

# Utility of agroclimatic stations to characterize microclimate and climate change in the sherry area over the last 20 years

Juan Gómez Benítez

Department of Chemical Engineering and Food Technology, University of Cadiz, 11510 Puerto Real, Spain

**Abstract.** In this work we analyze climatic data of temperatures, rainfall, winds and bioclimatic indexes for the last 20 years obtained from 8 agroclimatic stations distributed in the cultivation areas of the Sherry. The effects of climate change have been confirmed and maximum temperatures show a clear tendency to increase, which could lead to a considerable increase in maximum temperatures in the coming years. It has been observed that the average maximum temperatures during the summer in Jerez exceed 32 °C, while in El Puerto and Sanlúcar they are appreciably cooler and are in the order of 30.5 °C. It has also been verified a reduction of rainfall by almost 100 L/m<sup>2</sup> in recent years, and verifying that rainfall has a certain cyclical character. It has been tested that predominant winds in Jerez are from the east, in Sanlúcar they are from the west and El Puerto has an intermediate wind regime. Significant differences have been observed between climatic stations located at short distances, showing the convenience of having agroclimatic stations in the most important vineyard areas and in the most suitable areas of the winery districts of the cities to adequately characterize their microclimate in relation to the wine industry.

## 1 Introducción

Aunque la Organización Meteorológica Mundial de la ONU prescribe en su programa mundial de datos y vigilancia del clima [1] que la caracterización de un clima necesita de al menos 30 años de datos ininterrumpidos, en este trabajo sólo se ha podido utilizar el periodo de 20 años desde que las estaciones fueron instaladas.

## 2 Datos climáticos utilizados

Para este estudio se han utilizado los datos de dos redes de estaciones agroclimáticas automáticas de la Junta de Andalucía y de una estación climática municipal:

1. *Red RIA: Red de Información Agroclimática del Instituto de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía*[2], [3]. *Suministra información de las principales variables meteorológicas necesarias para determinar las necesidades de riego de diferentes cultivos.*
2. *Red RAIF: Red de Alerta e Información Fitosanitaria de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Suministra información actualizada del estado fitosanitario de los principales cultivos de Andalucía*[4].

Estas redes no están diseñadas para el seguimiento específico del viñedo, sino de los cultivos más importantes de la región, por lo que no están instaladas en las zonas de viñedos, excepto la estación instalada en el Rancho de la Merced perteneciente a la red RAIF. No se ha podido contar con datos de estaciones climáticas en el casco urbano de las tres ciudades, como hubiera sido aconsejable para conocer su influencia en la crianza de los vinos que

se desarrolla en las bodegas ubicadas en las ciudades; sólo se ha podido contar con los datos de una estación climática en el casco urbano de El Puerto de Santa María.

### 2.1 Estaciones utilizadas de la Red RIA

**Jerez Basurta (Código 1)** Estado: Activa

Datos disponibles: de 11-09-2000 a actualidad

**Jerez (Código 2)** Estado: Activa

Datos disponibles: de 12-09-2000 a la actualidad

**El Puerto de Santa María (Código 8)** Estado: Inactiva, datos accesibles. Datos disponibles: 6-4-2001 a 9-12-2010

**El Puerto de Santa María (Código 10)** Estado: Activa

Datos disponibles: 2-5-2011 a la actualidad

**Sanlúcar de Barrameda (Código 9).** Estado: Inactiva, datos accesibles. Datos disponibles: 1-12-2003 a 18-12-2011

**Sanlúcar de Barrameda (Código 11):** Estado: activa

Datos disponibles: 16-8-2012 a la actualidad.

### 2.2 Estaciones utilizadas de la Red RAIF

**Jerez de la Frontera (Rancho de la Merced)**

Datos disponibles: 1-3-2001 a la actualidad.

