junio-septiembre). Por consiguiente, el período húmedo ( $P > 2T$ ) comprende, en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona», los meses de septiembre-mayo; de entre ellos, únicamente mayo y septiembre

registran precipitaciones medias mensuales inferiores a 100 mm; y, en «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa», este período engloba los meses de octubre-mayo, superándose los 100 mm de noviembre-febrero en la primera, y en diciembre en la segunda.

### ***b. Diagramas de balance hídrico***

En los diagramas de balance hídrico (fig. 15, anexo II) se observa que, grosso modo, existen 2 grupos de estaciones con una representación gráfica similar: uno compuesto por «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» (figs. 15a y 15c, anexo II, respectivamente) y el otro por «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa» (figs. 15b y 15d, anexo II respectivamente). En vista de ello, se ha efectuado un análisis por separado de los dos grupos de estaciones.

Al inicio del año hidrológico, en septiembre, «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona» comienzan con déficit ( $ETP > P$ ) y, por ende, la reserva es igual a 0 mm, pero rápidamente, en octubre, la precipitación supera a la ETP, completándose la reserva (100 mm) y, a su vez, iniciándose el período de exceso ( $P > ETP$ ) el cual dura hasta abril en «Villaluenga del Rosario, Icona» y hasta mayo en «Grazalema»; este es, debido a las elevadas precipitaciones, un período donde se genera, teóricamente, abundante escorrentía neta. En los meses de mayo y junio en «Villaluenga del Rosario, Icona» y en junio en «Grazalema», aunque la precipitación es inferior a la ETP, no se produce déficit, pues se hace uso de la reserva, suprimiéndose así esta diferencia. En julio y agosto vuelve a registrarse déficit, ya que el suelo no tiene disponibilidad hídrica suficiente (se agota la reserva en julio). El balance hídrico presenta, en ambas estaciones, un marcado superávit anual.

Al igual que en las anteriores, «Ubrique, Instituto» y «Zahara de la Sierra, Presa» comienzan, en septiembre, con déficit y, por tanto, la reserva es igual a 0 mm. El exceso hídrico no se produce hasta noviembre en «Ubrique, Instituto» y hasta un mes después en «Zahara de la Sierra, Presa», ya que, si bien la precipitación es superior a la ETP en ambas desde octubre, la reserva no se recarga completamente (100 mm) hasta los citados meses. Dicho esto, el período de exceso se extiende, en las dos, hasta abril; este es un período donde se genera escorrentía neta; sin embargo, esta queda alejada de los niveles alcanzados en «Grazalema» y «Villaluenga del Rosario, Icona». En mayo, aunque la ETP es superior a la precipitación, no se produce déficit, pues se hace uso de la reserva, suprimiéndose así esta diferencia. De junio-agosto la  $ETP > P$  y, con una reserva insuficiente (se termina de agotar en junio), se registra déficit. El balance hídrico presenta, en el caso de «Ubrique, Instituto» un ligero superávit anual, mientras que, en «Zahara de la Sierra, Presa» el déficit anual es evidente.

### ***c. Ombroclima***

Los ombroclimas de las 13 estaciones consideradas (tab. 13, anexo II) oscilan entre seco (350-600 mm/año) e hiperhúmedo ( $> 1.600$  mm/año), siendo el subhúmedo (600-1.000 mm/año), con 6 estaciones dentro de esta categoría, el ombroclima dominante en el Parque y cercanía.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Aparicio y Silvestre (1996) (tabs. 13 y 14, anexo II) no se observan muchas discrepancias; sin embargo, en dicho estudio, al tener en todas las estaciones unos registros pluviométricos medios anuales superiores al nuestro, 4 estaciones («Benaocaz», «Jimera de Líbar», «Montejaque» y «Villaluenga») se sitúan en un intervalo ombroclimático superior al clasificado en nuestro estudio.

### 5.2.2. Pisos bioclimáticos

En función de los principales índices e intervalos termoclimáticos obtenidos en las 4 estaciones seleccionadas (tab. 15, anexo II), podemos decir que:

- «Grazalema» está situada en el piso Mesomediterráneo superior, con un índice de termicidad (en adelante, It) entre 220-285 (267), temperatura media anual entre 13 y 17°C (13,8°C), media de las máximas del mes más frío entre 9 y 14°C (10,3°C) y la media de las mínimas del mes más frío entre -1 y 4°C (2,7°C).
- «Ubrique, Instituto» está ubicada en el piso Termomediterráneo inferior, pues su It se encuentra entre 400-450 (417), su temperatura media anual es de 18,7°C, la media de las máximas del mes más frío está comprendida entre 14 y 18°C (16,2°C) y la media de las mínimas del mes más frío entre 4 y 10°C (6,8°C).
- «Villaluenga del Rosario, Icona» está instalada en el piso Mesomediterráneo inferior, pues su It se halla entre 285-350 (287), su temperatura media anual es de 14,3°C, la media de las máximas del mes más frío está comprendida entre 9 y 14°C (11,3°C) y la media de las mínimas del mes más frío entre -1 y 4°C (3,1°C); estos valores indican la cercanía de esta estación al piso Mesomediterráneo superior.
- «Zahara de la Sierra, Presa» está situada en el piso Termomediterráneo superior, con un It entre 350-400 (393), temperatura media anual entre 17 y 20°C (18,4°C), media de las máximas del mes más frío entre 14 y 18°C (15,1°C) y media de las mínimas del mes más frío entre 4 y 10°C (5,8°C); estos valores señalan la proximidad de esta estación al piso Termomediterráneo inferior.

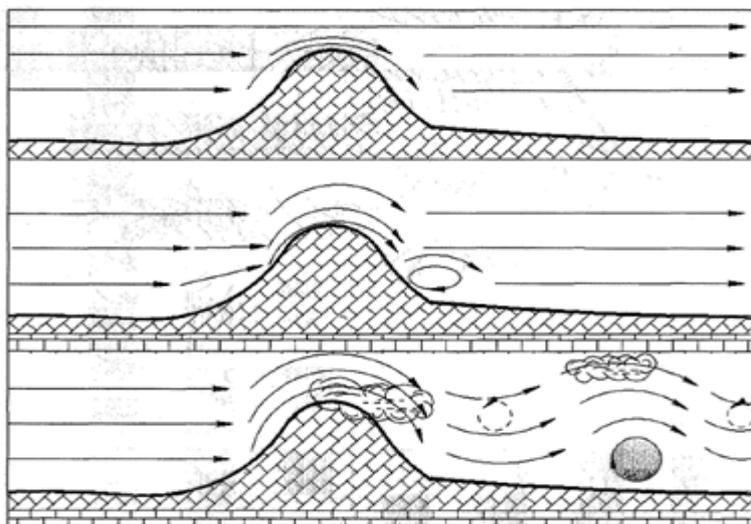
Rivas Martínez (1988), Aparicio y Silvestre (1996) y Valle et al. (2004) coinciden en señalar que «Grazalema» y «Ubrique» se sitúan, respectivamente, en el piso Mesomediterráneo inferior y Termomediterráneo superior. Si bien estos resultados concuerdan, en cuanto al piso bioclimático en el que se ubican (Mesomediterráneo y Termomediterráneo), con los logrados en nuestro estudio, no lo hacen con la localización de las estaciones en sus respectivos horizontes bioclimáticos; pues según los datos obtenidos, «Grazalema» está situada en el horizonte superior (del piso Mesomediterráneo) y «Ubrique, Instituto» en el inferior (del piso Termomediterráneo). Estas pequeñas diferencias podrían estar causadas, entre otros motivos, porque tanto la ubicación de las estaciones utilizadas en nuestro estudio como los intervalos usados del It son distintos a los empleados en dichos estudios.

## 6. DISCUSIÓN

Quereda Sala (2005) señala que en determinadas circunstancias, en las latitudes medias y altas, se producen depresiones de sotavento (depresiones de origen no frontal). Estas se originan, según dicho autor, *«en las situaciones en que una corriente de aire procedente del oeste se ve forzada a ascender, más o menos transversalmente, sobre una barrera de montañas orientada en dirección norte-sur»*; este movimiento vertical, ocasiona la formación de divergencia con curvatura anticiclónica en la cumbre de la montaña, y convergencia con curvatura ciclónica a sotavento (fig. 5).

En esta línea, Martín Vide (1991) vislumbra la posibilidad de que el pueblo de Grazalema, al este del puerto del Boyar y, sobre todo, a sotavento, podría, *«debido a la canalización de los flujos atlánticos por el mencionado puerto, embudo entre las sierras del Pinar, al norte y del Endrinal, al sur, con los consiguientes efectos Venturi»*, tener uno de los registros pluviométricos más elevados de la sierra que lleva su nombre.

Figura 5. Depresiones de sotavento



Fte: Extraído de Quereda Sala (2005)

En efecto, no cabe duda de que Grazalema está al este del conjunto montañoso (formado por las sierras del Pinar, Endrinal, Caíllo y de Ubrique) y, como Villaluenga del Rosario, en una posición intramontana respecto a los vientos tanto del sur como del norte; posición por la cual decir que está al norte, o al sur, del conjunto montañoso nos lleva a error en ambos casos; aun así, la posición de Grazalema y, un poco menos, la de Villaluenga del Rosario, es de sotavento para el viento del oeste, y sotavento para el viento del sur, si se observan las altitudes de los conjuntos que, respectivamente, tiene Grazalema al oeste y al sur. Dicho esto, los resultados logrados en el análisis pluviométrico demuestran que, tanto Grazalema como Villaluenga del Rosario, registran precipitaciones medias anuales superiores a las que presentan los municipios del Parque situados a barlovento (Benaocaz y Ubrique).

Por lo tanto, profundizando en lo que Martín Vide (1991) deja entrever, se puede afirmar que la diferencia de ancho del valle del Corredor del Boyar hasta Grazalema, provoca un efecto Venturi por estrechamiento y, con ello, la reducción de la presión atmosférica, lo que facilita las ascencias más fuertes a sotavento que a barlovento, como se explica a continuación con datos directos (fig. 16, anexo II):

El Llano de las Encinas (al sureste de Benamahoma) tiene 1,6 km de ancho; luego se abre un poco en la zona del Salto del Cabrero (casi 2 km de ancho); al llegar al puerto del Boyar, el valle no tiene ni 1 km de ancho (comienza el efecto Venturi); un poco más arriba del cruce de Zahara, tiene 500 m (aunque está más abajo en cota, el efecto Venturi se ha acentuado, por tanto, baja aún más la presión atmosférica); el ancho del valle es el mismo en el punto medio entre el cruce de Zahara y el campo de fútbol: 500 m; sobre el propio Helipuerto, el valle se estrecha aún más, y alcanza los 400 m (acentúa el efecto Venturi aún más) y ya en el núcleo municipal de Grazalema se abre hasta 700 m (aún más estrecho que en la zona del Salto del Cabrero), ancho de valle que se mantiene justo hasta el mirador de Grazalema, a partir de donde se abre de modo manifiesto el valle.

Con esto, la hipótesis inicial queda validada, es decir, los elevados registros pluviométricos medios anuales que se registran en «Grazalema», más cuantiosos que en las estaciones situadas en la vertiente de barlovento, se deben a un efecto de depresión de sotavento (con refuerzo de efecto Venturi), producido por el Corredor del Boyar-Grazalema. Pueden presumirse efectos similares en (de N-S): el Corredor del Rabel (sierra del Pinar); Llano de las Presillas (sierra del Endrinal); Manga de Villaluenga; Corredor del Republicano (Llanos del

Republicano) y, por último, en el Pasillo de Líbar (Llanos de Líbar); los cuales serán analizados en futuras investigaciones.

La realidad del análisis climático en nuestro país es lamentable; es decir, cualquiera que se enfrenta a los datos de variables climáticas lo primero que siente es una enorme decepción (inmensidad de lagunas, series cortas, series no representativas, etc.). Como referí en la metodología (véase epígrafe 4.1.1), se han tratado de seguir los criterios espacio-temporales recomendados por la OMM para este tipo de áreas (montañas) (tab. 16, anexo II), pero no se ha podido llegar, en ninguna estación climática, al mínimo de años que pide dicha organización (tab. 1, anexo II). A pesar de que las series son cortas siguiendo los preceptos de la OMM, hay infinidad de territorios donde no habría otra forma de estudiarlos; este es el caso, estamos hablando de un medio de montaña en el que es obligatorio utilizar los datos que se tienen. Todos los trabajos que abordan el clima en España hablan de Grazalema y, sin embargo, aún no hay datos fidedignos para unos resultados concluyentes.

En estudios posteriores delimitaré, de forma más precisa, los pisos bioclimáticos presentes en el Parque Natural Sierra de Grazalema. Para ello, con la ayuda de los bioindicadores florísticos establecidos para el territorio andaluz por Valle et al. (2004), realizaré el trabajo de campo para localizar las zonas en las que existen las diferentes especies bioindicadoras.

## 7. CONCLUSIONES

El presente Trabajo de Fin de Grado ha cumplido los objetivos inicialmente planteados; a continuación se exponen los motivos por los que se han logrado:

- En cuanto al primer objetivo, *«realizar un análisis detallado de las dos variables climáticas más relevantes (temperatura y precipitación)»*, se ha logrado porque hemos efectuado, en ambas variables climáticas, un análisis tanto a escala anual como estacional y, además, se les ha aplicado e interpretado métodos estadísticos (medidas de centralidad y dispersión); también, en el análisis pluviométrico, se analizaron dos aspectos relevantes: el número medio de días de precipitación y la intensidad media diaria mensual para las 4 estaciones climáticas ubicadas en el interior del Parque, y una comparación de la intensidad diezminutal y horaria mensual entre las estaciones de «El Bosque, San José, Automática» y «Grazalema» en el año 2013. Por otro lado, para *«valorar la incidencia en detalle del relieve sobre las características climáticas del Parque Natural Sierra de Grazalema»*, se examinaron los 6 mapas climáticos del Parque (5 térmicos y 1 pluviométrico, todos a escala anual) elaborados con anterioridad.
- El segundo objetivo, *«crear estaciones climáticas virtuales de nueva creación (cotas topográficas), a partir de la utilización de gradientes térmicos y pluviométricos, teniendo en cuenta el factor exposición (solana y umbría)»*, se ha cumplido puesto que hemos logrado crear 25 nuevas estaciones, estaciones climáticas extrapoladas clasificadas según su exposición (solana o umbría), con valores térmicos y pluviométricos medios anuales.
- El tercer objetivo, *«elaborar una cartografía climática (temperaturas y precipitación) de detalle, teniendo en cuenta las variaciones que introduce el relieve»*, se ha alcanzado ya que al emplear los datos de las estaciones climáticas virtuales (cotas topográficas) como si fuesen datos reales y no extrapolados, junto con los datos de las estaciones climáticas reales, se consigue representar mapas

climáticos (5 térmicos y 1 pluviométrico todos a escala anual) que se ajustan al relieve, consiguiendo una representación fiel a la realidad.

- Para cumplir con el cuarto objetivo, «*aplicar índices bioclimáticos y analizar sus resultados*», se han calculado y analizado: los diagramas ombrotérmicos, la evapotranspiración potencial (ETP) y el balance hídrico, y el ombroclima.
- El último objetivo, «*delimitar los pisos bioclimáticos que componen el Parque Natural Sierra de Grazalema*», se ha logrado porque hemos determinado, en función de criterios térmicos (índice de termicidad (It) e intervalos térmicos), en qué piso bioclimático se ubican las 4 estaciones presentes en el interior del Parque y, para una delimitación más correcta, se compararon estos resultados con los logrados para la misma área por Rivas Martínez (1988), Aparicio y Silvestre (1996) y Valle et al. (2004).

