



# Trabajo Final de Grado

## “Estudio climatológico de la ciudad de Elche”

---

Autor: **Miguel Maestre Sanz**

Tutor: **Giménez Torres, Joaquín**

Curso Académico: 2015/2016

Grado en Ciencias Ambientales

Facultad: Ciencias Experimentales

Departamento: Física y Arquitectura de Computadores

Área de Física Aplicada

---

## ÍNDICE

1.	Introducción .....	4
1.1.	Definición de clima y sus diferentes clasificaciones.....	4
1.2.	Diferentes climas de la Península Ibérica.....	5
2.	Objetivos .....	10
3.	Metodología .....	11
3.1.	Estaciones de estudio.....	11
3.2.	Procedimiento utilizado para el análisis estadístico de los datos meteorológicos.....	12
3.3.	Procedimiento utilizado para la caracterización del clima.....	13
4.	Resultados .....	14
4.1	Resultados de la estación de la Generalitat Valenciana .....	14
4.2	Resultados de la estación de MeteoElche.....	15
4.3	Análisis de parámetros de las estaciones.....	15
4.4	Variabilidad anual.....	20
4.5	Comparativa mensual de las diferentes variables .....	22
4.6	Comparativa entre las estaciones meteorológicas .....	25
4.7	Caracterización del clima.....	31
5.	Conclusiones.....	38
6.	Proyección futura .....	39
7.	Bibliografía.....	40

## **Resumen**

Este trabajo se estudia, mediante análisis estadísticos, el cambio en los parámetros de (temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar). Además de ello, también hemos caracterizado el clima de la ciudad de Elche. Se han obtenido los datos de dos estaciones meteorológicas, una de ellas pertenece a la Generalitat Valenciana y la otra, a una página web de un aficionado a la meteorología, la cual registra los datos climáticos de la ciudad de Elche. En el periodo que duró este estudio (2003-2015) se ha podido observar que no se han producido cambios significativos en los diferentes parámetros. En lo referente al clima, se ha podido observar una tendencia al clima desértico cálido (BWh).

## **Abstract**

This work is studied by statistical analysis, the change in parameters (temperature, precipitation, relative humidity and solar radiation). In addition, we have also characterized the climate of the city of Elche. They were obtained data from two weather stations, one of which belongs to the Generalitat Valenciana and the other to a website of an amateur meteorology, which records weather data from the city of Elche. In the period that lasted this study (2003-2015) it has been observed that there have been no significant changes in the different parameters. Regarding the climate, it has observed a tendency to warm desert climate (BWh).

## **Palabras Clave**

Estación meteorológica, clima, análisis estadísticos, Elche.

## **Keywords**

Weather station, weather, stadistical analysis, Elche.

# 1. Introducción

---

## 1.1. Definición de clima y sus diferentes clasificaciones

Clima: es el conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a él.

Para definir el clima de una zona, es necesario realizar un estudio de los diferentes parámetros durante un periodo de unos 30 años [Hufty, H., 1984]. Durante este periodo, se trata de evaluar la variación de los patrones como la temperatura, humedad, presión atmosférica, viento y precipitación.

El clima de una región está generado por el sistema climático que consta de cinco componentes: atmósfera, hidrósfera, criosfera, litosfera y biosfera.

El clima de una región está influenciado por su altitud, terreno y latitud, además de por las masas de agua cercanas que puedan tener y de sus corrientes.

Los climas pueden clasificarse por diferentes métodos. Se pueden distinguir dos grandes grupos [Hufty, H., 1984;]:

- 1) Los que toman como base la circulación general o regional de la atmósfera (Alissov, Flöhn, Borchet o Strahler)
- 2) Los que combinan parámetros climáticos reagrupados o no en índices (Martonne, Köppen, Thornthwaite o Budyko)

Por ejemplo, la clasificación de Alissov se basa en la situación de las masas de aire y de los principales frentes, teniendo en cuenta sus desplazamientos estacionales.

La clasificación de Köppen se basa en dos factores climáticos: la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible. Es una de las clasificaciones más utilizadas.

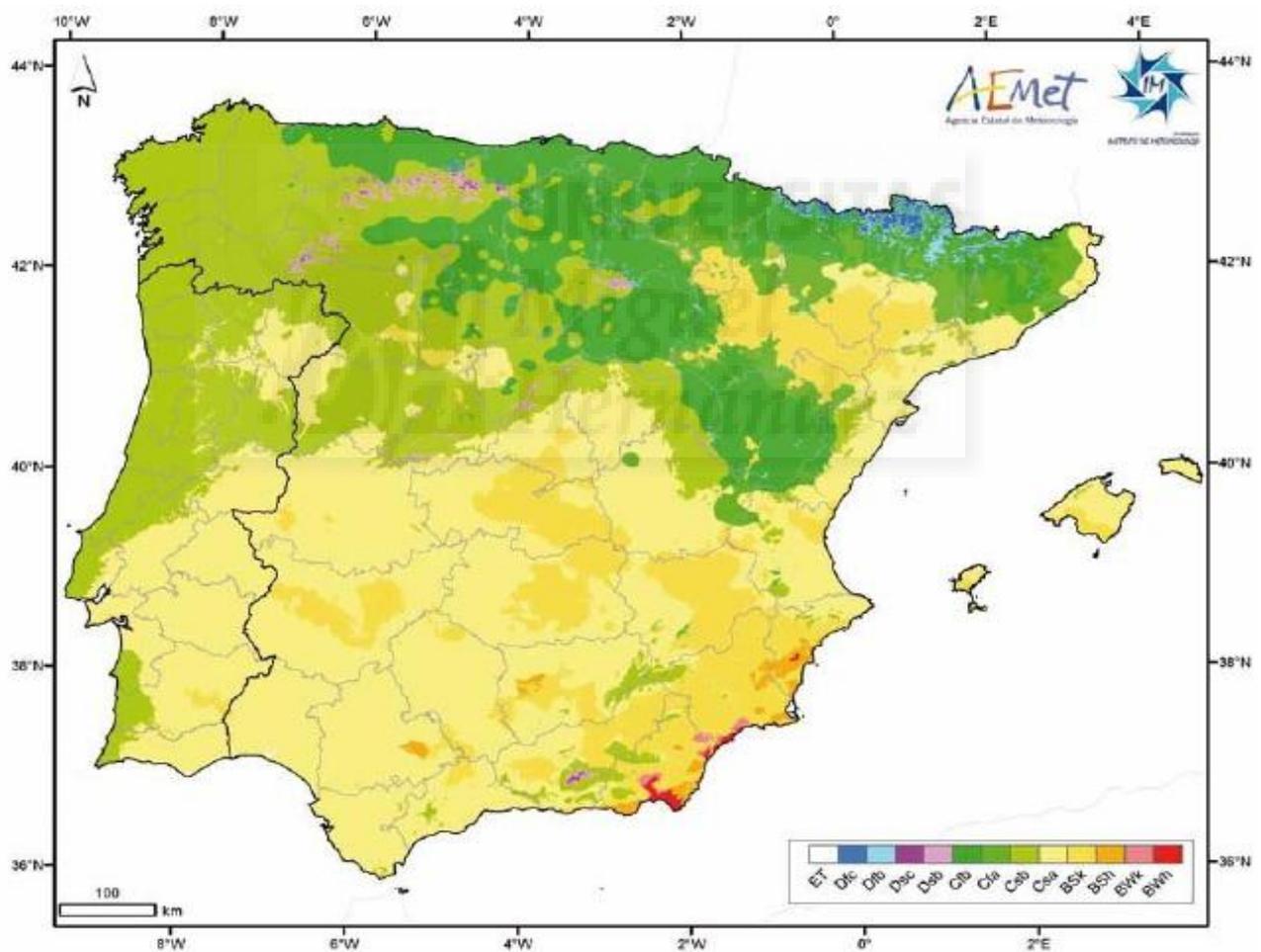
La clasificación de Thornthwaite surge para corregir algunas deficiencias de la clasificación de Köppen. Ambas clasificaciones utilizan la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible pero ésta clasificación enfatiza la importancia de la precipitación y de la evaporación. Para describir mejor la humedad disponible para el crecimiento vegetal, Thornthwaite utiliza el concepto de

evapotranspiración potencial que representa la cantidad de agua que pasa a la atmósfera procedente del suelo y la vegetación si hay agua suficiente.

Pese a que hay diferentes clasificaciones, no existe una clasificación climática completa que sea válida para todo el mundo.

## 1.2. Diferentes climas de la Península Ibérica

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, (última revisión de 1936, conocida como clasificación de Köppen-Geiger), muy utilizada en estudios climáticos y que define distintos tipos de clima a partir de valores medios mensuales de precipitación y temperatura, podemos distinguir 4 climas principales dentro de la península ibérica (ver figura 1): clima seco, clima templado, clima frío y clima polar [AEMET, Instituto de Meteorología de Portugal, 2011; Ahrens C.D., 2000]



**Figura 1.** Clasificación climática de Köppen-Geiger en la península Ibérica. Imagen obtenida del atlas climático de la AEMET.

## 1. El Clima Seco. Presenta 4 subtipos:

**Desierto cálido (BWh) y desierto frío (BWk):** el clima BWh se caracteriza por tener días de verano con una temperatura máxima superior a 50°C y con una humedad relativa entre en 5-25%. Las noches de verano registran una temperatura mínima inferior a 25°C. En invierno, las temperaturas son más moderadas y la mínima puede caer por debajo de cero. La temperatura media anual es mayor de 18°C. El clima BWk se caracteriza por veranos de cálidos a calurosos y con inviernos extremadamente fríos <-35°C. Las precipitaciones son tormentosas en veranos y ciclónicas en invierno. La temperatura media anual tiene que ser menor de 18°C. Se localizan en pequeñas áreas del sureste de la península Ibérica, más concretamente en Almería, Murcia y Alicante.

**Estepa cálida (BSh) y estepa fría (BSk):** las estepas se caracterizan por registrar una precipitación entre 200 y 400 mm al año y con una gran amplitud térmica. El clima BSh se caracteriza por unas temperaturas medias anuales superiores a 18°C. El clima BSk se caracteriza por unas temperaturas medias anuales inferiores a 18°C. Se extiende ampliamente por el sureste de la Península y el valle del Ebro. También lo podemos encontrar en menor extensión en la meseta sur, Extremadura y en las Islas Baleares.

**2. Clima Templado:** la temperatura media del mes más frío oscila entre los 0-18°C y las precipitaciones medias anuales están entre 300 y 900 mm. Se subdivide en los siguientes tipos:

**Templado con verano seco y caluroso (Csa):** se aprecia en el interior con unos veranos calurosos y los inviernos más fríos que en la costa. Se caracteriza por presentar un periodo seco en verano y la temperatura media del mes más cálido superior a 22°C. Es la variedad de clima de mayor extensión en la Península y Baleares, ocupando el 40% de la superficie. La mayor parte de la mitad sur y regiones costeras mediterráneas, exceptuando las zonas áridas del sureste, presentan esta variedad de clima.

**Templado con verano seco y templado (Csb):** solamente difiere del anterior en que la temperatura media del mes más cálido es igual o inferior a 22°C y con cuatro meses o más con una temperatura media superior a 10 °C. Se encuentra en el noroeste de la Península y en varias áreas montañosas del interior.

**Templado sin estación seca con verano caluroso (Cfa):** la temperatura media del mes más cálido es superior a 22°C y no presenta ningún periodo seco. Se caracteriza por veranos calurosos y bochornosos debido a las altas subtropicales situadas al este que inyectan aire tropical marítimo en estas zonas y por unos inviernos relativamente moderados y variables ya que en horas un tiempo casi veraniego puede dar paso a lluvia, viento y frío cuando una borrasca y sus frentes pasan por la

región. La precipitación es regular a lo largo del año con promedios anuales entre 800 mm y 1650 mm. Abarca el noreste de la península Ibérica (Pirineos).

**Templado sin estación seca con verano templado (Cfb):** la temperatura media del mes más cálido es igual o inferior a 22°C y con cuatro meses o más con una temperatura media superior a 10°C, al igual que para la variedad Csb. Se caracteriza por tener unos veranos más largos pero frescos. Se localiza en la región cantábrica, el sistema Ibérico, parte de la meseta norte y gran parte de los Pirineos excepto las áreas de mayor altitud.

**3. Clima Frío:** la temperatura media del mes más frío es inferior a 0°C y la del mes más cálido supera los 10 °C. Se consideran los siguientes subtipos:

**Frío con verano seco y templado (Dsb) y frío con verano seco y fesco (Dsc):** el clima Dsb se caracteriza por una temperatura media anual del mes más cálido que no supera los 22°C pero se superan los 10°C durante cuatro o más meses al año. El clima Dsc se caracteriza por unas temperaturas medias superiores a 10°C menos de cuatro meses al año y el mes más frío está por encima de -38°C. Ocupa pequeñas áreas de alta montaña de la cordillera Cantábrica, sistema Ibérico, Sistema Central y sierra Nevada.

**Frio sin estación seca y verano templado (Dfb) y frío sin estación seca y verano fresco (Dfc):** el clima Dfb se caracteriza por la temperatura media del mes más cálido es menor a 22°C y al menos hay cuatro meses con una temperatura media superior a 10°C. Los inviernos son largos, fríos y ventosos. Por su parte, el clima Dsc se caracteriza por la temperatura media de todos los meses es menor a 22°C y de uno a tres meses con una temperatura media superior a 10°C. Los inviernos son severos y los veranos son cortos y frescos. Abarca áreas de alta montaña de los pirineos, algunas zonas pequeñas de alta montaña de la cordillera Cantábrica y el sistema Ibérico.

**4. Clima Polar:** la temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C. Köppen distingue dos tipos: tundra y glacial, pero el subtipo glacial no se presenta en nuestra área de estudio.

