

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
VALÈNCIA**
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**



**Caracterización climática de diferentes
elementos de infraestructura verde en el
distrito de Benicalap (Valencia)**

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Trabajo Fin de Grado

Alumna: María Carcaño Pereira

Tutor: Antonio Luis Lidón Cerezuela

Co-tutora: María Concepción Vallés Planells

CURSO ACADÉMICO 2017 - 2018

Valencia, junio de 2018

RESUMEN

Uno de los efectos más característicos de las modificaciones que produce el clima urbano es la formación de la denominada *isla de calor*, que provoca que la temperatura disminuya conforme la distancia desde el centro de la ciudad aumenta, y cuya intensidad es proporcional al tamaño de la población. Algunas de las características típicas de los climas urbanos, pueden agudizarse como consecuencia de los cambios atmosféricos que pronostican los diversos escenarios del IPCC. La infraestructura verde puede proporcionar unos beneficios que ayudarían a mitigar algunos de los efectos derivados del cambio en el clima. Es necesario para ello realizar evaluaciones medibles que contabilicen los beneficios y perjuicios asociados a la infraestructura verde y permitan concretar la contribución real que tiene la infraestructura verde en la adaptación de las ciudades al cambio climático. El objetivo del presente TFG es realizar un análisis inicial de situación de las condiciones climáticas existentes en el distrito de Benicalap en función de algunos de los elementos de infraestructura verde, que sirva como parte de la información necesaria para el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura verde que se vayan a desarrollar. Se realiza un análisis previo de las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire en la zona de Valencia a partir de datos históricos de diferentes observatorios meteorológicos, y se analiza la evolución de la temperatura y humedad del aire bajo diferentes tipologías de infraestructura verde a partir de los registros obtenidos in situ en diferentes zonas del parque de Benicalap.

Palabras clave

Infraestructura verde, cambio climático, temperatura, humedad relativa, Benicalap, Valencia.

ABSTRACT

One of the main changes that the urban climate causes is the so-called “heat-island”, which creates a temperature decrease as the distance from the city center increases. Its intensity is proportional to the city size. Some urban climate typical features can aggravate as a result of the atmospheric changes that predicts the IPCC. The green infrastructure can provide some benefits that would help to mitigate some of the derived effects of the climate changes. To that end, measurable assessments need to be done in order to quantify the benefits and damages associated to the green infrastructure. They’d allow to specify the real contribution of green infrastructures in the climate change adaptation of cities. The main goal of this bachelor final project is to make an initial analysis of the current climatic conditions in the Benicalap district depending on some elements of the green infrastructure, to serve as a part of the necessary data for the development of new green infrastructure projects. A prior analysis of temperature conditions and relative humidity is done in Valencia city from historic data from different meteorological observatories. Temperature patterns and air humidity are analyzed under different types of green infrastructures from data collected in Benicalap’s park.

Keywords

Green infrastructure, climate change, temperature, relative humidity, Benicalap, Valencia.

Agradecimientos

Expresar mi más sincero agradecimiento a mis tutores, en particular a Antonio, por su gran ayuda y dedicación durante la realización del TFG.

A mi familia, en particular a mis padres, por haber sido mi máximo apoyo.

A todos mis amigos que me han acompañado durante esta etapa y a las personas que han hecho posible la realización de este TFG.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	1
3. MATERIAL Y MÉTODOS	2
3.1. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO	2
3.2. SENSORES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS	6
3.3. OTROS DATOS METEREOLÓGICOS DISPONIBLES	6
4. RESULTADOS	8
4.1. VARIABLES METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS	8
4.2. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA EN LA CIUDAD DE VALENCIA	8
4.2.1. Temperatura media anual.....	9
4.2.2. Temperatura media de las máximas y media de las mínimas.....	12
4.2.3. Temperatura media mensual	16
4.3. HUMEDAD RELATIVA EN LA CIUDAD DE VALENCIA	18
4.4. COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VALENCIA EN EL PERIODO 2012-2016	21
4.4.1. Temperatura media anual en el periodo 2012-2016.....	22
4.4.2. Temperatura media de las máximas y media de las mínimas para el periodo 2012-2016	
4.4.3. Amplitud térmica y media estacional del periodo 2012-2016	25
4.4.4. Noches tropicales durante el periodo 2012-2016	26
4.5. DATOS BENICALAP	27
4.5.1. Temperatura media diaria en elementos de infraestructura verde y en la ciudad	27
4.5.2. Humedad relativa media diaria en elementos de infraestructura verde y en la ciudad	29
4.5.3. Índice de confort	30
4.5.4. Valores máximos y mínimos de las variables meteorológicas consideradas	31
4.5.5. Ciclo diario medio	35
5. CONCLUSIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA	1

ÍNDICE FIGURAS

Figura 3.1. Detalle de la zona 1.1 y situación del sensor instalado en esta zona.....	3
Figura 3.2. Detalle de la zona 1.2. El sensor se encuentra situado en el interior del naranjo amargo.	3
Figura 3.3. Detalle de la zona 2 y situación del sensor instalado en esta zona.	4
Figura 3.4. Detalle de la zona 3 y situación del sensor instalado en esta zona.	5
Figura 3.5. Plano de situación del parque de Benicalap y detalle de las zonas donde se encuentran ubicados los diferentes sensores de medida de temperatura y humedad relativa del aire.	5
Figura 4.1. Temperatura media anual (°C) en la estación meteorológica de Aeropuerto-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.....	9
Figura 4.2. Temperatura media anual (°C) en la estación meteorológica de Viveros-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.....	10
Figura 4.3. Comparación de la temperatura media anual (°C) en cada uno de los años del período 2012-2016 con los de las series 1961-1990 y 1981-2010 en la estación meteorológica Aeropuerto.	11
Figura 4.4. Comparación de la temperatura media anual (°C) en cada uno de los años del período 2012-2016 con los de las series 1961-1990 y 1981-2010 en la estación meteorológica Viveros-Valencia.....	12
Figura 4.5. Comparación de la temperatura media de las máximas (°C) en la estación meteorológica Viveros-Valencia durante el periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.	13
Figura 4.6. Comparación de la temperatura media de las máximas (°C) en la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia durante el periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.	14

Figura 4.7. Comparación de la temperatura media de las mínimas (°C) de la estación meteorológica en Viveros-Valencia del periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.	15
Figura 4.8. . Comparación de la temperatura media de las mínimas (°C) de la estación meteorológica en.....	15
Figura 4.9. Distribución de las temperaturas medias mensuales (°C) en la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.	16
Figura 4.10. Distribución de las temperaturas medias mensuales (°C) en la estación meteorológica Viveros-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016	17
Figura 4.11. Rosa de los vientos de frecuencia (%) para cada una de las 16 direcciones durante el periodo 1961-1990 en la ciudad de Valencia	19
Figura 4.12. Comparación de la humedad relativa media anual (%) de la estación meteorológica Viveros-Valencia en el periodo 2012-2016 y la de los periodos 1961-1990 y 1981-	20
Figura 4.13. Comparación de la humedad relativa media anual (%) de la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia en el periodo 2012-2016 y la de los periodos 1961-1990 y 1981-2010.	20
Figura 4.14. Mapa área metropolitana de Valencia.	21
Figura 4.15. Mapa de Valencia. Fuente: Urban Science.....	22
Figura 4.16. Comparación de las temperaturas medias anuales del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles en Valencia y su área metropolitana.....	23
Figura 4.17. Comparación de las temperaturas medias de las máximas del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles.	24
Figura 4.18. Comparación de las temperaturas medias de las mínimas del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles.	25

Figura 4.19. Evolución de la temperatura media diaria (°C) durante el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 en los diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación meteorológica de Conselleria (Ciudad administrativa 9 de oct.).....	28
Figura 4.20. Comparación de las humedades relativas medias diarias (%) del periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 en diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación meteorológica de Conselleria (Ciudad administrativa 9 de oct.).....	30
Figura 4.21. Evolución del THI diario (°C) durante el mes de mayo del 2018 en dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación de Conselleria (Ciudad administrativa 9 de octubre).	31
Figura 4.22. Evolución de las temperaturas máximas diarias (°C) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.....	32
Figura 4.23. Evolución de las temperaturas mínimas (°C) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.....	33
Figura 4.24. Evolución de las humedades relativas máximas diarias (%) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap.	34
Figura 4.25. . Evolución de las humedades relativas mínimas diarias (%) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap.	35
Figura 4.26. Ciclo diario medio (°C) correspondiente al mes de mayo del 2018 en diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap, y una estación meteorológica situada en el centro urbano.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas medias mensuales (°C) de la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia, para las series anuales 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.	16
Tabla 2. Temperaturas medias mensuales (°C) de la estación meteorológica Viveros-Valencia, para las series anuales 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.	17
Tabla 3. Amplitud térmica (°C) y media estacional (°C) de cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas, para el periodo 2012-2016.	26
Tabla 4. Nº de Noches tropicales en los meses en los que ocurren, y nº total del periodo 2012-2016 para cada una de las estaciones meteorológicas.	27
Tabla 5. Temperaturas medias (°C) correspondientes al periodo 25 de abril - 31 de mayo del 2018 en cada una de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap y en zona urbana de Valencia.	29
Tabla 6. Humedad relativa media (%) para el periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en Benicalap y en una zona urbana de Valencia.	30
Tabla 7. THI (°C) medio del mes de mayo de 2018 para dos elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap, y una estación meteorológica situada en el centro urbano.	31
Tabla 8. Temperatura media de las máximas (°C), para el periodo 25 de abril - 31 de mayo, para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.	33
Tabla 9. Temperatura media de las mínimas (°C), para el periodo 25 de abril - 31 de mayo, para los diferentes elemento de infraestructura verde en el parque de Benicalap.	33
Tabla 10. Humedad relativa máxima media (%) del periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap.	35

Tabla 11. Humedad relativa mínima media (%) del periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap.....	35
Tabla 12. Ciclo diario medio de temperatura (°C) correspondiente al mes de mayo en las diferentes zonas de infraestructura verde del parque de Benicalap y una estación meteorológica situada en el centro urbano.	37

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales de hoy en día es el conocido como cambio climático. Las ciudades desempeñan un papel muy importante en él, ya que son las principales causantes del efecto invernadero, y, a su vez, porque los efectos negativos de este cambio tienen consecuencias directas sobre ellas. Según el informe “Estudio de detalle del clima urbano de Madrid” (Fernández *et al*, 2016) las áreas que ocupan las ciudades representan el 2% de la superficie total del planeta, en ellas se consume más del 75% de los recursos naturales y a su vez, son las causantes de más del 80% de los gases emitidos a la atmósfera. Uno de los principales efectos del cambio climático es el progresivo calentamiento de la atmósfera, que se ve agudizado por el continuo proceso de urbanización. Estos procesos producen cambios importantes en la cubierta vegetal y en los usos del suelo, creando diferentes climas locales y la formación del fenómeno conocido como *isla de calor* (Tejedor, E., Cuadrat, J. M., Saz-Sánchez, M. Á., Serrano Notivoli, R., López, N., & Aladrén, M. (2016)). Éste se entiende como el proceso que provoca que la temperatura disminuya conforme la distancia desde el centro de la ciudad aumenta, y cuya intensidad es proporcional al tamaño de la población. Desde el punto de vista del confort térmico la presencia de islas de calor, puede tener efectos importantes sobre la calidad de vida de las personas, provocando también repercusiones sobre la salud humana (Díaz *et al*, 2015).

Estos motivos, junto al elevado número de personas que habitan en las ciudades, han dado lugar al desarrollo de una serie de medidas preventivas para la mejora de las condiciones ambientales de los centros urbanos, para intentar mitigar el impacto que estos producen sobre el clima. Dentro de estas medidas, se encuentran las intervenciones basadas en la mejora de la *infraestructura verde*, entendida como una red de espacios verdes naturales, rurales y urbanos, diseñada y planificada de forma estratégica para mantener la capacidad que la naturaleza tiene de prestar una gran variedad de servicios ambientales (CE, 2013). Además de las funciones relativas a la adaptación y mitigación del cambio climático, la infraestructura verde ofrece beneficios colaterales, contribuyendo a la gestión de las escorrentías previniendo el riesgo de inundación, la fijación de carbono, la mejora de la calidad del aire, la reducción de los niveles de ruido y la mejora de la salud y el bienestar de la población y contrarresta la pérdida o degradación de la biodiversidad, (Rizwan et Al., 2008) (tabla 1).

Tabla 1. Beneficios de la infraestructura verde y efectos que causa en las ciudades.

Beneficios de la infraestructura verde	Efectos causados por los beneficios
Adaptación y mitigación del cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> - - Mitigación de la isla de calor. - Mayor resistencia frente al cambio climático. - Retención de agua, disminución de escorrentía y reducción del riesgo de inundación. - Secuestro y almacenamiento del carbono. - Promoción de la movilidad sostenible. - Reducción del consumo de energía para enfriar y calentar edificios.
Regulación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de drenaje sostenible - Gestión de aguas pluviales
Mejora de la biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de los hábitats de las especies. - Corredores ecológicos. - Permeabilidad del paisaje.
Mejora de la salud y el bienestar	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del valor estético de la ciudad - Efectos positivos en el bienestar físico y psicológico de las personas - Mayor nivel de actividad física. - Fomentar las interacciones sociales y la implicación ciudadana. - Proporciona espacios para la producción de alimentos, contribuyendo a una alimentación saludable.

La relevancia del papel de la naturaleza como una forma efectiva de abordar los retos planteados en los entornos urbanos se pone de manifiesto en las líneas de financiación desarrolladas actualmente por la Unión Europea. En este contexto, dentro del programa Horizonte 2020, se encuentra el proyecto denominado GrowGreen que promueve la demostración y replicación de soluciones innovadoras en ciudades y comunidades inteligentes, concentrándose en soluciones que se basen en la naturaleza (NBS), para mejorar la resiliencia en la gestión del agua y contrarrestar los efectos del cambio climático. GrowGreen tiene como objetivo fomentar en las ciudades el uso de la infraestructura verde para adaptarse y combatir el cambio climático, mejorar la salud de los habitantes, la biodiversidad, la cohesión social y apoyar el desarrollo económico. Para ello, se pretende mostrar a los diferentes sectores de la población, los resultados beneficiosos y rentables, obtenidos al realizar una serie de pruebas piloto en diferentes ciudades que utilicen NBS.