De los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos destacar las siguientes conclusiones:

- Los elevados registros pluviométricos medios anuales que se registran en la estación de «Grazalema» no son debidos a un efecto Föhn, sino a un efecto de depresión de sotavento (con refuerzo de efecto Venturi), producido por el Corredor del Boyar-Grazalema.
- En el análisis estadístico de la precipitación anual, en las estaciones de «Algodonales, La Muela», «Grazalema» y «Villamartín», la mediana es superior a la media, esto significa que, en dichas estaciones, no son las precipitaciones intensas las que sesgan al alza la media sino todo lo contrario, son las sequías las que la sesgan a la baja, o sea a la inversa de lo que cabría esperar en un clima mediterráneo.
- La cartografía climática según datos del IECA (a) ha quedado claramente mejorada.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (2007): «Resumen de extremos climatológicos en España», [http://www.aemet.es/documentos/es/divulgacion/resumen\\_efemerides/Resumen\\_extremos.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/divulgacion/resumen_efemerides/Resumen_extremos.pdf) (Consultado: 26/04/2016).
- AGUILÓ ALONSO, M.; ARAMBURU MAQUA, M.P.; BLANCO ANDRAY, A.; CALATAYUD PRIETOLAVIN, T.; CARRASCO GONZÁLEZ, R.M.; CASTILLA CASTELLANO, G.; CASTILLO SÁNCHEZ, V.; CEÑAL GONZÁLEZ-FIERRO, M.A.; CIFUENTES VEGA, P.; DÍAZ MARTÍN, M.; DÍAZ SEGOVIA, A.; ESCRIBANO BOMBÍN, R.; ESCRIBANO BOMBÍN, M.M.; FRUTOS GÓMEZ, M.; GALIANA GALÁN, F.; GARCÍA ABRIL, A.; GLARIA GÁLGERAN, G.; GONZÁLEZ ALONSO, S.; GONZÁLEZ GARCÍA, C.; IGLESIAS DEL POZO, E.; MARTÍN RIDAURA, A.; MARTÍNEZ FALERO, E.; MILARA VILCHES, R.; MONZÓN DE CÁCERES, A.; ORTEGA HERNÁNDEZ-AGERO, C.; OTERO PASTOR, I.; PEDRAZA GILSANZ, J.; PINEDO GONZÁLEZ, A.; PUIG BAGUER, J.; RAMOS FERNÁNDEZ, A.; RODRÍGUEZ LOMBARDEO, I.; SANZ SANTOS, M.A.; TEVAR SANZ, G.; TORRECILLA LÓPEZ, I.; YOLDI ENRÍQUEZ, L.; y RHEA CONSULTORES, S.A. (2004): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología* (5ª Reimpresión). Madrid, Centro de Publicaciones. Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L.M. (1989). *El clima y las aguas*. Madrid, Editorial Síntesis, D.L.
- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L.M. (1990). *Climatología y Medio Ambiente*. Barcelona, Servicio de Publicaciones de la Universitat de Barcelona.
- ANDRÉS CABRERIZO, D.M. y GUERRA PERLADO, F.J. (2014): *Formación profesional básica – Ciencias aplicadas I*. Madrid, Editorial Editex.
- APARICIO, A. y SILVESTRE, S. (1996): *Guía de la flora y la fauna del Parque Natural Sierra de Grazalema*. Jerez, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- BEJARANO PALMA, R. (1997): *Vegetación y paisaje en la costa atlántica de Andalucía*. Sevilla, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- BONNET JEREZ, J.L. (2004): *Lecciones de estadística: estadística descriptiva y probabilidad*. Alicante, Editorial Club Universitario.
- CAPEL MOLINA, J.J. (2000): *El clima de la península ibérica*. Barcelona, Editorial Ariel.
- CEGARRA SÁNCHEZ, J. (2004): *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid, Editorial Díaz de Santos, S.A.
- CEREZUELA NAVARRO, F. (1977): *Evapotranspiración y microclimas de la vertiente mediterránea del Sur de España*. Málaga, Universidad de Málaga.
- COLÓN DÍAZ, M. (1998): *Montaña y karst mediterráneo: especificidad, antropización y gestión ambiental*. Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- CUADRAT, J.M. y PITA, M.F. (2006): *Climatología* (4ª ed.). Madrid, Editorial Cátedra.
- DELANNOY, J.J. (1987): *Reconocimiento biofísico de espacios naturales de Andalucía. Serranía de Grazalema y Sierra de las Nieves*. Sevilla, Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Casa de Velázquez.
- DELGADO PEÑA, J.J. (1999): «Aproximación climática y bioclimática de la cuenca alta del río Grande (Arroyo Zarzalones, Yunquera)». *Baética. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 21, pp. 77-90.
- DEL VALLE, J. y SAN ROMÁN, J. (1994): «Gradiente pluviométrico en el macizo del Moncayo (Provincias de Zaragoza y Soria)». *Geographicalia*, 31, pp. 71-81.
- DURÁN VALSERO, J.J. (Coord. Gral.) (2007): *Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España – Diputación de Málaga.

- ELÍAS CASTILLO, F. (1963): *Precipitaciones máximas en España. Régimen de intensidades y frecuencias*. Madrid, Ministerio de Agricultura. Dir. Gral. de Agricultura. Servicio de Conservación de Suelos.
- GAVIRA ROMERO, O.N. (2006): «Análisis de un corredor florístico entre los Parques Naturales Sierra de Grazalema y Sierra de las Nieves (Cádiz y Málaga, España)». *Anales de biología*, 28, pp. 45-72.
- IECA (a): «Datos espaciales de referencia de Andalucía (DERA)», <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/index.htm> (Consultado: 21/02/2016).
- IECA (b): «Sistema de información multiterritorial de Andalucía (SIMA)», <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm> (Consultado: 22/03/2016).
- IGN: «Hojas 1036-3, 1049-2 y 4, 1050-1 a 4, y 1064-1 a 4 del Mapa Topográfico Nacional de España, escala 1:25.000 ráster», <http://www.ign.es/csw-inspire/srv/spa/conjuntodatos> (Consultado: 21/02/2016).
- IGN (2011): «Hoja de Cádiz del Mapa Provincial de España, escala 1:200.000 ráster (10ª ed.)», <http://www.ign.es/csw-inspire/srv/spa/conjuntodatos> (Consultado: 21/02/2016).
- JUNTA DE ANDALUCÍA (1996): *Sistema de información ambiental de Andalucía (SINAMBA) [CD-ROM]*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2006): «Plan de Desarrollo Sostenible del Parque Natural Sierra de Grazalema», Decreto 89/2006, de 18 de abril, [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=3b41501f8498b010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=2303ee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=3b41501f8498b010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=2303ee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es) (Consultado: 21/03/16).
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2010): *Medio ambiente de Andalucía. Informe 2010 [CD-ROM]*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2015): «Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Natural Sierra de Grazalema», Decreto 72/2015, de 10 de febrero, <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=9afea21b9d2ab010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=d8d64e5bf01f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD> (Consultado: 22/03/16).
- MARTÍN VIDE, J. (1991): «Rasgos singulares de la pluviometría gaditana». *Cuadernos de geografía y ordenación del territorio de la Universidad de Cádiz*, 2, pp. 11-20.
- MARZOL, M<sup>a</sup>.V. y MÁYER, P. (2015): «El gradiente térmico en las Islas Canarias», en DE LA RIVA, J.; IBARRA, P.; MONTORIO, R.; y RODRIGUES, M. (Edts.): *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza – AGE, pp. 1755-1764.
- OMM (2011): *Guía de prácticas climatológicas (OMM-Nº100)*. Ginebra, Junta de publicaciones Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- PINEDA CONTRERAS, N.; ARELLANO GODOY, R.; BECERRA SÁNCHEZ, L.; AULAR VILLEGAS, M.E.; AZUAJE VALERA, M.; PIMENTEL MENDOZA, J.; y JAIMES CÁRDENAS, E. (2011): «Caracterización climática de la microcuenca del río Monaicito, subcuenca del río Motatán-Carache». *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 2, 5, pp. 765-771.

- PITA LÓPEZ, M.F. (2003): «El clima de Andalucía», en LÓPEZ ONTIVEROS, A. (Coord): *Geografía de Andalucía*. Barcelona, Ariel, pp. 137-174.
- QUEREDA SALA, J. (2005): *Curso de climatología general*. Castellón de la Plana, Publicaciones de la Universitat Jaume I, D.L.
- REDIAM (2006): «Servicio WMS (Web Map Service) mapa de orientaciones de 100x100 m de Andalucía (para escalas menores a 1:200.000)», [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM\\_orientacion\\_100\\_biomasa?](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_orientacion_100_biomasa?) (Consultado: 21/02/2016).
- REDIAM: «Sistema de información de climatología ambiental (CLIMA)», [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc5/WebClima/consulta\\_avanzada.jsp](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc5/WebClima/consulta_avanzada.jsp) (Consultado: 24/09/15 - 09/11/15).
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1983): «Pisos bioclimáticos de España». *Lazaroa*, 5, pp. 33-43.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1988): «Bioclimatología, biogeografía y series de vegetación de Andalucía Occidental». *Lagascalia*, 15 (extra), pp. 91-118.
- RIVAS MARTINEZ, S.; RIVAS SÁENZ, S; y PENAS, A. (2011): «Worldwide bioclimatic classification system». *Global Geobotany*, Vol. nº1, pp. 1-634 + 4 maps.
- RODRÍGUEZ PUEBLA, C. (2002): «Métodos para analizar campos y series climáticas». *VII Reunión Nacional de Climatología, 27-29 de junio*, Albarracín, pp. 59-72.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1979): «Introducción al estudio climático de las Sierras Exteriores (Prepirineo de Huesca) y su incidencia en la morfogénesis actual». *Geographicalia*, 4, pp. 65-86.
- ROMERO DÍAZ, M.A. (1988): «Estudio estadístico de lluvias en el NE de la provincia de Granada a través de series de datos incompletas». *Papeles de Geografía*, 14, pp. 83-100.
- RUIZ DE LA TORRE, J. (Dir.) (1993): *Mapa forestal de España. Hoja 4-11, Morón de la Frontera: escala 1:200.000*. Madrid, ICONA, D.L.
- SÁNCHEZ MARTÍN, J.M. (1995): «Propuesta metodológica para la obtención de gradientes termohídricos anuales», *Lurralde: Investigación y espacio*, 18, pp. 137-154.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J.M. (1995): *La cuenca del Río Vélez*. Estudio Hidrográfico-Universidad de Málaga. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga. Ed. Microfichas.
- VALLE TENDERO, F.; NAVARRO REYES, F.B.; y JIMÉNEZ MORALES, M.N. (Coords. Cients.) (2004): *Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz I: Bioclimatología y Biogeografía*. Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- VAN ZUIDAM, R.A. y VAN ZUIDAM-CANCELADO, F.I. (1979): *Terrain analysis and classification using aerial photographs: A geomorphological approach*. Enschede, ITC Textbook of Photo-Interpretation. VII-6.
- VÁZQUEZ GÓMEZ, C. (2010): *Guía oficial del Parque Natural Sierra de Grazalema*. Jaén, Editorial Almuzara – Consejería de Medio Ambiente.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## **ANEXOS**

**ESTUDIO CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO DEL PARQUE  
NATURAL SIERRA DE GRAZALEMA**

**CLIMATIC AND BIOCLIMATIC STUDY OF SIERRA DE  
GRAZALEMA NATURAL PARK**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**GRADO EN GEOGRAFÍA Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**2015-2016**

**Alumno:** Alfonso Jesús Naranjo Barea

**Director:** José María Senciales González

## ÍNDICE

	Págs.
<b>ANEXO I. NORMATIVA Y CARTOGRAFÍA BÁSICA.....</b>	<b>54</b>
1. NORMATIVA.....	55
Tabla 1. Poblamiento y densidad de los municipios que componen el Parque Natural Sierra de Grazalema.....	56
2. CARTOGRAFÍA BÁSICA.....	56
Figura 1. Mapa de unidades litológicas del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	57
Figura 2. Mapa de pendientes del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	57
Figura 3. Mapa de unidades biogeográficas del Parque Natural Sierra de Grazalema....	58
Figura 4. Mapa de orientaciones del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	58
<b>ANEXO II. DATOS CLIMÁTICOS Y BIOCLIMÁTICOS.....</b>	<b>59</b>
TABLAS.....	60
Tabla 1. Índice general de las estaciones climáticas reales utilizadas en el estudio.....	60
Tabla 2. Exposición de las estaciones climáticas reales.....	61
Tabla 3. Exposición de las estaciones climáticas extrapoladas.....	61
Tabla 4. Valor N del método de Thornthwaite. Coeficiente para corrección de la ETP debido a la duración de la luz solar, para un determinado mes y latitud.....	62
Tabla 5. Tipos de ombroclimas en España y sus valores medios anuales de precipitación en la región Mediterránea.....	62
Tabla 6a. Pisos bioclimáticos existentes en Andalucía Occidental en función de los principales índices e intervalos termoclimáticos.....	62
Tabla 6b. Horizontes bioclimáticos de Andalucía Occidental en función de los valores límites de It (índice de termicidad).....	62
Tabla 7. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas medias de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico.....	63
Tabla 8. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas máximas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico.....	64
Tabla 9. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas mínimas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico.....	65
Tabla 10. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas máximas absolutas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico.....	66
Tabla 11. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas mínimas absolutas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico.....	67
Tabla 12. Medidas de centralidad y dispersión de las precipitaciones de las 13 estaciones utilizadas en el análisis pluviométrico .....	68-69
Tabla 13. Tipos de ombroclimas de las 13 estaciones climáticas utilizadas en el análisis pluviométrico.....	70
Tabla 14. Tipos de ombroclimas de las estaciones climatológicas del Parque y cercanía, según Aparicio y Silvestre (1996).....	70
Tabla 15. Datos bioclimáticos de las 4 estaciones climáticas ubicadas en el interior del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	70
Tabla 16. Períodos óptimos de años de medición (según OMM).....	70
FIGURAS.....	71
Figura 1. Ubicación de las estaciones climáticas reales y extrapoladas utilizadas en el estudio.....	71

Figura 2. Termogramas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico..	72
Figura 3. Pluviogramas de las 13 estaciones climáticas utilizadas en el análisis pluviométrico.....	73-74
Figura 4. Comparación del número de días de precipitación e intensidad de las 4 estaciones ubicadas en el interior del Parque.....	75
Figura 5. Comparación intensidad diezminutal y mensual entre las estaciones de «El Bosque, San José, Automática» y «Grazalema».....	75
Figura 6. Evolución anual de la precipitación máxima diezminutal «Grazalema». Serie 1991-2015.....	76
Figura 7. Representación altitudinal del gradiente térmico y pluviométrico medio anual en las laderas de solana y umbría.....	76
Figura 8. Mapa de temperatura media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema..	77
Figura 9. Mapa de temperatura media anual de las máximas del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	77
Figura 10. Mapa de temperatura media anual de las mínimas del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	78
Figura 11. Mapa de temperatura media anual de las máximas absolutas del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	78
Figura 12. Mapa de temperatura media anual de las mínimas absolutas del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	79
Figura 13. Mapa de precipitación media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema.....	79
Figura 14. Diagramas ombrotérmicos de las 4 estaciones termopluviométricas utilizadas en la aproximación bioclimática.....	80
Figura 15. Diagramas de balance hídrico de las 4 estaciones termopluviométricas utilizadas en la aproximación bioclimática.....	81
Figura 16. Medidas de amplitud del valle del Corredor del Boyar-Grazalema.....	82

## **ANEXO I. NORMATIVA Y CARTOGRAFÍA BÁSICA**

## 1. NORMATIVA

Este apartado nace con la intención de ofrecer al lector la información más relevante sobre los planes que rigen los procesos de protección, planificación y gestión del Parque Natural Sierra de Grazalema.

Todo Parque Natural requiere de la ejecución de una serie de planes y de una organización administrativa en la que se establezcan las actividades y la participación, tanto de la propia administración como de otras entidades. Los planes con los que debe contar un Parque Natural son: Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) y Plan de Desarrollo Sostenible (PDS) (Vázquez, 2010). El Parque Natural Sierra de Grazalema está dotado con los planes señalados y se pueden consultar en las siguientes direcciones web:

- Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Natural Sierra de Grazalema en:  
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=9afea21b9d2ab010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=d8d64e5bf01f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD>
- Plan de Desarrollo Sostenible (PDS) del Parque Natural Sierra de Grazalema en:  
[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=3b41501f8498b010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=2303ee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=3b41501f8498b010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=2303ee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es)

La Consejería de Medio Ambiente es la encargada de controlar el correcto cumplimiento del PORN y el PRUG, mientras que, en la ejecución del PDS esta administración cuenta con la cooperación de la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (Vázquez, 2010). Con el fin de posibilitar la participación social e institucional en la planificación del Parque Natural, la Consejería de Medio Ambiente crea la Junta Rectora, órgano en donde se encuentran representados todos los organismos y colectivos que están implicados en la gestión del espacio protegido (ayuntamientos, un representante de cada grupo parlamentario de Andalucía, asociaciones de vecinos, empresarios, ecologistas, sindicatos, agricultores, científicos, etc.), en el caso del Parque Natural Sierra de Grazalema la Junta Rectora está compuesta por más de 50 personas (Vázquez, 2010).