### 2.3 Estación meteorológica municipal El Puerto de Santa María (Aguas del Puerto. Apemsa)

Datos disponibles: 6-11-2006 a la actualidad

La ubicación y la morfología de estas estaciones se presentan en las Imágenes 1 y 2.

### 2.3 Mantenimiento y verificación de las estaciones

En estas redes se realiza el siguiente procedimiento de mantenimiento y verificación:

- Validación diaria de los datos obtenidos y transmitidos.
- Mantenimiento preventivo semestral: Visita y revisión general de la estación.
- Calibración anual de los sensores de la estación en un laboratorio de calibración.
- Mantenimiento Correctivo: Subsanación de cualquier anomalía detectada en la estación.

No conocemos el procedimiento de mantenimiento de la estación municipal en El Puerto de Santa María.

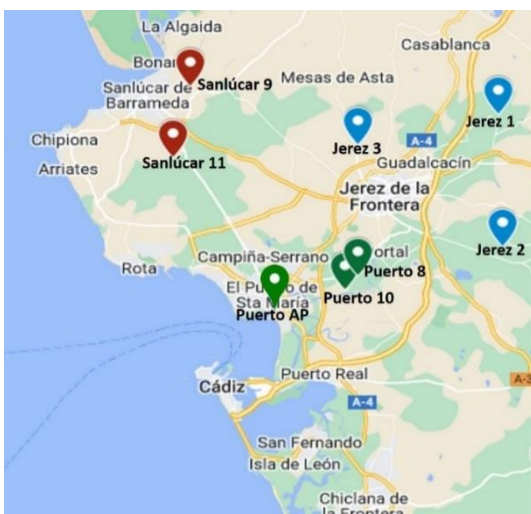


Imagen 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.



Imagen 2. Estación meteorológica de la red RIA.

### 3 Tratamiento de los datos

Los datos correspondientes a los parámetros considerados de todas las estaciones agroclimáticas estudiadas se descargaron desde las páginas web de las correspondientes instituciones a hojas de cálculo Excel de la suite Microsoft Office 2016 © y se trataron con las funciones estadísticas de este programa. Hay que hacer constar que, dado que las estaciones climáticas ofrecen al menos un dato diario, las

8 estaciones agroclimáticas estudiadas y los años considerados en cada estación, el volumen de las hojas de cálculo obtenidas fue muy elevado, con unos 40.000 registros con 15 parámetros climáticos cada uno. Los datos que se presentan en tablas y gráficas son los datos promedio de cada parámetro en los períodos activos de las estaciones climáticas consideradas y los plazos considerados.

## 4 Resultados obtenidos

### 4.1 Temperaturas

#### 4.1.1 Temperatura media

En la Figura 1 se presentan los valores medios mensuales de las temperaturas medias diarias. Se observa que la temperatura media de Jerez es ligeramente superior a la El Puerto y Sanlúcar en los meses de verano, y que existen pocas diferencias durante el resto del año.

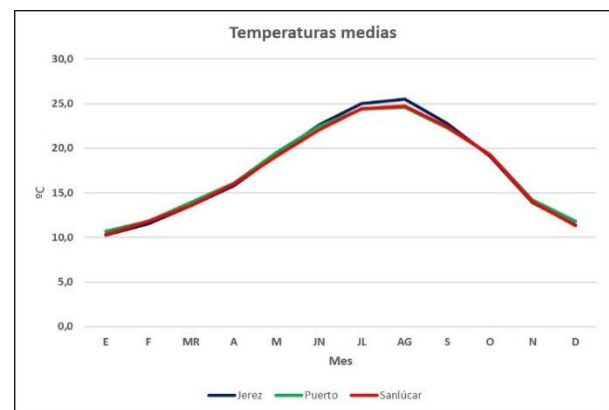


Figura 1. Temperaturas medias mensuales.

Tabla 1. Temperaturas medias en las diferentes estaciones.