Valencia se encuentra entre las siete ciudades participantes. Los proyectos piloto, desarrollados en el distrito de Benicalap, incluyen la ampliación del parque de Benicalap y rehabilitación de los jardines del entorno del Casino del Americano y l'Alqueria de la Torre, así como la mejora de la conectividad ecológica interna del distrito y la definición de espacios verdes periurbanos para la conexión huerta-ciudad. El seguimiento y monitorización de los mismos servirá para aportar evidencias sobre los beneficios de la infraestructura verde urbana que puedan orientar sobre las futuras estrategias de gestión y diseño de espacios verdes.

A través de la realización del presente trabajo, se pretende contribuir con una caracterización climática de distintos elementos de infraestructura verde en el distrito de Benicalap que sirva de modelo para la iniciativa de GrowGreen. Al mismo tiempo, se realiza un análisis del comportamiento climático de la ciudad de Valencia y sus alrededores que pueda utilizarse como base para constatar los efectos positivos que tendría la instauración de más elementos de infraestructura en el interior de la ciudad.

2 OBJETIVOS

El objetivo general del presente TFG es valorar el posible efecto beneficioso que tiene la infraestructura verde sobre el confort climático en un entorno urbano, y como los diferentes elementos de infraestructura verde pueden contribuir a mitigar los efectos negativos que acarrearía un posible cambio en las características climáticas sobre las condiciones de vida en la ciudad.

Los objetivos concretos de este trabajo final de grado son:

- Evaluar el comportamiento térmico y de humedad en la ciudad de Valencia a partir de series históricas de datos meteorológicos en las dos estaciones que la AEMET dispone en el entorno de la ciudad.
- Caracterizar los patrones temporales de temperatura y humedad relativa en la zona metropolitana de Valencia en los últimos cinco años disponibles de datos (período 2012-2016).
- Analizar el efecto que tienen distintos elementos de infraestructura verde sobre las condiciones climáticas, comparando valores horarios de temperatura del aire y humedad relativa medidos en diferentes zonas del parque de Benicalap durante el mes de mayo de 2018 y valores tomados en una estación meteorológica situada en un entorno urbano.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

El presente TFG se ha realizado a partir de información obtenida de diferentes estaciones meteorológicas en la ciudad de Valencia y en su entorno metropolitano correspondientes a diferentes períodos de tiempo. También se ha seleccionado una zona de la ciudad con una zona verde importante como es el parque de Benicalap para instalar diferentes sensores y disponer de un registro continuo de datos de temperatura y humedad del aire bajo diferentes elementos de infraestructura verde. A continuación, se detalla la zona de estudio, la procedencia de los datos meteorológicos y los sensores instalados en la zona del parque.

3.1 DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio utilizada para llevar a cabo las mediciones se encuentra en el parque de Benicalap, distrito número 16 de la ciudad de Valencia, compuesto por dos barrios: Benicalap y Ciutat Fallera. Dicho parque inaugurado en 1983, con una superficie de 80.000 m², es uno de los más grandes de Valencia. En su interior posee numerosas instalaciones deportivas como campos de fútbol, de tenis, de frontón, de baloncesto, una piscina descubierta para adultos y otra para niños, el polideportivo municipal, dependencias de la Universidad popular, una zona infantil y una zona de teatro-foro en la que se realizan actos sociales y culturales. Así mismo, en su interior, se reproducen diferentes tipologías de paisaje, bosquetes, rocallas, pérgolas, paseos arbolados, compuestas todas ellas compuestas por distintas especies vegetales, como *Quercus* spp., *Pinus* spp., *Cercis* spp., *Populus* spp., *Citrus* spp., *Washingtonia* spp., *Pittosporum* spp., entre otras.

Dentro del parque se han seleccionado diferentes ubicaciones donde instalar los sensores para la recopilación y almacenamiento de datos. La elección se ha hecho buscando diferentes elementos de infraestructura verde que representen unas tipologías concretas con variadas condiciones de cobertura vegetal. Las zonas de infraestructura verde elegidas son las siguientes:

- Zona 1.1: se trata de una pérgola de pilares de ladrillo y traviesas de madera en la parte superior, próxima a una fuente de agua. En la actualidad se encuentra con escasa cubierta vegetal puesto que se acababa de trasplantar en cada pilar un ejemplar de *Trachelospermum jasminoides*. Esta ubicación simularía una zona edificada dentro del parque, aunque rodeada de vegetación lineal (cipreses y naranjos) y presencia de agua. La colocación de un sensor de temperatura y

humedad relativa del aire permitiría observar el comportamiento que adoptan estas variables en zonas totalmente descubiertas y con escasa vegetación. El sensor se encuentra en la zona de la pérgola, colocado en una viga de madera a 3,10 m de altura (figura 3.1).



Figura 3.1. Detalle de la zona 1.1 y situación del sensor instalado en esta zona.

- Zona 1.2: se trata de una zona de paseo con pequeños parterres rodeados de un seto de *Ligustrum* y un ejemplar adulto de naranjo amargo (*Citrus aurantium*) en su interior. Se encuentra próxima a la zona de pérgola y con un grado de cobertura mayor que la descrita anteriormente. En esta zona el sensor se encuentra situado en la copa de un naranjo a unos 2 m de altura y, en este caso, sólo registra datos de temperatura del aire (figura 3.2).



Figura 3.2. Detalle de la zona 1.2. El sensor se encuentra situado en el interior del naranjo amargo.

- Zona 2: se trata de la ubicación con mayor cubierta, simulando una zona de bosque formado por varios ejemplares adultos de *Quercus ilex*. El suelo está cubierto con césped y diferentes especies arbustivas de porte medio. Debido a la elevada cubierta proporcionada por este tipo de arbolado es de esperar que las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad relativa del aire sean distintas que en las dos zonas descritas anteriormente. Bajo la cubierta de las encinas, la radiación solar es menor, disminuyendo por lo tanto la temperatura y aumentando la humedad relativa del aire. El sensor, para registro de la temperatura y humedad relativa del aire, se encuentra situado sobre el tronco de una encina que proporciona una amplia cubierta a 2,63 m de altura (figura 3.3).



Figura 3.3. Detalle de la zona 2 y situación del sensor instalado en esta zona.

- Zona 3: Se trata de una zona de pinar, conformada por diferentes individuos adultos de *Pinus halepensis* y suelo con césped, separados varios metros y caracterizada por conferir una cobertura intermedia. El sensor se encuentra en el tronco de uno de los pinos a 2,68 m de altura. Este sensor registra solo datos de temperatura del aire (figura 3.4).



Figura 3.4. Detalle de la zona 3 y situación del sensor instalado en esta zona.

La localización de los cuatro sensores utilizados para la realización de este estudio se puede observar en la figura 3.5:



Figura 3.5. Plano de situación del parque de Benicalap y detalle de las zonas donde se encuentran ubicados los diferentes sensores de medida de temperatura y humedad relativa del aire.

3.2 SENSORES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Con el objetivo de estudiar el comportamiento de la temperatura del aire y la humedad relativa de una infraestructura verde dentro de la ciudad de Valencia, se instalan sensores de temperatura y humedad del aire en distintas zonas del parque de Benicalap, donde el Ayuntamiento planea desarrollar un plan de infraestructura verde conectando el parque con una zona de bosque.

Se distinguen dos tipos de sensores, por una parte, el utilizado para medir la temperatura del aire WatchDog Original de Spectrum Technologies Inc., con protector de radiación para prevenir el calentamiento del sensor debido a la radiación solar incidente, mejorando las lecturas de temperatura y maximizando el flujo de aire; posee registrador interno de datos y es programado para registrar los valores horarios de temperatura del aire en la zona de parterre (zona 1.2) y en la de pinar (zona 3). Por otra parte, se emplean la Micro Station WatchDog serie 1000 modelo 1250 de Spectrum Technologies Inc., que permiten medida de temperatura y humedad relativa del aire, en la encina (zona 2) y en la pérgola (zona 1.1). Al igual que el sensor anterior, registra en data logger interno los valores en intervalos horarios y presenta un protector de radiación compuesto de aluminio y polímero. La descarga de datos se hace mediante el software SpecWare 9 Basic utilizando el correspondiente cable de conexión al ordenador portátil. Estos sensores presentan una precisión de $\pm 0,6$ °C para la sonda de temperatura y $\pm 3\%$ para la humedad relativa del aire. En el momento de su instalación los sensores no fueron calibrados, ante la premura de tiempo para poder adquirir suficiente número de registros. Esta calibración se puede hacer a posteriori.

En primer lugar, se instalaron los sensores de la pérgola, la encina y el pinar, siendo la fecha de instalación el 13 de abril del 2018. Posteriormente, el 24 de abril del 2018, se instaló el sensor del parterre. Aunque los sensores siguen instalados y se pretende recoger un período mínimo de seis meses, en el presente TFG solo se muestran los valores recogidos hasta el 31 de mayo del 2018 dada la necesidad de finalizar y presentar en fecha este trabajo.

3.3 OTROS DATOS METEREOLÓGICOS DISPONIBLES

Para el análisis de la evolución de la temperatura y humedad del aire se dispone de diferentes series procedentes de las estaciones meteorológicas de Valencia Viveros y Valencia Aeropuerto, ambas de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET. En concreto se trata de la serie 1961-1990, obtenida del Atlas Climático de la Comunidad

Valenciana (Pérez Cueva, 1994) y de la serie 1981-2000, obtenida de la web de la AEMET (<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>). Se dispone además de los datos diarios de la serie 2012-2016 facilitada por la AEMET para su uso docente y de investigación en el marco del proyecto GROWGREEN en el que participa la UPV. Los datos meteorológicos mensuales de otras zonas metropolitanas cercanas a la ciudad de Valencia se han obtenido de la página web del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (www.siar.es).

4 RESULTADOS

4.1 METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS

Las variables meteorológicas consideradas para la realización de este trabajo de fin de grado son la temperatura y la humedad relativa del aire.

La temperatura es la consecuencia más directa de la radiación solar y es junto con la precipitación, la variable climatológica más importante. La temperatura entra a formar parte de la mayoría de las clasificaciones climáticas debido a su participación en la mayor parte de los fenómenos físicos, como la evaporación o condensación; de igual forma influye en fenómenos fisiológicos, de tal manera que los seres vivos y la vegetación no pueden subsistir fuera de unos umbrales térmicos precisos.

La distribución de las temperaturas varía en función de la proximidad al mar, la latitud, la altitud, el relieve y la continentalidad. En la Comunidad Valenciana la latitud raras veces afecta a la diferencia de temperaturas. En zonas de latitudes similares, lo que mayormente condiciona los valores de las temperaturas es el relieve. Por otro lado, la continentalidad, afecta mayormente a los valores de la amplitud térmica. Por lo tanto, el principal factor que determina la variación de temperatura es la altitud.

Es preferible que los efectos de la temperatura sean analizados en combinación con otros elementos, como la humedad y el viento. En este caso se analiza la humedad relativa del aire, que se define como la relación, en tantos por ciento, entre el vapor de agua contenido en el aire y el necesario para saturarlo. Esta variable climatológica suele ser inversamente proporcional a la temperatura del aire. Al no disponer de datos suficientes de viento en los períodos y estaciones estudiadas, no se incluye en el análisis de los resultados la influencia del viento sobre la temperatura.

4.2 CARACTERIZACIÓN TÉRMICA EN LA CIUDAD DE VALENCIA

En este apartado se analiza el comportamiento térmico en el área de Valencia analizando la evolución de la temperatura en los últimos años. Se presenta en primer lugar la temperatura media y posteriormente los valores de temperatura máxima y mínima.

4.2.1 Temperatura media anual

La temperatura media anual es uno de los principales factores climatológicos en la caracterización térmica de una zona. Es el valor más utilizado y se calcula en el intervalo de un año como la media aritmética de las temperaturas medias mensuales, a partir de los valores medios diarios, obtenidos de las temperaturas máxima y mínima de cada día o de un registro continuo de temperaturas a lo largo de un día.

En la figura 4.1, se muestra la temperatura media anual para las series de datos disponibles, 1961-1990, 1981-2010, 2012-2016, provenientes de la estación meteorológica situada en el Aeropuerto-Valencia. Se puede observar, a partir de la línea de tendencia, el aumento que ha sufrido la temperatura media anual a medida que han pasado los años. La temperatura media anual para la primera serie de años es de 16,8 °C, siendo 0,8 °C inferior a la de la serie sucesiva, 1981-2010, cuya temperatura media anual es de 17,6 °C. La temperatura media anual sigue aumentando en el último período estudiado, constatándose un aumento de 0,5 °C, alcanzando una temperatura media anual en la última serie de años de 18,1 °C. Este aumento de la temperatura media anual podría estar ligado a un posible cambio climático, siendo una de sus consecuencias el aumento de la temperatura media, como pronostican los últimos informes del IPCC.

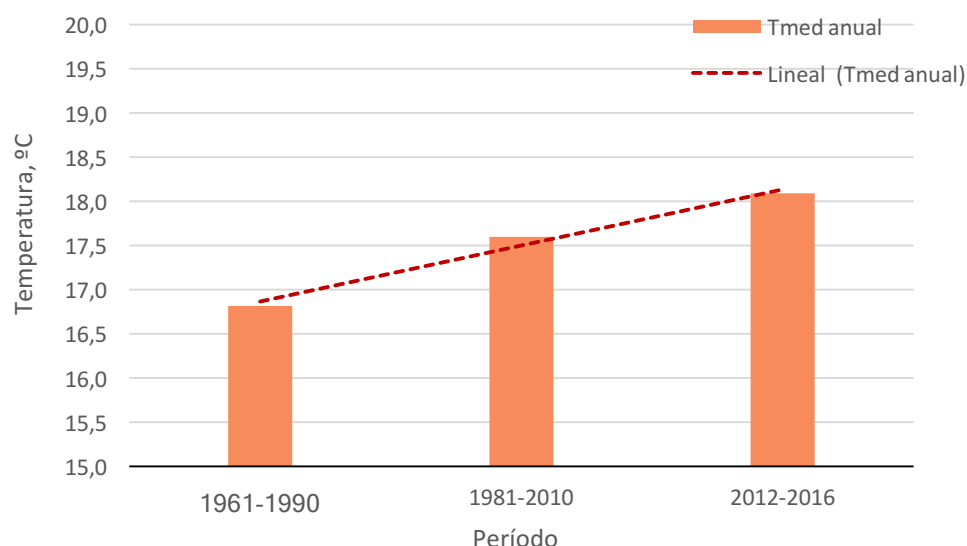


Figura 4.1. . Temperatura media anual (°C) en la estación meteorológica de Aeropuerto-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.