En el apartado del PDS denominado «*Demografía y poblamiento. Recursos humanos y mercado de trabajo*» nos encontramos con una tabla en donde vienen detallados los datos de población y densidad de población de los municipios que conforman el Parque Natural (datos del año 2006). Con la intención de tener una información más actualizada, se ha elaborado la siguiente tabla con datos del año 2015:

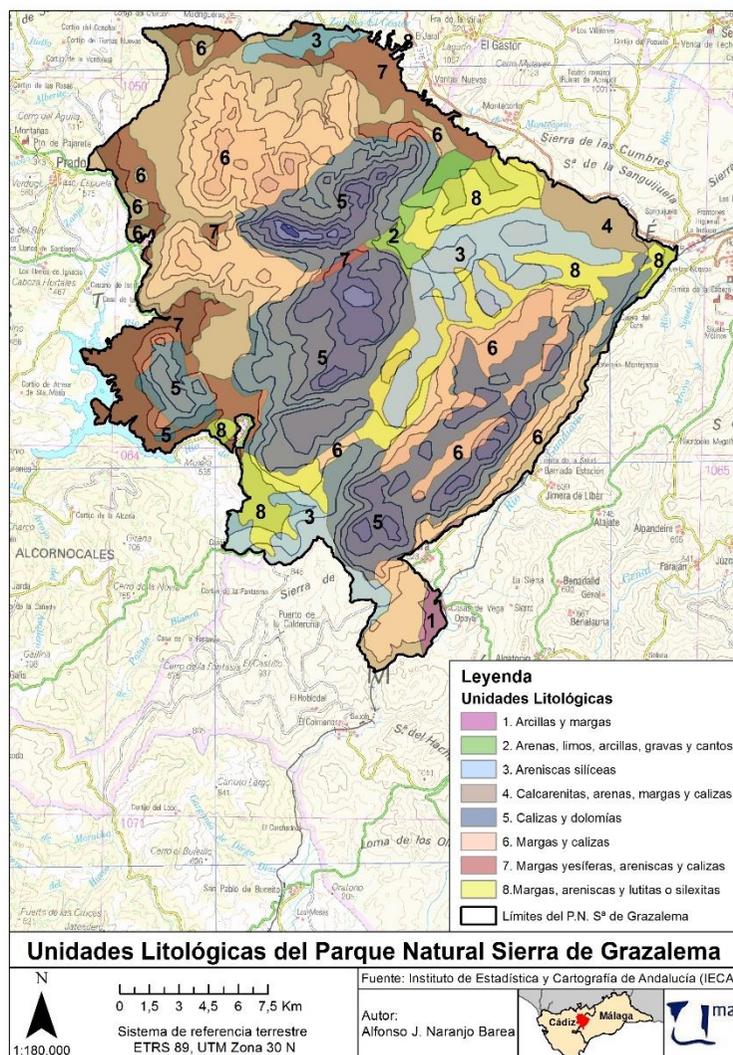
**Tabla 1. Poblamiento y densidad de los municipios que componen el Parque Natural Sierra de Grazalema**

<b>Municipios</b>	<b>Población (2015)</b>	<b>Porcentaje población (%)</b>	<b>Superficie municipal (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad población (hab./km<sup>2</sup>)</b>
Algodonales	5.649	7,11	134,2	42,1
Benaocaz	720	0,91	69,4	10,4
El Bosque	2.067	2,60	30,8	67,1
El Gastor	1.809	2,28	27,6	65,5
Grazalema	2.165	2,72	122,4	17,7
Prado del Rey	5.819	7,32	48,6	119,7
Ubrique	16.836	21,18	69,8	241,2
Villaluenga del Rosario	471	0,59	59,5	7,9
Zahara de la Sierra	1.436	1,81	72,5	19,8
Benaoján	1.513	1,90	32	47,3
Cortes de la Frontera	3.304	4,16	175,9	18,8
Jimera de Líbar	415	0,52	27,2	15,3
Montecorto	636	0,80	54,5	11,7
Montejaque	984	1,24	45,5	21,6
Ronda	35.676	44,88	397,6	89,7
<b>Total</b>	<b>79.500</b>	<b>100</b>	<b>1.367,5</b>	<b>58,1</b>

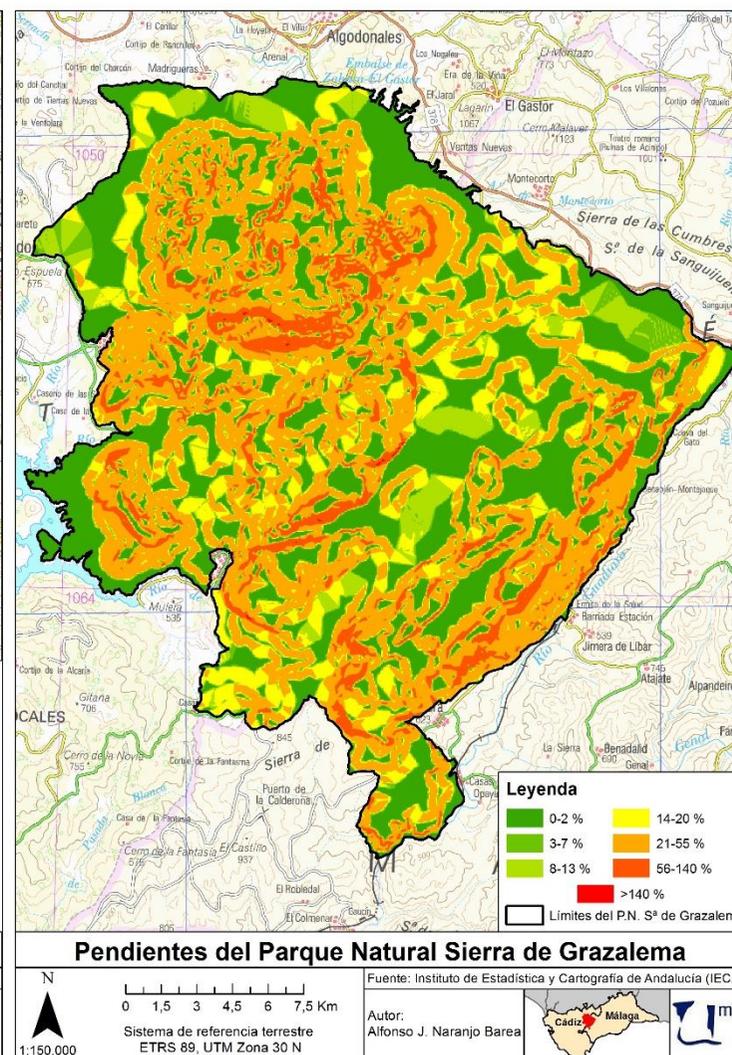
Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (b) (<http://www.juntadeandalucia.es>)

## **2. CARTOGRAFÍA BÁSICA (Consultar página siguiente)**

**Figura 1. Mapa de unidades litológicas del Parque Natural Sierra de Grazalema**

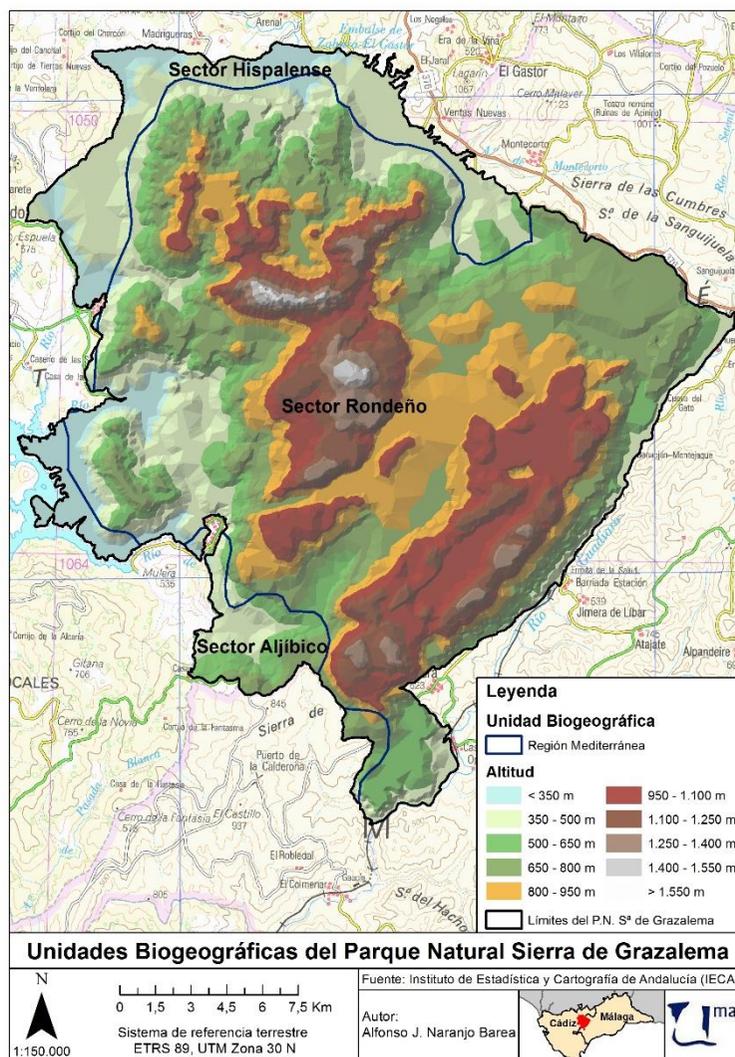


**Figura 2. Mapa de pendientes del Parque Natural Sierra de Grazalema**

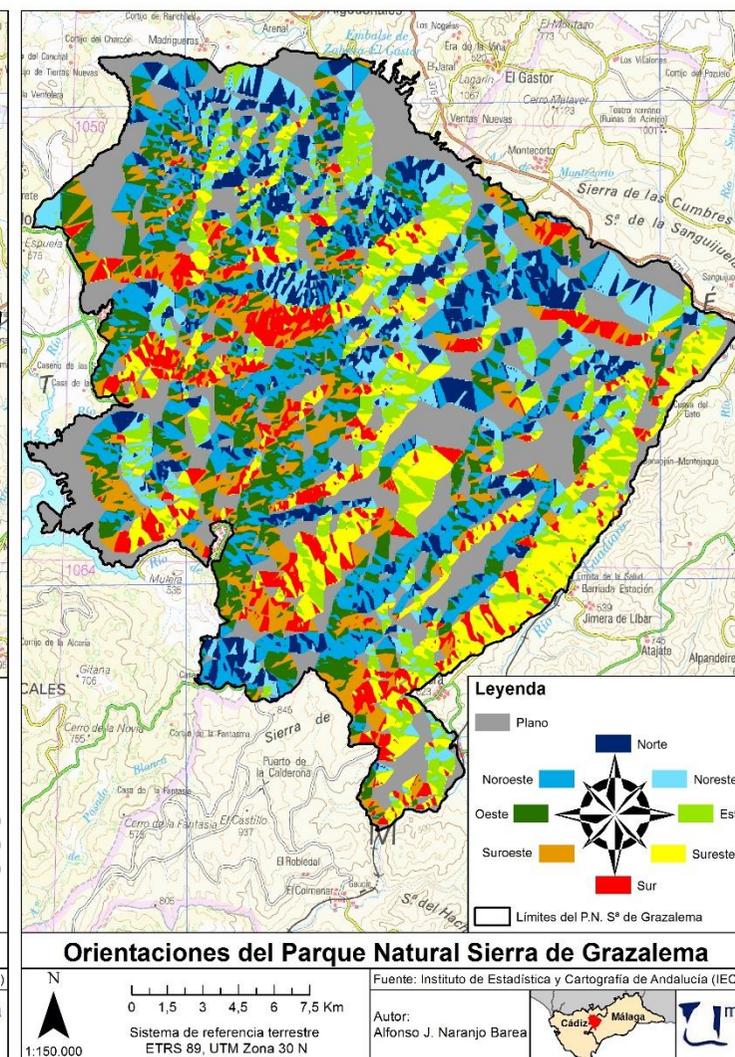


Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

**Figura 3. Mapa de unidades biogeográficas del Parque Natural Sierra de Grazalema**



**Figura 4. Mapa de orientaciones del Parque Natural Sierra de Grazalema**



Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

## **ANEXO II. DATOS CLIMÁTICOS Y BIOCLIMÁTICOS**

**Tabla 1. Índice general de las estaciones climáticas reales utilizadas en el estudio**

Estación	Cód. Estación	Gestor	Serie		Nº años completos		Coordenadas UTM 30S		
			Pp	T	Pp	T	X	Y	Z
Algodonales, La Muela	5922	Agencia Estatal de Meteorología	1968-2003	-	25	-	285201,38	4089682,75	480
Benaocaz	5944	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	1968-2010	-	15	-	283699	4064545,5	793
Benaoján, Cueva de la Pileta	6035	Red de la Cuenca Mediterránea Andaluza	1961-2012	-	30	-	296071,81	4062700	920
Cortes de la Frontera, Bañuelos	6039	Red de la Cuenca Mediterránea Andaluza	1961-2010	-	23	-	278862,38	4050327,5	560
El Bosque, San José, Automática	5941X	Agencia Estatal de Meteorología	2008-2015	2008-2015	3	3	275763,2	4068008,92	297
Grazalema	E198	Agencia Estatal de Meteorología	1991-2015	1991-2015	12	9	288505,22	4071157,75	900
Jimera de Líbar, Central Eléctrica	6038	Red de Estaciones Secundarias (AEMET)	1970-1994	-	16	-	296126,28	4059769	429
Montejaque, Central Eléctrica	6037	Red de Estaciones Secundarias (AEMET)	1969-1995	-	19	-	299964,72	4069855	530
Prado del Rey	5928	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	1967-2010	-	28	-	271792,66	4074416,75	433
Ronda	RAIFMA004	Red de Alerta e Información Fitosanitaria (CAPDR)	-	1996-2015	-	5	299806	4081608	750
Ronda, Parchite	6033	Red de la Cuenca Mediterránea Andaluza	1961-2012	-	27	-	311767,66	4076216,5	755
Ubrique, Instituto	5945B	Agencia Estatal de Meteorología	1984-2006	1984-2006	13	10	281157,88	4062337,25	420
Villaluenga del Rosario, ICONA	5943B	Agencia Estatal de Meteorología	1984-2015	1984-2015	13	13	287051,84	4064157,73	885
Villamartín	RIA1104	Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera	2001-2015	2001-2015	10	10	266087,6	4080966,64	151
Zahara de la Sierra, Presa	5912C	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	1992-2015	1993-2015	11	16	286633,72	4081397,47	393

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Pp= Precipitación; T= Temperatura; X= Coordenada X (en metros); Y= Coordenada Y (en metros); Z= Altitud (en metros)

**Tabla 2. Exposición de las estaciones climáticas reales**

Estación	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altitud (m)	Exposición
Algodonales, La Muela	285201,38	4089682,75	480	Umbría
Benaocaz	283699	4064545,5	793	Umbría
Benaoján, Cueva de la Pileta	296071,81	4062700	920	Solana
Cortes de la Frontera, Bañuelos	278862,38	4050327,5	560	Solana
El Bosque, San José, Automática	275763,2	4068008,92	297	Umbría
Grazalema	288505,22	4071157,75	900	Solana
Jimera de Líbar, Central Eléctrica	296126,28	4059769	429	Umbría
Montejaque, Central Eléctrica	299964,72	4069855	530	Umbría
Prado del Rey	271792,66	4074416,75	433	Solana
Ronda	299806	4081608	750	Umbría
Ronda, Parchite	311767,66	4076216,5	755	Solana
Ubrique, Instituto	281157,88	4062337,25	420	Solana
Villaluenga del Rosario, ICONA	287051,84	4064157,73	885	Solana
Villamartín	266087,6	4080966,64	151	Umbría
Zahara de la Sierra, Presa	286633,72	4081397,47	393	Umbría

Fte: Elaboración propia. Nota: Todas las estaciones están ubicadas en la zona UTM 30S

**Tabla 3. Exposición de las estaciones climáticas extrapoladas**

Estación	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altitud (m)	Exposición
Cerro de Cueva Bermeja	302924,332	4071107,193	646	Solana
Pico Ventana	296892,032	4064992,775	1.298	Solana
Cerro Hacho	298385,393	4068364,281	1.075	Solana
Pico Tajo de la Dehesa	298281,938	4064349,852	736	Solana
Pico Palo	293791,051	4060507,142	1.400	Solana
Pico Pajarraquera	288139,317	4050455,573	700	Solana
Sierra de los Pinos	287334,445	4056698,028	1.395	Umbría
Peñón del Berrueco	283061,547	4055272,715	897	Umbría
Cerro del Algarrobal	282798,242	4060251,125	942	Umbría
Cerro de la Caldera	274232,940	4062509,030	293	Umbría
Pico Silla	277194,452	4064399,113	920	Umbría
Pico Navazo Alto	285579,454	4064087,182	1.395	Umbría
Cerro del Simancón	287311,865	4068092,356	1.569	Umbría
Pico Peñón Grande	287539,055	4070356,153	1.309	Solana
Pico San Cristóbal	285956,755	4071459,991	1.554	Umbría
Pico Pinar	283774,547	4071615,851	1.648	Umbría
Castillo Aznamara	279768,895	4067688,899	531	Umbría
Sierra Margarita	280282,997	4076102,599	1.172	Umbría
Cerro del Conejo	274948,610	4076400,291	342	Umbría
Puerto de Zaragute	278520,666	4080506,333	425	Umbría
Pico Pulgón	286603,240	4078855,148	721	Umbría
Pico Coros	288395,351	4074264,276	1.328	Solana
Pico Jaral	292142,437	4070218,738	964	Umbría
Pico La Breña	291791,742	4064711,189	1.017	Solana
Cerro del Carrascal	295724,244	4072446,042	799	Umbría

Fte: Elaboración propia. Nota: Todas las estaciones están ubicadas en la zona UTM 30S

**Tabla 4. Valor N del método de Thornthwaite. Coeficiente para corrección de la ETP debido a la duración de la luz solar, para un determinado mes y latitud**

Lat. N	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D
27	0,92	0,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	0,99	0,9	0,9
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,9	0,9
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,9	0,89
30	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,8	0,76

Fte: Extraído de Cerezuela (1977)

**Tabla 5. Tipos de ombroclimas en España y sus valores medios anuales de precipitación en la región Mediterránea**

Ombroclima	Precipitaciones medias anuales (mm)
Árido	< 200
Semiárido	200-350
Seco	350-600
Subhúmedo	600-1.000
Húmedo	1.000-1.600
Hiperhúmedo	> 1.600

Fte: Extraído de Rivas Martínez (1983)

**Tabla 6a. Pisos bioclimáticos existentes en Andalucía Occidental en función de los principales índices e intervalos termoclimáticos**

Piso bioclimático	T (°C)	M (°C)	m (°C)	It
Termomediterráneo	17 a 20	14 a 18	4 a 10	350 a 450
Mesomediterráneo	13 a 17	9 a 14	-1 a 4	220 a 350
Supramediterráneo	8 a 13	2 a 9	-4 a -1	(120) a 220