Solamente encontramos el subtipo tundra (ET) en pequeñas zonas de alta montaña de los Pirineos Centrales (áreas de mayor altitud de la cordillera). Se caracteriza por tener una temperatura el mes más cálido mayor de 0°C pero inferior a 10°C. La precipitación es escasa (<200 mm anuales).

Esta clasificación será utilizada en el apartado 4.7 de resultados de este estudio para averiguar el clima al cual pertenece la zona de este estudio, en concreto, la ciudad de Elche (Alicante).

Otra clasificación climática de la Península Ibérica según [Vide, J, y Olcina, J., 2001], nos dice que hay tres grandes tipos de clima:

- Clima canario o subtropical-tropical.
- Clima oceánico o marítimo de las costas occidentales de latitudes medias u oceánico templado.
- Clima mediterráneo o subtropical de fachada occidental o subtropical húmedo seco.

**1.-Climas Oceánicos Atlánticos:** se distinguen tres variedades, el gallego, el asturiano/cántabro y el vasco litoral. Este clima se caracteriza por una abundante nubosidad y una elevada humedad ambiental. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 11-15°C y las precipitaciones van desde los 900-2500 mm anuales.

**2.-Climas mediterráneos:** hay diferentes subtipos, el submediterráneo, el continental, de fachada oriental, meridional, árido o del sureste y de montaña. Se caracterizan por un verano extremadamente seco, con unas precipitaciones medias anuales entre 150 mm anuales, en el árido o del sureste, y 2000 mm anuales, en el de montaña y con unas temperaturas medias anuales que oscilan entre los 10°C en la meseta norte y 18,5°C en el valle del Guadalquivir o en el sureste.

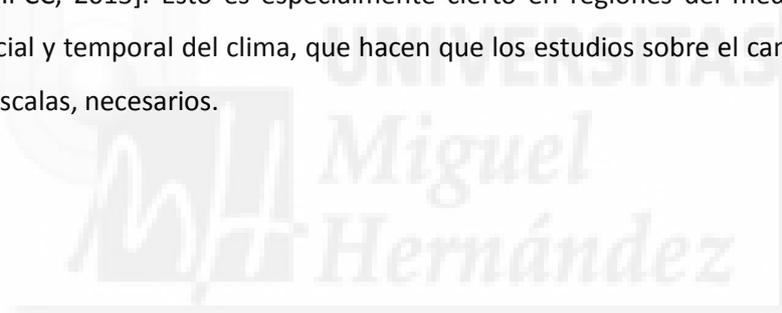
**3.-Subtropical/tropical:** hay diferentes subtipos, el litoral, de mar de nubes y de altura. Se caracterizan por unas precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 75 mm del litoral y los 1000 mm de mar de nubes y con unas temperaturas medias anuales entre menos de 12°C de altura y los 21°C del litoral.

Por otras parte, las temperaturas superficiales están subiendo globalmente [Jones y Moberg, 2003], aunque el calentamiento no ha sido uniforme en el globo ni espacial ni estacionalmente [Jones et al., 1999]. Algunas áreas se han calentado más que otras; mientras que otras regiones no muestran cambios o incluso se han enfriado. Más aún, el invierno y la primavera se han se han calentado a mayor velocidad que el verano y el otoño. Para la mayor parte de Europa, esto ha llevado a una reducción del contraste estacional [Jones, 2001].Dicho esto, es necesario tener en cuenta que los estudios a pequeña escala son cruciales para mejorar nuestros conocimientos de las variaciones de temperatura a largo plazo. Hay numerosos estudios sobre los cambios de temperatura en España de manera mensual que han puesto en evidencia el calentamiento del país utilizando datos de grupos de estaciones de medida, [Oñate y Pou, 1996; Esteban-Parra et al., 2003a]o estudiando series temporales para la España peninsular [Brunet et al., 2001a, 2001b; Brunet et al., 2002; Rodríguez-Puebla et al., 2002; Brunet et al., 2005; Brunet et al., 2006]o para diferentes subregiones [Esteban-Parra et al., 1995; Abaurrea et al., 2001; Brunet et al., 2001c, 2001d; Galan et al., 2001; Horcas et al.,2001; Staudt, 2004; Staudt et al., 2005; Morales et al.,2005].

Todos los resultados indican que la característica más notable del cambio de temperatura en España durante del siglo XX ha sido un calentamiento brusco y fuerte registrado desde principios de los 70 en adelante. Además, en el transcurso del vigésimo siglo, el calentamiento en España no se ha producido de forma constante ni monótona identificándose diversos periodos. El calentamiento no se ha producido con igualdad durante todo el año, el invierno ofrece las mayores tasas de cambio. Finalmente, los resultados de la mayoría de los estudios muestran que la temperatura máxima se ha incrementado a mayor velocidad que la temperatura mínima [Brunet et al., 2007; Del-Río et al., 2012]

De entre los trabajos relacionados con los cambios en las precipitaciones citaremos los trabajos relacionados con la zona mediterránea de Esteban-Parra et al., 1998; Millán et al., 2005; Muñoz-Díaz and Rodrigo, 2006; Estrela et al., 2010; Gonzalez-Hidalgo et al., 2010; y Gallego et al., 2011 que ponen de manifiesto una disminución en la precipitación, su variabilidad y distribución espacial.

Así mismo, los últimos informes de IPCC han indicado que la variabilidad más amplia y de mayor incertidumbre sobre los impactos del cambio climático son sobre el cambio de patrones a nivel regional y local [IPCC, 2013]. Esto es especialmente cierto en regiones del mediterráneo dada su variabilidad espacial y temporal del clima, que hacen que los estudios sobre el cambio climático y su impacto, en sus escalas, necesarios.



## 2. Objetivos

---

Los objetivos de este trabajo son:

1. Caracterización del clima de la ciudad de Elche según Köppen.
2. Analizar el efecto ciudad.
3. Identificación de años climáticamente anómalos.



### 3. Metodología

---

#### 3.1. Estaciones de estudio

Se utilizaron dos estaciones meteorológicas presentes en la ciudad de Elche. Una de las estaciones pertenece a la Generalitat Valenciana y se encuentra a las afueras de la ciudad. La otra estación meteorológica, pertenece a un aficionado a la meteorológica que publica los resultados en la página web [www.MeteoElche.com](http://www.MeteoElche.com). Esta estación, se encuentra en la misma ciudad de Elche en la azotea de un edificio cerca de la anterior en un contexto suburbano. Con estas estaciones meteorológicas, podemos ver el efecto ciudad cuando comparemos ambas estaciones meteorológicas.

Estas estaciones junto con sus coordenadas y altitud sobre el nivel del mar se muestran en la tabla.

**Tabla 1:** Localización de las Estaciones Meteorológicas

Estación	Latitud	Longitud	Altitud(m)
Generalitat	38°14'53,2N	0°41'52,6W	57
MeteoElche	38°15'24N	0°42'10W	92,5

El estudio sobre las estaciones mencionadas anteriormente comprende diferentes años. La estación de la Generalitat Valenciana tiene datos desde el año 2003 hasta el 2015 mientras que la otra estación meteorológica, tiene datos desde el año 2009 hasta el 2015.

En la estación de la Generalitat Valenciana, el año 2006 no se pudo estudiar ya que no hay datos de ningún parámetro de los que consta el estudio.

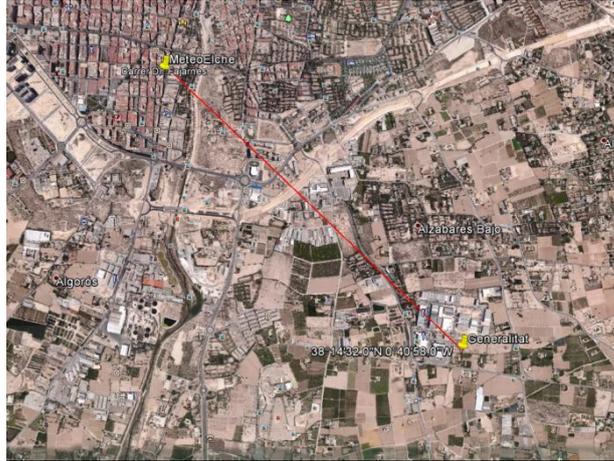


Figura 2: Ubicación estaciones meteorológicas separadas por 2400 metros

### **3.2.Procedimiento utilizado para el análisis estadístico de los datos meteorológicos**

Una vez seleccionadas las estaciones de análisis, se obtuvieron los valores de temperatura, tanto máxima, media como mínima, humedad relativa, tanto máxima, media como mínima, radiación solar, tanto máxima como media, y la precipitación. Una vez obtenidos estos datos, se realizaron test estadísticos, con el objetivo de analizar: la evolución temporal de los parámetros, los valores medios y las diferencias estadísticas entre las estaciones, si las hubiese, en la evolución temporal.

Para realizar los test estadísticos, utilizamos el programa informático llamado SPSS. La secuencia sería, comprobar primero si las series son normales, mediante los test de Kolmogorov-Smirnoff, si tenemos más de treinta datos, y Spaphiro-Wilks, si tenemos menos de treinta datos. Si la serie es normal, realizamos el test estadístico de Levene, que es una prueba estadística inferencial utilizada para evaluar la igualdad de las varianzas de distintas series. Si las varianzas son iguales, utilizamos el test HSD Tukey, cuando se evalúan más de dos series, que es un test estadístico que se realiza con posterioridad al ANOVA, es un test post-hoc. Este test, sirve para identificar qué año proporciona datos que alteran la media, en caso de que el resultado de ANOVA concluya que alguna de las medias difiera estadísticamente de las demás. Si las varianzas no son iguales, realizamos el test estadístico de Games-Howell. Este test, es similar al de Tukey, en el cual, estima que las varianzas son distintas y se corrigen los grados de libertad. Este test, es el que mejor controla la tasa de error en diferentes situaciones.

Si realizamos el test de de Kolmogorov-Smirnoff y Spaphiro-Wilks y el resultado es que la serie no es normal, se realiza el test de Kruskal-Wallis. Este test no contrasta que las medias sean iguales, sino si

las medianas son iguales. Si el test nos da un nivel de significación superior a 0,05 significa que hay una gran evidencia estadística de que los resultados obtenidos son similares. Por el contrario, si el nivel de significación es inferior a 0,05, quiere decir que hay una gran evidencia estadística de que los resultados obtenidos no sean similares. Cuando obtenemos un nivel de significación inferior a 0,05, realizamos el test de U-Mann-Whitney, para identificar las medianas diferentes. Este test, contrasta las medianas de dos grupos independientes con libre distribución, es decir, que no tiene una distribución normal.

Para observar el efecto ciudad que puede haber entre las dos estaciones estudiadas, realizamos una comparativa entre ambas estaciones para un parámetro. Primero de todo, comprobamos si las series son normales, para poder aplicar el test paramétrico T-Student si hay normalidad o el de U-Mann-Whitney si no la hay. El test nos va a decir si la diferencia entre las medias o medianas de ambas series es significativa, para ello, usaremos el valor de significancia 0,05.

### **3.3.Procedimiento utilizado para la caracterización del clima**

Para la caracterización del clima, realizamos unos climogramas en los cuales, tenemos datos de temperatura y de precipitación. Estos climogramas, se realizan de manera anual y en ellos se pueden observar como varían las temperaturas media y las precipitaciones a lo largo de los meses.

Para la clasificación del clima, hemos utilizado la clasificación de Köppen, la cual se basa en dos factores climáticos: la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible. Esta clasificación es una de las más utilizadas.

Para hacer la clasificación se necesita obtener la evapotranspiración potencial (*ETP*) según el método citado en Fernández García, F., 1995., y el Índice de humedad ( $I_h$ ) que se define como el cociente entre la *ETP* y la precipitación media anual. Este cálculo nos va a ayudar a distinguir entre las zonas desérticas (áridas) y la estepa (semiárida). Si  $I_h$  da un valor entre 1 y 3, se tratará de estepa, si el valor de  $I_h > 3$ , estaremos hablando de un desierto, si  $I_h$  está entre 0,45 y 1 será un bosque y si es menor de 0,45 será tundra [Hufty, H, 1984].

## 4. Resultados

A continuación, vamos a ver los resultados obtenidos en las diferentes estaciones sobre las que hemos trabajado para terminar con una comparación entre ambas estaciones meteorológicas y observar si hay diferencias entre una y otra estación.

### 4.1 Resultados de la estación de la Generalitat Valenciana

A la hora de analizar los datos, hemos agrupado los datos por meses y se han comparado la temperatura máxima y mínima, la humedad máxima y mínima y la radiación máxima. En esta estación meteorológica, analizamos los datos entre los años 2003 y 2015.