A continuación, se muestran los valores de una estación meteorológica situada en el interior de Valencia, en concreto en los jardines de Viveros, considerado como clima urbano. Para cada una de las series de años se puede observar también un aumento de las temperaturas medias anuales (figura 4.2), mayor si se compara con la estación meteorológica situada en el Aeropuerto. Esto es debido a uno de los efectos más característicos de las modificaciones que produce el clima urbano, la formación de la denominada *isla de calor*, que provoca que la temperatura disminuya conforme la distancia desde el centro de la ciudad aumenta, y cuya intensidad es proporcional al tamaño de la población. La temperatura tiende a seguir aumentando conforme pasan los años, teniendo una diferencia de temperaturas de la primera serie de años a la más reciente de 0,9 °C, siendo las temperaturas medias anuales de cada una de las series por orden de antigüedad 17,5 °C, 18,3 °C, 18,4 °C, respectivamente. Estos valores son más altos que sus correspondientes en la estación de Aeropuerto-Valencia.

Todas las infraestructuras de una ciudad modifican drásticamente las características del medio natural donde se sitúan, lo que conlleva a una modificación del clima. Según Pérez-Cuevas (1994), y de acuerdo con Barry y Chorley (1999), “*el efecto de las ciudades sobre microclimas, topoclimas y climas locales deriva de tres tipos de modificaciones: a) de la composición atmosférica, por emanación de gases (calefacción, industrias, vehículos de motor...); b) del balance calorífico, principalmente por cambios en la composición de la superficie (hormigón, asfalto...) y por menor presencia de agua; c) de la configuración y aspereza del suelo, por el volumen edificado*”.

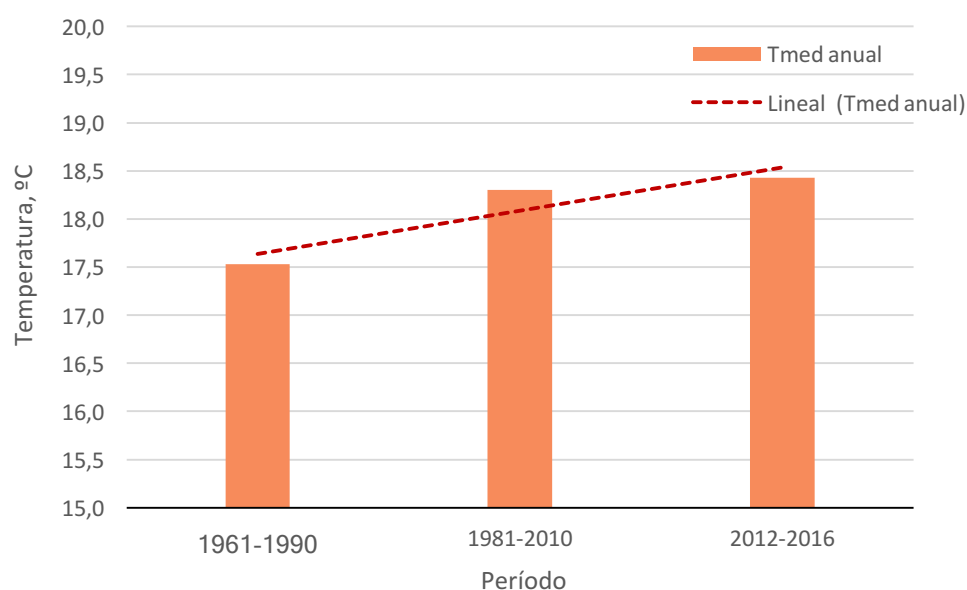


Figura 4.2. Temperatura media anual (°C) en la estación meteorológica de Viveros-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.

La última serie de cinco años (2012-2016), es la serie más actual de la cual se disponía para la realización de este trabajo de fin de grado. Para entender y poder visualizar con más facilidad el comportamiento en los últimos cinco años respecto de las series históricas disponibles, en las figuras 4.3 y 4.4 se comparan las temperaturas medias anuales de cada uno de estos años con los valores históricos.

Se observa que, en la estación meteorológica situada en el Aeropuerto, los tres primeros años de la serie 2012-2016, están por encima de la temperatura media anual de las dos series históricas (figura 4.3). El año que más diferencias presenta es 2014, con 1 °C de diferencia respecto a la serie 1981-2010 y con 1,8 °C de diferencia con el valor de la serie más antigua, la de 1961-1990.

En lo referente a la estación meteorológica situada en Viveros, nuevamente los años que menos se asemejan las temperaturas medias anuales de las dos series históricas, son el 2014 y el 2015 (figura 4.4). La disparidad se acentúa en el año 2014, siendo la diferencia con las series de 1961-1990 y 1981-2010, de 1,5 °C y de 0,7 °C, respectivamente. Cabe destacar que los años 2012 y 2013 se encuentran por debajo de la temperatura media de la serie 1981-2010, manteniéndose por encima de la serie 1961-1990. La diferencia de temperatura del 2012 respecto a la serie 1981-2010 es de -0,1 °C, y de 0,7 °C respecto a la serie 1961-1990. En cuanto al año 2013, la diferencia respecto a las series 1981-2010 y 1961-1990 es de -0,3 °C y 0,5 °C, respectivamente. Las menores diferencias respecto a los valores históricos en esta estación podrían estar indicando una menor afección en el ámbito urbano al cambio de temperaturas observado en los últimos años.

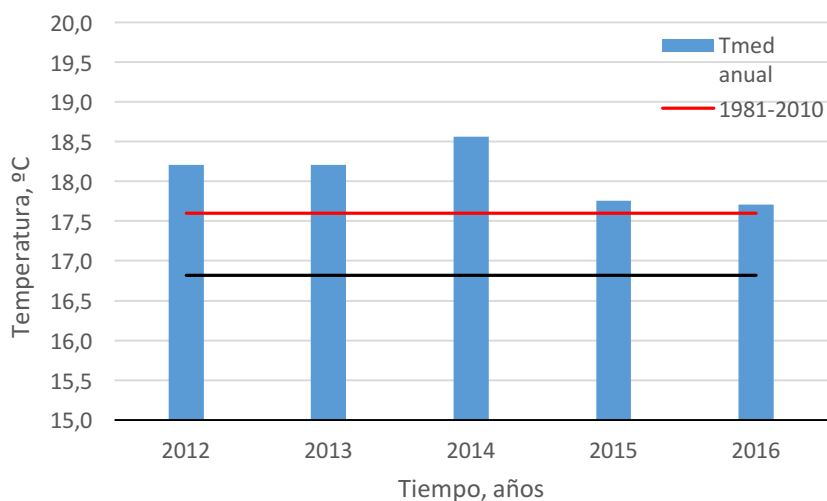


Figura 4.3. Comparación de la temperatura media anual (°C) en cada uno de los años del período 2012-2016 con los de las series 1961-1990 y 1981-2010 en la estación meteorológica Aeropuerto.

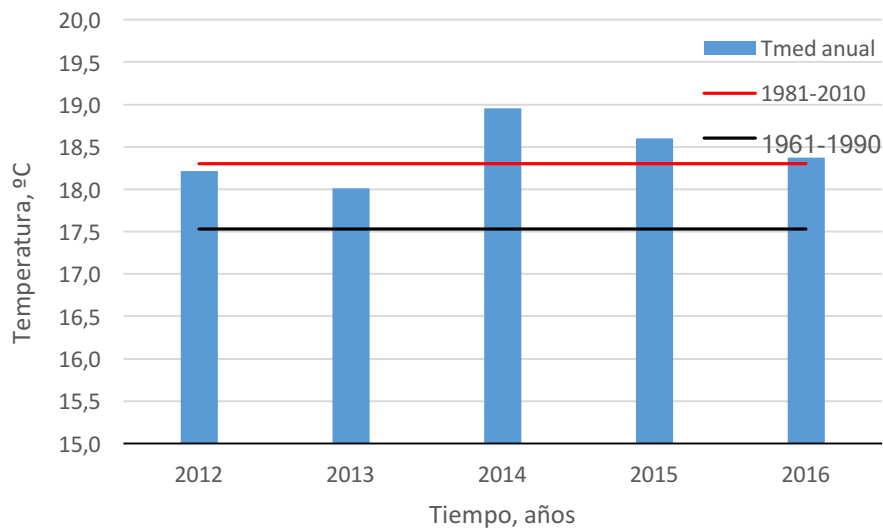


Figura 4.4. Comparación de la temperatura media anual (°C) en cada uno de los años del período 2012-2016 con los de las series 1961-1990 y 1981-2010 en la estación meteorológica Viveros-Valencia.

4.2.2 Temperatura media de las máximas y media de las mínimas

Conocer las temperaturas medias anuales sirve para caracterizar el comportamiento general del clima en un determinado lugar, pero si lo que se quiere saber es a qué se deben los cambios de esas temperaturas entre un determinado periodo y otro, es necesario acudir a las medias de las máximas y las medias de las mínimas para identificar exactamente a qué es debido el cambio.

4.2.2.1 Temperatura media de las máximas

Respecto a las temperaturas medias de las máximas anuales de las tres series de datos disponibles, se observa que en la zona de viveros las máximas se mantienen más o menos constantes en los años 2012, 2013 y 2016 respecto del valor de la serie 1981-2010, correspondiendo las mayores diferencias a los años 2014 y 2015, donde se alcanzan variaciones de 0,8 °C y 0,7 °C, respectivamente (figura 4.5). Por otro lado, la variación de temperaturas de los 5 años es notable en comparación con la serie de 1961-1990, alcanzándose la máxima diferencia en 2014 con una variación de 1,7 °C. La temperatura media de las máximas más elevada se obtiene en el año 2014, alcanzando los 23,6 °C, la más baja, en cambio, se registra en el año 2013 alcanzando los 22,8 °C.

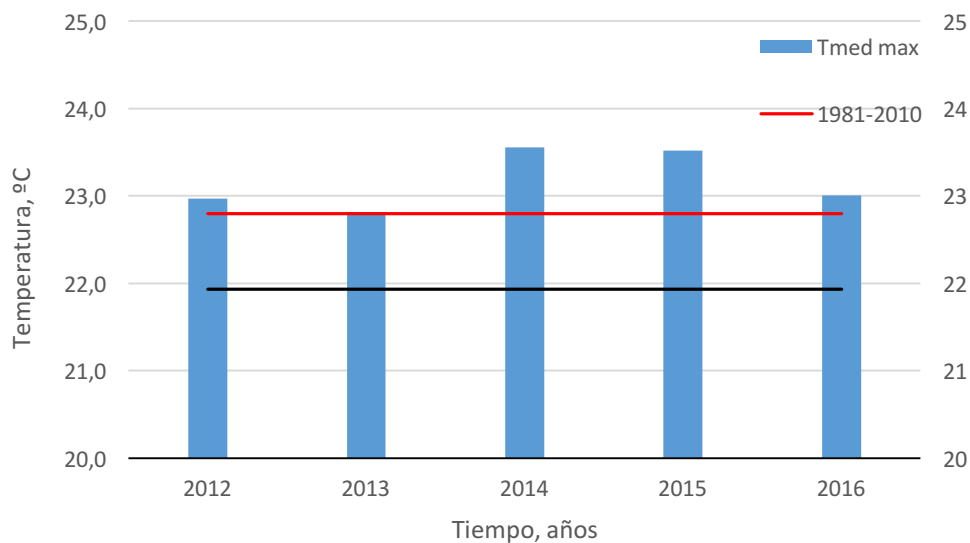


Figura 4.5. Comparación de la temperatura media de las máximas (°C) en la estación meteorológica Viveros-Valencia durante el periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.

En cuanto a las temperaturas medias de las máximas registradas en la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia se observa, que se mantienen más altas en cada uno de los cinco años (figura 4.6). Debido a la localización de la estación que se encuentra a las afueras del núcleo urbano, las temperaturas deberían ser menos elevadas que las de la ciudad. Este comportamiento, en cierta manera anómalo, se podría explicar alegando que la estación meteorológica se encuentra más alejada de la costa que la estación de Viveros. La influencia marítima fija un elevado contraste entre las zonas del litoral y las zonas del interior. Este factor es característica fundamental de una variación de las temperaturas, ya que estas tienden a disminuir conforme la proximidad al mar es menor. Por otro lado, cabe añadir que la zona del Aeropuerto se encuentra exenta de vegetación y la superficie del suelo está en su mayoría asfaltada. La poca cubierta vegetal aumenta la cantidad de radiación solar que incide en la superficie terrestre, por otra parte, el almacenamiento de calor por la superficie asfaltada es mayor que el de una superficie arbolada, por lo tanto, estos dos factores son probablemente los causantes del registro de temperaturas medias de las máximas más elevadas en la zona del el Aeropuerto que en la zona de Viveros.

Las temperaturas medias de las máximas de la serie 2012-2016 se encuentran por encima de las dos series de datos históricos. Los años que más destacan son el 2012 y el 2014 aumentando 1,3 °C respecto a la serie 1981-2010, y 1,9 °C respecto a la serie 1961-1990. En el año 2014 la variación de temperaturas con las series 1981-2010 y 1961-1990 es de 1,4 °C y 2 °C, respectivamente. La media de las máximas más

elevada en esta serie de años es de 24,2 °C en el 2014, y la más baja de 23,2 °C en el 2016. La temperatura media de las máximas para la serie 1981-2010 es de 22,8 °C y la de la serie 1961-1990 es de 22,2 °C.

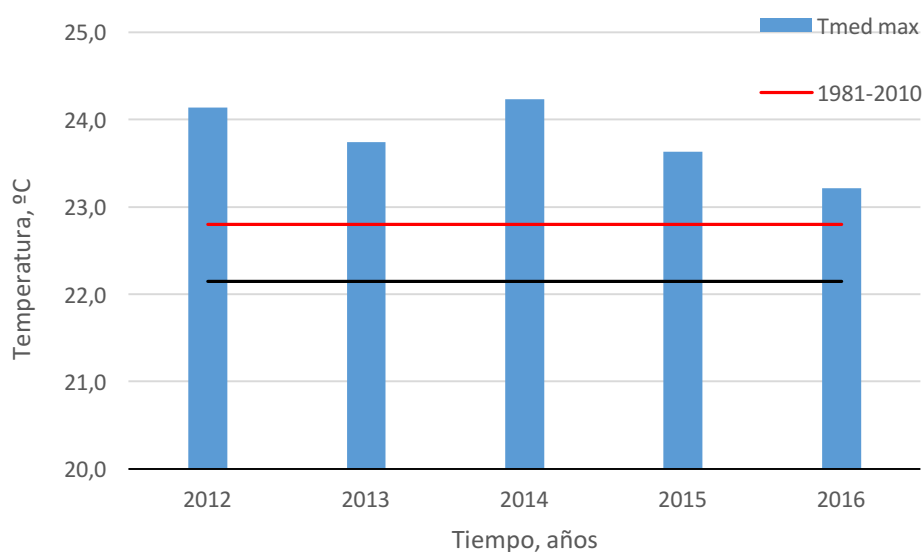


Figura 4.6. Comparación de la temperatura media de las máximas (°C) en la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia durante el periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.