Fte: Extraído de Rivas Martínez (1988); Rivas Martínez et al. (2011). Leyenda: T= temperatura media anual; M= temperatura media de las máximas del mes más frío; m= temperatura media de las mínimas del mes más frío; It= índice de termicidad

**Tabla 6b. Horizontes bioclimáticos de Andalucía Occidental en función de los valores límites de It (índice de termicidad)**

Horizonte bioclimático	It
Termomediterráneo inferior	400 a 450
Termomediterráneo superior	350 a 400
Mesomediterráneo inferior	285 a 350
Mesomediterráneo superior	220 a 285
Supramediterráneo inferior	150 a 220
Supramediterráneo superior	(120) a 150

Fte: Extraído de Rivas Martínez et al. (2011)

**Tabla 7. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas medias de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico**

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año	
Grazalema	9	Media	6,2	7,4	10	10,9	14,4	19,6	23	23,2	18,7	14,7	9,5	7,6	13,8	
		Mediana	6,1	6,5	9,7	11,3	13,7	19,7	23	23,5	18,8	15	9,4	7	13,7	
		Desv. Est.	1,3	2,2	1,4	1,5	1,6	1,4	0,9	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1	0,5
		Coef. Var.	20,9	29,6	14,3	13,4	11,1	7,2	3,9	5,3	6,1	8,6	12,3	12,9	3,3	
		Sesgo	-0,7	0,6	0,4	-0,5	0,5	-0,3	-0,8	-1,8	0,7	-0,8	0,3	0,4	0,4	
Ronda	5	Media	6,5	7,8	10,5	11,4	15	21,3	24,2	23,6	19,6	14,8	10,2	6,9	14,3	
		Mediana	7	7,8	10,5	11,3	14,6	20,7	24,2	23,8	19,9	14,7	10,3	6,8	14,3	
		Desv. Est.	1,3	1,9	1,3	1,2	2,1	1	0,6	1	1	1,3	0,9	0,9	0,1	
		Coef. Var.	20,3	24,7	12,1	10,5	14,2	4,6	2,3	4,4	4,9	8,8	9,2	12,6	1	
		Sesgo	-0,7	0,3	0,3	1	0,2	0,5	-0,2	-0,7	-0,4	0,6	0,3	1,2	0,2	
Ubrique, Instituto	10	Media	11,5	12,8	15,8	15,5	19,3	22,4	27,1	27,7	25,3	19,3	15,1	12,7	18,7	
		Mediana	11,6	13	15,7	15,3	19	22,6	27,1	28,5	25,5	19,6	14,9	12,2	18,9	
		Desv. Est.	1,2	1,9	1,3	1,5	2	2,2	2,5	2,1	2	2,1	1,5	1,8	1	
		Coef. Var.	10,9	14,5	8,4	9,5	10,2	9,7	9,1	7,5	7,9	10,6	10,2	13,9	5,6	
		Sesgo	-0,1	0,4	0,1	0,4	0,3	-0,4	-0,4	-0,7	-1,1	0	0,7	0,9	-0,1	
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	7,2	8,1	10,6	11,1	14,7	18,7	23,6	23,6	20	14,8	11	8,6	14,3	
		Mediana	6,9	7,7	10,7	11	14,5	19,4	23,6	24,1	20,2	15,6	11,1	8,3	14,3	
		Desv. Est.	1,1	1,8	1,4	1,9	1,9	2,6	1,6	1,4	1,5	1,9	1,3	1	0,9	
		Coef. Var.	14,9	21,9	12,9	17,2	12,8	13,7	6,9	5,9	7,4	13	11,6	11,1	6	
		Sesgo	1,4	0,8	0,1	-0,3	0,8	-0,1	-0,4	-0,6	-0,8	-0,6	0,7	0,5	0,4	
Villamartín	10	Media	9,5	10	13	15,1	18,8	23	25,6	26	22,6	19	13,5	10,4	17,2	
		Mediana	9,3	10,2	12,9	15,2	19	23	25,6	26,3	22,5	18,9	13,8	10,3	17,2	
		Desv. Est.	1,1	1,5	0,7	0,9	1,4	1,2	0,7	1,3	0,7	1	1,2	1,2	0,3	
		Coef. Var.	11,4	15	5,5	6	7,4	5	2,7	4,8	3,1	5,3	9	11,6	1,8	
		Sesgo	-0,2	-0,1	-0,1	-0,3	-0,2	0,2	-0,2	-1,5	-0,2	0,1	-0,6	0,5	0,2	
Zahara de la Sierra, Presa	16	Media	10,4	10,9	14	15,9	19,8	24,9	28	28,2	23,7	19,5	13,9	11,1	18,4	
		Mediana	10	10,9	14,1	15,6	19,8	24,7	27,9	28,3	23,7	19,1	13,6	11,3	18,3	
		Desv. Est.	1,2	1,9	1	1,8	1,6	1	1	1,2	1,1	1,5	1,4	1,2	0,5	
		Coef. Var.	11,3	17,3	7,4	11,4	8,3	4	3,4	4,1	4,6	7,6	9,7	11,1	2,8	
		Sesgo	0,5	0,1	0	0,1	-0,1	0	0,6	-0,7	-0,5	0	0	0,6	0,2	

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor térmico medio mensual más bajo y en color rojo el valor térmico medio mensual más elevado

**Tabla 8. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas máximas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico**

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
Grazalema	9	Media	10,3	11,8	14,4	15,5	19,5	25,2	29,1	29,2	23,9	19,7	13,6	11,5	18,6
		Mediana	11	10,4	14,2	15,7	19,7	25	28,9	29,1	24	19,7	13,2	11,6	18,9
		Desv. Est.	1,8	2,6	2,2	1,9	2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4	1,4	0,9	0,5
		Coef. Var.	17,2	21,8	15,2	11,9	10,2	5,1	4,4	4	5,1	7	10,1	7,4	2,5
		Sesgo	-0,6	1	0,2	-0,5	0,3	-0,3	0	-0,6	0	1,1	0,6	0,3	-0,5
Ronda	5	Media	11,1	12,9	15,9	16,4	20,4	27,6	31,1	30,3	25,8	19,8	15,1	11,7	19,8
		Mediana	11,4	13	15,5	16,1	20,5	27,4	31,3	30,5	26,1	20,4	15,2	11,5	19,8
		Desv. Est.	1,6	2,1	1,7	1,4	2,8	1,1	0,5	0,9	1,4	1,7	0,9	1	0,2
		Coef. Var.	14	16,1	10,7	8,8	13,7	4,1	1,7	3,1	5,6	8,7	5,7	8,9	0,9
		Sesgo	-0,3	0	1,2	1	-0,1	0,2	-1,8	-0,8	-0,1	-1,7	-0,5	-0,2	0
Ubrique, Instituto	10	Media	16,2	18	21,6	21,3	25,5	29,2	34,4	35,5	32,1	24,4	19,4	16,8	24,5
		Mediana	15,6	18,4	21,9	21,5	25,2	29,8	34,5	35,8	32,7	24,3	19,8	16,6	24,6
		Desv. Est.	2,2	2,4	2,1	1,7	2,7	3,4	3	2,9	2,6	2,5	1,5	1,8	1,4
		Coef. Var.	13,4	13,2	9,8	8	10,6	11,5	8,6	8,2	8,2	10,4	7,9	10,4	5,7
		Sesgo	1,5	0,1	-0,4	0	1,3	-0,2	-0,1	-0,4	-1,2	-0,2	-0,2	0,2	0,4
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	11,3	12,2	15,3	15,6	19,6	24,2	30	29,9	25,3	19,1	15	12,6	19,2
		Mediana	11,5	12	15,4	15,6	19,2	25,2	30,3	30,1	25,1	20,1	14,7	12,8	19,1
		Desv. Est.	1,2	2,3	2,2	2,1	1,9	2,8	1,8	1,6	1,6	2,1	1,5	0,8	0,7
		Coef. Var.	10,6	18,5	14,3	13,7	9,6	11,7	5,9	5,5	6,5	10,9	10,1	6,7	3,5
		Sesgo	-0,4	0,5	0,2	-0,5	0,2	-0,7	-0,2	-0,8	-0,5	-0,7	0,4	-0,5	0
Villamartín	10	Media	15,7	16,4	19,6	21,8	26,7	31,4	35,1	35,1	30	25,6	19,5	16,1	24,4
		Mediana	15,9	15,9	19,6	22	27,1	31,6	35	35,2	30,2	25,6	19,4	16,3	24,2
		Desv. Est.	1,3	1,4	1,3	1,2	1,9	1,2	0,9	1,3	1,2	1,8	1,3	0,9	0,4
		Coef. Var.	8,3	8,7	6,7	5,6	7,2	4	2,6	3,7	4	7	6,5	5,6	1,6
		Sesgo	-0,6	1,3	-0,7	-0,2	-0,8	0	-0,5	-0,8	-0,4	-0,4	0,2	-1,2	0,4
Zahara de la Sierra, Presa	16	Media	15,1	16	19,5	21,7	26,3	32,6	36,5	36,2	30,4	25	18,5	15,6	24,4
		Mediana	14,7	15,6	19,1	21,2	26,3	32,4	36,3	36,2	30,5	24,8	18,4	15,8	24,4
		Desv. Est.	1,6	1,7	1,6	2	2,2	1,3	1,1	1,3	1,4	2	1,7	1,2	0,5
		Coef. Var.	10,3	10,9	8,5	9,2	8,2	3,9	3	3,5	4,5	7,9	9,4	7,7	2,2
		Sesgo	0,3	0,3	-0,4	-0,1	-0,2	0	0,3	-0,9	-0,2	-0,2	0,2	-0,1	0,1

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor térmico medio mensual más bajo y en color rojo el valor térmico medio mensual más elevado

Tabla 9. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas mínimas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
Grazalema	9	Media	2,7	3,6	5,9	6,4	9,4	13,9	16,7	17,2	14	10,4	5,9	4,3	9,2
		Mediana	2,3	3,4	5,7	6,9	9,1	14	16,9	17,6	13,7	10,6	5,9	4	9,1
		Desv. Est.	1,5	2,2	1	1,2	1,2	1,2	0,7	1,2	1,1	1,5	1,3	1,2	0,5
		Coef. Var.	54,9	60,7	16,5	18,1	12,4	8,7	4,2	7	8	14,1	21,1	28,4	5,2
		Sesgo	-0,2	0,3	-0,1	-1,1	0,5	-0,4	-0,7	-1,2	0,9	-0,5	0,7	0,4	-0,1
Ronda	5	Media	2,6	3,5	5,5	6,5	9,5	14,7	16,7	16,8	14	10,3	6,3	3	9,1
		Mediana	3,3	3,5	5,9	6,5	8,5	14,3	16,4	16,9	14,2	10,3	6,3	2,6	9,1
		Desv. Est.	1,3	1,9	1,1	1	1,4	0,7	0,7	1,1	0,4	1,5	1,4	0,9	0,2
		Coef. Var.	49,7	55,7	20,4	15,3	15,3	5,1	4,1	6,5	3,1	14,1	22,1	30,4	2,2
		Sesgo	-0,6	1	-0,7	0,5	0,8	0,7	1,2	-0,4	-1,6	0,1	0,1	1,3	0,1
Ubrique, Instituto	10	Media	6,8	7,6	9,9	9,7	13	15,6	19,8	19,8	18,5	14,3	10,7	8,6	12,9
		Mediana	7,3	7,7	10,3	10,1	12,2	15,4	19,8	20	18,6	14,3	10,5	8	12,8
		Desv. Est.	1,3	1,6	1,5	1,9	1,9	1,6	2,1	1,9	1,7	1,8	1,8	2,2	1,2
		Coef. Var.	19,1	21,5	15,6	19,9	14,6	10,2	10,6	9,5	9,2	12,2	16,6	25,2	9,5
		Sesgo	-0,6	0,5	-0,4	-0,9	0,7	0	-0,5	-0,1	-0,3	0,5	1	1	0,1
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	3,1	3,9	5,9	6,7	9,8	13,2	17,2	17,3	14,6	10,6	7,1	4,6	9,5
		Mediana	3	3,6	5,6	6,4	9,2	12,9	16,9	17,2	15,1	11	6,7	4,6	9
		Desv. Est.	1,7	1,7	1,2	2	2,1	2,5	1,8	1,6	1,8	2	1,7	1,9	1,3
		Coef. Var.	54,8	42,4	20,4	29,4	21	19,2	10,7	9,2	12,4	19,1	23,8	42,1	14,2
		Sesgo	0,9	1	0,4	0,6	1,3	0,6	0,2	0,1	-0,6	-0,1	1,4	-0,1	1
Villamartín	10	Media	3,4	3,6	6,3	8,4	10,7	14,3	16,1	17,1	15,6	12,8	7,8	4,8	10,1
		Mediana	4,3	3,9	6,7	8,5	10,6	14,3	16	17,3	15,6	12,6	8,1	4,5	10
		Desv. Est.	2	2,6	1,5	0,8	0,9	1,1	0,6	1	0,7	1	2,1	1,7	0,5
		Coef. Var.	58,7	71,2	23,5	9,6	8,5	8	3,6	5,8	4,3	8,2	27,4	34,8	5
		Sesgo	-0,7	-0,7	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	0,3	0,1	-1,1	-0,2	-0,2	1	0,5
Zahara de la Sierra, Presa	16	Media	5,8	5,9	8,6	10	13,3	17,2	19,6	20,1	17	14	9,2	6,6	12,3
		Mediana	5,6	6	8,3	9,8	13,3	17,4	19,4	20	17,5	13,9	9,4	6,5	12,2
		Desv. Est.	1,3	2,3	0,9	1,8	1,3	0,9	1	1,2	1	1,2	1,2	1,5	0,6
		Coef. Var.	22,4	38,5	10	17,7	9,7	5	5	6	5,7	8,4	12,9	22,2	5
		Sesgo	0,1	-0,1	0,1	0,4	0	-0,3	1,4	-0,1	-1,2	0,3	-0,5	0,9	0,1

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor térmico medio mensual más bajo y en color rojo el valor térmico medio mensual más elevado

**Tabla 10. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas máximas absolutas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico**

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
Grazalema	9	Media	16,8	18,4	22,6	24,3	28,1	32,2	34,7	35,2	30,9	26,3	20,8	17,4	25,6
		Mediana	16,7	18,5	22,9	24,3	28,5	32,6	34	34,5	31,8	25,7	20,7	18,2	25,7
		Desv. Est.	2,7	1,6	2,5	2,2	3	1,4	1,6	1,8	2,5	1,2	1,4	2	0,7
		Coef. Var.	15,8	8,9	10,9	9,2	10,7	4,4	4,5	5,2	8	4,7	6,8	11,7	2,6
		Sesgo	0,1	0,1	-0,9	-1,3	-0,2	-0,9	0,8	1	0,1	0,6	1,6	-0,3	-1,3
Ronda	5	Media	18,5	18,9	24	24,3	29,4	34,1	36,7	36,6	32,5	27,1	21,3	17,7	26,8
		Mediana	19,3	19,5	24	24,6	28,8	34,3	36,8	36,4	32,6	26,1	21	18	26,8
		Desv. Est.	2,4	2,5	1,6	1,8	3,9	1,7	1,9	2,5	2,6	2,5	1,4	1,7	0,5
		Coef. Var.	13,2	13	6,8	7,2	13,1	5,1	5,2	6,8	8	9,2	6,5	9,8	2
		Sesgo	-0,5	-1,2	0,2	0,6	0,6	0,8	-0,6	-0,6	0,2	0,2	0,7	-1,4	0,6
Ubrique, Instituto	10	Media	22,1	25,2	29,2	29,5	32,9	36,9	40,6	42,2	38,7	31,8	26	21,9	31,4
		Mediana	21,5	25,5	29,5	30	32,5	37,5	41	42,5	38	31,5	26	24	31,3
		Desv. Est.	3,1	2,8	1,6	3	3,5	3	3,9	2,8	3,4	2,9	2,2	3,1	1,4
		Coef. Var.	13,9	11,2	5,5	10,1	10,8	8	9,5	6,7	8,8	9	8,5	14,2	4,6
		Sesgo	2,1	-0,3	-0,2	-1	0,6	-0,2	0,2	-1	0,2	0,9	-0,2	-0,9	0
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	17,8	19,6	23,3	23,8	27	31,2	35,8	36,7	32,9	26,2	21,2	18,9	26,2
		Mediana	17	19	23	24	26	32	36	36	32	27	22	19	26,3
		Desv. Est.	2,8	2	2,2	2,4	3	2,8	2,3	2,7	2,6	2	1,7	1,9	0,6
		Coef. Var.	15,8	10,1	9,5	10,3	11,2	8,9	6,5	7,2	7,8	7,8	8	10,2	2,3
		Sesgo	-0,4	0,1	-0,1	-0,2	1,6	-0,3	-0,3	-0,6	1,1	-0,2	-0,4	0,1	-0,9
Villamartín	10	Media	21,2	20,8	26,4	29	33,9	38,7	40,7	41,5	36,5	31,8	25,6	20,3	30,5
		Mediana	21,8	20,9	27	29,2	33,6	39,3	40,3	40,6	36,1	32,6	26,3	20,3	30,5
		Desv. Est.	1,9	1,4	2,5	1,8	2,4	1,3	1,7	2,4	2,1	2,2	2,3	1,1	0,7
		Coef. Var.	9	6,8	9,6	6	7	3,4	4,3	5,7	5,7	7,1	9,2	5,4	2,2
		Sesgo	-0,5	-0,6	-1,2	0,1	0,7	-0,6	0,4	0,8	1,2	-0,7	-0,2	0,6	0,2
Zahara de la Sierra, Presa	16	Media	21,4	22,4	26,8	30,1	34,6	40,1	42,3	42,8	38	32,1	25,5	21,8	31,5
		Mediana	21	22,5	27	30	35	41	42	42,5	38	32	25,3	21,3	31,8
		Desv. Est.	2,1	2,1	2	1,9	2,8	1,7	1,6	1,6	2,2	2,3	2,3	2,8	0,9
		Coef. Var.	9,6	9,3	7,5	6,2	8,2	4,4	3,7	3,6	5,8	7,3	8,9	12,7	2,9
		Sesgo	0,6	-0,1	-0,8	0,2	-0,2	-0,6	0,9	0	0,4	0	0,3	1,6	-0,5