**Tabla 2:** Comportamiento de las variables de manera mensual

Meses	Temperatura		Humedad Relativa		Radiación
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	Descenso	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso
Febrero	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Descenso
Marzo	Mantenido	Ascenso	Ascenso	Descenso	Mantenido
Abril	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Mantenido	Descenso
Mayo	Ascenso	Mantenido	Ascenso	Descenso	Ascenso
Junio	Descenso	Descenso	Ascenso	Mantenido	Ascenso
Julio	Descenso	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Ascenso
Agosto	Mantenido	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso
Septiembre	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso
Octubre	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso
Noviembre	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Mantenido	Ascenso
Diciembre	Mantenido	Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso

A continuación, se expone un ejemplo de una tabla de temperatura máxima y su p-valor:

Gráfico 1: Temperatura máxima de enero

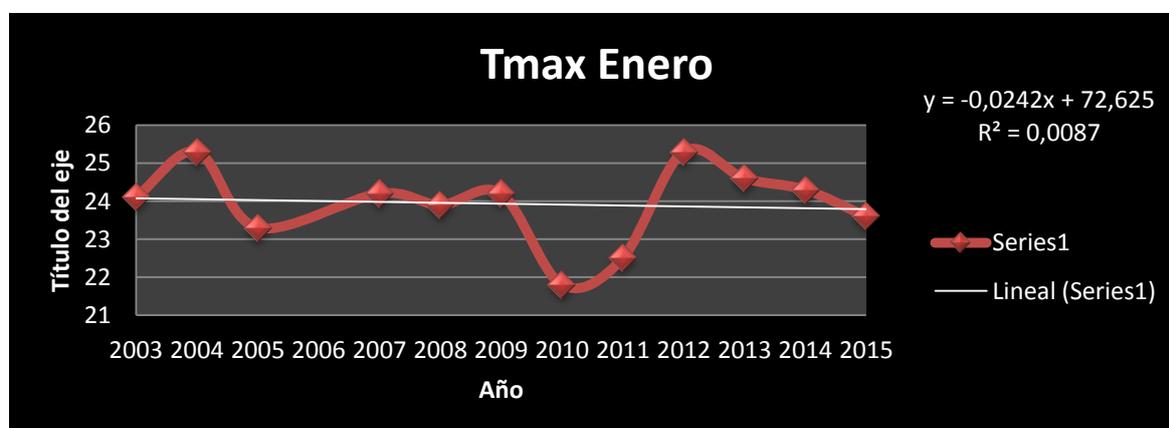


Tabla 3: P-valor de la temperatura máxima de enero.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1,502	1	1,502	,088	,773(a)
	Residual	170,748	10	17,075		
	Total	172,250	11			

En el ejemplo citado, se aprecia que no se puede concluir que el descenso sea significativo. Este hecho, ocurre de manera similar para todos los parámetros. Por lo que no hay evidencia estadística significativa de cambios en los patrones indicados.

## 4.2 Resultados de la estación de MeteoElche

A la hora de analizar los datos, hemos agrupado los datos por meses y se han comparado la temperatura máxima y mínima, la humedad máxima y mínima y la radiación máxima. En esta estación meteorológica, analizamos los datos entre los años 2009 y 2015. De manera similar a lo dicho para la anterior estación se obtiene la tabla

Tabla 4: Comportamiento de las variables de manera mensual.

Meses	Temperatura		Humedad Relativa		Radiación
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Enero	Aumento	Aumento	Aumento	Mantenido	Aumento
Febrero	Aumento	Descenso	Descenso	Aumento	Descenso
Marzo	Aumento	Aumento	Descenso	Descenso	Descenso
Abril	Mantenido	Mantenido	Descenso	Aumento	Descenso
Mayo	Aumento	Aumento	Descenso	Descenso	Descenso
Junio	Aumento	Descenso	Descenso	Mantenido	Descenso
Julio	Mantenido	Mantenido	Descenso	Aumento	Descenso
Agosto	Aumento	Descenso	Aumento	Descenso	Descenso
Septiembre	Descenso	Aumento	Aumento	Aumento	Descenso
Octubre	Aumento	Aumento	Aumento	Mantenido	Mantenido
Noviembre	Mantenido	Descenso	Descenso	Mantenido	Mantenido
Diciembre	Descenso	Aumento	Descenso	Mantenido	Descenso

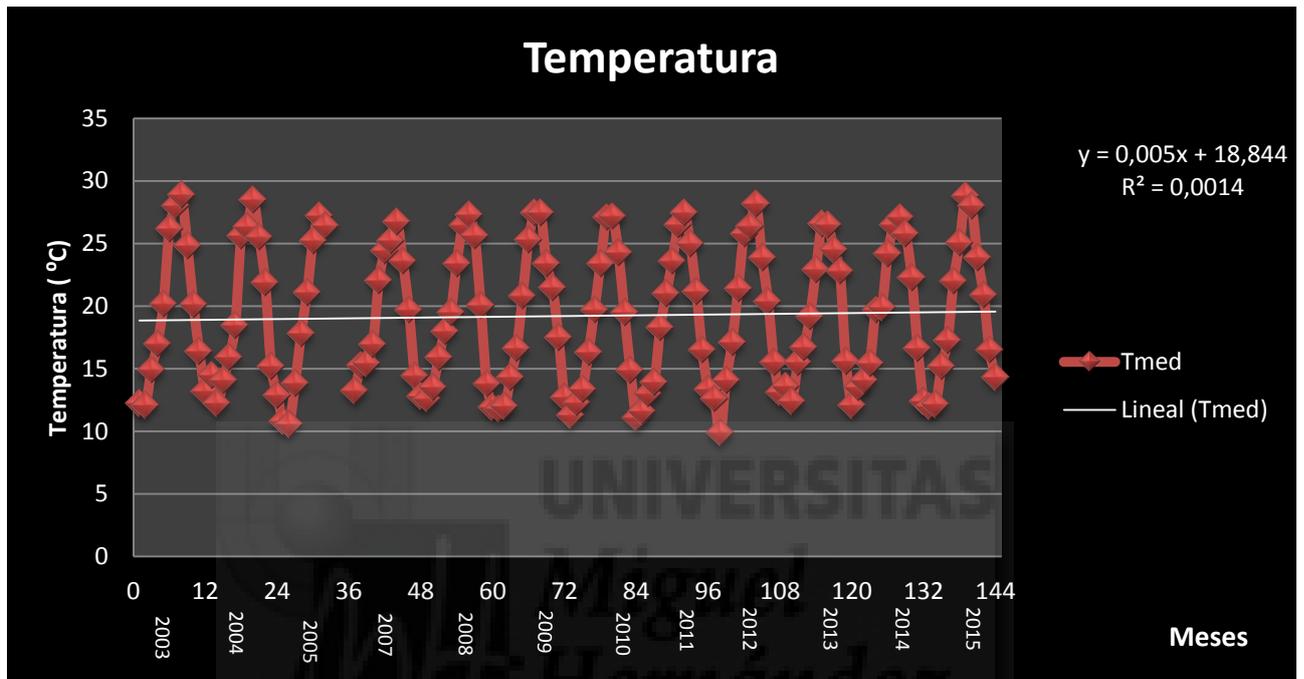
## 4.3 Análisis de parámetros de las estaciones

En este apartado, se muestra cómo han ido comportándose los diferentes parámetros a lo largo del periodo de estudio de las diferentes estaciones. Para ello, hemos realizado la media de todos los

parámetros en los diferentes meses de cada año y se han representado en gráficas, trazando una línea de tendencia y comprobando estadísticamente, que es válido el valor de  $R^2$ .

Si hablamos de la estación meteorológica de la Generalitat Valenciana, podemos observar las diferentes gráficas:

**Gráfico 1:** Temperatura media mensual a lo largo del estudio realizado.



Si hablamos de la temperatura media, podemos observar que ha habido un ligero ascenso en las temperaturas registradas entre los años 2003 y el 2015.

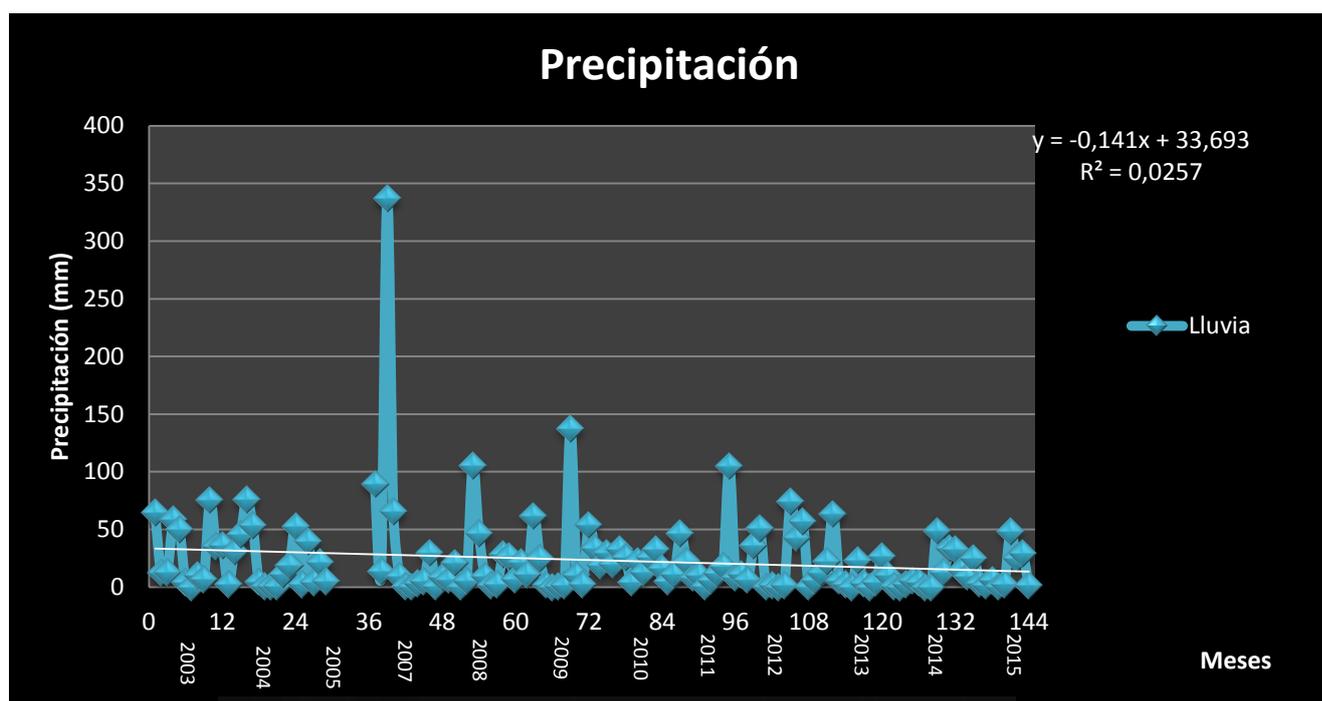
**Tabla 5:** Análisis del p-valor de la temperatura media mensual a lo largo del estudio.

#### ANOVA(b)

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	,174	1	,174	,012	,913(a)
Residual	1992,512	138	14,438		
Total	1992,686	139			

El p-valor, nos dice que este aumento no es significativo ya que es superior a 0,05, por lo que, podemos afirmar que el ascenso en la temperatura media mensual observado no es significativo.

**Gráfico 2:** Precipitación mensual a lo largo del estudio realizado.



Si hablamos de las precipitaciones, podemos observar que han ido disminuyendo a lo largo de los años que ha durado este estudio.

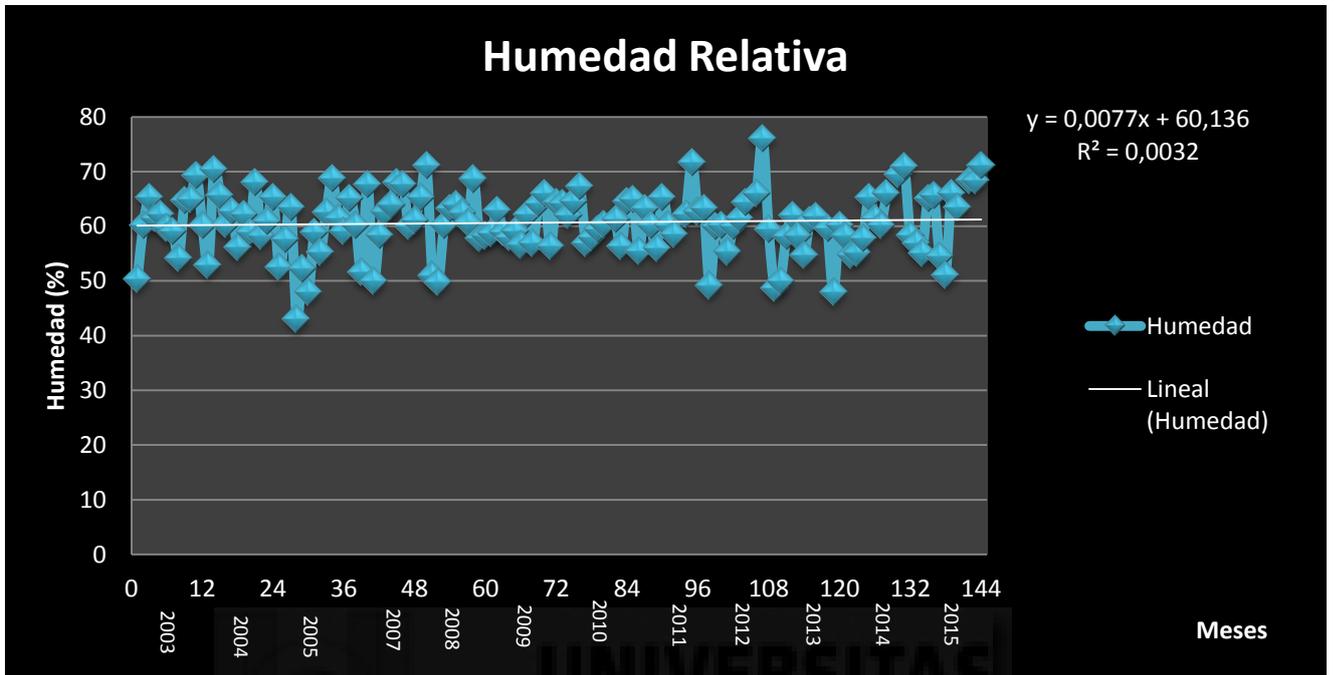
**Tabla 6:** Análisis del p-valor de la precipitación mensual a lo largo del estudio.

**ANOVA(b)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	42,457	1	42,457	3,030	,084(a)
	Residual	1891,645	135	14,012		
	Total	1934,102	136			

El p-valor, nos dice que este descenso no es significativo ya que es superior a 0,05, por lo que, podemos afirmar que el descenso en la precipitación observado no es significativo.