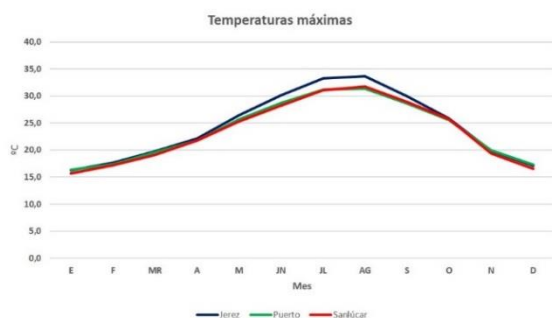
Ciudad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Media anual
Jerez	19,2	24,4	14,8	11,8	17,6
El Puerto	19,4	23,8	15,1	12,1	17,6
Sanlúcar	19,1	23,9	14,9	11,9	17,4

Esta afirmación se confirma en la Tabla 1 donde se presentan las temperaturas medias de las diferentes estaciones y la media anual, observándose que las temperaturas medias en Jerez en verano son del orden de 0,5 °C superiores a las de El Puerto y Sanlúcar, mientras que durante el resto del año las temperaturas medias son bastante similares.

#### 4.1.2 Temperaturas máximas

Se va a hacer un análisis particular de las temperaturas máximas y de las olas de calor en verano debido a la influencia que las elevadas temperaturas de verano tienen en la crianza de los vinos de Jerez, especialmente en la crianza biológica. En la Fig. 2 se aprecia que las diferencias entre las temperaturas máximas en verano de

Jerez con las otras ciudades se amplían, mientras que las de El Puerto y Sanlúcar son bastante similares.



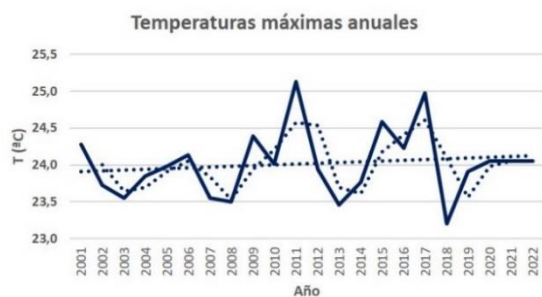
**Figura 2.** Medias mensuales de las temperaturas máximas.

Esta afirmación se confirma con los valores de la Tabla 2, donde se presentan los valores medios de las temperaturas máximas en las diferentes estaciones, y se observa que en verano la de Jerez es de 32,2 °C y es de promedio 1,7 °C superior a las El Puerto y Sanlúcar.

**Tabla 2.** Temperaturas máximas en las diferentes estaciones.

Ciudad	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Media anual
Jerez	26,2	32,2	20,9	17,9	24,3
El Puerto	25,4	30,4	20,9	17,8	23,6
Sanlúcar	25,1	30,5	20,5	17,3	23,4

Por otra parte, en la Fig. 3 se presenta la evolución de las temperaturas máximas diarias desde el año 2001 al 2022. Las gráficas llevan incluidas dos líneas de tendencia, una móvil de dos períodos que se adapta a la evolución en el corto plazo y otra lineal que muestra la evolución en el largo plazo. La evolución a corto plazo muestra un comportamiento cíclico similar al de las lluvias, aunque de sentido opuesto porque los ciclos de mayores temperaturas corresponden con los de menos precipitaciones y viceversa. A pesar de la variabilidad interanual de las temperaturas, la evolución a largo plazo muestra una clara tendencia al aumento de las temperaturas máximas.



**Figura 3.** Medias anuales de las temperaturas máximas diarias.

#### 4.1.3 Olas de calor

La temperatura tiene una indudable influencia en la crianza de los vinos, especialmente en la crianza biológica[5]. Una temperatura máxima representa un episodio puntual que para que tenga más efecto en el cultivo de la viña y la

crianza del vino en bodega debe mantenerse durante un período más prolongado. Por ello, se han analizado las olas de calor y su frecuencia e intensidad en el marco de Jerez.