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor térmico medio mensual más bajo y en color rojo el valor térmico medio mensual más elevado

Tabla 11. Medidas de centralidad y dispersión de las temperaturas mínimas absolutas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
Grazalema	9	Media	-2,6	-0,5	-0,1	1,6	3,5	8	11,6	11,8	9,3	5,4	0,6	-1,2	4
		Mediana	-1,4	-1	0,5	1,2	3,7	7,9	11,8	12,2	8,9	5,6	1	-0,8	4,1
		Desv. Est.	3,4	2,3	2,4	1,6	2,1	1,6	1,3	1,5	1,4	1,2	1,6	1,7	0,7
		Coef. Var.	129,9	433,8	2.652,4	99,9	60,5	20,4	11,4	12,5	15,4	22,8	280,4	143,7	17,7
		Sesgo	-0,7	0,5	-1,5	1,5	-0,2	0,1	-0,5	-0,7	1,1	0,8	-0,4	-1,6	-0,6
Ronda	5	Media	-2,5	-2	-0,1	1,5	4,1	9,3	11	11,4	10,5	4,7	0,6	-2,7	3,8
		Mediana	-3,2	-3,2	0,1	2	3,1	9,2	10,6	11,4	11	4,3	0,5	-2,8	4
		Desv. Est.	2,3	2,3	2,9	2	2	2	1,1	1,4	1,5	2,4	1,8	1,5	0,6
		Coef. Var.	91,6	117,1	2.037,7	135,5	49,3	21,4	9,8	12	14,7	50,4	301,9	53,9	15,1
		Sesgo	0,1	0,9	0,6	-0,1	0,9	-0,9	0	-0,9	-1,5	1,1	0,1	-0,5	-1,3
Ubrique, Instituto	10	Media	1,2	3	4,8	5,4	7,8	10,9	13,4	15,1	13,5	9,5	6,1	3,7	7,9
		Mediana	1,5	3	5	6	8	11	13	15	13	10,4	6	3,5	7,7
		Desv. Est.	2,4	2,9	1,9	2	2	2,2	2,8	2	2,1	2,1	2,1	2,8	1,2
		Coef. Var.	203,4	98,1	39	37,2	26,2	20	20,9	13,4	15,3	22,2	34,9	75,4	15,8
		Sesgo	-0,5	0	-0,8	-0,5	-0,5	0,2	0,1	0,2	0,8	-1,4	-0,2	0,3	0,5
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	-2	-0,5	0,5	1,6	4,7	7,5	10,9	11,8	9,1	6,4	1,9	-0,5	4,3
		Mediana	-1	0	1	1	4	7	10	12	9	7	1	0	3,8
		Desv. Est.	2,9	2,3	2,3	1,7	1,7	1,9	2,5	1,5	2,6	2,7	2,8	2,4	1,4
		Coef. Var.	147,2	433	433	105,8	36,3	25,4	22,6	12,4	28,3	42,7	147,8	446,1	31,6
		Sesgo	-0,1	0	-0,9	1,4	0,4	0,4	0,6	-0,3	-0,1	-0,2	0,2	-0,7	0,9
Villamartín	10	Media	-1,9	-1,2	0	3,4	5,7	10	12,2	13,1	11,4	5,6	1,4	-1,8	4,8
		Mediana	-1,4	-0,9	-0,3	3,1	6,4	9,8	12,3	13	11,5	5,7	1,4	-2,3	4,5
		Desv. Est.	2,3	2,5	2	1,8	1,3	1,6	0,9	0,6	1,6	3,1	2,3	1,6	0,7
		Coef. Var.	122,1	205,5	6.515	53,1	22,3	15,9	7,7	4,8	13,7	56,2	163,3	87,7	14,8
		Sesgo	-0,7	-1,2	0,8	-0,8	-1	0,5	-0,1	0,3	-0,8	-0,4	-0,2	0,7	0,9
Zahara de la Sierra, Presa	16	Media	0,7	1,5	3,3	5	7,7	12,1	14,7	15,4	13,3	8,8	3,6	1,5	7,3
		Mediana	1	1,5	3,5	4,3	7	12	15	15	14	9	4	1,5	7,5
		Desv. Est.	2,3	2,4	1,7	2,4	1,5	1	1,7	1,6	1,7	2,6	1,9	1,7	0,6
		Coef. Var.	338,9	161,5	52,1	48,3	20	8,5	11,8	10,6	12,7	29,1	52,2	111,5	8,4
		Sesgo	-0,4	0,1	-0,4	0,6	0,2	-0,3	0,7	0	-0,7	-0,4	-0,9	-0,6	-0,4

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor térmico medio mensual más bajo y en color rojo el valor térmico medio mensual más elevado

Tabla 12. Medidas de centralidad y dispersión de las precipitaciones de las 13 estaciones utilizadas en el análisis pluviométrico

Estación	Nº años completos	Estimador estadístico	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
Algodonales, La Muela	25	Media	107,5	76,2	71,1	58,9	46,7	16,9	1,1	7,6	31	66,3	86,1	132,6	702
		Mediana	95,5	65	66	37	32	7	0	0	23	35,8	55	99	713
		Desv. Est.	87,5	73,3	52,5	52,4	41	23,5	5	16,7	33,5	73,4	94,1	111,4	178,1
		Coef. Var.	81,4	96,2	73,8	89	87,7	138,8	462,9	219,5	108,3	110,7	109,3	84	25,4
		Sesgo	1,2	1,3	0,8	1	0,8	1,7	5	2,6	1,3	1,1	1,6	0,9	0,2
Benaocaz	15	Media	241,3	194,3	157,2	122,9	95,5	49,5	2,8	11,6	22,5	127,5	183,6	207	1.416
		Mediana	151	89	146	118	68	29	0	0	11	91	136	168	1.288
		Desv. Est.	265,9	174,1	114,8	77,8	87,2	55,9	9,5	32,2	34,6	122,4	154,4	158,6	384,1
		Coef. Var.	110,2	89,6	73	63,3	91,3	112,9	335,7	277,3	153,7	95,9	84,1	76,6	27,1
		Sesgo	1,6	0,8	1,2	0,8	0,7	1,5	3,8	3,5	2,4	1,4	1,5	0,7	0,4
Benaoján, Cueva de la Pileta	30	Media	210,4	180,9	120,6	103,1	74,7	18,9	2,2	6,9	35,8	144,4	192,3	232,1	1.322
		Mediana	151,7	156,8	113,2	87,1	51,6	5,2	0	0,3	17,7	126,8	169,9	130,1	1.252
		Desv. Est.	185,7	151,1	104,3	90,4	71,8	27,5	6,7	18,7	43,1	124	162,9	241	487,6
		Coef. Var.	88,2	83,6	86,5	87,7	96,1	145,5	302,1	270,1	120,4	85,9	84,7	103,8	36,9
		Sesgo	0,9	0,9	1,3	2,1	1,2	1,6	4,5	4,3	1,3	0,8	1,2	1,6	0,8
Cortes de la Frontera, Bañuelos	23	Media	249,7	223,6	153,5	134,1	95,6	27,6	6,4	6,6	51,5	219,9	253,2	303,3	1.725
		Mediana	174	134	123	93	84	9	0	3	22	123	168,4	200,7	1.525
		Desv. Est.	210,4	183,3	124,5	106,4	90,1	39,3	18,1	10,3	72,7	227,2	223,9	332,7	647,8
		Coef. Var.	84,3	82	81,1	79,3	94,2	142,3	283	155,7	141,1	103,3	88,4	109,7	37,6
		Sesgo	1,3	0,9	0,7	0,8	1,2	1,8	3,4	1,9	2,2	1,8	1,2	1,5	0,9
Grazalema	12	Media	329,6	187	228,6	186,4	99,9	19,7	0,4	4,5	80,8	166,9	238	351,2	1.893
		Mediana	203,5	152	140,9	121,8	72,7	5,9	0	0,8	73,4	164,4	170,4	274,7	1.914
		Desv. Est.	306,7	172,5	279,4	178,7	86,2	42,1	0,7	8,7	53,5	86,3	199,1	341,7	747,7
		Coef. Var.	93	92,3	122,2	95,9	86,3	214,1	166,9	190,7	66,1	51,7	83,7	97,3	39,5
		Sesgo	0,7	1,4	2,6	1,3	2,4	3,2	1,5	2,9	0,9	-0,1	0,8	1,7	0,2
Jimera de Líbar, Central Eléctrica	16	Media	141,1	117,1	96,7	74,1	68,1	23,3	1,4	3,3	15,6	71,8	158,4	162,8	934
		Mediana	105	103,5	94	70,5	69	10	0	1	5,5	35	102,5	179,5	878
		Desv. Est.	167,9	86,5	78,9	56,8	49,9	31,8	3,2	5,2	23,7	69,4	150	170	273,7
		Coef. Var.	119	73,9	81,6	76,6	73,4	136,2	225,7	156,9	151,5	96,7	94,7	104,4	29,3
		Sesgo	2,8	0,8	1,3	0,5	0,8	1,7	2,3	1,8	2	0,5	1	1,1	0,6
	19	Media	83,2	58,9	64,5	56,8	44,1	17,1	0,8	1,6	16,3	47,3	80,6	113,1	584
		Mediana	56	51	53	51	32	8	0	0	3	26	49	84	564

Montejaque, Central Eléctrica		Desv. Est.	86,6	44	46,4	48,1	48	22,1	3,4	4,6	24,7	52,8	84,4	112,4	181,4
		Coef. Var.	104	74,6	71,9	84,6	108,8	129,9	435,9	291,2	151,6	111,7	104,6	99,4	31
		Sesgo	1,7	0,5	0,6	1,3	2	1,7	4,4	3,2	1,6	1,1	1,3	1,4	0,3
Prado del Rey	28	Media	121	88,4	65,3	71,1	59,4	19,4	2	7,3	30,6	72,7	107,5	144,1	789
		Mediana	80,5	76,3	54	60,5	49	4,8	0	0	20,8	64,1	102,5	113,8	744
		Desv. Est.	121,6	75,7	53,1	56,7	50	36,8	6,2	17,2	28,8	56,7	75,3	133,5	283,2
		Coef. Var.	100,5	85,6	81,3	79,8	84,1	189,8	301,7	236,6	94,1	78	70,1	92,7	35,9
		Sesgo	1,7	1,1	1,8	1,3	1,2	3,4	3,5	3,8	0,6	0,4	0,7	1,6	0,9
Ronda, Parchite	27	Media	83,6	103,4	65,8	61,5	29,8	8,5	1,3	1,7	26,9	72,8	83,2	104,7	643
		Mediana	67,8	70,7	48,5	53	28	1	0	0	16,8	71	73,2	77,7	536
		Desv. Est.	63,6	102,9	58,3	40,8	29,6	11,8	4,4	4,8	32,9	63,9	74,4	93,7	253,3
		Coef. Var.	76	99,5	88,6	66,2	99,4	139,3	346,8	290,6	122,4	87,7	89,4	89,5	39,4
		Sesgo	0,9	1,8	1,4	0,6	0,9	1,2	4,4	3,8	2	0,8	2,2	0,8	1
Ubrique, Instituto	13	Media	167,4	128,5	68,7	87,5	56	15,2	2,1	13,5	45,6	80,1	160,9	189,4	1.015
		Mediana	166,8	152,9	46,3	79,3	54,6	1,5	0	0	42,2	64,4	83,8	158,6	979
		Desv. Est.	113,5	98,4	79	53,1	40,9	26,2	5,3	36,5	39	43,2	131	172,2	293,1
		Coef. Var.	67,8	76,6	115	60,7	73,1	172,4	252,2	270,1	85,6	54	81,4	90,9	28,9
		Sesgo	0,7	0,4	1,2	2,2	0,7	1,8	3,3	3,2	0,7	0	0,9	0,7	0,6
Villaluenga del Rosario, ICONA	13	Media	172	165,3	151,2	129,9	61,7	32,7	2,8	4,2	72,8	188,8	251,5	279	1.512
		Mediana	151	107	105	90,6	60	8	0	0	55,4	172	171	177	1.395
		Desv. Est.	177,5	167,5	135,3	101,1	44,5	51	6,5	7,4	44,9	104,4	227	211,4	535,7
		Coef. Var.	103,2	101,3	89,5	77,8	72,1	156	230,1	175,2	61,6	55,3	90,2	75,8	35,4
		Sesgo	1,3	1,9	0,7	1,5	1,9	1,4	2,6	2	1,1	0,6	0,9	0,6	0,6
Villamartín	10	Media	62,6	65,9	71,8	62,2	31	4,9	1,1	6,6	53,3	76,1	90,6	88,4	615
		Mediana	67,6	69	53,5	55,3	16	0,6	0	0	56,5	66,4	84,7	45,5	663
		Desv. Est.	30,8	34,3	76,5	38,4	27,6	8,2	2,4	10,7	29,8	45,3	72	108,9	158
		Coef. Var.	49,3	52,1	106,6	61,7	88,9	166,3	211	161,5	56	59,5	79,5	123,2	25,7
		Sesgo	-0,9	-0,9	2,3	2,1	1,4	2,2	1,8	1,4	-0,3	0,6	0,5	2,7	-0,7
Zahara de la Sierra, Presa	11	Media	87,6	96,1	69,7	63,8	40,6	6,8	0,8	5	38,3	75,3	70	131,8	686
		Mediana	61	85,7	63,5	47,1	30,7	2,8	0	0,2	42	72,6	64,3	92,8	677
		Desv. Est.	58,5	85,6	50,5	57,4	29,9	10,4	2,4	7,7	28,3	44,6	58,5	139,2	230,5
		Coef. Var.	66,8	89,1	72,4	90	73,6	152,5	310,6	154,4	74	59,2	83,6	105,6	33,6
		Sesgo	0,8	2,3	0,4	2,2	0,8	2,1	3,3	1,1	0	0,9	1,7	1,8	0,7

Fte: Elaboración propia. Leyenda: Desv. Est.= desviación estándar; Coef. Var.= coeficiente de variación; en cada estación se señala en color azul el valor pluviométrico medio mensual más bajo y en color rojo el valor pluviométrico medio mensual más elevado

**Tabla 13. Tipos de ombroclimas de las 13 estaciones climáticas utilizadas en el análisis pluviométrico**

Estación	Altitud (m)	Precipitación media anual (mm)	Ombroclima
Algodonales, La Muela	480	702	Subhúmedo
Benaocaz	793	1.416	Húmedo
Benaoján, Cueva de la Pileta	920	1.322	Húmedo
Cortes de la Frontera, Bañuelos	560	1.725	Hiperhúmedo
Grazalema	900	1.893	Hiperhúmedo
Jimera de Líbar, Central Eléctrica	429	934	Subhúmedo
Montejaque, Central Eléctrica	530	584	Seco
Prado del Rey	433	789	Subhúmedo
Ronda, Parchite	755	643	Subhúmedo
Ubrique, Instituto	420	1.015	Húmedo
Villaluenga del Rosario, ICONA	885	1.512	Húmedo
Villamartín	151	615	Subhúmedo
Zahara de la Sierra, Presa	393	686	Subhúmedo

Fte: Elaboración propia

**Tabla 14. Tipos de ombroclimas de las estaciones climatológicas del Parque y cercanía, según Aparicio y Silvestre (1996)**

Estación	Altitud (m)	Precipitación media anual (mm)	Ombroclima
Algodonales, La Muela	480	792	Subhúmedo
Benaocaz	793	1.765	Hiperhúmedo
Benaoján	920	1.594	Húmedo
Grazalema	823	2.223	Hiperhúmedo
Jimera de Líbar	429	1.081	Húmedo
Montejaque	530	727	Subhúmedo
Prado del Rey	433	889	Subhúmedo
Ubrique	332	1.210	Húmedo
Villaluenga	870	1.787	Hiperhúmedo
Zahara	551	966	Subhúmedo

Fte: Extraído de Aparicio y Silvestre (1996). Nota: Sólo se han extraído las estaciones que tienen una denominación y/o altitud similar a las utilizadas en nuestro estudio

**Tabla 15. Datos bioclimáticos de las 4 estaciones climáticas ubicadas en el interior del Parque Natural Sierra de Grazalema**

Estación	T (°C)	M (°C)	m (°C)	It	Termoclima
Grazalema	13,8	10,3	2,7	267	Mesomediterráneo superior
Ubrique, Instituto	18,7	16,2	6,8	417	Termomediterráneo inferior
Villaluenga del Rosario, ICONA	14,3	11,3	3,1	287	Mesomediterráneo inferior
Zahara de la Sierra, Presa	18,4	15,1	5,8	393	Termomediterráneo superior