**Gráfico 3:** valores de humedad relativa media mensual a lo largo del estudio realizado.



A continuación, tenemos los datos de humedad relativa. Observando la gráfica, podemos observar que ha habido un ascenso en los valores de la humedad relativa a lo largo de los años que ha durado este estudio.

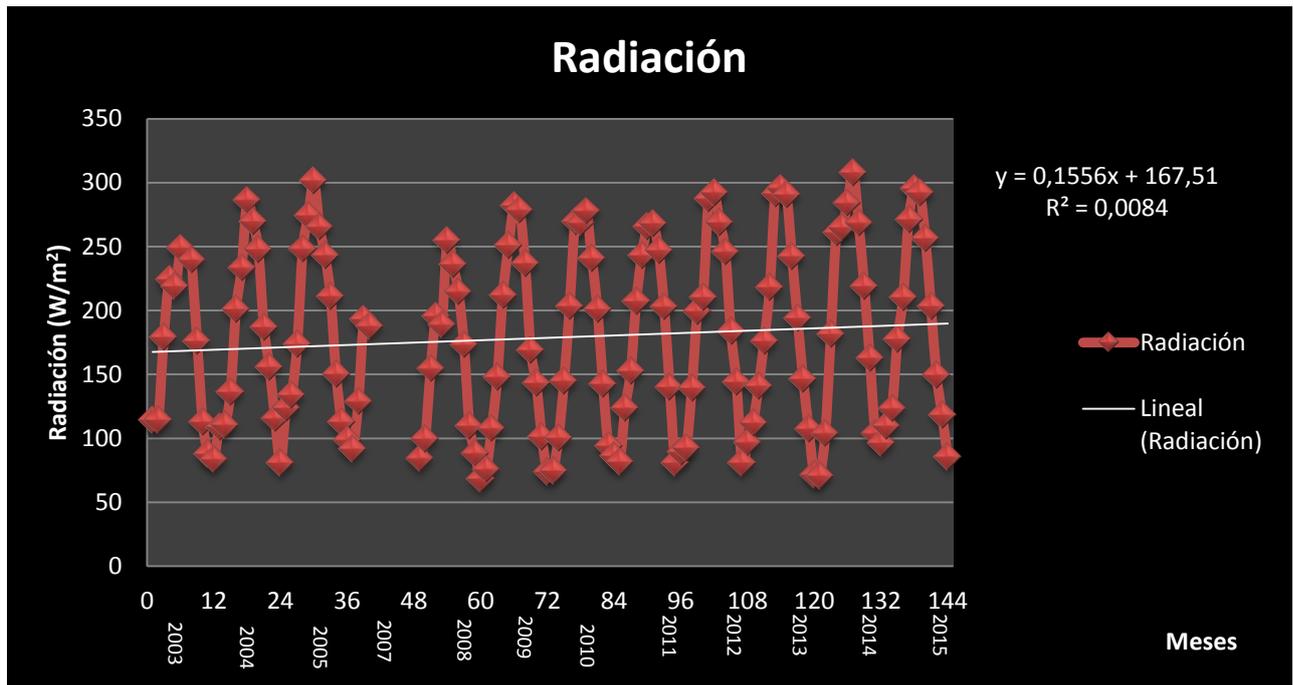
**Tabla 7:** Análisis del p-valor de la humedad relativa media mensual a lo largo del estudio realizado.

**ANOVA(b)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,655	1	2,655	,182	,670(a)
	Residual	1980,714	136	14,564		
	Total	1983,370	137			

El p-valor, nos dice que este ascenso no es significativo ya que es superior a 0,05, por lo que, podemos afirmar que el descenso en la precipitación observado no es significativo.

**Grafico 4:** valores de radiación media mensual a lo largo del estudio realizado.



Para terminar, tenemos los datos de radiación solar. La gráfica nos demuestra que ha habido un ascenso en los valores de radiación a los largo de los años que ha durado este estudio.

**Tabla 8:** Análisis del p-valor de la radiación solar media mensual a lo largo del estudio realizado.

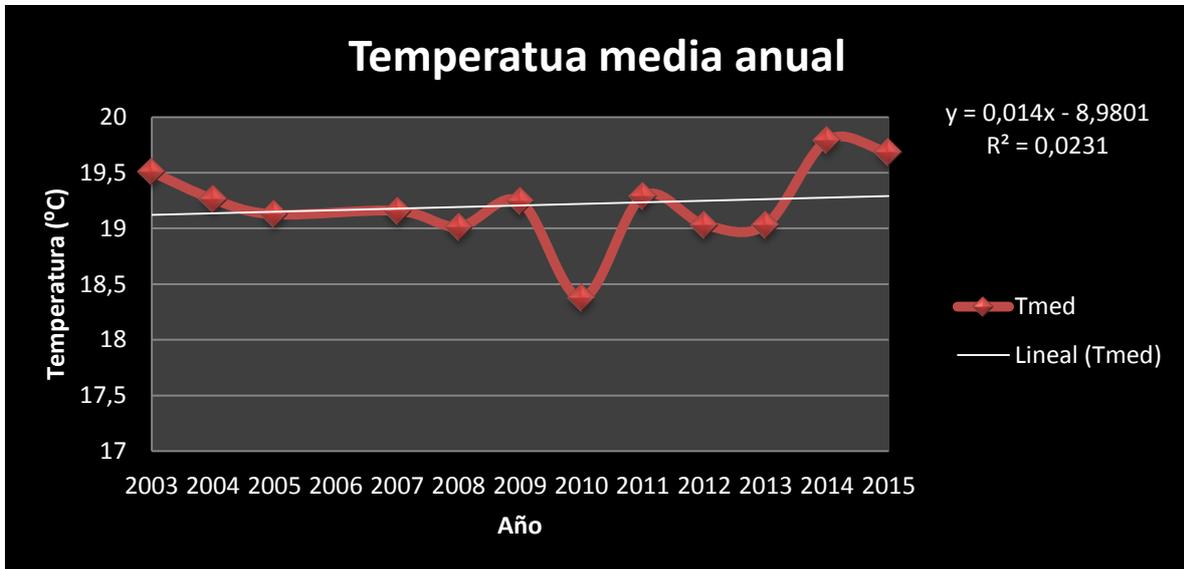
**ANOVA(b)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	16,017	1	16,017	1,083	,300(a)
	Residual	1967,064	133	14,790		
	Total	1983,081	134			

El p-valor, nos dice que este ascenso es significativo ya que es superior a 0,05, por lo que, podemos afirmar que el ascenso en la radiación observado no es significativo.

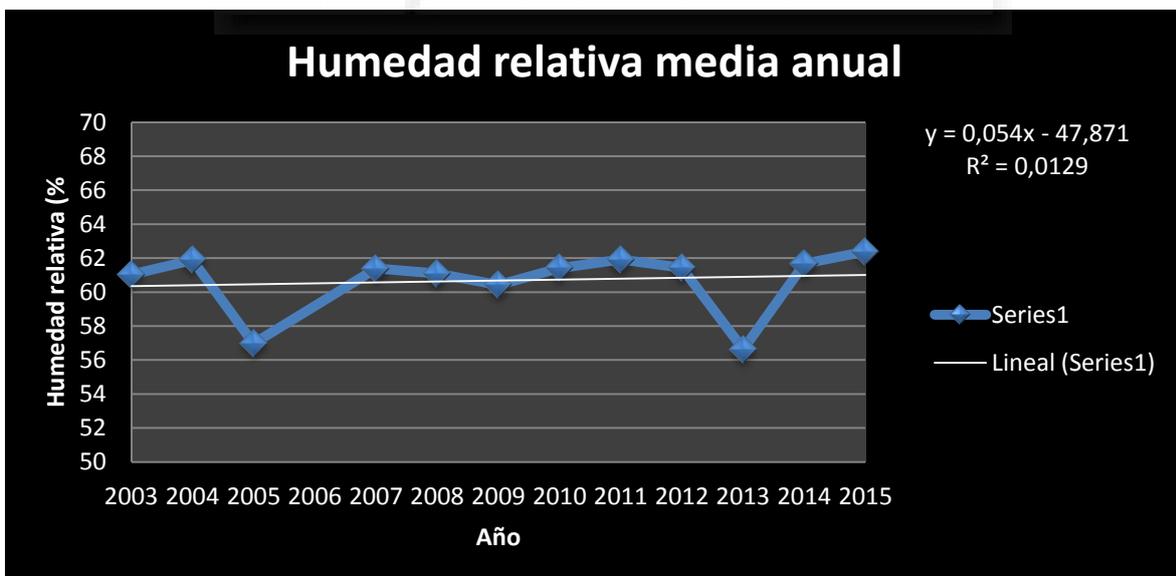
## 4.4 Variabilidad anual

Gráfico 5: Temperatura media anual



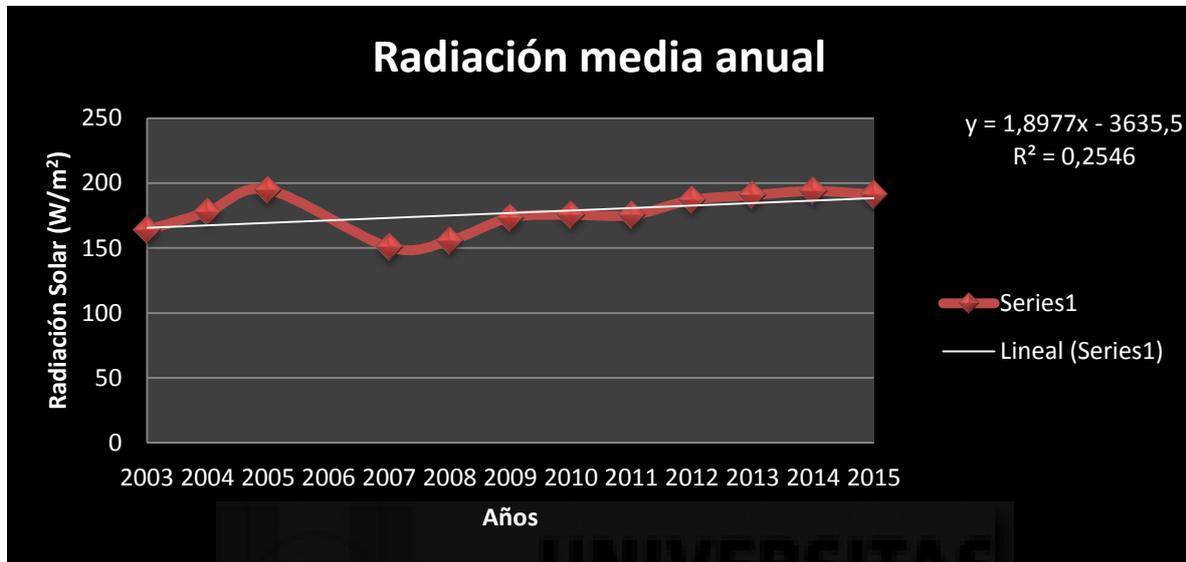
Se observa una tendencia al alza en las temperaturas pero como se va a poder observar en la tabla 9, el p-valor es superior a 0,05 por lo que estadísticamente, no se observa un incremento en las temperaturas medias anuales.

Gráfico 5: Humedad relativa media anual



Si analizamos la humedad relativa media anual, podemos observar de que hay una tendencia al alza en la humedad relativa pero como se va a poder observar en la tabla 9, el p-valor es superior a 0,05 por lo que estadísticamente, no se observa un incremento en la humedad relativa media anual.

**Gráfico 6:** Radiación media anual



Si analizamos la radiación media anual, podemos observar de que hay una tendencia al alza en los valores de radiación pero como se va a poder observar en la tabla 9, el p-valor es superior a 0,05 por lo que estadísticamente, no se puede afirmar que hay un incremento en los valores de radiación solar media.

**Tabla 9:** Valores del p-valor de la temperatura media anual, de la humedad relativa media anual y de la radiación media anual.

	F	p-valor
Tmed Anual	0,452	0,517
Hmed Anual	0,103	0,755
Rmed Anual	4,6	0,058

Si hubiera salido el aumento significativo, haremos notar que en la web de la nasa ([http://ciencia.nasa.gov/ciencias-espaciales/08jan\\_sunclimate/](http://ciencia.nasa.gov/ciencias-espaciales/08jan_sunclimate/)) se informa que la constante solar apenas varía en el tiempo por lo que habría que buscar otras causas que lo justificará. A continuación se adjunta la cita literal de la NASA: “Variación solar es el nombre que se le da a todas aquellas

variaciones que acontecen en el Sol. Se trata de fluctuaciones en la cantidad de energía emitida por el Sol. Y se pueden dar a dos niveles. Variaciones en la luminosidad y en el viento solar o campo magnético. Ambas suelen estar interrelacionadas y tienen efectos visibles como las manchas solares. A pesar de todo, el valor medio de la radiación solar, 1366 W/m<sup>2</sup>, apenas cambia. De hecho las oscilaciones producidas por el ciclo de las manchas solares no van más allá de 1 W/m<sup>2</sup>.