4.2.2.2 Temperatura media de las mínimas

En el caso de la estación meteorológica situada en Viveros, los últimos cinco años muestran valores superiores de temperatura media de las mínimas respecto de los de las dos series históricas (figura 4.7). La temperatura media de las mínimas anuales durante la serie 2012-2016, se mantiene más o menos constante con una pequeña variación de 0,5 °C, correspondiendo el valor más alto al año 2014 con 15,3 °C. Las temperaturas medias de las mínimas anuales de la serie más reciente no varían demasiado de la media de las mínimas de las dos series históricas. La mayor diferencia se registra en el 2014, siendo de 2,2°C respecto de la serie 1961-1990 y de 1,5°C respecto de la de 1981-2010.

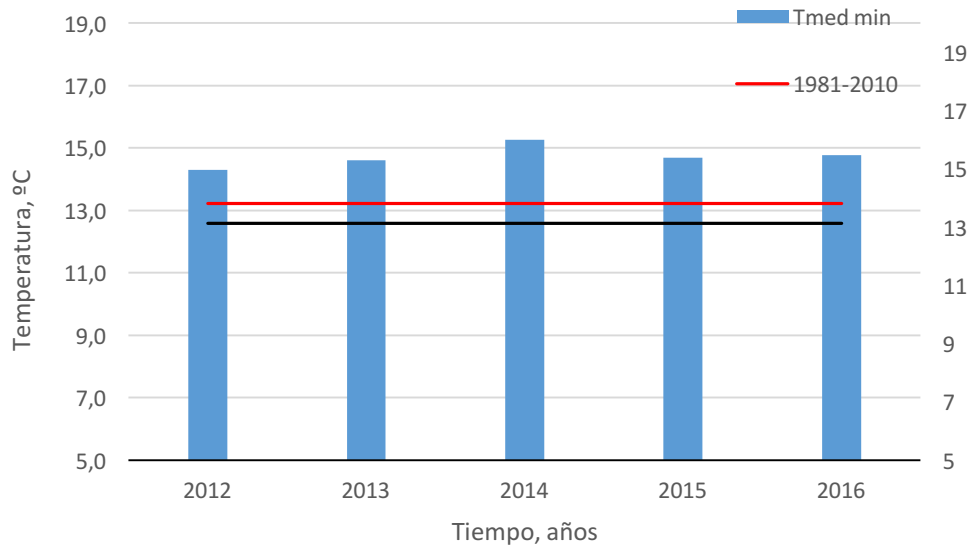


Figura 4.7. Comparación de la temperatura media de las mínimas (°C) de la estación meteorológica en Viveros-Valencia del periodo 2012-2016 respecto a los periodos 1961-1990 y 1981-2010.

En cuanto a las temperaturas medias de las mínimas de la estación meteorológica de Aeropuerto-Valencia se observa más heterogeneidad en la distribución de las temperaturas (figura 4.8). Comparando la serie 2012-2016 con las otras dos series de datos históricos se llega a la conclusión de que la mínima más baja es la de la serie 1961-1990. Por otro lado, todos los años de la serie 2012-2016 se encuentran a su vez por encima de la media de las mínimas de la serie 1981-2010, salvo el año 2015 que se encuentra 0,1 °C por debajo. El 2014 es el año con la mínima más alta, correspondiente a 13,4 °C. Los valores de los cinco años son más bajos que los de la estación de Viveros.

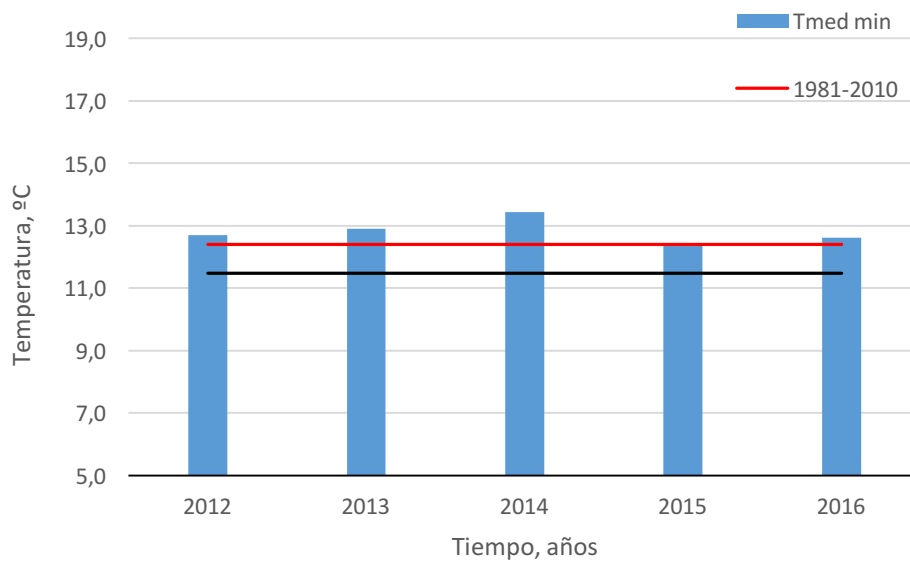


Figura 4.8. . Comparación de la temperatura media de las mínimas (°C) de la estación meteorológica en

4.2.3 Temperatura media mensual

Los valores mensuales de la temperatura media de la estación Aeropuerto-Valencia para los tres periodos disponibles se recogen en la tabla 2. Así mismo, estos valores se representan en la figura 4.9, donde se observa la evolución de los valores medios mensuales a lo largo de los 3 periodos disponibles.

Tabla 2. Temperaturas medias mensuales (°C) de la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia, para las series anuales 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.

Periodos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1961-1990	10,0	11,1	12,7	14,7	17,8	21,6	24,6	24,8	22,5	18,1	13,4	10,5
1981-2010	10,5	11,4	13,6	15,5	18,7	22,7	25,5	25,9	23,0	19,0	14,2	11,2
2012-2016	11,4	11,1	13,6	16,3	19,6	23,7	26,3	26,3	23,5	19,9	14,3	10,8

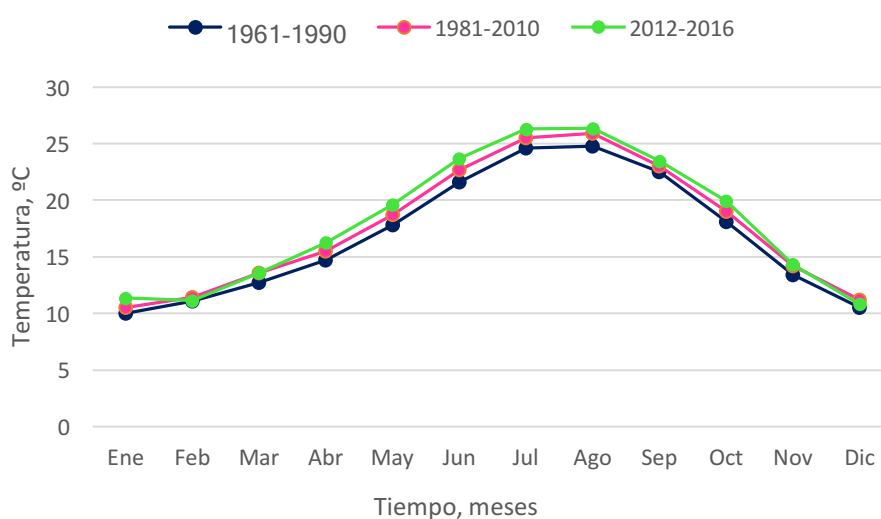


Figura 4.9. Distribución de las temperaturas medias mensuales (°C) en la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.

Se puede observar como el mes más frío es enero, con temperaturas medias que oscilan entre los 10,0 y 11,4 °C, y el mes más cálido agosto, con temperaturas comprendidas entre los 24,8 - 26,3 °C. Las temperaturas medias mensuales de la serie 2012-2016, se mantienen siempre más elevadas que las de los otros dos periodos, salvo en los meses de diciembre y febrero, en los que promedia valores inferiores a los de la serie 1981-2010 de 0,4 °C y 0,3 °C, respectivamente. En cada uno de los tres periodos las variaciones de las temperaturas medias en el periodo estival son pequeñas, dando

lugar a una temperatura en verano bastante constante. Lo mismo ocurre en el periodo invernal, considerándose inviernos templados, con temperaturas medias que no descienden de los 10 °C.

Respecto a la estación meteorológica situada en la ciudad de Valencia, concretamente en Viveros, en la tabla 3 se pueden observar los valores de las medias mensuales para los mismos tres periodos anteriores, y en la figura 4.10 se muestra su distribución.

Tabla 3. Temperaturas medias mensuales (°C) de la estación meteorológica Viveros-Valencia, para las series anuales 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016.

Periodos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1961-1990	11,5	12,3	13,6	15,3	18,1	21,7	24,6	24,9	22,9	18,9	14,6	12,0
1981-2010	11,8	12,5	14,4	16,2	19,0	22,9	25,6	26,1	23,5	19,7	15,3	12,6
2012-2016	12,7	11,4	14,3	16,5	19,3	23,0	25,9	26,1	23,7	20,6	15,4	12,3

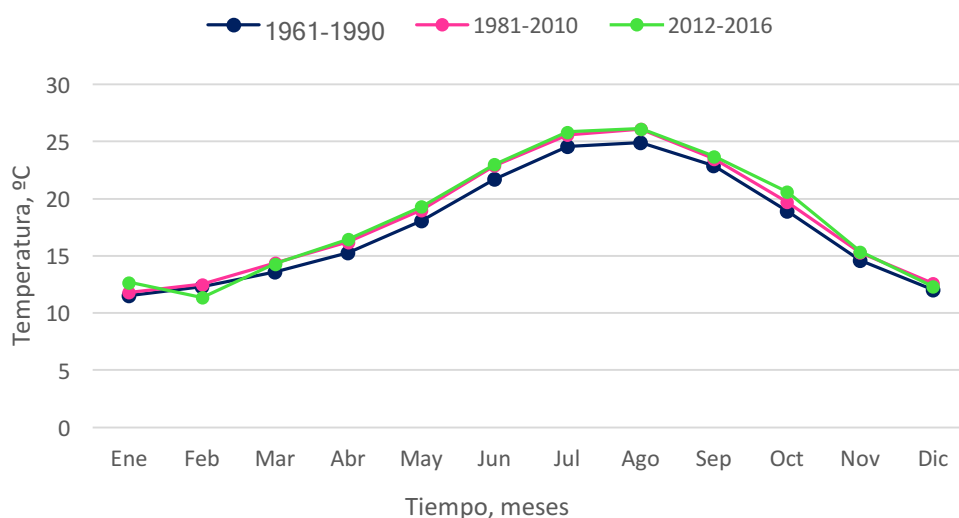


Figura 4.10. Distribución de las temperaturas medias mensuales (°C) en la estación meteorológica Viveros-Valencia para los periodos 1961-1990, 1981-2010 y 2012-2016

El mes más frío es enero, con temperaturas medias que oscilan entre los 11,5 y 12,7 °C. Existe una excepción para la serie 2012-2016 en el mes de febrero, donde se alcanza la temperatura media mensual más baja del año, 11,4 °C. Se observa como la serie más reciente alcanza siempre valores más altos que las otras dos series, salvo en el mes de diciembre, donde la temperatura media mensual de la serie 1981-2010,

supera en 0,3 °C la temperatura media mensual de la serie en cuestión, y en el mes de febrero, donde las dos series, 1961-1990 y 1981-2010, registran temperaturas medias mensuales más altas que la serie 2010-2016, con 0,9 y 1,1 °C, respectivamente. Las diferencias más notables entre las series de años disponibles se producen en los meses de verano, pero también aparecen diferencias en el mes de enero, donde se produjo un aumento notable de la temperatura media mensual (0,9 °C) en el último período respecto de los anteriores. También hay alguna diferencia en el mes de octubre, donde las temperaturas entre los dos primeros años vuelven a ser más homogéneas, y aumenta en 0,9 °C en el periodo más reciente.

4.3 HUMEDAD RELATIVA EN LA CIUDAD DE VALENCIA

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, y es un factor climatológico fundamental, aunque la medida más utilizada que es la humedad relativa, es insuficiente para conocer el contenido de vapor de agua si no va acompañada de la medida de la temperatura. Por lo general, en lo que se refiere a la distribución geográfica de la humedad, ésta es mayor en las zonas costeras debido a su proximidad al mar; y en los valles, debido al almacenamiento de aire húmedo y frío en condiciones de inversión térmica, y también al rumbo que sigue tierra adentro la humedad de las brisas en verano.

Una de las variables que define el contenido de humedad en la atmósfera es la humedad relativa (HR) que es definida por Barry y Chorley como *“la concentración de humedad real de una muestra de aire, en forma de porcentaje de humedad que se hallaría en el mismo volumen de aire saturado a la misma temperatura”*. Con otras palabras, se puede definir la humedad relativa como la relación, expresada en porcentaje, entre el vapor de agua contenido en la atmósfera y la máxima cantidad de vapor que podría contener a la misma temperatura.

En las latitudes medias, la humedad relativa varía a lo largo del año de forma inversa a como lo hace la temperatura, siendo en verano menor que en invierno, donde se aproximará con frecuencia a los valores de saturación. A lo largo del día también tiene un ciclo regular, tendiendo a aumentar por la noche y a disminuir durante el día.

En zonas costeras como Valencia, las pautas de variación que adopta la humedad relativa se ven modificadas por el régimen de vientos dominantes, debido a la

importancia que adoptan las brisas. Para la realización de este trabajo de fin de grado se dispone de la frecuencia de la velocidad del viento (%) durante el periodo 1961-1990 (figura 4.11), la cual se puede asemejar a la que ocurriría en la actualidad. Los vientos proceden mayoritariamente del SE, y en menor medida del SW y NE. Se explica de esta manera, el equilibrio entre la evolución de las temperaturas y la regularidad de las brisas diarias, las cuales son mucho más activas durante los meses de verano, así como la progresiva acumulación de aire húmedo en los meses centrales del año.