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) una ola de calor es un episodio de al menos tres días consecutivos, en que se registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias [6–8]. Para simplificar este cálculo sólo se han tenido en cuenta en este análisis los datos de la estación agroclimática Jerez Basurta (código 1) por tener el período de datos completo desde 2002 a 2022 y por estar situada muy próxima de la estación meteorológica de AEMET ubicada en el aeropuerto de Jerez [7].

En primer lugar, se ha determinado la temperatura umbral, superior al 95% de las temperaturas máximas del año.

#### Temperatura umbral percentil 95% = 36,7 °C

A partir de este valor de umbral de temperatura se han determinado las duraciones y las temperaturas alcanzadas en las olas de calor ocurridas en el período 2002-2022 que se presentan en la Tabla 3.

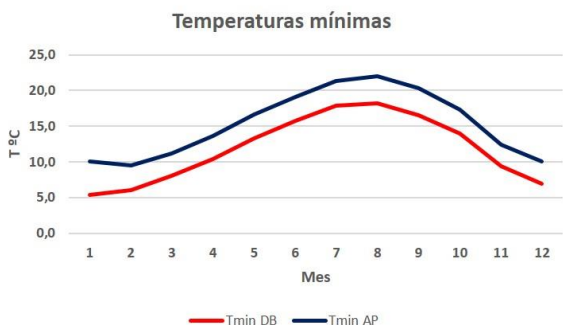
Se puede observar que han sido tres los años destacados por sus olas de calor: 2022, 2009 y 2003. El reciente año 2022 se ha caracterizado por tener más días de olas de calor con un total de 27 días, siendo la ola más larga de 11 días, aunque la temperatura máxima del año de 43,1 °C no se alcanzó en esa ola. Por el contrario, el año 2003 tuvo un número total de 22 días de olas de calor, pero la duración de su ola más prolongada fue de 19 días y se llegó a alcanzar una temperatura de 45,8 °C en esa ola. El año 2009 tuvo características intermedias entre el año 2022 y el año 2003 que fue sin duda el más cálido en lo relativo a las olas veraniegas de calor.

**Tabla 3.** Duración y temperaturas de las olas de calor en el marco de Jerez.

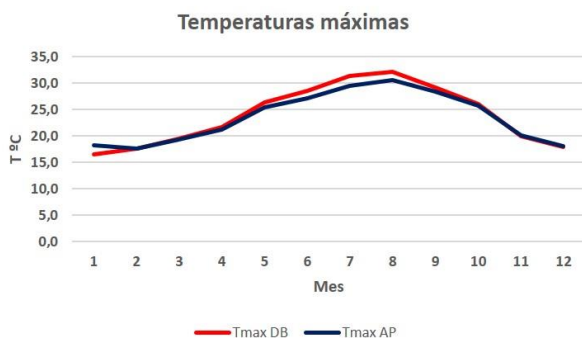
Año	Nº días	Nº Olas	Ola de máxima duración		Temperatura máxima
			Duración	Temperatura	
<b>2022</b>	<b>27</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>40,2</b>	<b>43,1</b>
2021	5	1	5	43,1	43,1
2020	9	3	3	41,7	41,7
2019	3	1	3	38,8	38,8
2018	6	1	6	38,9	38,9
2017	13	4	4	40,9	42,8
2016	13	4	4	43,6	43,6
2015	13	2	10	40,7	40,7
2014	8	2	5	39,0	39,0
2013	17	3	10	40,2	40,2
2012	16	4	6	37,8	40,9
2011	10	3	4	38,0	38,0
2010	13	3	6	41,3	41,3
<b>2009</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>40,0</b>	<b>40,7</b>
2008	7	1	7	39,3	39,3
2007	6	1	6	41,9	41,9
2006	26	7	5	43,1	43,1
2005	11	3	4	40	41,1
2004	15	3	6	41,4	43,3
<b>2003</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>45,8</b>	<b>45,8</b>
2002	11	2	6	38,5	39,9