#### 4.5 Comparativa mensual de las diferentes variables

En este punto, vamos a ver cómo varían las diferentes variables en los diferentes meses. Si nos vamos, como ejemplo, a la temperatura máxima de los meses de Julio, podemos observar lo siguiente:

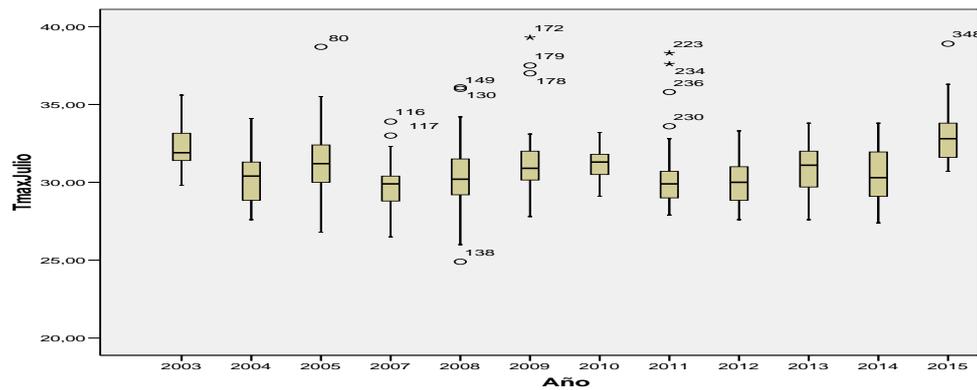
**Tabla 10:** Comparativa de los meses de julio para ver si tienen o no una mediana igual

JULIO	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2003	SI	NO	SI									
2004	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
2005	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
2007	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
2008	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO
2009	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
2010	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO
2011	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
2012	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
2013	NO	SI	NO									
2014	NO	SI	NO									
2015	SI	NO	SI									

Esta tabla se ha realizado a partir de test de U-Mann-Whitney y cuando pone que SI es porque el valor significativo es mayor de 0,05, es decir que tienen una mediana igual, mientras que si pone que NO, es porque el valor significativo es menor de 0,05, por lo que tienen una mediana diferente. Esto vale para todas las tablas que se expongan en este punto.

Analizando la tabla, observamos que hay dos meses de julio que son anómalos, el del año 2003 y el año 2015. El motivo podemos verlo en la siguiente gráfica:

**Gráfico 7:** Medianas de las temperaturas máximas de todos los meses de julio



En esta tabla, podemos observar que los años 2003 y 2015 tienen una mediana más alta que el resto de los años analizados. El motivo por el cual nos sale que son anómalos es porque en dichos años se registraron olas de calor de larga duración (16 días la de 2003 y 26 días la de 2015) [AEMET, 2016].

Si analizamos otro parámetro, como la precipitación de los meses de agosto, nos dice que según el test estadístico de Kruskal-Wallis, las medianas son iguales porque tiene un valor significativo superior a 0,05.

**Tabla 11:** P-valor de la precipitación de todos los meses de agosto.

	Lluvia Agosto
Chi-cuadrado	16,092
gl	10
Sig. asintót.	,097

Si analizamos las temperaturas máximas de los meses de enero, podemos observar que lo siguiente:

**Tabla 11:** Valores del test de Tukey para la temperatura máxima de los meses de enero.

**TmaxAbril**

HSD de Tukey

Año	N	Subconjunto para alfa = .05	
		2	1
2010	30	21,0033	
2013	30	21,4400	
2015	30	21,8933	
2009	30	22,5700	
2012	30	22,8833	
2011	30	23,0433	
2014	30		25,6667
Sig.		,202	1,000

Las temperaturas máximas de todos los meses de abril tienen una media estadísticamente igual menos el año 2014 que tiene una media más alta como se muestra a continuación:

Por último, vamos a analizar la temperatura máxima del mes de septiembre y observamos esto:

**Imagen 3:** Valores del test de Games-Howell para la temperatura máxima de los meses de septiembre

(I) Año	(J) Año	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
2009	2010	-1,08333	,76754	,793	-3,4383	1,2716
	2011	-2,14333	,80223	,125	-4,5987	,3120
	2012	-,58000	,78681	,990	-2,9904	1,8304
	2013	-,82667	,71701	,908	-3,0408	1,3874
	2014	-2,50000	,88161	,085	-5,1927	,1927
2010	2009	1,08333	,76754	,793	-1,2716	3,4383
	2011	-1,06000	,65692	,674	-3,0675	,9475
	2012	,50333	,63800	,985	-1,4456	2,4523
	2013	,25667	,54961	,999	-1,4256	1,9389
	2014	-1,41667	,75180	,499	-3,7218	,8885
2011	2009	,58667	,74730	,985	-1,7042	2,8776
	2010	2,14333	,80223	,125	-,3120	4,5987
	2012	1,06000	,65692	,674	-,9475	3,0675
	2013	1,56333	,67934	,261	-,5117	3,6384
	2014	1,31667	,59710	,311	-,5155	3,1488
2012	2009	-,35667	,78719	,999	-2,7648	2,0515
	2010	1,64667	,78289	,365	-,7480	4,0414
	2011	,58000	,78681	,990	-1,8304	2,9904
	2013	-,50333	,63800	,985	-2,4523	1,4456
	2014	-1,56333	,67934	,261	-3,6384	,5117
2013	2009	-,24667	,57622	,999	-2,0128	1,5194
	2010	-1,92000	,77147	,184	-4,2821	,4421
	2011	,08333	,76709	1,000	-2,2649	2,4316
	2012	,82667	,71701	,908	-1,3874	3,0408
	2014	-2,56667	,54961	,999	-1,9389	1,4256
2014	2009	-1,31667	,59710	,311	-3,1488	,5155
	2010	,24667	,57622	,999	-1,5194	2,0128
	2011	-1,67333	,70014	,227	-3,8335	,4869
	2012	,33000	,69530	,999	-1,8148	2,4748
	2013	2,50000	,88161	,085	-,1927	5,1927
2015	2009	1,41667	,75180	,499	-,8885	3,7218
	2010	-,35667	,78719	,999	-2,0515	2,7648
	2011	1,92000	,77147	,184	-,4421	4,2821
	2012	1,67333	,70014	,227	-,4869	3,8335
	2013	2,00333	,86405	,253	-,6356	4,6423
2015	2009	,49667	,87778	,998	-2,1843	3,1777
	2010	-,58667	,74730	,985	-2,8776	1,7042
	2011	-1,64667	,78289	,365	-4,0414	,7480
	2012	-,08333	,76709	1,000	-2,4316	2,2649
	2013	-,33000	,69530	,999	-2,4748	1,8148

El test de Games-Howell nos dice, en este caso, que las temperaturas máximas de los meses de septiembre tienen la misma media.

Por último, vamos a poner todos los meses anómalos de los diferentes parámetros analizados en una imagen:

**Imagen 4: Meses anómalos de los diferentes parámetros**

	Temperatura			Precipitación	Humedad relativa			Radiación solar	
	Máxima	Media	Mínima		Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media
Enero	2004	2004 y 2005	2005 y 2010	2010	2013	2013		2003, 2004 y 2005	2004 y 2005
Febrero	2005 y 2007	2005, 2007, 2008, 2012, 2014	2005, 2007 y 2012					2008	
Marzo	2008				2007	2007 y 2008	2008	2007	
Abril	2008, 2011 y 2014	2008, 2011 y 2014	2014	2007	2005 y 2008	2005 y 2008	2005 y 2008	2005, 2008 y 2014	2005 y 2014
Mayo	2004	2004, 2007 y 2013	2004	2008 y 2013		2007	2007	Todos	2008
Junio	2003 y 2013	2003 y 2013	2003 y 2013		2005 y 2012			2003 y 2008	2003 y 2008
Julio	2008 y 2015	2008, 2009, 2010 y 2015	2015		2005			2003, 2008, 2014 y 2015	2008, 2014 y 2015
Agosto	2003 y 2015	2003, 2005, 2012 y 2015	2003, 2005 y 2015		2003, 2005, 2012, 2014	2014	2014	2003, 2008, 2014 y 2015	2008 y 2014
Septiembre	2014		2014	2009				2005, 2008, 2014 y 2015	
Octubre					2017 y 2014	2004, 2010, 2011 y 2013	2004, 2010, 2011 y 2014	2008	2003 y 2008
Noviembre	2009 y 2015	2008	2008		2012 y 2013	2011, 2012 y 2013	2003, 2011, 2012, 2013 y 2015	Todos	2015
Diciembre	2010, 2011 y 2015	2010 y 2015	2015	2010	2015	2015	2015	2004, 2005 y 2014	2005 y 2012

Todos los años que aparecen en la tabla, son los diferentes meses que son anómalos y que, por ahora, no se han investigado las causas.

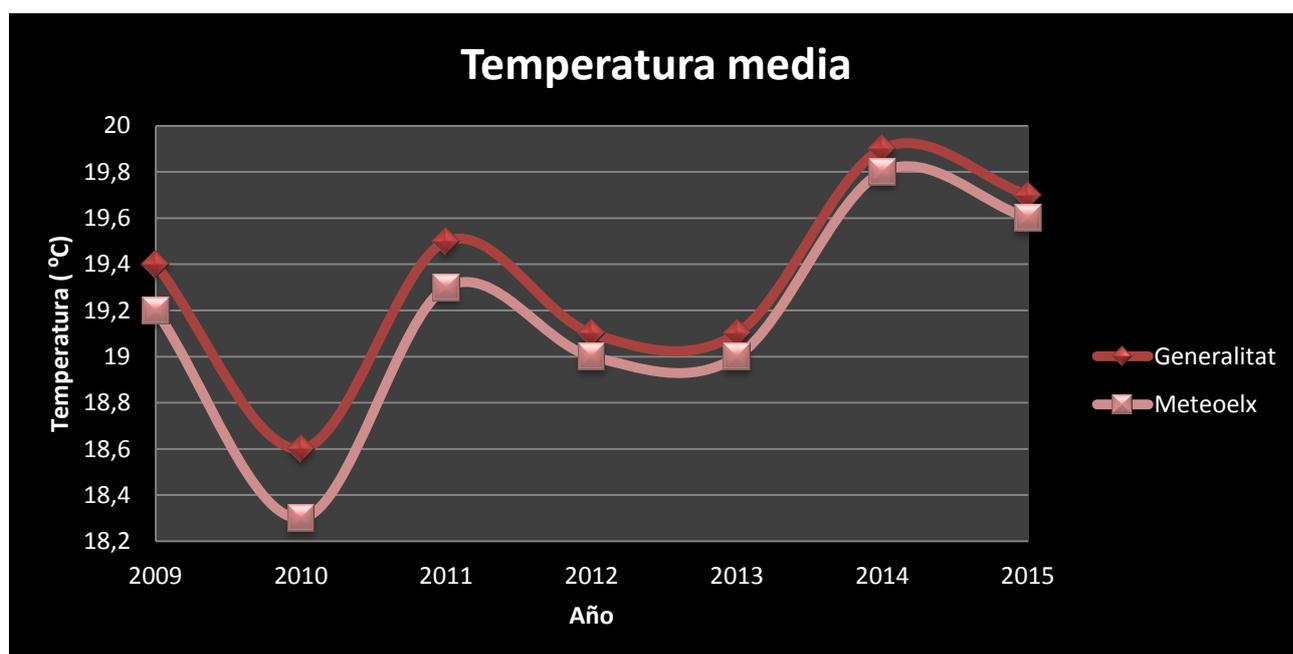
#### 4.6 Comparativa entre las estaciones meteorológicas

A continuación se va a estudiar las semejanzas estadísticas que hay entre las diferentes estaciones meteorológicas. Las estaciones meteorológicas están citadas en el apartado 3.1 de metodología. Además, con esta comparativa lo que se pretende es ver si también influye el efecto ciudad en los parámetros estudiados con respecto a la otra estación meteorológica que se encuentra a las afueras de la ciudad, con el fin de determinar, si es que existiesen tales diferencias, la razón de las mismas.

A la hora de comparar estas estaciones, hemos realizado la comparación anual de los valores medios de temperatura, precipitación, humedad y radiación solar para observar la tendencia de todos estos parámetros a lo largo de los años.

El primer parámetro que vamos a comparar es el de la temperatura media.

**Gráfico 8:** Comparativa de la temperatura media anual entre ambas estaciones.



Se observa un comportamiento similar con valores menores medidos por la estación MeteoElx.

A continuación, realizaremos un estudio estadístico para decidir si hay diferencias significativas entre las medias de las series.

#### 1. Tests de normalidad

**Tabla 12:** Valores de normalidad para la temperatura media de ambas estaciones meteorológicas.

	Año	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Generalitat	2009	,130	12	,200(*)	,908	12	,203
	2010	,139	12	,200(*)	,909	12	,207
	2011	,160	12	,200(*)	,930	12	,375
	2012	,168	12	,200(*)	,937	12	,466
	2013	,176	12	,200(*)	,902	12	,170
	2014	,146	12	,200(*)	,920	12	,284
	2015	,159	12	,200(*)	,936	12	,445
MeteoElche	2009	,132	12	,200(*)	,914	12	,238
	2010	,135	12	,200(*)	,907	12	,197
	2011	,164	12	,200(*)	,927	12	,351
	2012	,134	12	,200(*)	,942	12	,521
	2013	,173	12	,200(*)	,904	12	,180
	2014	,141	12	,200(*)	,918	12	,273
	2015	,156	12	,200(*)	,933	12	,416

Como podemos observar, los valores de significancia para ambas estaciones es superior a 0,05 por lo que, hay normalidad.

A continuación, vamos a realizar una T de Student.