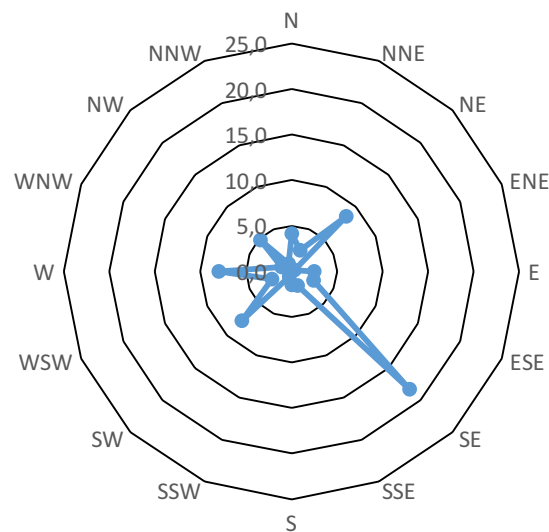


Figura 4.11. Rosa de los vientos de frecuencia (%) para cada una de las 16 direcciones durante el periodo 1961-1990 en la ciudad de Valencia

Se compara la humedad relativa media anual registrada en la estación meteorológica de Viveros para la serie 2012-2016 con la de las series 1961-1990 y 1981-2010 (figura 4.12). La humedad relativa tiende a disminuir conforme aumenta la temperatura, con lo cual los valores registrados concuerdan con los analizados anteriormente de la temperatura. Del periodo 2012-2016, el año que presenta menor humedad relativa media anual es el 2013, con un valor del 54,7 %. El año que registra una humedad relativa más alta es el 2012, alcanzando el 60,5 % de humedad relativa. El promedio anual para las series 1961-1990 y 1981-2010 es, respectivamente, del 66,3 y 65,0%.

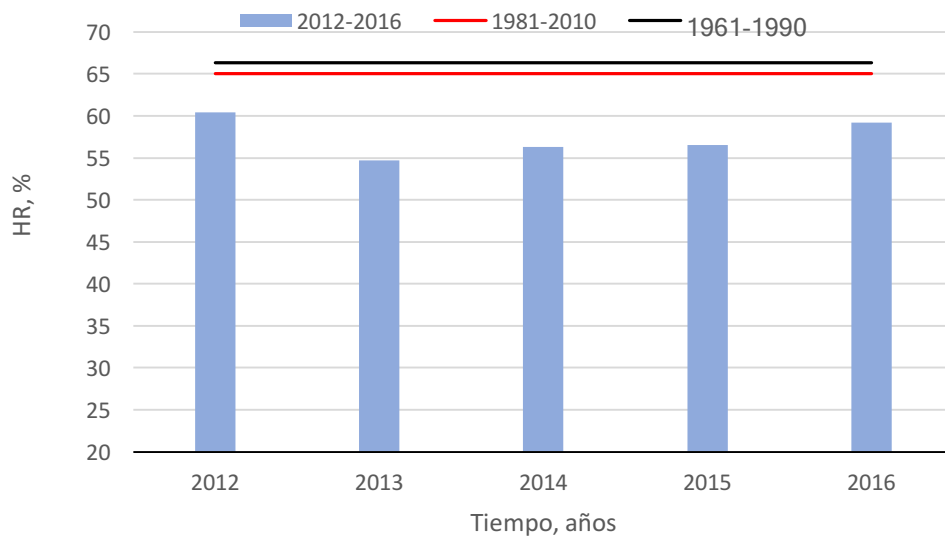


Figura 4.12. Comparación de la humedad relativa media anual (%) de la estación meteorológica Viveros-Valencia en el periodo 2012-2016 y la de los periodos 1961-1990 y 1981-

En cuanto a la humedad relativa media anual de la estación meteorológica de Aeropuerto-Valencia se observan algunas diferencias con la distribución de la estación situada en la ciudad (figura 4.13). Los años 2015 y 2016 superan el valor de la humedad relativa media de la serie 1981-2010 en un 1,3 y 1,5 %, respectivamente.

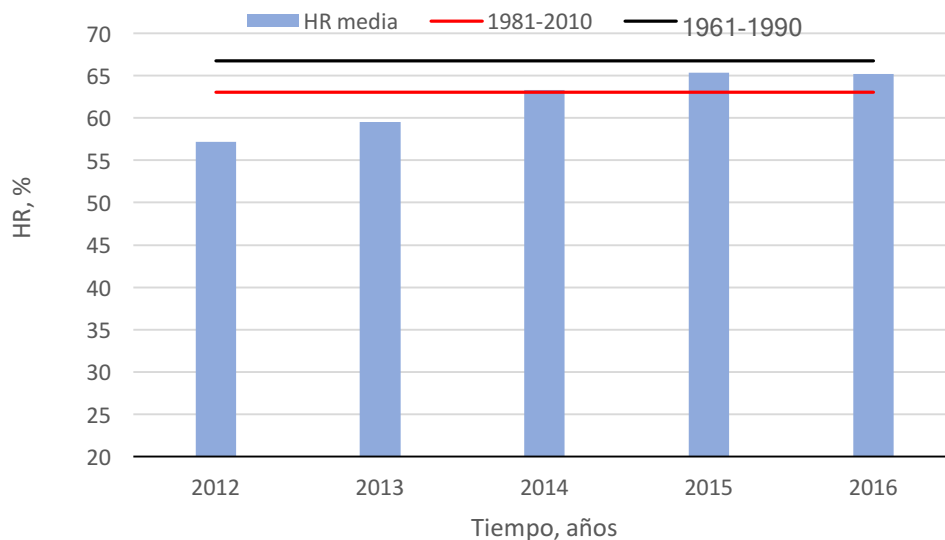


Figura 4.13. Comparación de la humedad relativa media anual (%) de la estación meteorológica Aeropuerto-Valencia en el periodo 2012-2016 y la de los periodos 1961-1990 y 1981-2010.

4.4 COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VALENCIA EN EL PERIODO 2012-2016

En este apartado se compara el comportamiento térmico del centro urbano de Valencia con el de su periferia para así poder determinar qué importancia tienen en el clima de la ciudad de Valencia la superficie urbana, la cantidad de población, y la escasa cubierta vegetal, en comparación con sus alrededores menos poblados, con menos superficie urbanizada y con mayor superficie verde.

Las estaciones meteorológicas que se encuentran en los alrededores de la ciudad de Valencia y de las cuales se han obtenido datos de temperatura y humedad relativa para la serie de años deseada (2012-2016), son por orden de norte a sur, las siguientes: Bétera, Moncada (IVIA), Manises (Aeropuerto), Picassent y Benifayó (figura 4.14). Las estaciones meteorológicas situadas en el interior de la ciudad de Valencia son la estación de la Consellería perteneciente a la red de medida y control de la calidad del aire, y la estación situada en el jardín de Viveros perteneciente a la AEMET (figura 4.15).



Figura 4.14. Mapa área metropolitana de Valencia.



Figura 4.15. Mapa de Valencia. Fuente: Urban Science.

4.4.1 Temperatura media anual en el periodo 2012-2016

Como se puede observar en la figura 4.16, existe una clara diferencia entre las estaciones meteorológicas situadas en el interior de la ciudad y las estaciones situadas en sus alrededores. Según lo previsto, las temperaturas medias anuales más elevadas de dicho periodo se registran en las dos estaciones situadas en el área urbana, con un valor medio para el conjunto de periodo de 19,5 °C en la estación situada en Consellería (próxima a la Avenida del Cid), y 18,4 °C en la estación de Viveros. Este hecho se explica con el fenómeno denominado isla de calor o isla térmica es manifestación más evidente de la modificación que provocan las áreas urbanas sobre el clima del área en la que se asientan, y se manifiesta con un aumento de las temperaturas registradas en el centro de la ciudad en relación con las registradas en el espacio rural circundante, lo que implica por lo general, una temperatura media anual más elevada en el centro urbano que en la periferia. A todo esto, hay que añadir las propias condiciones atmosféricas que crea la ciudad y la acción del hombre, que influyen positivamente en el aumento de las temperaturas en los centros urbanos.

Las temperaturas medias del periodo 2012-2016 de las estaciones meteorológicas de la periferia son, según el orden que se observa en la figura 14.5, las siguientes: 16,8 °C (Bétera), 17,4 °C (Moncada), 18,1 °C (Manises), 17,3 °C (Picassent) y 17,8 °C (Benifayó). Las diferencias en el entorno metropolitano oscilan entre 1,4 y 2,7°C para la

estación de Conselleria, y entre 0,3 y 1,6°C para la estación de Viveros. Las menores diferencias observadas con respecto a ésta última podrían ser debidas a la situación de la estación de Viveros, rodeada del parque y próxima a la Avenida Blasco Ibañez, con una mayor influencia de la infraestructura verde que la estación de Conselleria.

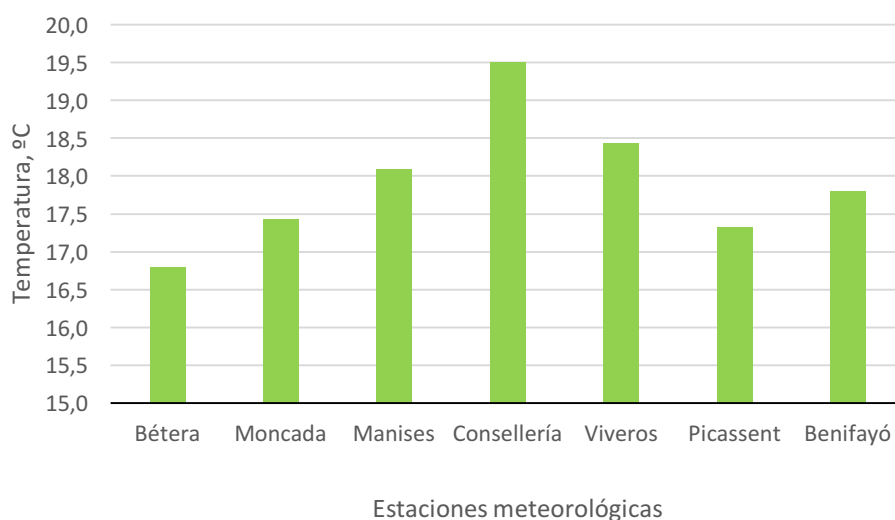


Figura 4.16. Comparación de las temperaturas medias anuales del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles en Valencia y su área metropolitana.

4.4.2 Temperatura media de las máximas y media de las mínimas para el periodo 2012-2016

Del mismo modo como se ha operado en el apartado 4.2.2, para conocer a qué se deben las diferencias en las temperaturas medias del periodo 2012-2016, hay que profundizar en la caracterización del clima y comparar las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas para identificar los verdaderos motivos de las diferencias explicadas en el apartado anterior. Para la realización de la distribución de las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas, no se dispone de los datos de la estación meteorológica de Consellería, ya que solo se consiguieron las temperaturas medias diarias de los 5 años de la serie.

4.4.2.1 Temperatura media de las máximas para el periodo 2012-2016

La distribución de la temperatura media de las máximas es más homogénea que la distribución observada para la media anual, con menores diferencias entre estaciones. En la figura 4.17, se observa que la estación que registra mayor temperatura es la de Moncada, con un valor de 23,9 °C, seguida de la estación de Manises (Aeropuerto) con una temperatura de 23,8 °C. En tercer lugar, se encontraría la estación de Benifayó, que registra un promedio anual de la temperatura media de las máximas

de 23,6 °C. Por último, las estaciones situadas en Bétera, Picassent y Viveros registran una temperatura media de las máximas igual a 23,2 °C. En este caso, se esperaría que la estación presente en el núcleo urbano fuera la que presentara las temperaturas más elevadas, pero debido a que los jardines de Viveros están considerados como una infraestructura verde, las temperaturas registradas son menores ya que la cubierta vegetal mitiga el aumento de estas. Los parques se comportan como lugares relativamente fríos en comparación con las áreas edificadas de su entorno; de hecho, la cubierta vegetal afecta de modo claro en la distribución de las temperaturas.

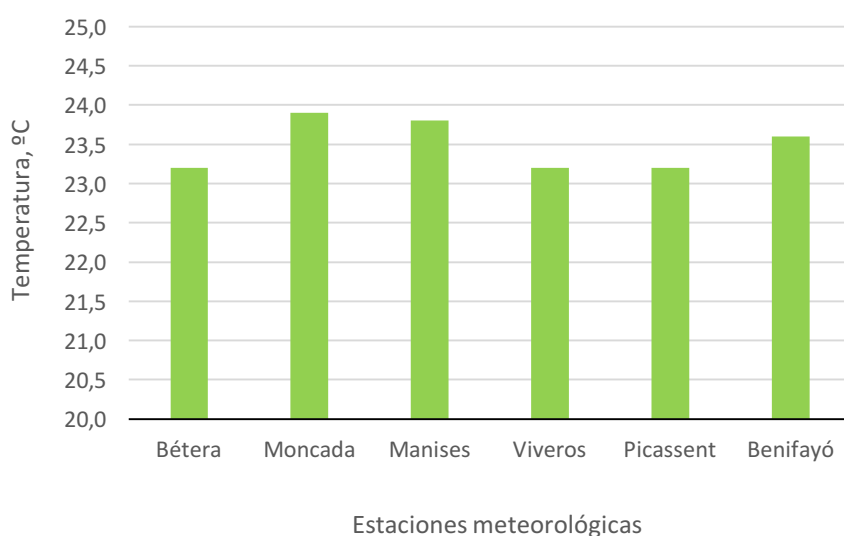


Figura 4.17. Comparación de las temperaturas medias de las máximas del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles.

4.4.2.2 Temperatura media de las mínimas para el periodo 2012-2016

La temperatura media de las mínimas no sigue una distribución tan homogénea como la descrita en el apartado anterior. Se evidencian diferencias entre las estaciones, destacando la situada en Viveros que registra las temperaturas más elevadas con un promedio anual para el período considerado de 14,7 °C (figura 4.18). En segundo lugar, se encuentra la estación de Manises con una temperatura promedio de 12,8 °C. A continuación, por orden de rango de temperaturas, se encuentra la estación de Benifayó, con un valor medio anual para la media de las mínimas de 12,4 °C. Seguidamente se encuentra la estación de Picassent, que registra un promedio anual de la temperatura media de las mínimas de 12,0 °C. En quinto lugar, se encuentra la estación de Moncada, cuya temperatura media anual de las mínimas es de 11,2 °C. Por último, la estación que registra el promedio anual más bajo es la de Bétera, con 10,5 °C. Se aprecia una influencia clara del entorno urbano sobre esta variable, que hace que el valor anual de la temperatura media de

las mínimas sea mayor en la ciudad y disminuya conforme aumenta la distancia al gran núcleo urbano. La diferencia máxima entre la estación situada en la ciudad y la del entorno metropolitano es de 4.2°C.