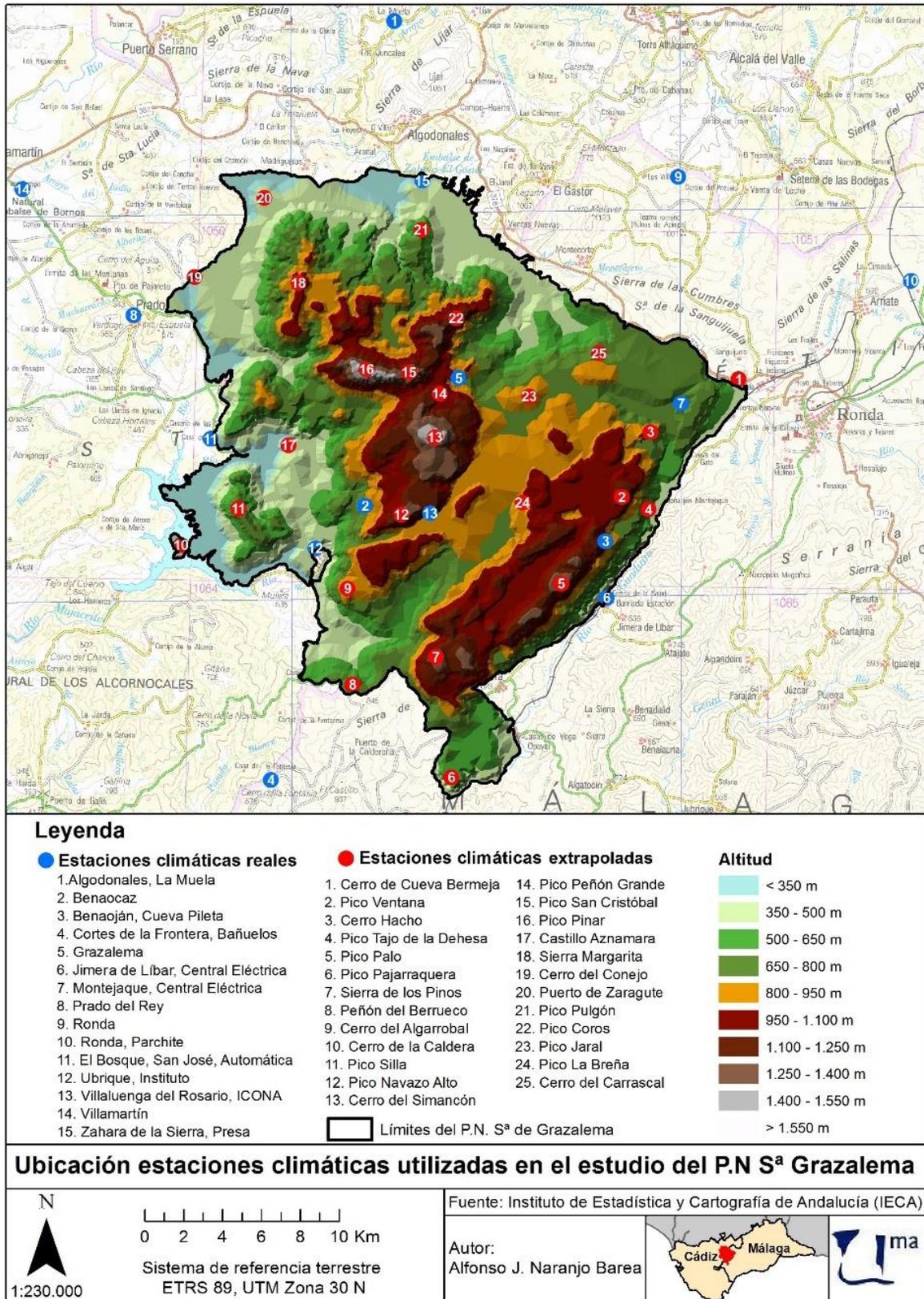
Fte: Elaboración propia. Leyenda: T= temperatura media anual; M= temperatura media de las máximas del mes más frío; m= temperatura media de las mínimas del mes más frío; It= índice de termicidad

**Tabla 16. Períodos óptimos de años de medición (según OMM)**

Elemento	Islas	Costas	Llanuras	Montañas
Temperatura	10	15	15	25
Humedad	3	6	5	10
Nubosidad	4	4	8	12
Visibilidad	5	5	5	8
Precipitación	25	40	40	50

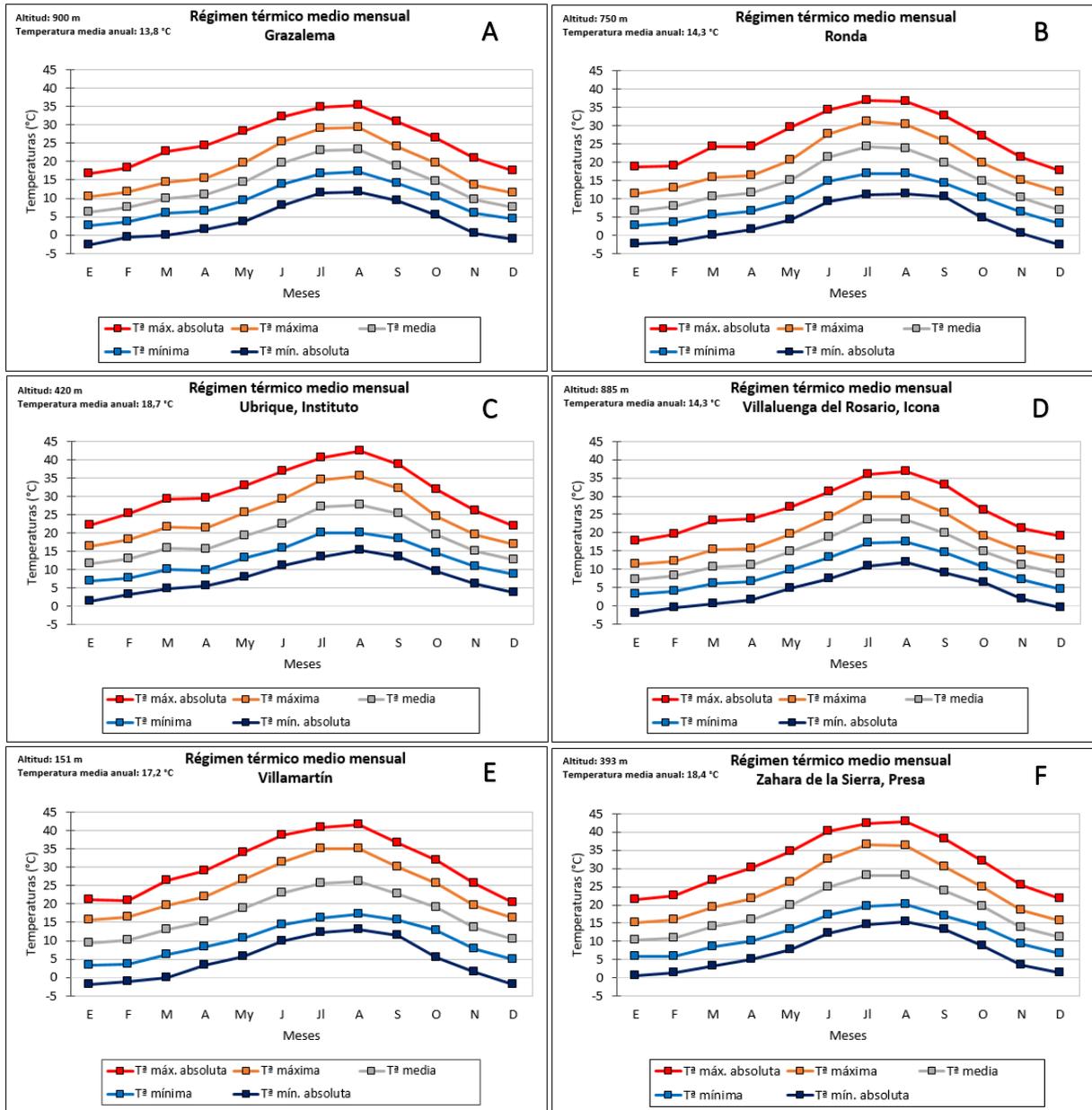
Fte: Extraído de Aguiló et al. (2004)

Figura 1. Ubicación de las estaciones climáticas reales y extrapoladas utilizadas en el estudio



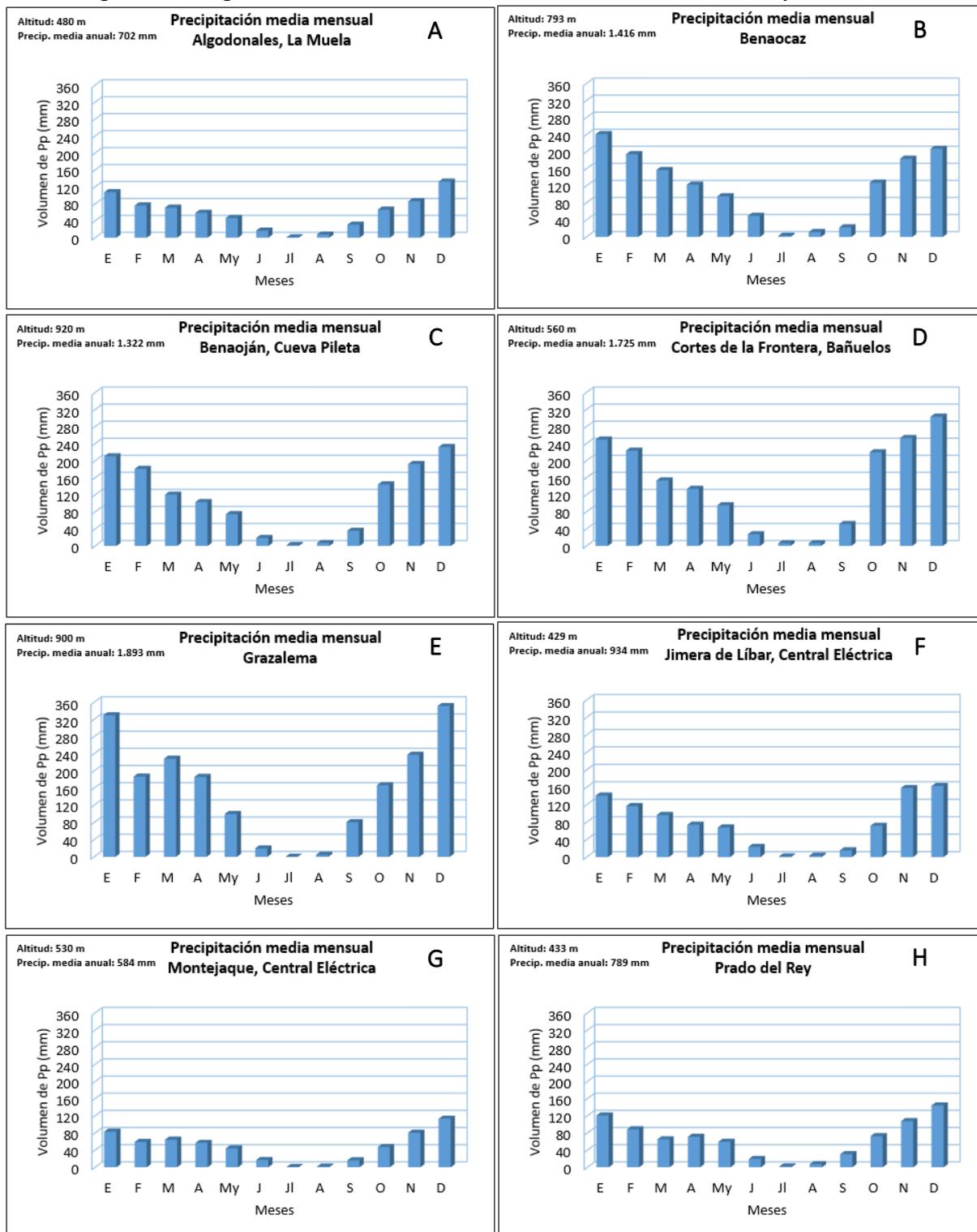
Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011). Nota: Señalar que la ubicación de la estación «9. Ronda» es correcta, a pesar de que está localizada muy al norte del núcleo de población que lleva su nombre; y la estación de «5. Grazalema» puede tener un pequeño error en la localización

Figura 2. Termogramas de las 6 estaciones climáticas utilizadas en el análisis térmico

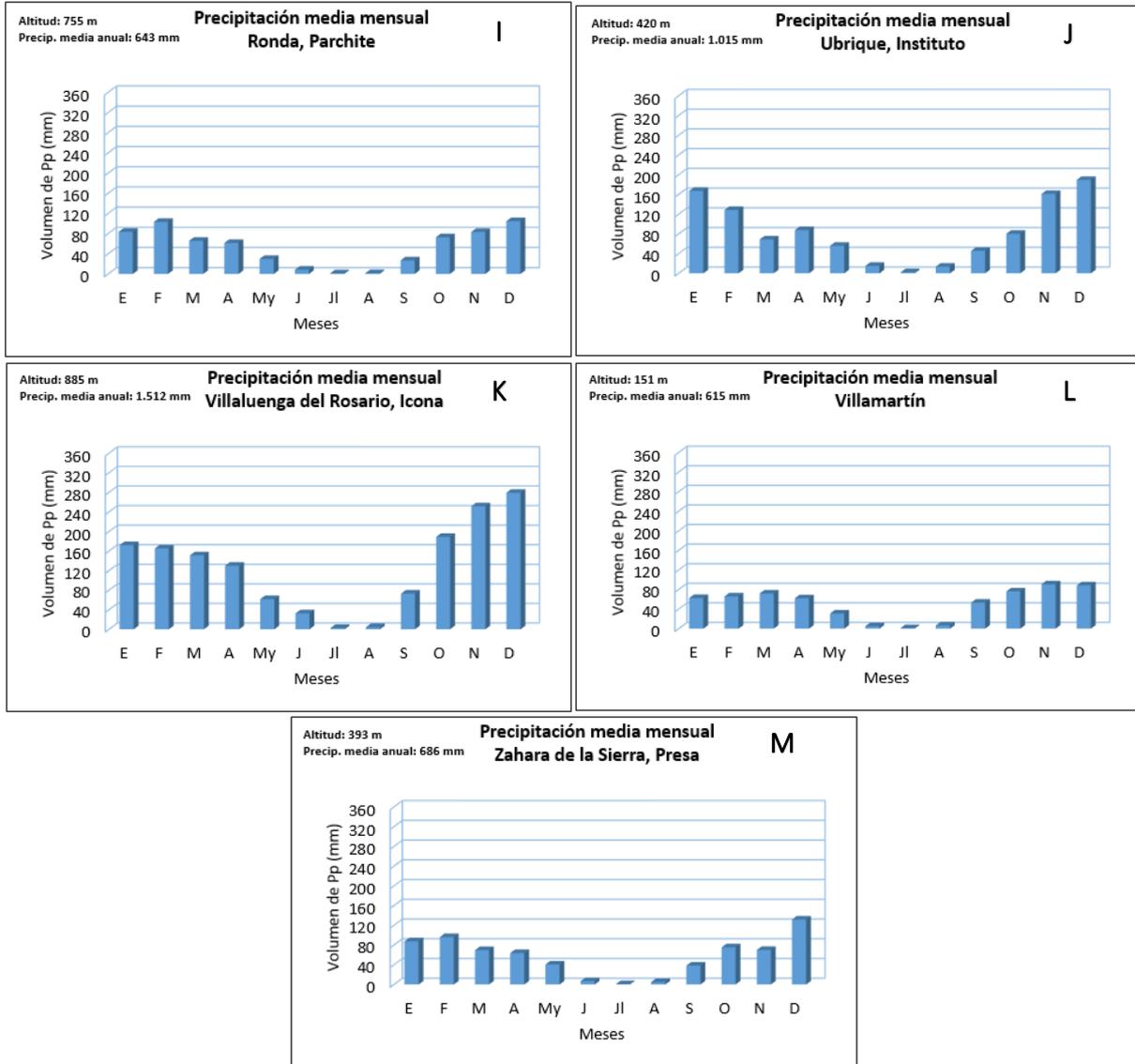


Fte: Elaboración propia

Figura 3. Pluviogramas de las 13 estaciones climáticas utilizadas en el análisis pluviométrico