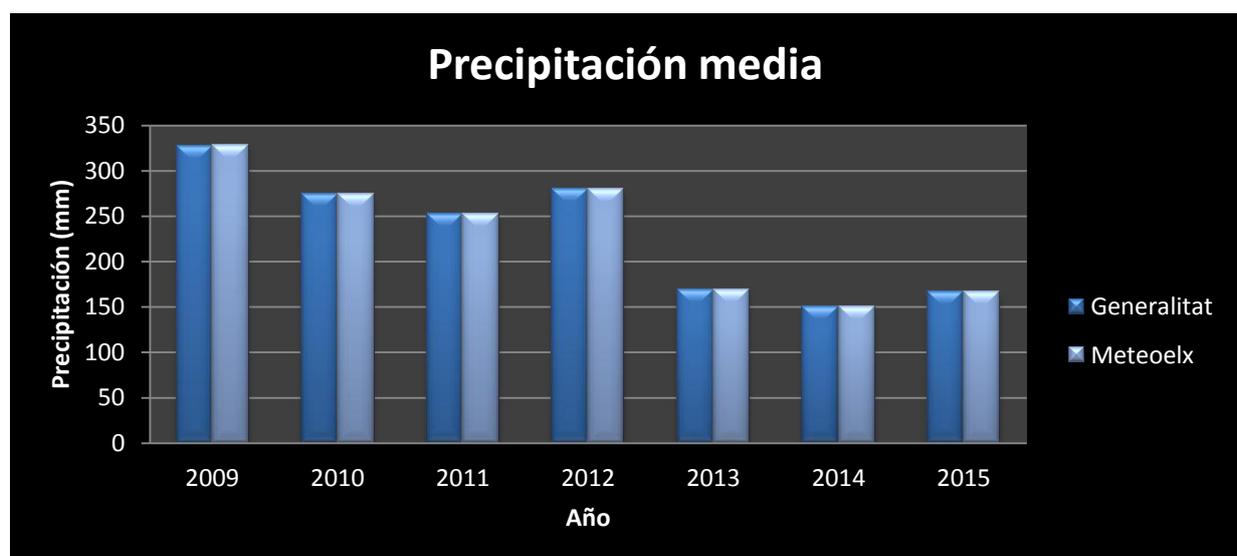
**Tabla 12:** Valores del test de Levene y de la T de Student para la temperatura media anual.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Superior	Inferior
Tmed	Se han asumido varianzas iguales	,028	,868	,204	166	,838	,17500	,85587	-1,51479	1,86479
	No se han asumido varianzas iguales			,204	165,972	,838	,17500	,85587	-1,51479	1,86479

Como podemos observar en la tabla, se asume que las varianzas son iguales pues el valor significativo es 0,868 en la prueba de Levene y en la prueba T-Student se tomará la significación que corresponda. En este caso es 0,838 superior a 0,05 por lo que podemos asegurar que las series tienen medias no significativamente distintas.

El segundo parámetro que vamos a analizar es la precipitación anual.

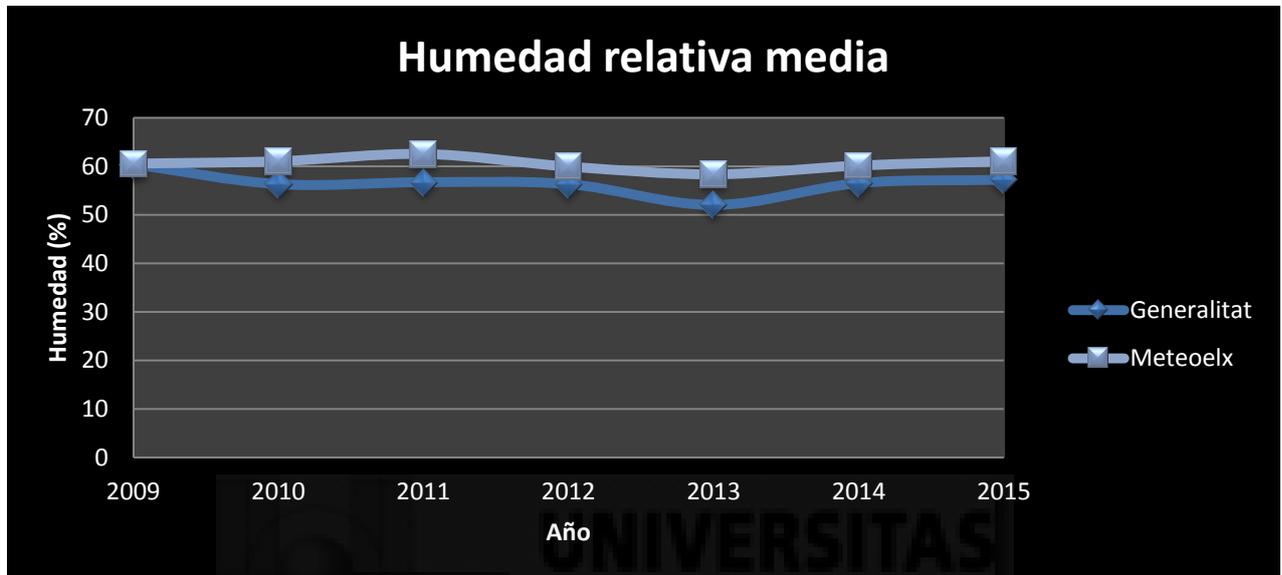
**Gráfico 9:** Comparativa de precipitación entre ambas estaciones.



En esta gráfica, podemos observar que en ambas estaciones se han registrado los mismos datos de precipitación anual a lo largo de los años que hemos realizado el estudio.

El tercer parámetro que vamos a analizar es la humedad relativa media.

**Gráfico 10:** Comparativa de la humedad relativa media anual entre ambas estaciones.



Para ver el efecto que puede tener ciudad sobre la humedad relativa, vamos a realizar un test estadístico.

Primero tenemos que ver si hay normalidad en las series:

**Tabla 13:** Valores de normalidad para la humedad relativa media de ambas estaciones meteorológicas.

	Año	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Generalitat	2009	,223	12	,100	,902	12	,170
	2010	,155	11	,200(*)	,957	11	,733
	2011	,135	11	,200(*)	,950	11	,645
	2012	,198	11	,200(*)	,929	11	,400
	2013	,252	11	,049	,844	11	,035
	2014	,176	11	,200(*)	,924	11	,353
	2015	,207	11	,200(*)	,906	11	,217
MeteoElche	2009	,149	12	,200(*)	,942	12	,521
	2010	,162	11	,200(*)	,938	11	,498
	2011	,101	11	,200(*)	,981	11	,971
	2012	,110	11	,200(*)	,993	11	,999
	2013	,156	11	,200(*)	,915	11	,283
	2014	,173	11	,200(*)	,913	11	,268
	2015	,231	11	,104	,917	11	,297

Como podemos observar, los valores de significancia para ambas estaciones es superior a 0,05 por lo que, hay normalidad.

A continuación, vamos a realizar una T de Student y aplicamos el test de Levene para ver las varianzas.

**Tabla 14:** Valores del test de Levene y de la T de Student para la humedad relativa media

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Superior	Inferior
Hmed	Se han asumido varianzas iguales	,098	<b>,755</b>	,429	160	<b>,668</b>	,34652	,80764	-1,24850	1,94154
	No se han asumido varianzas iguales			,428	155,975	,669	,34652	,81025	-1,25395	1,94699

Como podemos observar en la tabla, si se asume que las varianzas son iguales, el valor significativo es superior a 0,755 por lo que vamos a observar la prueba T-Student. Al observarla, podemos

observar que su valor significativo es superior a 0,05 por lo que podemos asegurar que las series son iguales.

El cuarto y último parámetro es la radiación solar.

**Gráfico 11:** Comparativa de la radiación solar media anual entre ambas estaciones.



En esta gráfica, podemos observar que la tendencia de los valores de la radiación solar media en la estación de la Generalitat Valenciana es al alza mientras que en la estación de MeteoElche han disminuido los valores medios de radiación solar media. El motivo por el cual en la estación de MeteoElche da esos valores de radiación solar media puede ser porque haya algún fallo en el sensor porque no tiene sentido que de esos valores.

Con los parámetros de lluvia y de radiación, no vamos a realizar este análisis estadístico. El motivo por el cual no lo hacemos para la lluvia es porque no se han registrado valores de precipitación diferentes en ambas estaciones por lo que nos van a salir que son iguales.

El motivo por el cual no hacemos ningún análisis de la radiación es porque los datos de la estación de MeteoElche están mal debido a algún problema en el sensor de la radiación que nos da unos valores anormales en dicha estación.

## 4.7 Caracterización del clima

Para la caracterización del clima, hemos utilizado la clasificación de Köppen, la cual se basa en dos factores climáticos: la temperatura del aire y la cantidad de agua disponible. Esta clasificación es una de las más utilizadas.

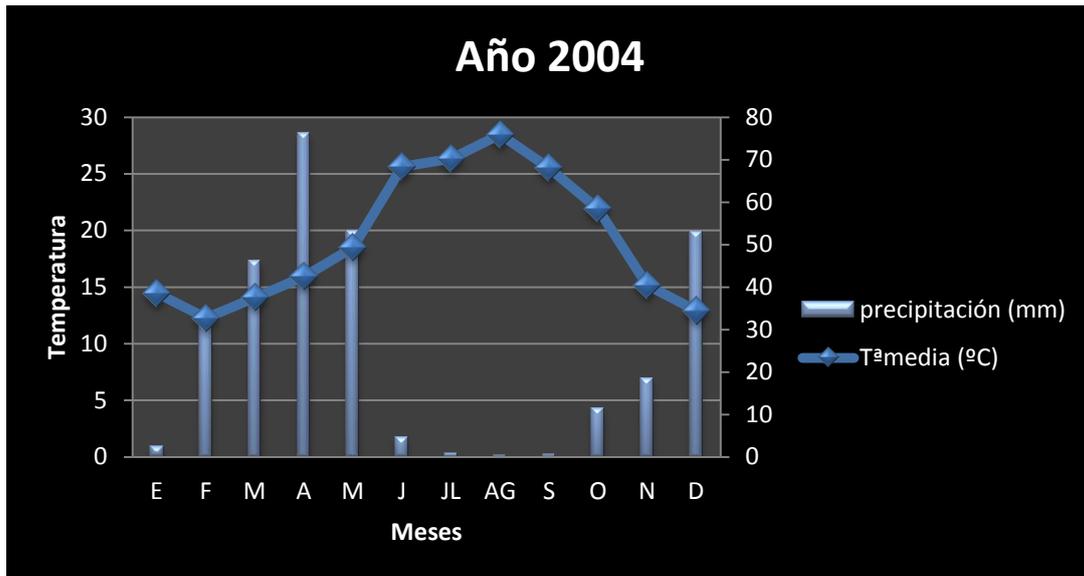
La clasificación se hará de todos los años de los cuales hemos conseguido datos para poder llevar a cabo este estudio. El estudio comenzó a partir del año 2003 y concluyó en el año 2015.

**Gráfico 12:** Climograma del año 2003



En el año 2003, la temperatura media anual fue de 19,5°C y una precipitación anual de 365,5 mm

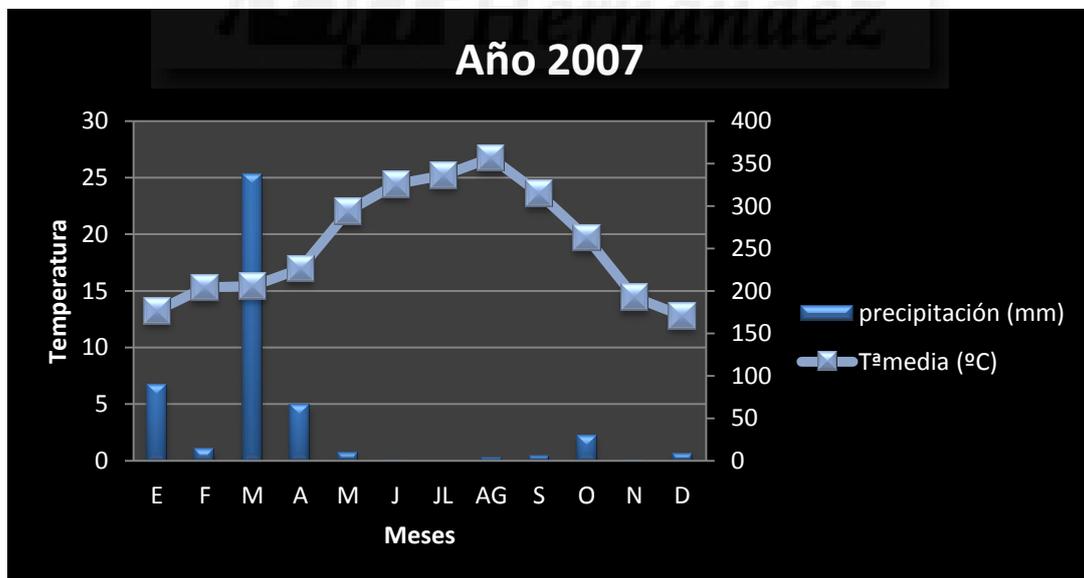
Gráfico 13: Climograma del año 2004



En el año 2004, la temperatura media anual fue de 19,26°C y una precipitación anual de 297,3 mm.

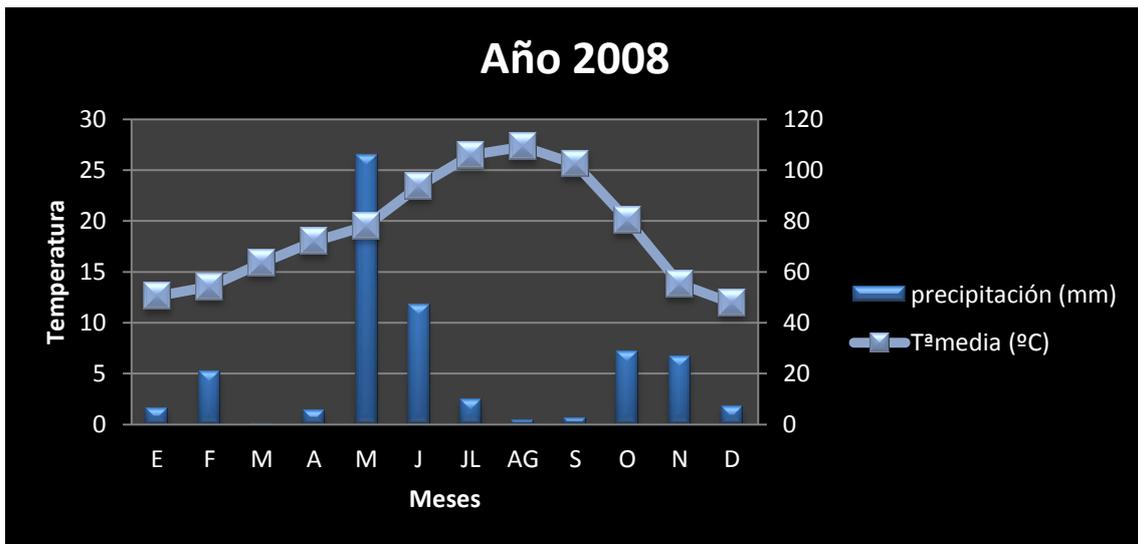
El año 2005, no se puede saber el clima ya que no hay precipitaciones registradas por lo que no se puede saber. Por otra parte, del año 2006 no hay datos de ningún parámetro por lo que no se puede saber tampoco.