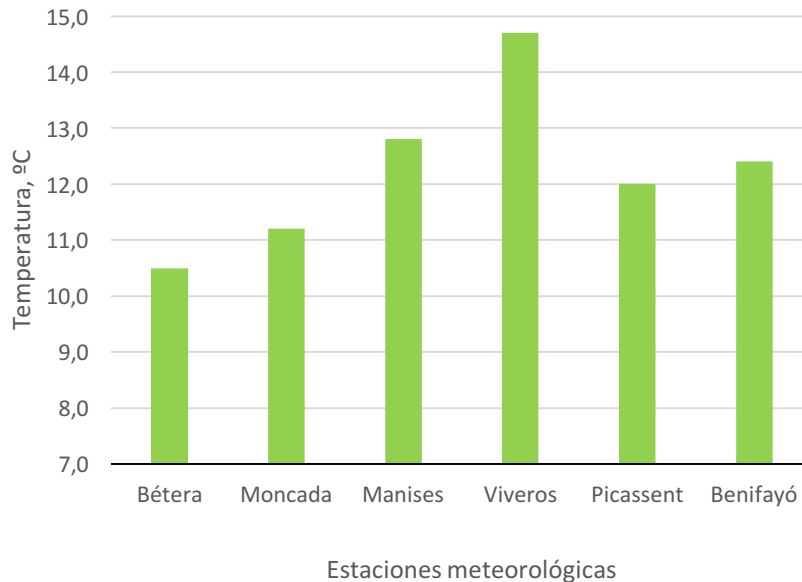


Figura 4.18. Comparación de las temperaturas medias de las mínimas del periodo 2012-2016 para las diferentes estaciones meteorológicas disponibles.

4.4.3 Amplitud térmica y media estacional del periodo 2012-2016

La amplitud térmica diaria se calcula como la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima diaria. En el presente trabajo, a partir de la amplitud térmica diaria calculada, se obtiene la amplitud térmica mensual de cada uno de los 5 años del periodo, y se calcula la amplitud térmica promedio del periodo 2012-2016 para cada estación meteorológica (tabla 4). Es conocido que la amplitud térmica señala, entre otros aspectos, el efecto amortiguador que la cercanía la mar tiene en el comportamiento cíclico de la temperatura, pero también es un factor a considerar en la comparación entre zonas urbanas y no urbanas.

En la misma tabla se pueden observar las medias estacionales, calculada como promedio de las temperaturas medias de los meses completos que constituyen cada estación; a efectos de cálculo se incluye el mes completo correspondiente al comienzo de cada estación. De la misma manera que se ha operado con la amplitud térmica, se realiza la media estacional de cada uno de los cinco años para, a partir del promedio, calcular la media de cada estación del periodo 2012-2016.

En la estación meteorológica de Moncada es donde se encuentra la amplitud térmica media anual más elevada, con 13,1 °C, mientras que la estación de Valencia-Viveros es la que presenta la menor amplitud, con tan sólo 8,4°C. Estos resultados estarían indicando un efecto atenuador sobre la amplitud en la zona urbana. El hecho de que la estación de Viveros se encuentre bajo la influencia de una infraestructura verde puede tener cierta incidencia sobre esta variable y no refleje bien los efectos de la ciudad sobre la amplitud.

En cuanto a las medias estacionales, como se puede observar en la tabla 4, la estación de Viveros registra unas medias estacionales más bajas que la de la mayoría de las estaciones situadas cerca de la ciudad de Valencia, en consonancia con lo observado con la amplitud térmica. Sería necesario disponer de otras estaciones en la ciudad para poder corroborar lo observado con la estación de Viveros.

Tabla 4. Amplitud térmica (°C) y media estacional (°C) de cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas, para el periodo 2012-2016.

Estaciones meteorológicas	Amplitud térmica 2012-2016 (°C)	Media estacional (°C)			
		Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Bétera	12,7	15,1	24,0	17,9	10,0
Moncada	13,1	15,7	24,5	18,7	10,6
Manises	11,0	10,0	17,8	12,8	5,7
Viveros	8,4	10,6	18,0	13,5	7,0
Picassent	11,2	15,5	24,2	18,5	10,9
Benifayó	11,2	16,2	24,7	18,9	11,2

4.4.4 Noches tropicales durante el periodo 2012-2016

Considerar el número de noches tropicales es fundamental a la hora de evaluar el confort térmico. Este indicador cuantifica el número de días al año en los cuales la temperatura mínima se encuentra por encima de los 20°C (Fernández, 1996). En la tabla 5, se muestran los valores que el indicador ha obtenido lo largo del periodo 2012-2016 en cada una de las estaciones meteorológicas. Se observa que la estación con más registro de días con temperaturas mínimas superiores a los 20 °C, es la estación situada en la ciudad, con un promedio de noches tropicales al año de 89. En este caso sí que se observa una influencia clara del entorno urbano sobre el confort climático. La zona de Manises, con un promedio anual de 68 noches tropicales le sigue en importancia, reflejando todavía la influencia del entorno urbano sobre esta zona. En el resto de zonas, el número de noches tropicales disminuye de forma importante, oscilando entre 17 y 33.

Tabla 5. Nº de Noches tropicales en los meses en los que ocurren, y nº total del periodo 2012-2016 para cada una de las estaciones meteorológicas.

Estaciones meteorológicas	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total
Bétera	0	0	5	10	2	0	17
Moncada	0	0	10	13	3	0	27
Manises	0	7	25	26	9	1	68
Viveros	3	19	30	27	10	1	89
Picassent	0	1	9	20	4	1	33
Benifayó	0	2	18	8	1	0	29

4.5 DATOS BENICALAP

A lo largo de 49 días, período comprendido entre el 13 de abril y el 31 de mayo del 2018, se registran datos horarios de temperatura y humedad relativa en las cuatro zonas descritas anteriormente en el parque de Benicalap. A partir de estos registros, se realiza una comparación entre las zonas monitorizadas y, a su vez se comparan con los de la estación meteorológica que se encuentra en la ciudad de Valencia, en concreto la estación de Consellería. Esta comparación se lleva a cabo para mostrar las posibles diferencias entre las condiciones climáticas que se pueden encontrar en zonas de la ciudad con infraestructura verde, o sin la presencia de esta, así como para mostrar las diferencias entre diferentes elementos de infraestructura verde.

4.5.1 Temperatura media diaria en elementos de infraestructura verde y en la ciudad

Como se observa en la figura 4.19, las temperaturas medias diarias más elevadas, se obtienen en la zona de la pérgola. Este sensor se encuentra en condiciones de total exposición a la radiación solar ya que carece de cubierta vegetal, y aunque está próximo a una fuente de agua, la superficie que se encuentra debajo de él está pavimentada y carece de vegetación. Todas estas condiciones hacen que, como era de esperar, en esta zona sea donde se registran las temperaturas más elevadas. La temperatura máxima de las medias diarias es de 22,1 °C, y tiene lugar el día 31 de mayo. A su vez la temperatura mínima de las medias diarias registrada es de 14,5 °C y tiene lugar el 14 de abril. El valor medio para el período utilizado para la comparación, 25 abril – 31 mayo, es de 19,7°C (tabla 6).

El sensor situado en el naranjo de la zona del parterre es el que registra, tras el de la pérgola, las temperaturas medias diarias más elevadas. En general, sigue una tendencia similar al de la pérgola, pero con valores ligeramente inferiores, salvo el día

17 de mayo, donde se registra una temperatura 1,3 °C más alta que la registrada en la pérgola. En el período utilizado para la comparación este sensor promedio 19,3°C (tabla 3).

Los sensores situados en la encina y en el pino tienen un comportamiento similar, aunque en la mayoría de los días las temperaturas medias registradas en el sensor situado en el pino son ligeramente superiores a las registradas en la encina. A pesar de que la zona de la encina presenta mayor cubierta vegetal, y la radiación solar incidente es menor, esto no se traduce en diferencias apreciables en la temperatura media diaria, puesto que en el período de comparación ambas zonas promedian valores similares (18,82°C la zona de pinar y 18,89°C la zona de encinar) (tabla 6). La diferencia de estas zonas con respecto a la zona de la pérgola es de casi 1°C, mientras que respecto a la zona del parterre es de 0,5°C, mostrando claramente el efecto de la cobertura vegetal sobre la temperatura.

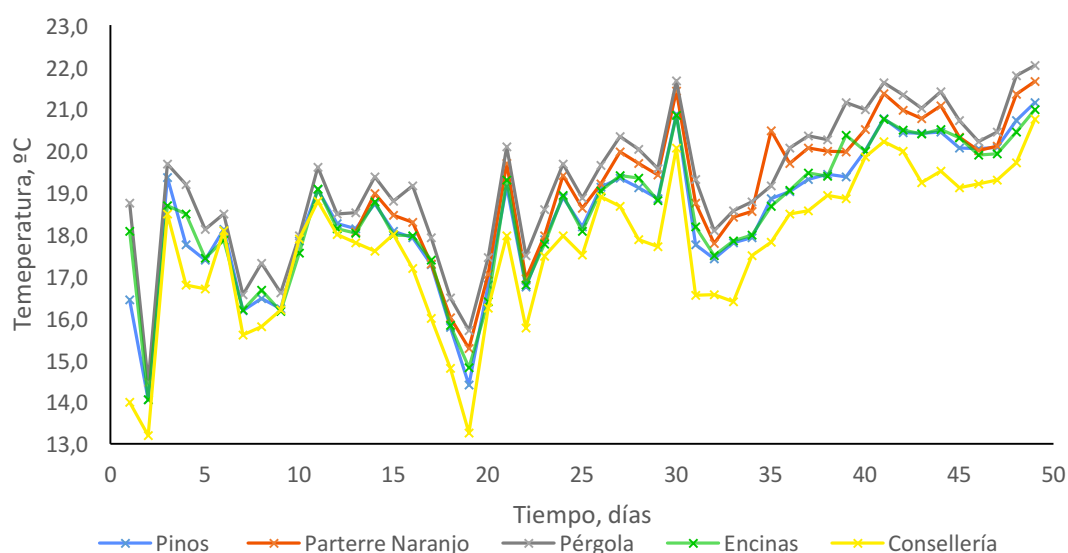


Figura 4.19. Evolución de la temperatura media diaria (°C) durante el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 en los diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación meteorológica de Consellería (Ciudad administrativa 9 de oct.).

Los registros diarios en el entorno urbano promedian para el período de comparación 18,4°C, valor inferior al del resto de zonas del parque. Aunque en principio esto pudiera ser contrario a lo esperado, en la figura 4.19 se puede observar como las diferencias entre zona urbana y zona de parque son más pronunciadas para valores bajos de temperatura. Ello estaría indicando que para el período estudiado (finales de abril y mayo), donde los valores de temperatura todavía no son muy altos, la infraestructura verde impide que la temperatura sea demasiado baja. Es de esperar que

conforme aumenten los valores de temperatura en los próximos meses se invierta esta tendencia y el efecto de la infraestructura verde sea mitigar dicho aumento.

Tabla 6. Temperaturas medias (°C) correspondientes al periodo 25 de abril - 31 de mayo del 2018 en cada una de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap y en zona urbana de Valencia.

	Pinos	Parterre Naranja	Pérgola	Encinas	Consellería
Tmed °C	18,8	19,3	19,7	18,9	18,4

4.5.2 Humedad relativa media diaria en elementos de infraestructura verde y en la ciudad

Cuanto mayor es la cobertura vegetal, mayor es la humedad relativa, y esto es lo que se observa en la figura 4.20, donde se muestra la evolución de la humedad relativa media diaria en la zona de mayor cubierta vegetal, en la de menos cubierta vegetal y en la zona urbana. Según Dorighello (2002), “*los aspectos geo ecológicos y geo urbanos actúan sobre el comportamiento de la humedad relativa, de manera que producen diferenciaciones climáticas locales, los cuales todavía, no dejan de estar subordinados a las condiciones meso climáticas*”. La influencia de la temperatura sobre la HR implica que el aumento de la temperatura conlleva, por lo general, una disminución de la humedad relativa.

La humedad relativa diaria registrada en la zona de la encina es, por lo general, la más elevada (figura 4.20), lo que concuerda con lo descrito en el apartado anterior, donde la encina era la zona que había registrado las temperaturas medias diarias menores. Por lo contrario, dentro de los elementos de la infraestructura verde, la zona de la pérgola era la que había registrado valores más elevados de temperatura media diaria, y en este caso vuelve a coincidir con los valores registrados de la humedad relativa, ya que es la zona que presenta menor humedad relativa media diaria. Por último, la estación de Conselleria se sitúa en medio de ambas zonas. Los valores generalmente son menores que los registrados en la zona de la encina, lo cual podría ser debido al papel que juega la vegetación, demostrando con ello lo que había afirmado Dorighello en su estudio del comportamiento de la humedad relativa del aire en centros urbanos.

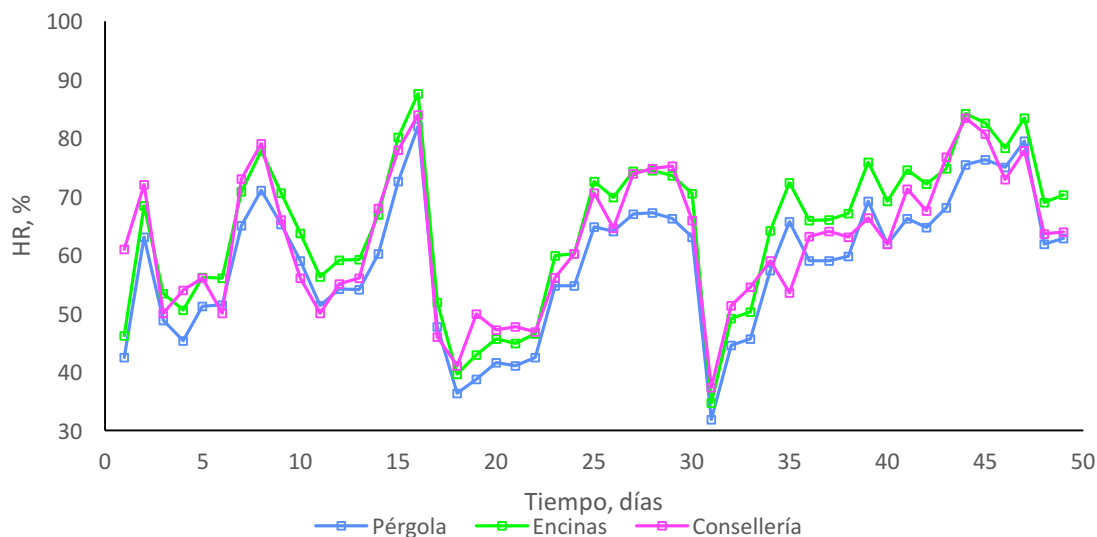


Figura 4.20. Comparación de las humedades relativas medias diarias (%) del periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 en diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación meteorológica de Consellería (Ciudad administrativa 9 de oct.)