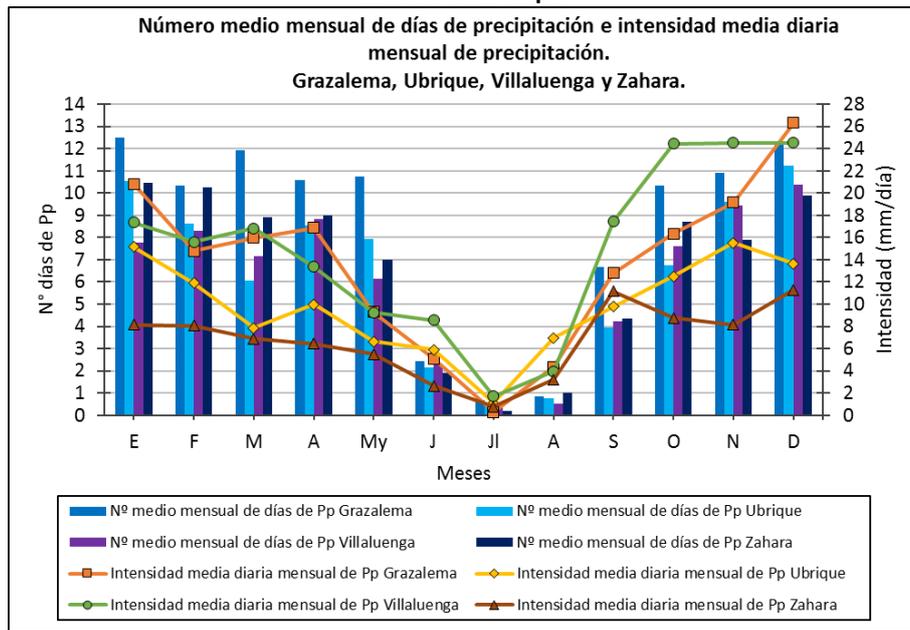


**Figura 3 (cont.). Pluviogramas de las 13 estaciones climáticas utilizadas en el análisis pluviométrico**



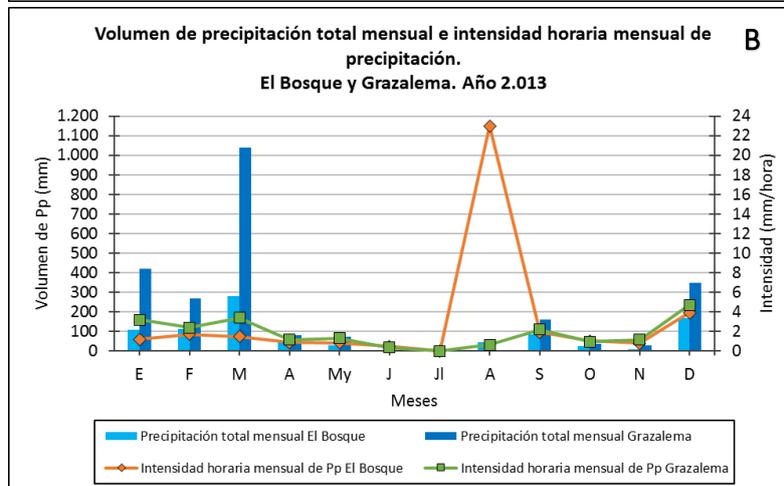
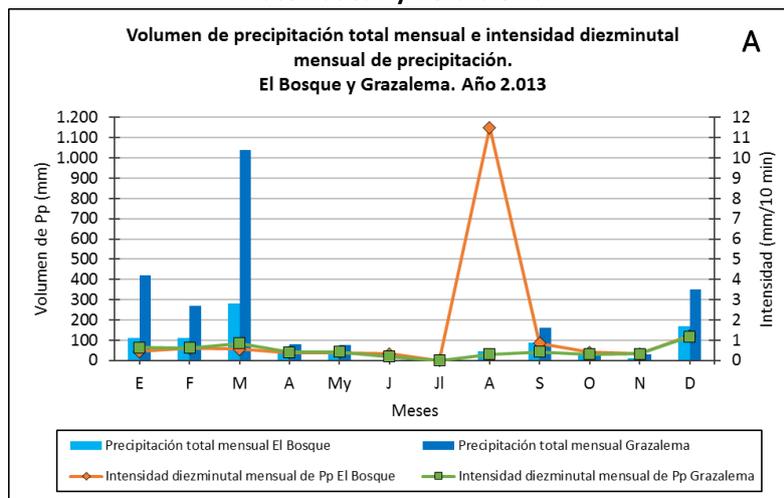
Fte: Elaboración propia

**Figura 4. Comparación del número de días de precipitación e intensidad de las 4 estaciones ubicadas en el interior del Parque**



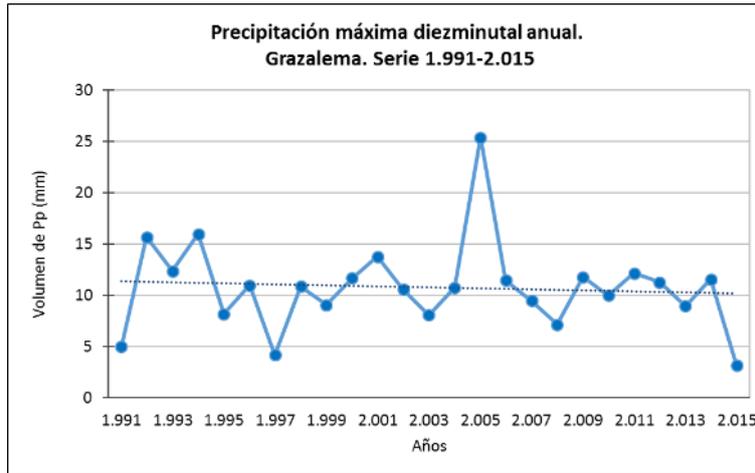
Fte: Elaboración propia

**Figura 5. Comparación intensidad diezminutal y mensual entre las estaciones de «El Bosque, San José, Automática» y «Grazalema»**



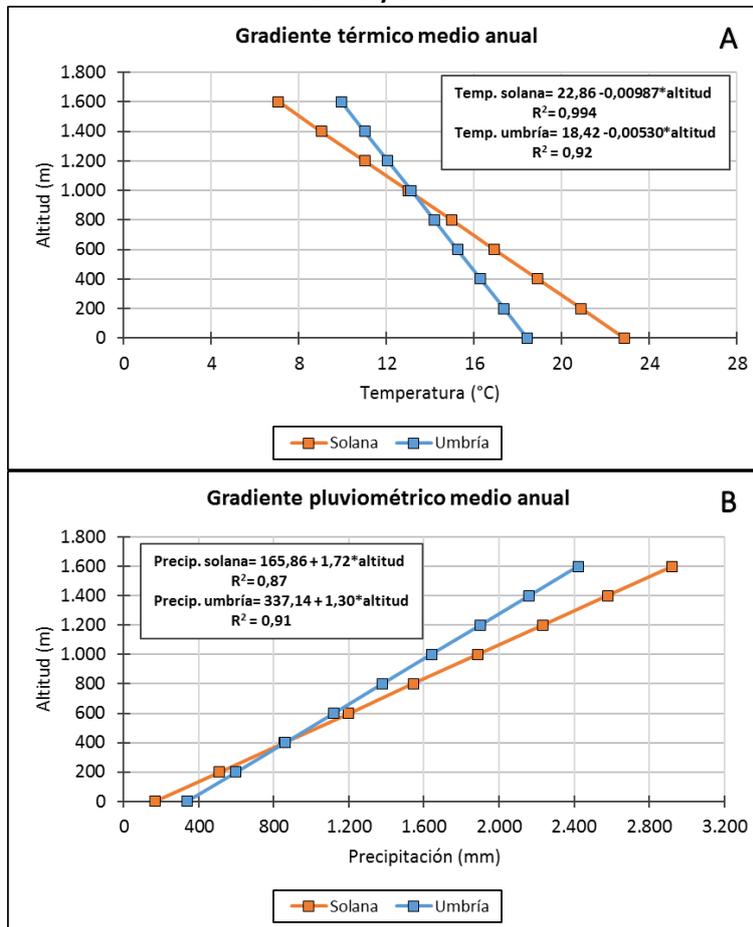
Fte: Elaboración propia

Figura 6. Evolución anual de la precipitación máxima diezminutal «Grazalema». Serie 1991-2015



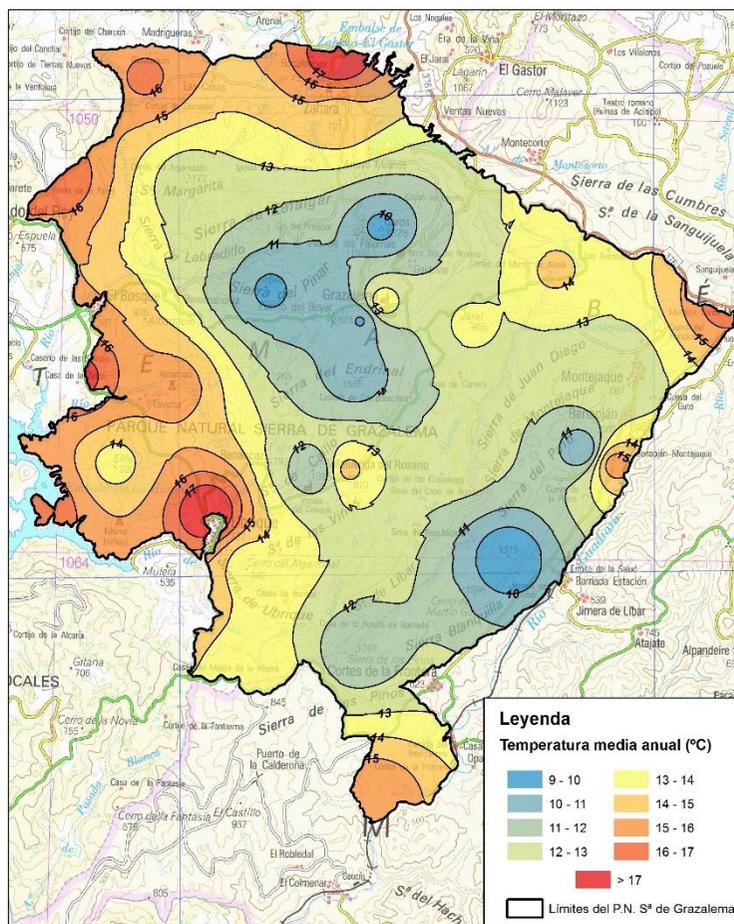
Fte: Elaboración propia

Figura 7. Representación altitudinal del gradiente térmico y pluviométrico medio anual en las laderas de solana y umbría

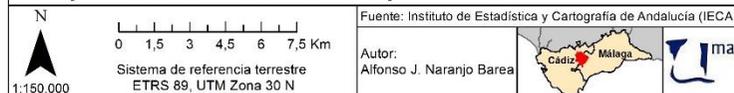


Fte: Elaboración propia. Nota: gradiente térmico medio anual de solana =  $-0,00987^\circ\text{C}/\text{m}$ ; gradiente térmico medio anual de umbría =  $-0,00530^\circ\text{C}/\text{m}$ ; gradiente pluviométrico medio anual de solana =  $1,72 \text{ mm}/\text{m}$ ; gradiente pluviométrico medio anual de umbría =  $1,30 \text{ mm}/\text{m}$

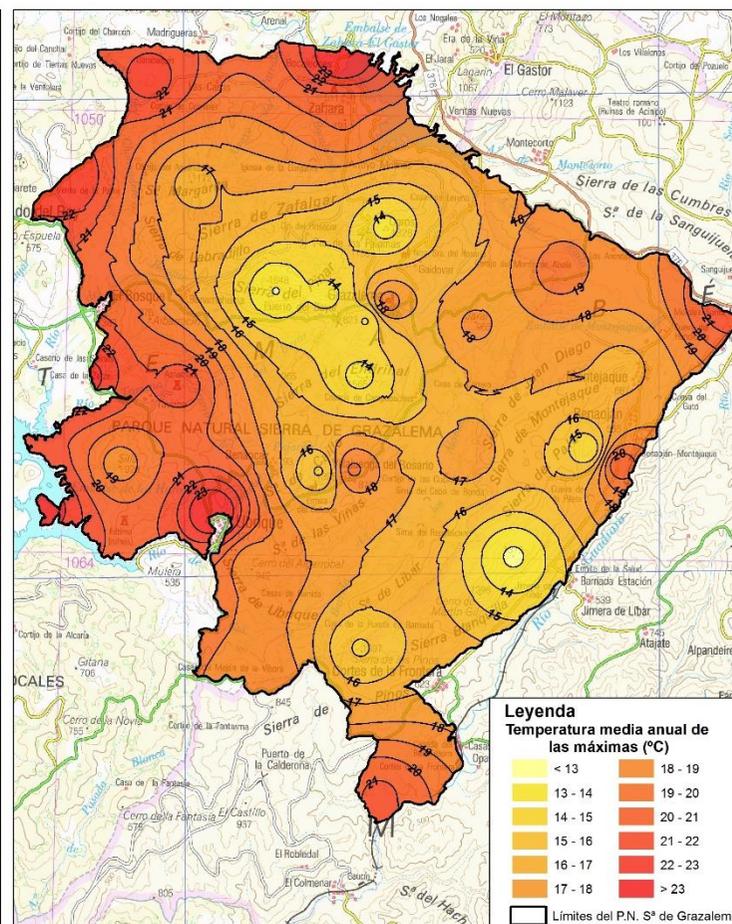
**Figura 8. Mapa de temperatura media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema**



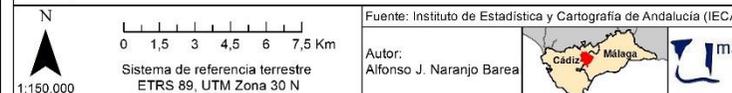
**Temperatura media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema**