Gráfico 14: Climograma del año 2007



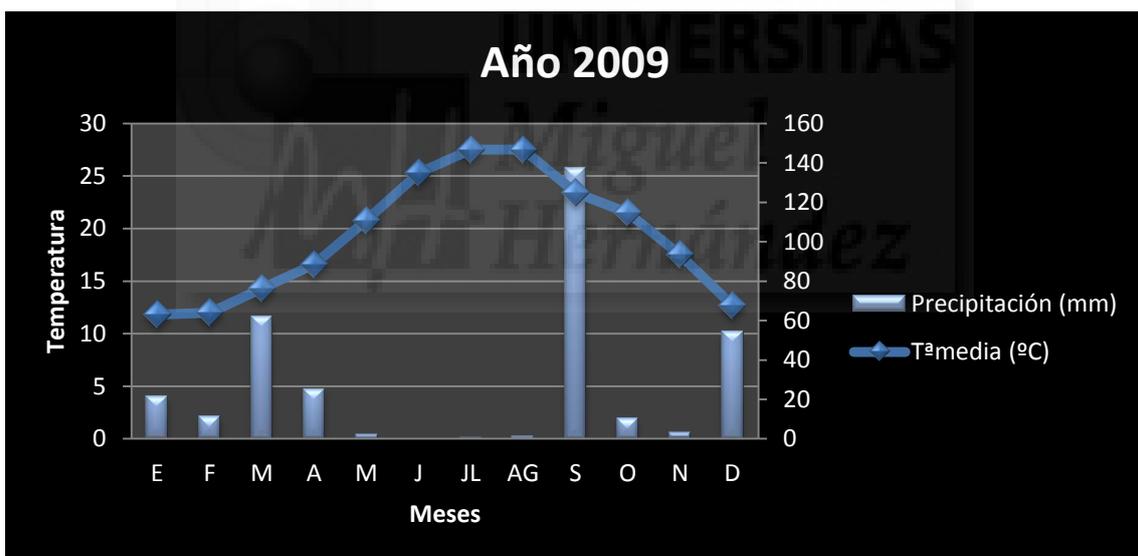
En el año 2007, la temperatura media anual fue de 19,16°C y una precipitación anual de 562 mm.

Gráfico 15: Climograma del año 2008



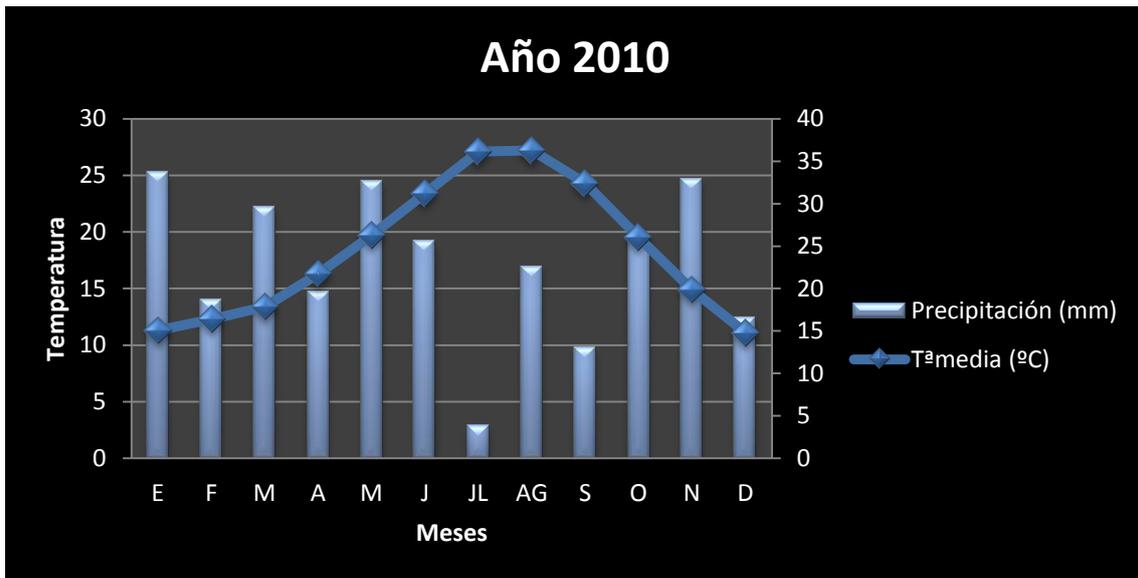
En el año 2008, la temperatura media anual fue de 19,02°C y una precipitación anual de 261 mm.

Gráfico 16: Climograma del año 2009



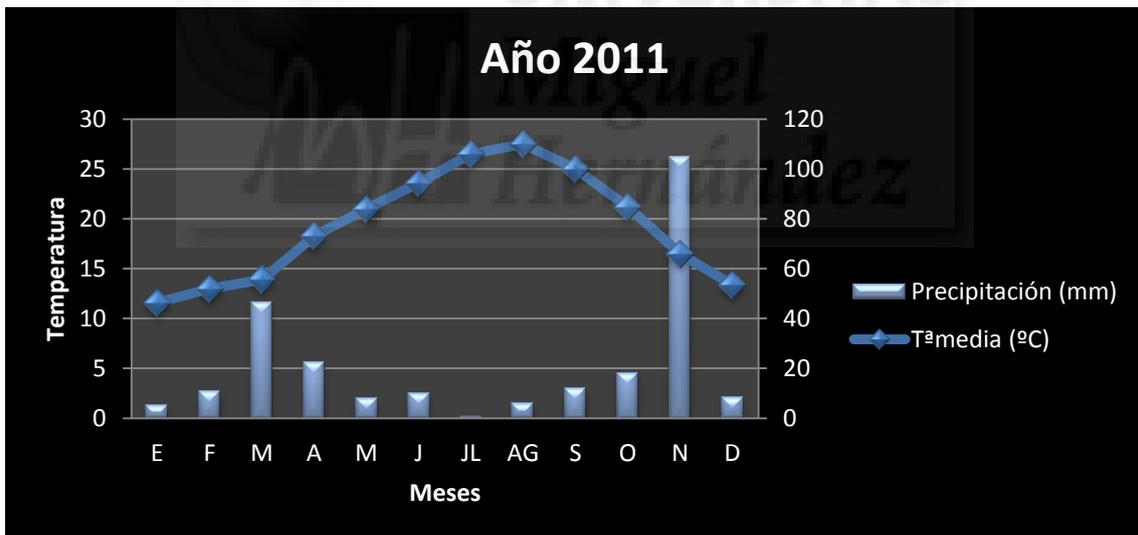
En el año 2009, la temperatura media anual fue de 19,24°C y una precipitación anual de 326,4 mm.

**Gráfico 17:** Climograma del año 2010



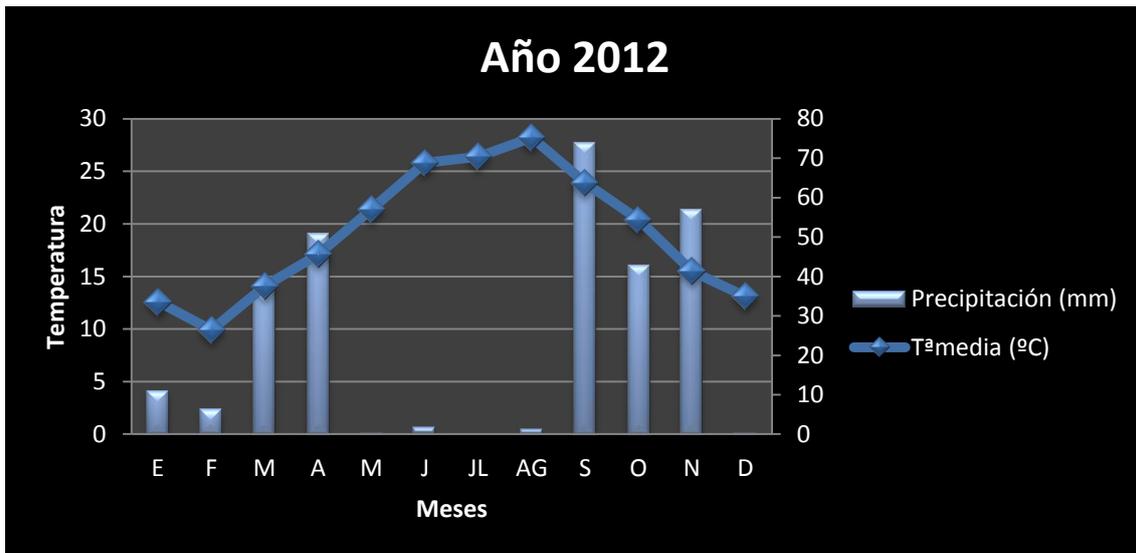
En el año 2010, la temperatura media anual fue de 18,37°C y una precipitación anual de 261 mm.

**Gráfico 18:** Climograma del año 2011



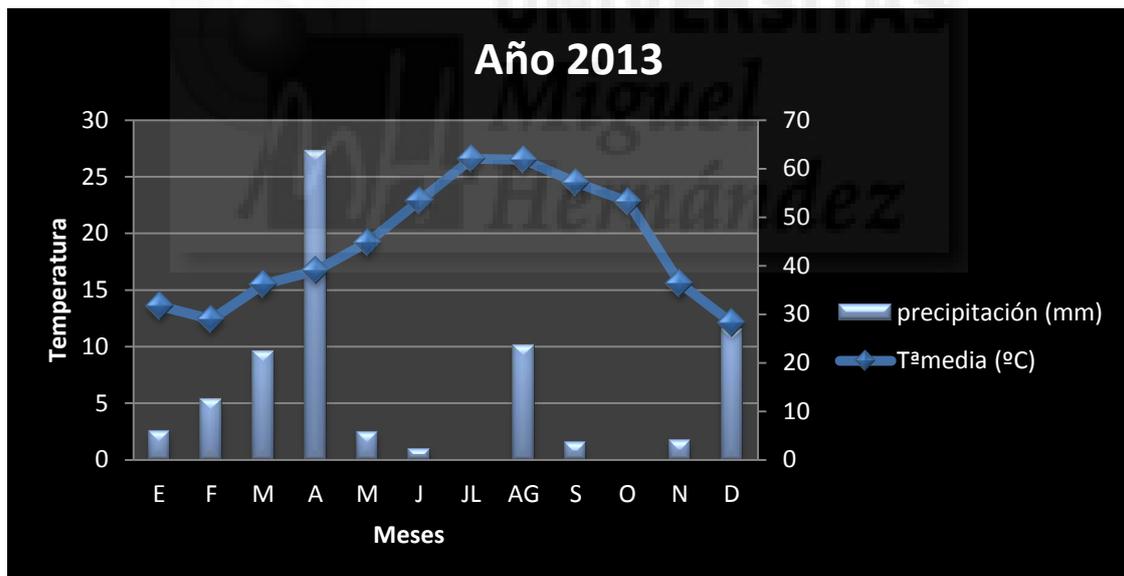
En el año 2011, la temperatura media anual fue de 19,29°C y una precipitación anual de 252,2 mm.

Gráfico 19: Climograma del año 2012



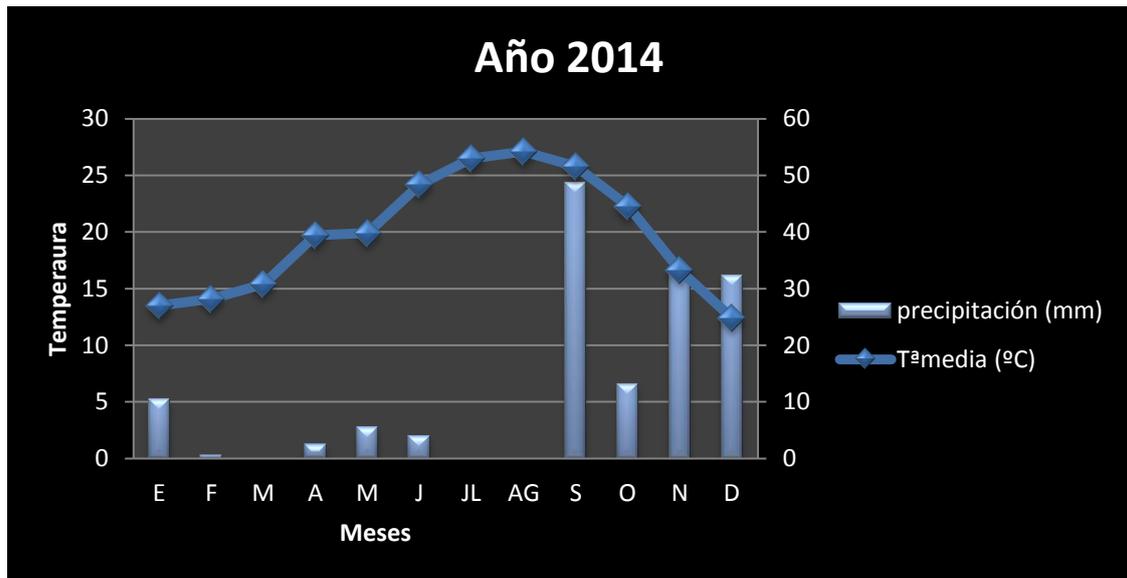
En el año 2012, la temperatura media anual fue de 19,03°C y una precipitación anual de 280,6 mm.