La humedad relativa media para el periodo 13/04 – 31/05 del 2018 en cada zona estudiada se puede observar en la tabla 7, coincidiendo con lo descrito en la figura 4.18

Tabla 7. Humedad relativa media (%) para el periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en Benicalap y en una zona urbana de Valencia.

	Pérgola	Encinas	Consellería
HR %	58,6	64,4	62,4

4.5.3 Índice de confort

Para cifrar la percepción de confort e instaurar una escala que haga posible conocer las respuestas de la población ante determinadas condiciones climáticas, se utiliza el índice THI o *complejo termohigrométrico* de Thom (1959). Este índice permite conocer la temperatura efectiva (THI) en °C, en función de la humedad relativa del aire, a la hora donde la temperatura alcanza su máximo absoluto. La fórmula utilizada para calcular la THI es la siguiente:

$$THI = t - (0.55 - 0.0055H) \cdot (t - 14.5)$$

siendo, en este caso, t la temperatura media diaria del aire (°C) y H la humedad relativa media diaria (%). Para el mes de mayo de 2018, se calcula el valor del THI en las dos zonas de Benicalap de las cuales se dispone de datos de temperatura y humedad relativa media diaria, y en la estación meteorológica situada en Consellería (figura 4.21).

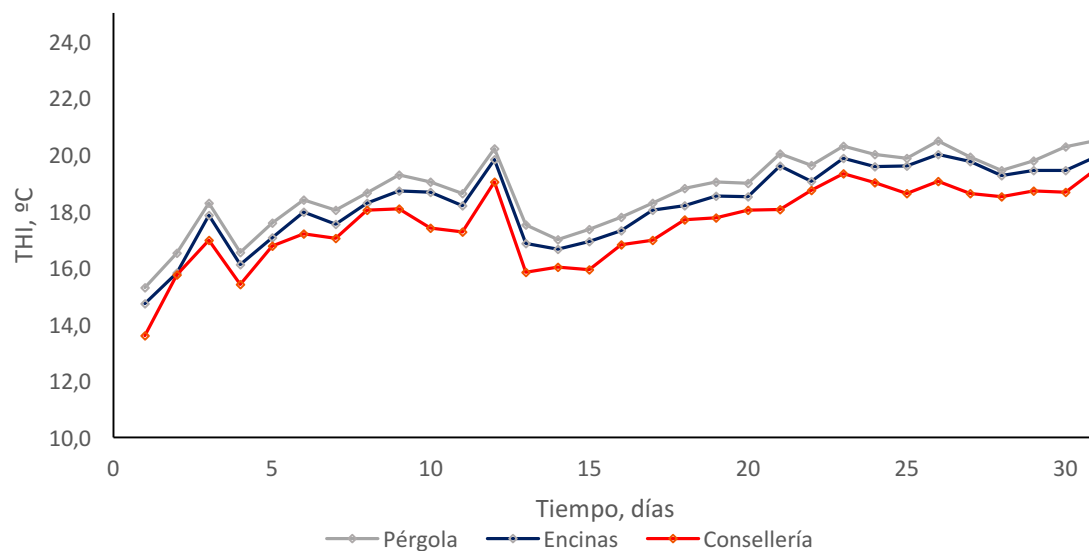


Figura 4.21. Evolución del THI diario (°C) durante el mes de mayo del 2018 en dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap y en la estación de Consellería (Ciudad administrativa 9 de octubre).

Los valores obtenidos de THI en cada una de las 3 zonas para el mes de mayo del 2018, son inferiores a las temperaturas medias diarias registradas para ese mismo periodo en dichas zonas, lo que quiere decir que la temperatura que perciben las personas es ligeramente inferior a la medida. En la tabla 8, se muestran los valores medios de THI para el mes de mayo.

Tabla 8. THI (°C) medio del mes de mayo de 2018 para dos elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap, y una estación meteorológica situada en el centro urbano.

	Pérgola	Encinas	Consellería
THI, °C	18,8	18,3	17,6

4.5.4 Valores máximos y mínimos de las variables meteorológicas consideradas

Para conocer con más exactitud a qué se deben los cambios observados en los valores medios diarios a lo largo de los 49 días de registro (13 abril – 31 mayo del 2018), se analizan los valores de máximas y mínimas. En este caso se analizarán únicamente estas variables para los elementos de la infraestructura verde, ya que los datos de la estación de Consellería no están disponibles.

4.5.4.1 Temperatura máxima y mínima diaria en los diferentes elementos de infraestructura verde

Las temperaturas máximas del periodo de observaciones (13 abril – 31 mayo del 2018), siguen el patrón mostrado en la figura 4.22. Se observa que, por lo general, la zona que alcanza temperaturas más elevadas es la del parterre, con un valor medio para el conjunto del período de 26,1°C (tabla 9). Lo esperado sería que las temperaturas máximas registradas se ubicaran en la zona de la pérgola, pero esta zona está rodeada de fuentes, lo que hace que las temperaturas máximas alcanzadas puedan estar mitigadas por la presencia de agua. El valor promedio en la zona de la pérgola es de 25,6°C. Por otro lado, la zona de las encinas y el pinar, siguen una distribución coherente con su grado de cobertura vegetal, con valores claramente más bajos que las otras dos zonas, y siendo más fresca la zona de las encinas debido a la elevada cubierta proporcionada por este tipo de arbolado (23,2°C y 23,6°C, respectivamente). Bajo la cubierta de las encinas, la radiación solar es menor, disminuyendo por lo tanto la temperatura. Este hecho reafirmaría la idea de que una mayor cubierta vegetal ayuda a mitigar las elevadas temperaturas del aire. La máxima temperatura registrada para el periodo analizado tiene lugar en la zona del parterre, el día 30 de mayo, alcanzándose los 31,2 °C a las 15:00 horas.

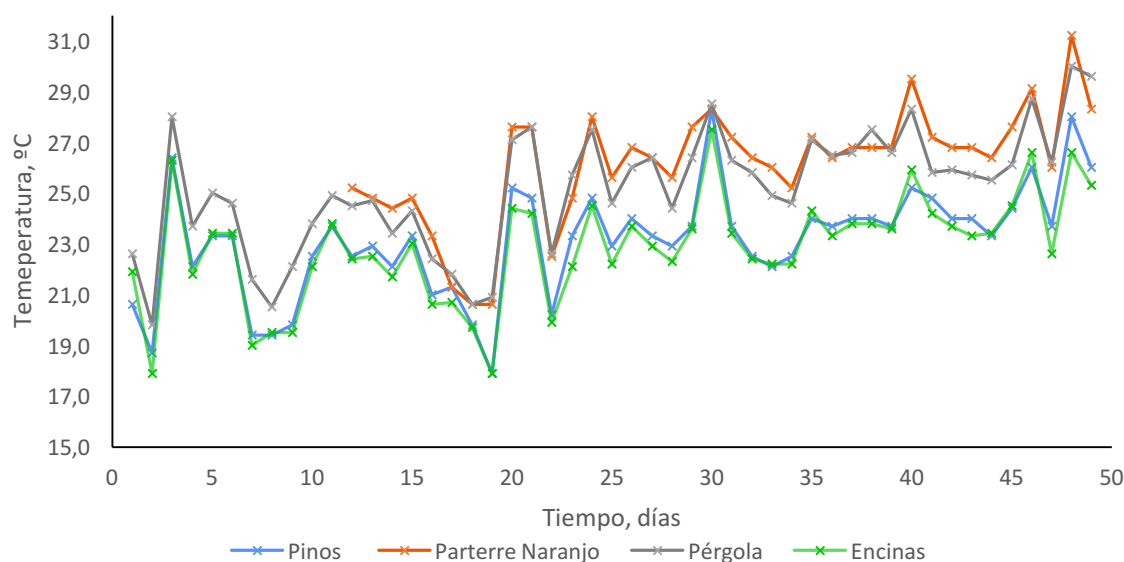


Figura 4.22. Evolución de las temperaturas máximas diarias (°C) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

Tabla 9. Temperatura media de las máximas (°C), para el periodo 25 de abril - 31 de mayo, para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

	Pinos	Parterre Naranja	Pérgola	Encinas
Tmax °C	23,6	26,1	25,6	23,2

La evolución diaria de las temperaturas mínimas en cada una de las zonas se muestra en la figura 4.23. Las temperaturas más bajas se registran en el sensor situado en el parterre, le siguen las registradas en la pérgola, las del pinar y, por último, las de la zona de las encinas. La temperatura mínima más baja se produce el día 2 de mayo a las 6 de la mañana, alcanzándose un valor de 7,7 °C. Como se ha expuesto anteriormente, la cobertura vegetal es un agente mitigador de la temperatura del aire, ya que sirve como resguardo frente a la radiación solar y a su vez ralentiza el enfriamiento del aire debido a que actúa como “escudo” ante la pérdida de radiación de la superficie terrestre. En la tabla 10, se muestran el promedio de las temperaturas mínimas del periodo, para cada uno de los diferentes elementos de la infraestructura verde. La mayor diferencia se produce entre la zona de parterre y la de encina, con un valor de 1,4°C.

Tabla 10. Temperatura media de las mínimas (°C), para el periodo 25 de abril - 31 de mayo, para los diferentes elemento de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

	Pinos	Parterre Naranja	Pérgola	Encinas
Tmin °C	14,7	13,6	14,0	15,0

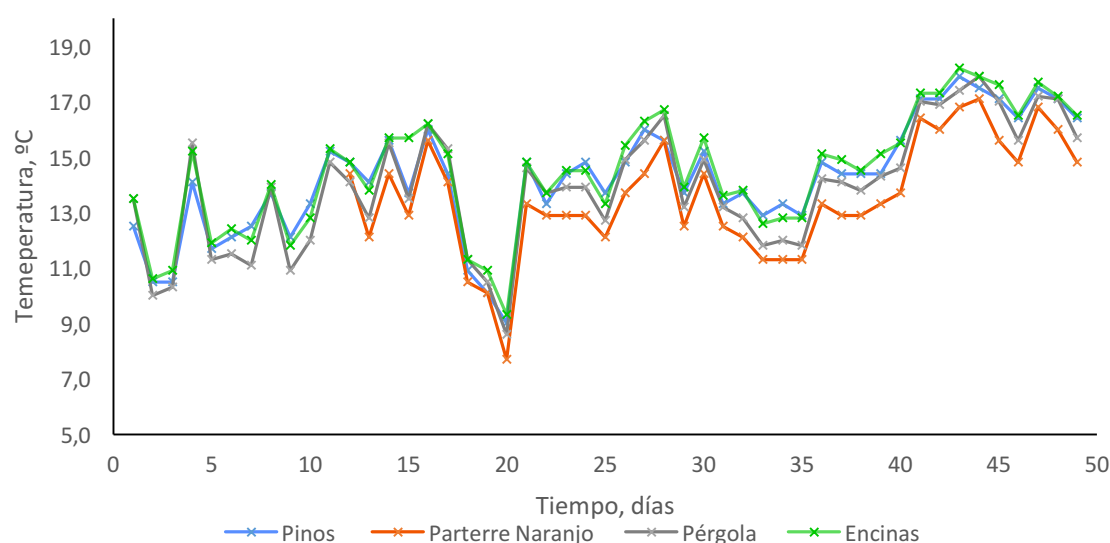


Figura 4.23. Evolución de las temperaturas mínimas (°C) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para los diferentes elementos de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

4.5.4.2 HR máximas y mínimas de los diferentes elementos de la infraestructura verde

Al aumentar la temperatura del aire, por normal general, disminuye la humedad relativa. Es lo que se puede observar en las figuras 4.24 y 4.25 donde está representada la distribución de la humedad relativa máxima diaria y la mínima diaria del periodo de 49 días (13 abril – 31 mayo del 2018). Como se ha visto en apartados anteriores, la temperatura registrada por el sensor en la zona de la encina, es menor que la registrada en la zona de pinar, lo que concuerda con la distribución de las humedades relativas, ya que se registran valores para este parámetro más elevados bajo el arbolado de *Quercus ilex*, que bajo los ejemplares de *Pinus halepensis*. El mayor contenido de humedad relativa del aire se registra el día 28 de abril, alcanzando un valor del 98%. El valor mínimo registrado tiene lugar el día 2 de mayo, donde se alcanza tan sólo un 13 % de humedad relativa en ambas zonas de la infraestructura verde. Este día coincide con uno de los días donde se registran temperaturas elevadas en ambas zonas del parque.

Una mayor cobertura vegetal permite almacenar valores más altos de humedad relativa del aire. Esto es debido en su mayor parte al papel que juega la vegetación, ya que como señalan Orozco et al (2016) *“las superficies vegetadas proporcionan sombra, enfriamiento por evaporación, interceptación, almacenamiento e infiltración del agua, y ante una situación de cambio climático estas funciones se ven acrecentadas”*.