#### 4.1.4 Comparación de las temperaturas de dos estaciones agroclimáticas próximas en El Puerto

Para comprobar el efecto de pequeñas diferencias de distancia en las medidas de los parámetros climáticos se compararon los valores de la estación agroclimática El Puerto 10, situada en el Poblado de Doña Blanca, a la orilla del río Guadalete, y de la estación climática municipal de Apemsa, situada a una distancia en línea recta de 5 km de la anterior, en el núcleo urbano, junto a la desembocadura del mismo río, próxima a la línea de costa y en pleno barrio bodeguero de El Puerto.



**Figura 4.** Medias mensuales de las temperaturas mínimas en las estaciones Puerto 10 y Apemsa.



**Figura 5.** Medias mensuales de las temperaturas máximas en Puerto 10 y Apemsa.

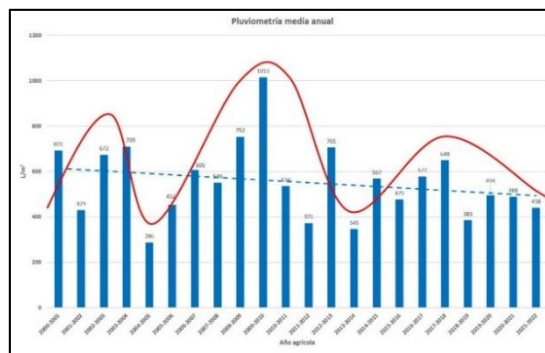
En la Fig. 4 se puede comprobar que las mayores diferencias se producen en las temperaturas mínimas, que son siempre más de 3 °C más elevadas en la estación ubicada en el núcleo urbano. Por el contrario, en la Fig. 5 se observa que las temperaturas máximas son siempre más reducidas en el núcleo urbano, llegando la diferencia a 1,8 °C en el mes de julio. No cabe duda que la proximidad a la desembocadura del río y la línea de costa atempera las temperaturas en esta estación climática respecto a la que está situada a 5 km en el interior.

Esto muestra la importancia de la ubicación de la estación meteorológica y el interés que hubiese tenido poder contar con similares estaciones ubicadas en el casco urbano de Jerez y Sanlúcar, donde no se tiene conocimiento de su existencia.

#### 4.2 Pluviometría

En la Figura 6 se presenta la pluviometría media de todos los años registrados. En el gráfico se han incluido la línea

global de tendencia ofrecida por el programa informático en color azul y trazo discontinuo y una línea de evolución anual en color rojo y trazo continuo incorporado manualmente. Se observa que ambas líneas muestran una clara tendencia a la disminución de las precipitaciones. En la evolución anual se observa un comportamiento cíclico con ciclos consecutivos de lluvias y sequías que duran unos entre cinco y 10 años. En la actualidad rige un ciclo seco. Este carácter cíclico ha sido repetidamente descrito en entornos climáticos similares al del marco de Jerez [9], [10]



**Figura 6.** Pluviometría media anual por años agrícolas (septiembre-agosto).

En la Tabla 4 se presentan las precipitaciones medias de las diferentes estaciones y poblaciones y se puede apreciar que la precipitación media en la región en este periodo ha sido de 549 L/m<sup>2</sup>. Dado que el valor medio de las precipitaciones en Jerez en el año 1997 era de 636 L/m<sup>2</sup> [11], se puede afirmar que las precipitaciones han disminuido unos 100 L/m<sup>2</sup> en los últimos 25 años. También se observa que se producen diferencias apreciables que llegan hasta unos 50 L/m<sup>2</sup> entre diferentes estaciones agroclimáticas y las diferentes poblaciones, muestra del carácter tormentoso y variable de la lluvia en esta región.