Gráfico 20: Climograma del año 2013



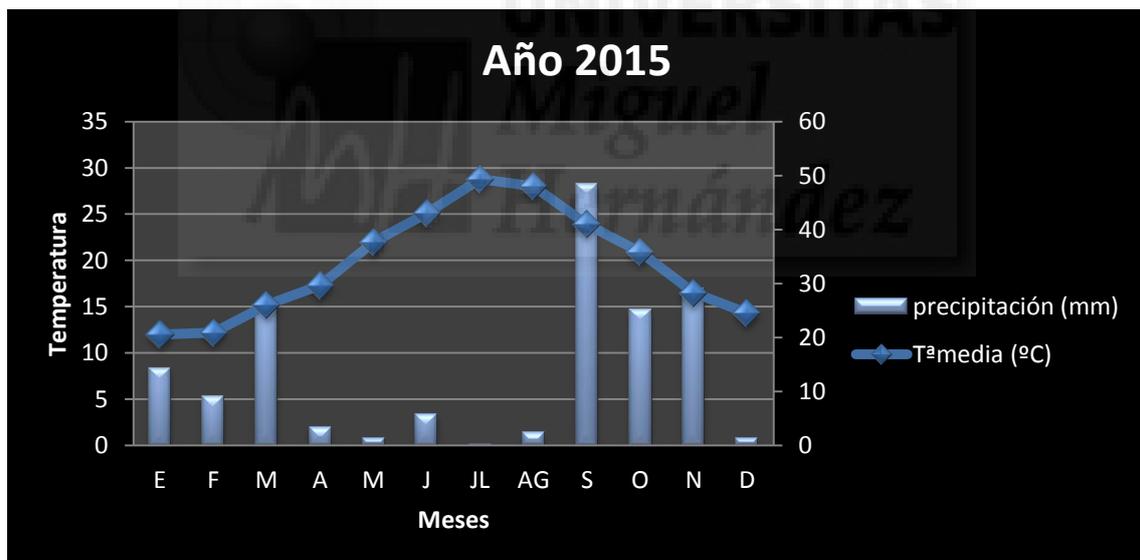
En el año 2013, la temperatura media anual fue de 19,03°C y una precipitación anual de 169,2 mm.

**Gráfico 21:** Climograma del año 2014



En el año 2014, la temperatura media anual fue de 19,79°C y una precipitación anual de 150,2 mm.

**Gráfico 22:** Climograma del año 2015



En el año 2015, la temperatura media anual fue de 19,68°C y una precipitación anual de 165,8 mm.

Si analizamos los climas como se ha explicado en el apartado 3.3 de la metodología, obtenemos los siguientes datos sobre el clima en los diferentes años estudiados:

**Tabla 15:** Valores de  $I_h$  para caracterizar el clima.

Año	ETP (mm/año)	$I_h$	Precipitaciones (mm/año)	Clima
2003	1023,6	2,8	365,5	Estepa
2004	997,5	3,3	297,3	Desierto
2007	974,8	1,7	562	Csa
2008	978,3	3,7	261	Desierto
2009	1000,3	3,1	326,4	Desierto
2010	950,3	3,4	274,6	Desierto
2011	995,1	3,9	252,2	Desierto
2012	997,3	3,5	280,6	Desierto
2013	970,1	5,7	169,2	Desierto
2014	1021	6,8	150,2	Desierto
2015	1028,7	6,2	165,8	Desierto

Analizando la tabla, podemos observar que hay tres tipos diferentes de climas. El Csa es un clima subtropical mediterráneo de interior (Csa) que se caracteriza por veranos calurosos y los inviernos más fríos que en la costa y con unas precipitaciones que están entre 300 y 900 mm al año. Para saber si hay un clima de estepa, hemos calculado el valor de  $I$  y si está entre 1 y 3, podemos hablar de estepa. La estepa es un clima que se caracteriza por precipitaciones entre 200 y 400 mm al año. Si tiene una temperatura media anual superior a 18°C, hablamos de una estepa cálida. Por último, tenemos el clima desértico. Este clima se da cuando el valor de  $I$  es superior a 3.

Si realizamos una media de todos los años estudiados en este trabajo, podemos determinar que el clima de la ciudad de Elche es:

**Tabla 16:** Valor de  $I_h$  medio para caracterizar el clima

ETP (mm/año)	Precipitaciones (mm)	$I_h$	Clima
993,1	282,2	3,5	Desértico

Realizando una media de los años estudiados en este trabajo, podemos decir que el clima de la ciudad de Elche es un clima desértico cálido.

## 5. Conclusiones

---

El estudio pone de manifiesto una semejanza estadística entre ambas estaciones menos en la radiación. Probablemente, sea por un error del sensor. Esto refuerza la calidad de los datos al tener registros similares en ambas estaciones.

Se observó altas temperaturas en los veranos de 2014 y 2015. Estos son los más cálidos desde que se tienen registros (según la AEMET). También hay que destacar que en el verano del 2015, se registró la ola de calor más larga de la historia de España, la cual duró 26 días seguidos (del 26 de Junio al 21 de Julio), donde se alcanzaron en la ciudad de Elche temperaturas superiores a 35°C durante 8 días.

Los parámetros que se han estudiado, se ha podido observar que hay una tendencia al alza en las temperaturas, en la radiación solar y en la humedad relativa, y un descenso en los valores de precipitación. Pero estos cambios no tienen significado estadístico por lo que, no podemos afirmar que los posibles cambios que se puedan apreciar sean estadísticamente válidos.

Destacar finalmente, que la clasificación climática de Köppen realizada a lo largo de los años que ha durado el estudio, pone de manifiesto que el clima de la ciudad de Elche ha cambiado de un Csa (clima subtropical mediterráneo) como aparece en los libros a un clima desértico cálido.

## 6. Proyección futura

---

Observando los resultados obtenidos en este estudio, se podría plantear dos proyectos futuros. Por un lado, sería continuar analizando el clima de la ciudad de Elche en los años venideros para asegurar si los cambios observados en los parámetros analizados en el estudio son debido a un cambio en el clima de la ciudad de Elche o bien si se trata de una fluctuación de los diferentes parámetros estudiados en este estudio y no se deben de tener en cuenta.

Además de esto, también se podrían analizar otros parámetros como pueden ser la presión atmosférica, la velocidad y dirección de viento y otros parámetros como pueden ser las emisiones de contaminantes a la atmósfera para ver si están o no relacionados con los cambios observados en este estudio.

Estudiar los meses que se han identificado a lo largo del estudio y dar una posible explicación del motivo por el cual son anómalos.



## 7. Bibliografía

---

- Abaurrea, J., J. Asín, O. Erdozain, and E. Fernández (2001), Climate variability analysis of temperature series in the Medium Ebro River Basin, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 109– 118, Springer, New York.
- Ahrens C.D. (2000). *Meteorology Today*. Ed. Brooks/Cole
- <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>
- Brunet, M., P. D. Jones, J. Sigró, O. Saladié, E. Aguilar, A. Moberg, P. M. Della-Marta, D. Lister, A. Walther, and D. López (2007), Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005, *J. Geophys. Res.*, 112, D12117, doi:10.1029/2006JD008249
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró, and D. López (2001a), The Spanish Temperature Series: Time variations and trends over the last 150 years, *Geophys. Res. Abstr.*, 3(GRA3 5333), 76.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró, and D. López (2001b), The Spanish diurnal warming: A different pattern to the observed on a global scale, *Geophys. Res. Abstr.*, contribution presented at European Geophysical Society XXVI General Assembly, Nice, France, 25–30 March, 3(GRA3 5333), 77.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró, and D. López (2001c), The variations and trends of the surface air temperature in the Northeastern Spain from middle nineteenth century onwards, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 81– 93, Springer, New York.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró, and D. López (2001d), A differential response of Northeastern Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 95– 107, Springer, New York.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró, and D. López (2002), Warming phases in long term Spanish temperature change, paper presented at 13th Symposium on Global Change and Climate Variations, American Meteorological Society, Orlando, Florida, USA, 13– 17 January.
- Brunet, M., J. Sigró, O. Saladié, E. Aguilar, P. D. Jones, A. Moberg, A. Walther, and D. López (2005), Spatial patterns of long-term Spanish temperature change, *Geophys. Res. Abstr.*, 7, 04007, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-04007.

- Brunet, M., O. Saladié, P. Jones, J. Sigró, E. Aguilar, A. Moberg, A. Walther, D. Lister, D. Lo´pez, and C. Almarza (2006), The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850– 2003), *Int. J. Climatol.*, 26, 1777–1802, doi:10.1002/joc.1338.
- <http://www.cma.gva.es/cidam/emedio/atmosfera/jsp/pde.jsp?PDE.CONT=320&titulo=03065006%20-%20Agroalimentari&provincia=3&municipio=65&red=0&estacion=282&PDE.SOLAPAS.Mostr ar=1111>
- Del-Río, S., Cano-Ortiz, A., Herrero, L., Penas, A., (2012). Recent trends in mean maximum and minimum air temperatures over Spain (1921–2006). *Theor. Appl. Climatol.* 109, 605–626. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-012-0593-2>.
- Esteban-Parra, M. J., D. Pozo-Vazquez, F. S. Rodrigo, and Y. Castro-Diez (2003a), Temperature and precipitation variability and trends in Northern Spain in the context of the Iberian Peninsula climate, in *Mediterranean Climate: Variability and Trends*, edited by H. J. Bolle, pp. 259– 276, Springer, New York.
- Esteban-Parra, M. J., F. S. Rodrigo, and Y. Castro-Diez (1995), Temperature trends and change points in the Northern Spanish Plateau during the last 100 years, *Int. J. Climatol.*, 15, 1031– 1042.
- Esteban-Parra, M.J., Rodrigo, F.S., Castro-Diez, Y., (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880–1992. *Int. J. Clim.* 18, 1557–1574. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19981130\)18:14b1557::AID-JOC328N3.3.CO;2-A](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19981130)18:14b1557::AID-JOC328N3.3.CO;2-A)
- Estrela, M.J., Miró, J.J., Pastor, F., Millán, M., 2010. Frontal Atlantic rainfall component in the Western Mediterranean Basin. Variability and spatial distribution. ESFMedCLIVAR Workshop on “Hydrological, socioeconomic and ecological impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean region”. Zaragoza (Spain), (May2010), 24–27.
- Fernández García, F. (1995). *Manual de Climatología Aplicada*. Editorial Síntesis
- Galan, E., R. Cañada, F. Fernández, and B. Cervera (2001), Annual temperature evolution in the southern plateau of Spain from the construction of regional climatic time series, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 119 – 131, Springer, New York.
- Gallego, M.C., Trigo, R.M., Vaquero, J.M., Brunet, M., García, J.A., Sigró, J., Valente, M.A., 2011. Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian peninsula during the last century. *J. Geophys. Res. D. Atmos.* 116, D02109. <http://dx.doi.org/10.1029/2010JD014255>

- Gonzalez-Hidalgo, J.C., Brunetti, M., de Luis, M., 2010. Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005. *Clim. Res.* 43, 215–228. <http://dx.doi.org/10.3354/cr00937>
- Horcas, R., D. Rasilla, and F. Fernández (2001), Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 133– 142, Springer, New York.
- Hufty, H, 1984. *Introducción a la Climatología*. Ed: Ariel Geografía
- Jones, P. D. (2001), Instrumental temperature change in the context of the last 1000 years, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, edited by M. Brunet and D. López, pp. 55 – 68, Springer, New York.
- Jones, P. D., y A. Moberg (2003), A hemispheric and large-scale Surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001, *J. Clim.*, 16, 206– 223.
- Jones, P. D., M. New, D. E. Parker, S. Martin, and I. G. Rigor (1999), Surface air temperature and its changes over the past 150 years, *Rev. Geophys.*, 37(2), 173– 199.
- Millán, M., Estrela, M.J., Miró, J.J., 2005. Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area (Valencia Region). *J. Clim.* 18 (14), 2682–2705. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI3426.1>.
- Morales, C. G., M. T. Ortega, J. L. Labajo, and A. Piorno (2005), Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain), *Atmósfera*, 18, 71– 90.
- Muñoz-Díaz, D., Rodrigo, F.S., 2006. Seasonal rainfall variations in Spain (1912–2000) and their links to atmospheric circulation. *Atmos. Res.* 81 (1), 94–110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2005.11.005>.
- Oñate, J. J., y A. Pou (1996), Temperature variations in Spain since 1901: A preliminary analysis, *Int. J. Climatol.*, 16, 805– 816.
- Staudt, M. (2004), *Detección de cambios térmicos en la Península Ibérica con datos homogéneos regionales*, Ph.D., Univ. of Granada, Spain.
- Staudt, M., M. J. Esteban-Parra, and Y. Castro-Díez (2005), Evolution and changes in Spanish monthly maximum and minimum temperatures with homogenized data, European Geosciences Union, General Assembly 2005, *Geophysical Research Abstract*, 7, 06754, <http://www.copernicus.org/EGU/ga/egu05/>
- Vide, J, Olcina, J., 2001 *Climas y tiempos en España*, ed. Alianza