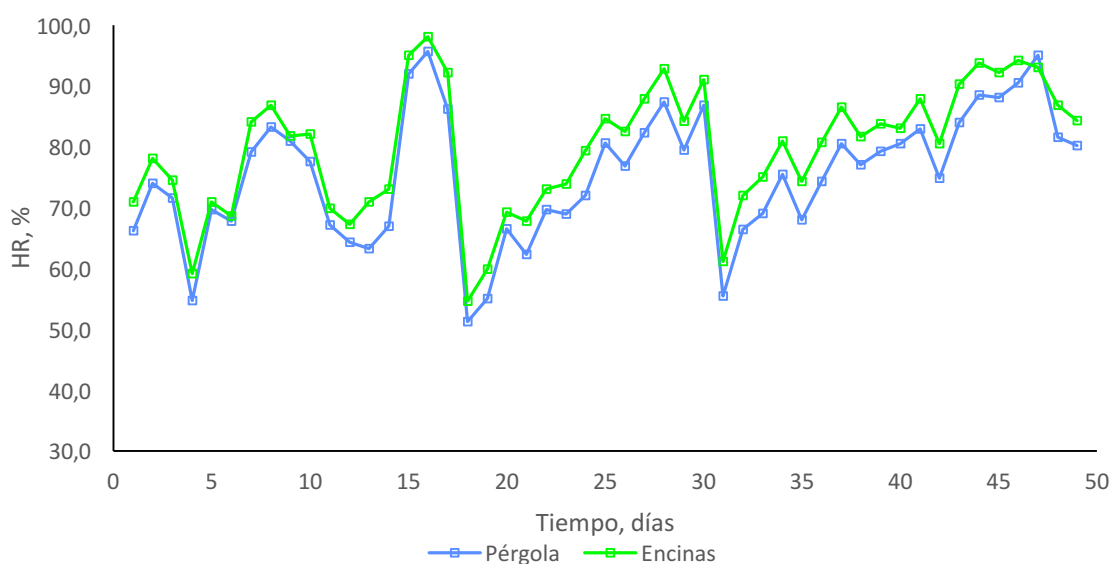


Figura 4.24. Evolución de las humedades relativas máximas diarias (%) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap.

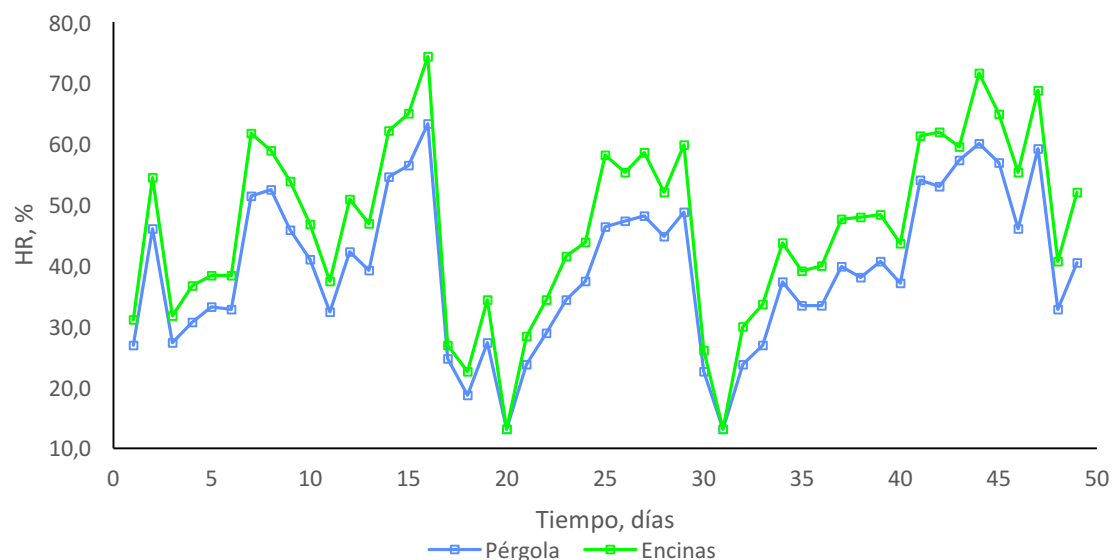


Figura 4.25. . Evolución de las humedades relativas mínimas diarias (%) en el periodo 13 abril – 31 mayo del 2018 para dos de los elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap.

Se observa como las mayores diferencias entre zonas se producen en los valores de HR mínima y no tanto en los de HR máxima. Como se muestra en la tabla 11 la diferencia en los valores de humedad relativa máxima en el conjunto del período es de 4.4 puntos porcentuales, mientras que para el caso de la HR mínima la diferencia entre zonas alcanza los siete puntos porcentuales (tabla 12).

Tabla 11. Humedad relativa máxima media (%) del periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

	Pérgola	Encinas
Hr max %	75,3	79,7

Tabla 12. Humedad relativa mínima media (%) del periodo 13 de abril - 31 de mayo del 2018 en dos de las zonas de infraestructura verde en el parque de Benicalap.

	Pérgola	Encinas
Hr min %	39,3	46,3

4.5.5 Ciclo diario medio

A partir de los datos horarios del conjunto del período de estudio se obtiene el promedio de la temperatura para cada una de las horas del día. El ciclo diario medio permite ahondar en las posibles diferencias entre zonas y explicar, si es el caso, los motivos de esas diferencias. En la figura 4.26 se representa el ciclo diario medio de

temperatura en el mes de mayo del 2018 en los cuatro elementos de infraestructura verde de Benicalap, así como el de una zona más urbana como es la de la Ciudad administrativa 9 de octubre. En la tabla 13, se reflejan los datos medios de cada una de las 24 horas de cada día del mes de mayo. Debido al retraso en la instalación de los sensores y a la necesidad de finalizar este trabajo en la convocatoria correspondiente, solo se ha podido disponer de datos completos del mes de mayo del 2018. Es por ello que solo se muestra esta distribución a modo de ejemplo, y con el objeto de mostrar la utilidad de la distribución cíclica horaria en este tipo de estudios.

Un mayor detalle del comportamiento de la influencia de la isla de calor en la ciudad y de la presencia de infraestructura verde, puede obtenerse del análisis de la comparación de la distribución de las temperaturas a lo largo de un día en el centro urbano y en zonas con presencia de infraestructura verde. La temperatura máxima en los cinco puntos de medida, tiene lugar después del mediodía y la mínima un poco después de la salida del sol, a partir de las 6 de la mañana. Aunque es lo esperado, se observan algunas diferencias entre zonas a lo largo del ciclo diario.

Es evidente que si no existiera perturbación del medio urbano sobre el clima, el ciclo térmico sería muy parecido en los cinco observatorios, diferenciándose entonces, por sus distintos grados de cubierta vegetal; por el contrario, se producen desigualdades entre la ciudad y entre cada uno de los cuatro elementos de infraestructura verde, debido a la mayor capacidad de almacenamiento y generación de calor que posee la ciudad que permiten retrasar el enfriamiento nocturno del aire, como resultado entre otros factores, de las propiedades caloríficas de los distintos materiales, el albedo de sus superficies, la verticalidad de las paredes de las edificaciones y el calor generado por las actividades humanas; y a la presencia de cubierta vegetal (Cuadrat et al, 2015). Durante las horas de la madrugada se observan pocas diferencias entre los valores registrados en cada una de las zonas, encontrando mayores diferencias a partir de la hora del orto. Durante las horas centrales del día las diferencias empiezan a ser notables, comportándose la distribución del mismo modo que la descrita en el apartado 4.5.1. A partir de las 18:00 h las diferencias comienzan a disminuir y al final del día las diferencias entre zonas se hacen mínimas.

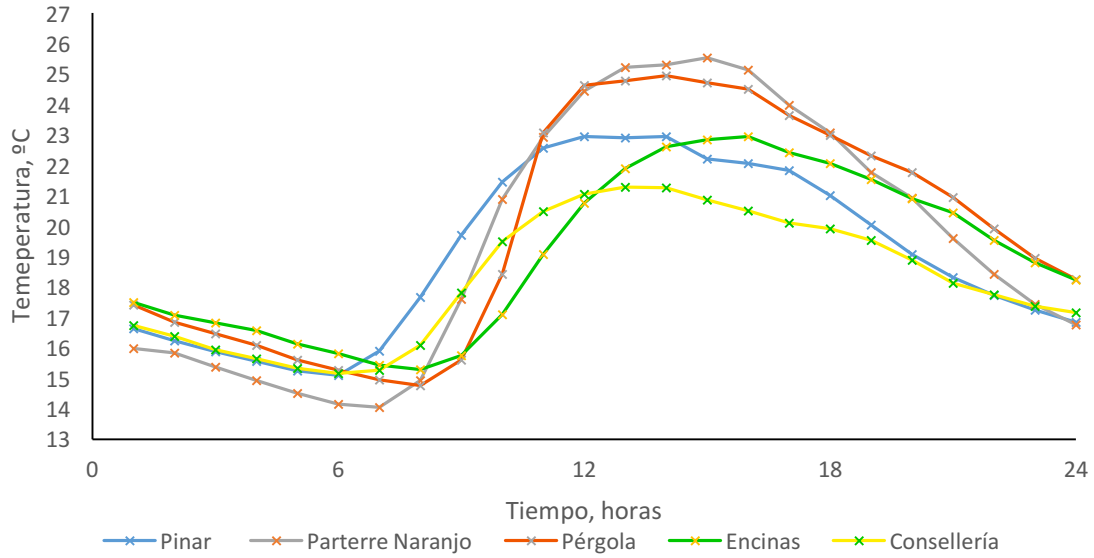


Figura 4.26. Ciclo diario medio (°C) correspondiente al mes de mayo del 2018 en diferentes elementos de infraestructura verde del distrito de Benicalap, y una estación meteorológica situada en el centro urbano.

Tabla 13. Ciclo diario medio de temperatura (°C) correspondiente al mes de mayo en las diferentes zonas de infraestructura verde del parque de Benicalap y una estación meteorológica situada en el centro urbano.

Horas	Ciclo diario medio (°C)				
	Pinar	Parterre Naranja	Pérgola	Encinas	Consellería
0:00	16,6	16,0	17,4	17,5	16,7
1:00	16,2	15,8	16,8	17,1	16,4
2:00	15,9	15,4	16,5	16,8	15,9
3:00	15,5	14,9	16,1	16,6	15,6
4:00	15,2	14,5	15,6	16,1	15,3
5:00	15,1	14,1	15,3	15,8	15,2
6:00	15,9	14,0	15,0	15,4	15,3
7:00	17,7	14,9	14,8	15,3	16,1
8:00	19,7	17,6	15,6	15,7	17,8
9:00	21,5	20,9	18,4	17,1	19,5
10:00	22,6	22,9	23,1	19,1	20,5
11:00	22,9	24,4	24,6	20,7	21,1
12:00	22,9	25,2	24,8	21,9	21,3
13:00	23,0	25,3	24,9	22,6	21,3
14:00	22,2	25,5	24,7	22,8	20,9
15:00	22,1	25,1	24,5	22,9	20,5
16:00	21,8	24,0	23,6	22,4	20,1
17:00	21,0	23,1	23,0	22,1	19,9
18:00	20,0	21,8	22,3	21,5	19,5
19:00	19,1	20,9	21,8	20,9	18,9
20:00	18,3	19,6	20,9	20,5	18,1
21:00	17,7	18,4	19,9	19,5	17,7
22:00	17,2	17,4	19,0	18,8	17,4
23:00	16,8	16,8	18,3	18,2	17,2

5 CONCLUSIONES

Los resultados del presente TFG permiten obtener las siguientes conclusiones:

- El análisis de las series históricas de datos disponibles muestra que las temperaturas medias anuales tienden a aumentar conforme pasan los años, registrándose un aumento promedio desde la primera serie de datos históricos disponible (1961-1990) hasta la serie 2012-2016 de 1,1 °C. Lo mismo ocurre con la temperatura media de las mínimas y la media de las máximas. Este aumento progresivo de las temperaturas, conlleva una disminución de las humedades relativas.
- El efecto que la isla de calor provoca en la ciudad de Valencia es evidente cuando se comparan los valores de la estación de Viveros con las del área metropolitana. Este efecto se corrobora cuando se analizan el número de noches tropicales anuales, presentando la estación situada en la ciudad el mayor número de noches con mínimas superiores a los 20°C.
- Los resultados obtenidos del estudio de las condiciones climáticas en los diferentes elementos de infraestructura verde, muestran la eficacia y la importancia de la infraestructura verde en el interior de las ciudades.
- Para el breve período estudiado se hace evidente el efecto de la cubierta vegetal sobre el comportamiento térmico y de humedad del aire, siendo las zonas con coberturas más densas las que presentan menor temperatura y mayor humedad. No se encontraron grandes diferencias entre la cobertura densa de la encina con la menos densa de pinar.
- Por último, la comparación de los valores registrados en diferentes elementos de infraestructura verde y los registrados en la ciudad durante el mes de mayo, muestra que la temperatura en el entorno urbano era menor que en la zona de parque. Esto se podría explicar por los valores relativamente bajos acaecidos en el mes estudiado, impidiendo la infraestructura verde que la temperatura sea demasiado baja y actuando como amortiguador. Sin embargo, en épocas de mucho calor se esperaría que las temperaturas registradas en la zona urbana fueran más elevadas que las registradas en Benicalap, invirtiendo el efecto amortiguador de la infraestructura verde. Esto deberá ser corroborado en un futuro a partir de los registros que se siguen realizando en la zona del parque.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Cueva, A. J. P., Valenciana, C., & i Ordenació, D. G. D. U. (Eds.). (1994). *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Direcció General d'Urbanisme i Ordenació del Territori.
- Barry, R. G., Chorley, R. J., & Guilló, A. M. (1999). *Atmósfera, tiempo y clima* (No. 551.5 B 279aE551. 5 B 279aE551. 5 B 279aE). Omega.
- Cuadrat, J. M., & Pita, M. F. (2009). *Climatología*.
- Fernández García, F. (1996). Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. *Madrid, Editorial Síntesis*.
- Tomás, D. D. (2002). Estudio del comportamiento de la humedad relativa del aire en centros urbanos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (33), 159-170.
- Messana, J. O., Planells, M. V., Galán, F. G., & Cerezuela, A. L. (2016). Tecnología sostenible en las ciudades del futuro.
- Lehoczky, A., Sobrino, J. A., Skoković, D., & Aguilar, E. (2017). The Urban Heat Island Effect in the City of Valencia: A Case Study for Hot Summer Days. *Urban Science*, 1(1), 9.
- Tejedor, E., Cuadrat, J. M., Saz-Sánchez, M. Á., Serrano Notivoli, R., López, N., & Aladrén, M. (2016). Isla de calor y confort térmico en Zaragoza durante la ola de calor de julio de 2015.
- Cervelló Royo, J. (2008). Estudio climatológico del monte V-1007 de La Hunde y la Palomera en el término municipal de Ayora (Valencia). *Valencia. Proyecto de Fin de Carrera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos*.
- ROSES SANTOS, X. A. V. I. E. R. (2018). *Análisis de indicadores de sostenibilidad para cuantificar los servicios ambientales que aporta la infraestructura verde en el barrio de Alirós (Valencia)* (Doctoral dissertation).
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.

- CE, 2013. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. COM/2013/0249 final. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0249&from=EN>
- <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Table%201%20GI.pdf>