**Tabla 4.** Precipitaciones medias en las diferentes estaciones agroclimáticas y poblaciones.

Ciudad	Estación	Prim.	Ver.	Oto.	Inv.	Año
Jerez	1	88	39	235	193	555
Jerez	2	92	38	251	214	594
Jerez	3	78	30	196	178	482
El Puerto	8	85	46	300	225	655
El Puerto	10	95	28	224	199	547
Sanlúcar	9	82	36	210	188	516
Sanlúcar	11	78	23	225	173	498
Jerez	Media	86	36	228	195	545
El Puerto	Media	91	37	260	211	598
Sanlúcar	Media o	80	29	217	179	506
<b>Promedio Global</b>		<b>86</b>	<b>34</b>	<b>235</b>	<b>195</b>	<b>549</b>

#### 4.3 Vientos

El estudio y monitorización de los vientos se ha desarrollado extremadamente en los últimos tiempos debido a la utilización de la energía eólica como fuente de



energía renovable. Para ello, se utilizan numerosos softwares que permiten visualizar y cuantificar los vientos dominantes en una determinada región [12]. En este estudio se ha utilizado el freeware WRPLOT View versión 8.0.2 desarrollado por Lakes Environmental [13]. Este software resume los vientos registrados en un período determinado en una rosa de los vientos que integra dirección, frecuencia y velocidad de forma muy visual e intuitiva.

En las Figs. 7, 8 y 9 se presentan las rosas de los vientos de Jerez, El Puerto y Sanlúcar respectivamente. En la rosa de los vientos de Jerez se aprecia una clara dominancia de los vientos de componente este (Levante) con una velocidad media entre 0,5 y 5,7 m/s. En El Puerto se observa un reparto de frecuencias entre vientos de componente este y oeste, aunque todos los vientos tienen mayor velocidad que los de Jerez, llegando los vientos de levante a los 8,8 m/s. Por último, en Sanlúcar se observa una clara predominancia de vientos de componente oeste (Poniente) con una velocidad media superior a la de Jerez que llega a superar los 5,7 m/s.

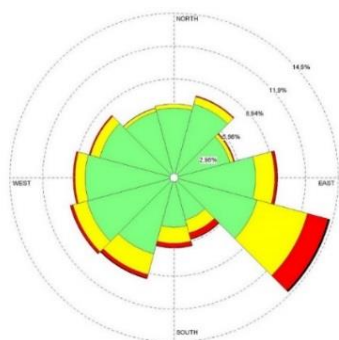


Figura 7. Rosa de los vientos de Jerez.

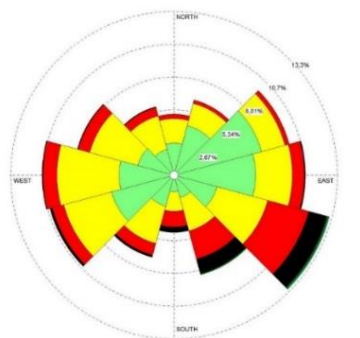


Figura 8. Rosa de los vientos de El Puerto de Santa María.

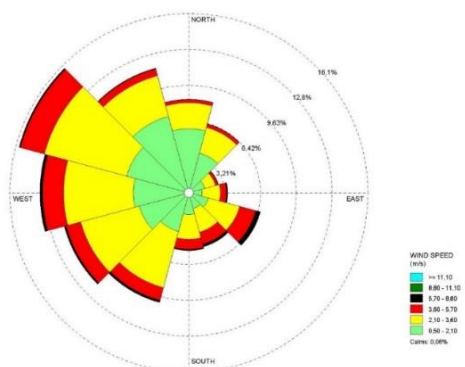


Figura 9. Rosa de los vientos de Sanlúcar.