**Figura 9. Mapa de temperatura media anual de las máximas del Parque Natural Sierra de Grazalema**

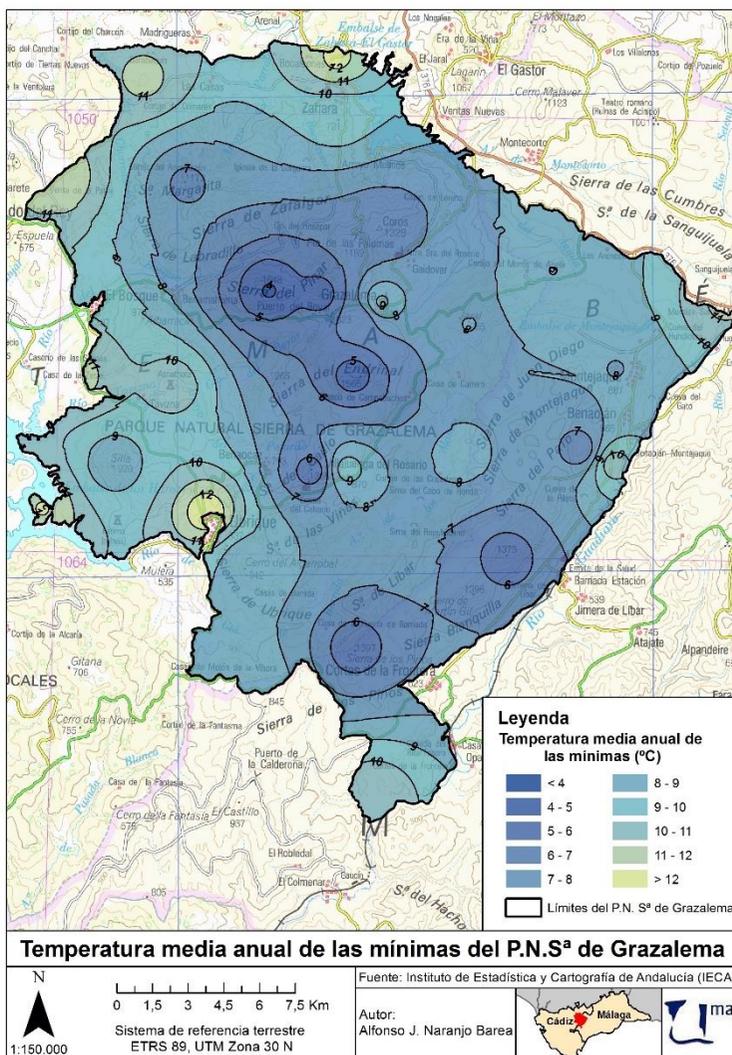


**Temperatura media anual de las máximas del P.N.S<sup>a</sup> de Grazalema**

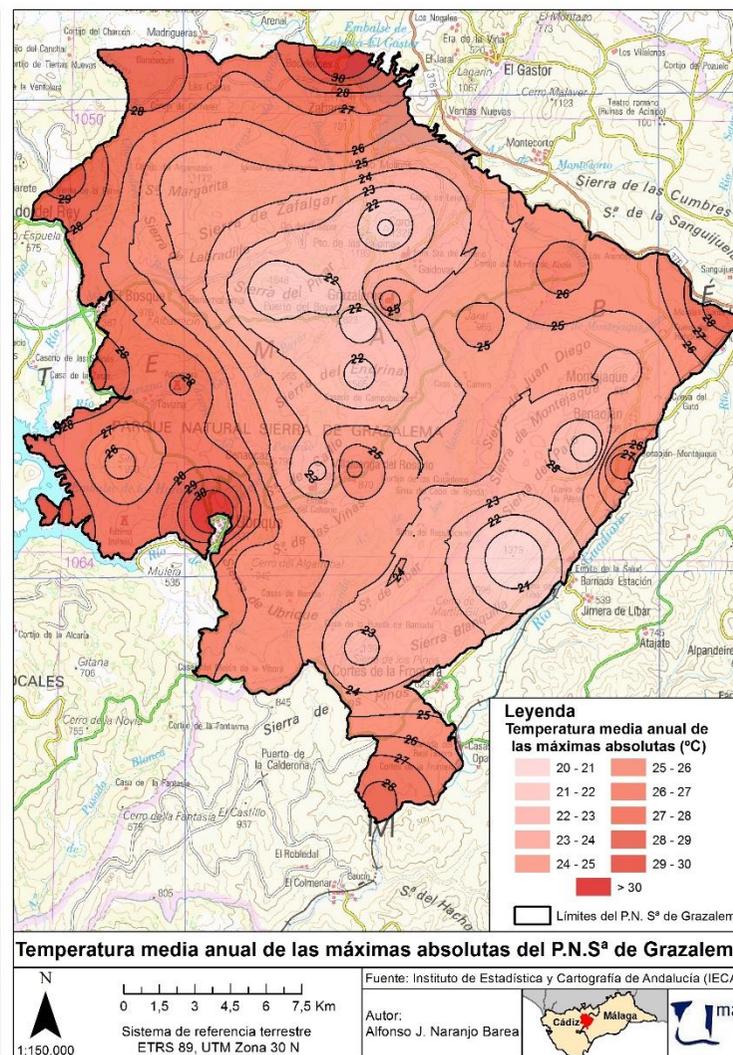


Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

**Figura 10. Mapa de temperatura media anual de las mínimas del Parque Natural Sierra de Grazalema**

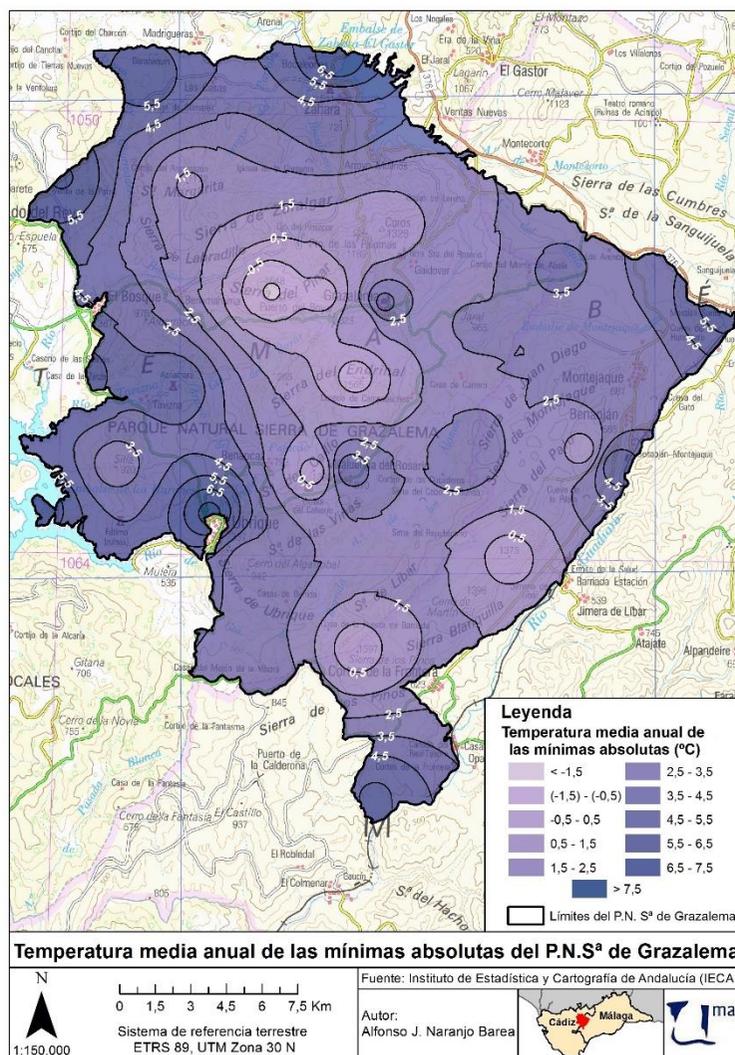


**Figura 11. Mapa de temperatura media anual de las máximas absolutas del Parque Natural Sierra de Grazalema**

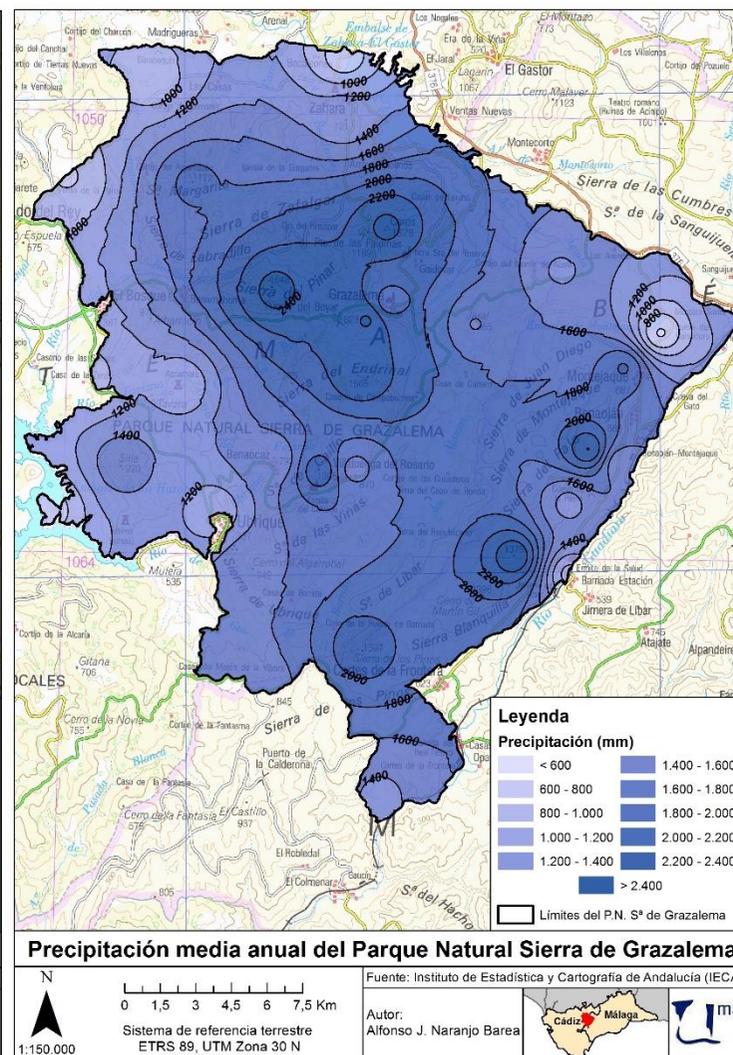


Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

**Figura 12. Mapa de temperatura media anual de las mínimas absolutas del Parque Natural Sierra de Grazalema**

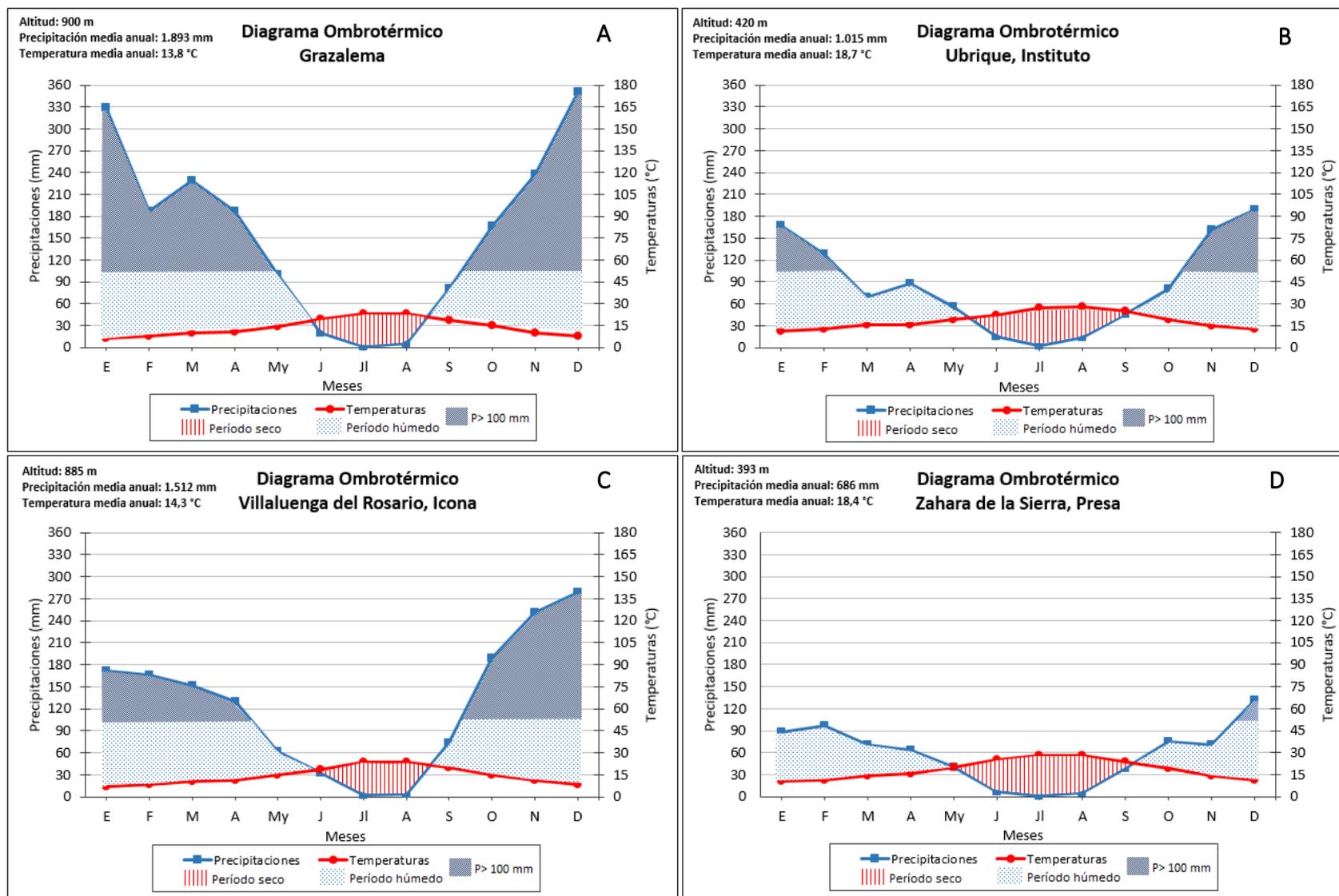


**Figura 13. Mapa de precipitación media anual del Parque Natural Sierra de Grazalema**



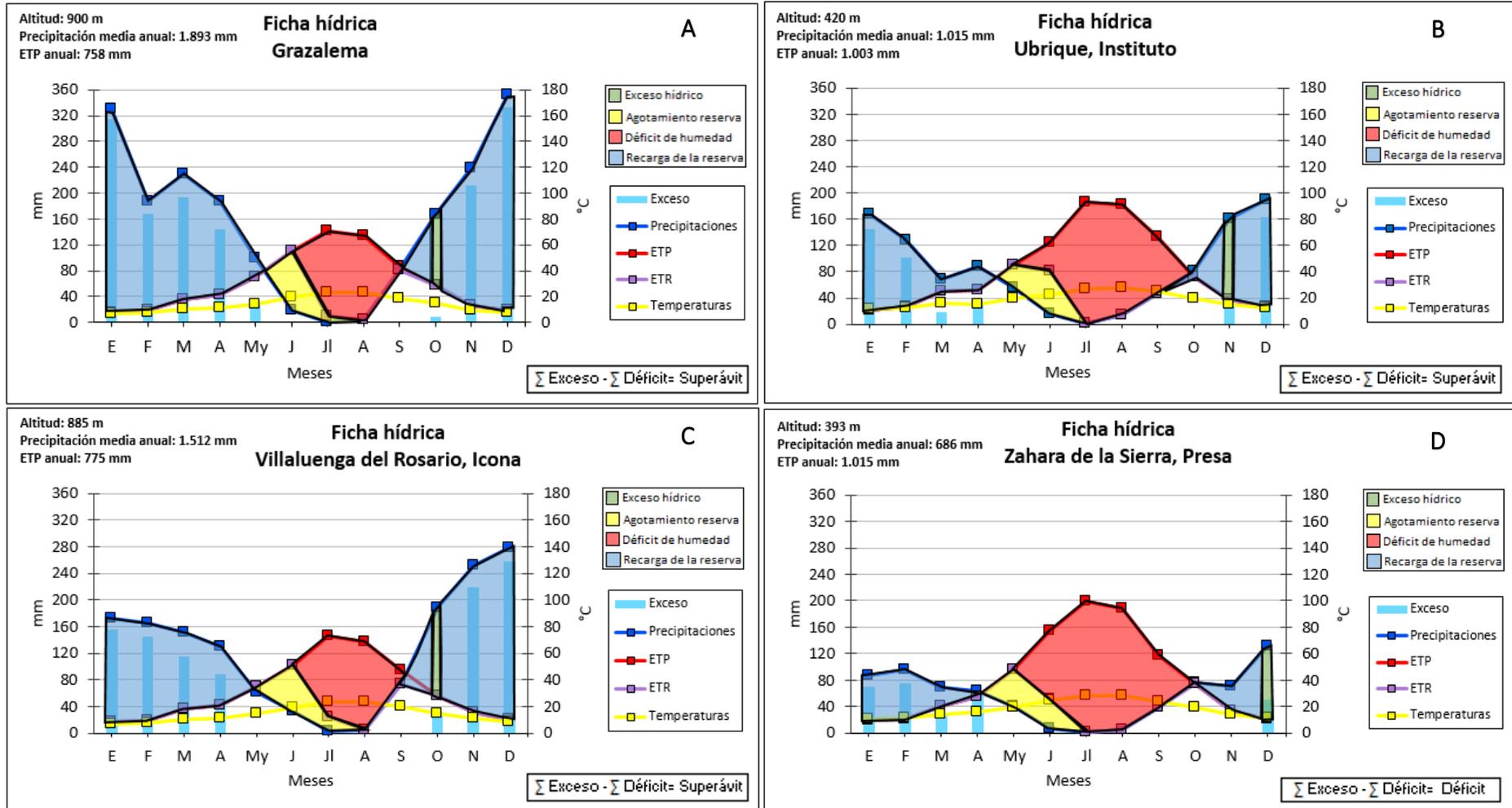
Fte: Elaboración propia a partir de datos del IECA (a) (<http://www.juntadeandalucia.es>); IGN (2011)

Figura 14. Diagramas ombrotérmicos de las 4 estaciones termopluviométricas utilizadas en la aproximación bioclimática



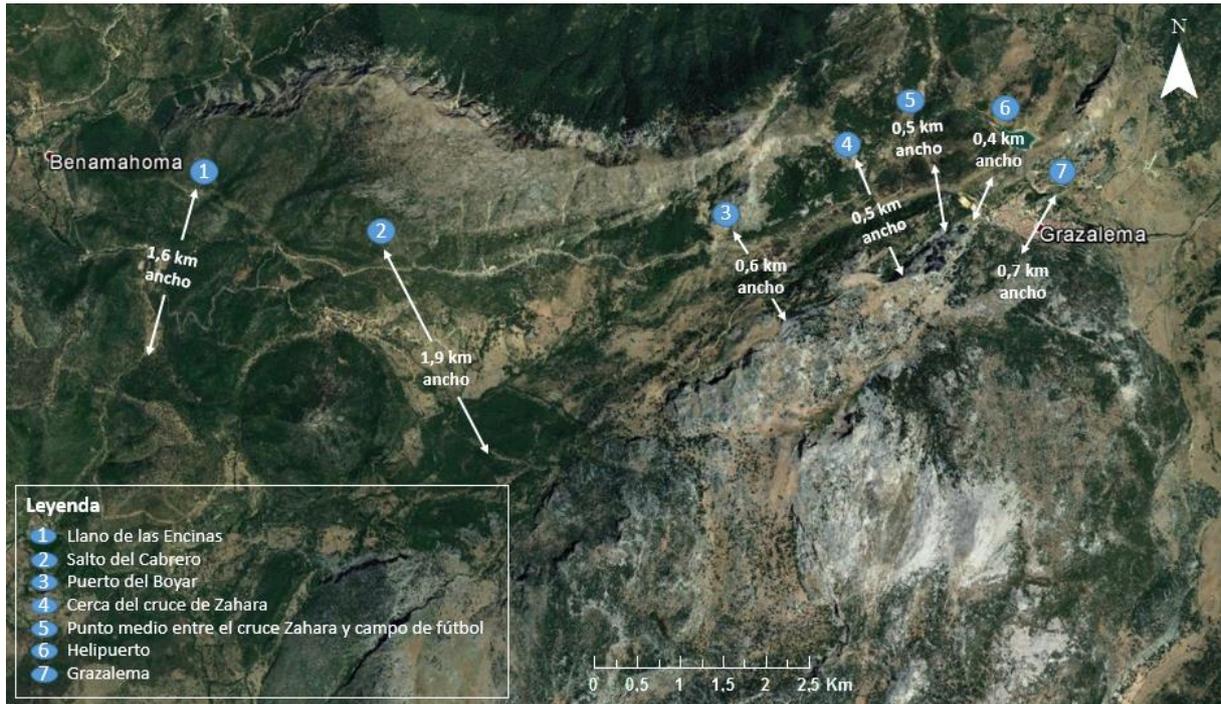
Fte: Elaboración propia

Figura 15. Diagramas de balance hídrico de las 4 estaciones termopluviométricas utilizadas en la aproximación bioclimática



Fte: Elaboración propia

Figura 16. Medidas de amplitud del valle del Corredor del Boyar-Grazalema



Fte: Elaboración propia a partir de una imagen satélite de Google Earth (<http://www.google.com/earth/>)