#### 4.4 Índices bioclimáticos

Se ha utilizado los siguientes índices que resumen el clima de una región: Temperatura media del periodo de crecimiento (Growing Season Temperature, GST) [14], el índice Grados día en el periodo de crecimiento (Growing Degree Day, GDD), conocido como Índice Winkler [15], el índice de Huglin [16] índice grados-día biológicamente efectivos (Biological Effective Degree Day, BEDD) [17], el índice de continentalidad de Gorczynsky [18,19] y el Índice de oceanidad de Kerner [19] según la definición y cuantificación de los diferentes índices propuesta en [20] Los valores de los índices bioclimáticos promedio de la región, diferenciados por ciudades y los correspondientes valores guía se presentan en las Tablas 5a y 5b. Estos valores concuerdan con los datos publicados previamente para diferentes regiones vitivinícolas españolas [20–23] y con los presentados en las clasificaciones internacionales de zonas vitivinícolas [24]. En todas las clasificaciones climáticas el marco de Jerez se presenta como una región cálida y en las relativas a su relación con el mar como una región marítima [25].

Los datos presentados muestran un clima ligeramente más cálido en Jerez, derivado de su situación geográfica en el interior, y unos valores climáticos bastante similares entre El Puerto y Sanlúcar, que presentan índices bioclimáticos más moderados y un carácter ligeramente más oceánico.

Tabla 5a. Índices bioclimáticos generales.

Ciudad	GST (°C)	Índice Winkler	Índice Hugling	BEDD
Promedio	21,4	2440,0	2746,8	1820,6
Jerez	21,7	2502,4	2863,0	1818,4
El Puerto	21,24	2403,9	2695,4	1820,2
Sanlúcar	21,3	2413,6	2681,9	1823,3
Valores guía zona cálida	21-24	2222-2700	2400-2700	1800-2000

Tabla 5b. Índices bioclimáticos de continentalidad.

Ciudad	Índice Continentalidad	Índice Oceanidad
Promedio	21,0	23,2
Jerez	22,9	22,8
El Puerto	19,4	23,6
Sanlúcar	20,7	23,1
Valores guía zona continental/oceánica	10-30	8-50

#### 5 Conclusiones

De los datos presentados se pueden extraer las siguientes conclusiones más destacadas:

- El promedio de las temperaturas medias anuales está en torno 17,5 °C, aunque en verano llega a los 24 °C,

siendo 0,5 °C superiores en Jerez que en El Puerto y Sanlúcar.

- La media anual de las temperaturas máximas se encuentra en torno a los 24 °C, aunque en verano en Jerez llega a superar los 32 °C, mientras que en El Puerto y Sanlúcar son apreciablemente más frescas y son del orden de 30,5 °C.
- Las temperaturas máximas anuales presentan un cierto comportamiento cíclico con una clara tendencia al aumento, a pesar de que se observa una gran variabilidad interanual.
- En relación a las olas de calor registradas se puede afirmar que el año 2022 tuvo el mayor número de días de olas de calor, el año 2003 tuvo la ola de calor más intensa y más prolongada y el año 2009 tuvo un carácter intermedio.
- Las precipitaciones medias medidas en los últimos 20 años han sido de 549 L/m<sup>2</sup> y tienen una clara tendencia a disminuir, lo que ha hecho reducir las precipitaciones casi 100 L/m<sup>2</sup> en los últimos 25 años. Además, también tienen un cierto carácter cíclico, opuesto al de las temperaturas máximas, que hace alternar periodos de sequía y de lluvias intensas.
- Los vientos predominantes en Jerez son de Levante, en Sanlúcar son de Poniente y El Puerto tiene un régimen de vientos intermedio.
- Los índices bioclimáticos considerados se encuentran dentro de los rangos establecidos para una zona cálida y muestran un carácter más continental de Jerez que El Puerto y Sanlúcar que son ligeramente más oceánicos.
- Se muestra la conveniencia de poder disponer de estaciones agroclimáticas con datos accesibles en zonas de viñedos y en los cascos urbanos de las ciudades del marco de Jerez para caracterizar adecuadamente su clima en relación con la industria vitivinícola.

## Referencias

1. B. Trewin, 'Función De Las Normales Climatológicas En Un Clima Cambiante', *Organización Meteorológica Mundial*, vol. 61, no. Ginebra, p. 1, 2007
2. J. Estévez, 'Diseño de un sistema integrado para el control de calidad de datos de estaciones meteorológicas automáticas', Doctoral Thesis, University of Córdoba, 2008
3. IFAPA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Junta de Andalucía, 'Red de Información Agroclimática (R.I.A.)'. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=estaciones2.html>
4. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, 'Red RAIF'. <https://ws142.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/fit/clima/info.estacion.do?id=35> (accessed Dec. 20, 2022)
5. J. Gómez Benítez, 'Avance de un estudio de las climatologías de Jerez de la Frontera y El Puerto de Santa María y su influencia en la crianza de los vinos finos', in *II Jornadas del Vino Fino*, S. de P. del A. de P. de S. María, Ed., Puerto de Santa María, 1996
6. C. Rodríguez Ballesteros, 'Olas de calor y de frío en España desde 1975', *Calendario meteorológico AEMET*, pp. 280–300, 2013, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/2533>
7. C. Rodríguez Ballesteros, 'Criterios objetivos para localizar y caracterizar las olas de calor', *Repositorio AEMET*, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/6036>
8. A. Chazarra Bernabé, C. Rodríguez Ballesteros, and C. M. Flores Herráez, 'Climatología y observaciones', *Física del caos en la predicción meteorológica*, pp. 117–128, 2018, doi: 10.31978/014-18-009-x.09
9. M. de Luis, M. Brunetti, J. C. Gonzalez-Hidalgo, L. A. Longares, and J. Martín-Vide, 'Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946-2005', *Glob Planet Change*, vol. 74, no. 1, pp. 27–33, 2010, doi: 10.1016/j.gloplacha.2010.06.006
10. M. Pita, J. Camarillo, and M. Aguilar, 'Rainfall Variability Pattern over Time in Andalusia and its Links with the North Atlantic Oscillation', *Climate and Environmental Change*, pp. 77–89, 1998, [Online]. Available: <http://titulaciongeografia-sevilla.es/web/contenidos/profesores/publicaciones/archivos/finalnao.pdf>
11. A. García de Luján, *La viticultura del Jerez*. 1997
12. T. Sundari, B. Samra, and A. B. Saptono, 'The Use of Wind Rose to Improve the Quality of Site Analysis', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Apr. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/469/1/012017
13. Lakes environmental software, 'WRPLOT View ver. 8.0.2'. <https://www.weblakes.com/software/freeware/wrplot-view/> (accessed May 08, 2023)
14. G. Jones, M. Moriondo, B. Bois, A. Hall, and A. Duff, 'Analysis of the spatial climate structure in viticulture regions worldwide', *Bulletin de l'OIV*, vol. 82, no. 944, pp. 507–517, 2009
15. A. J. Winkler, J. A. Cook, W. M. Kiewer, and L. A. Lider, *General Viticulture*. University of California Press, 1974
16. M. P. Huglin, 'Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole', in *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, Académie d'Agriculture de France*, 1978, pp. 1117–1126
17. J. Gladstones, *Viticulture and Environment*. Underdale, South Australia, 1992
18. C. Dominika, 'Variability of the Thermal Continentality Index in Central Europe', *Air and Water. Components of the Environment*, no. 1918, pp. 307–313, 2014, [Online]. Available: <http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1261278>
19. A. Saa, R. De Antonio, J. Almorox, and J. M. Gasco, 'Comparison of two continentality indices on the Iberian Peninsula', *Estud Geogr*, vol. 53, no. 209, pp. 691–703, 1992

20. H. Guisado, 'Caracterización y zonificación vitícola de España mediante análisis multivariante de variables bioclimáticas', Universidad de Extremadura, 2016
21. F. Honorio, A. García-Martín, F. J. Moral, L. L. Paniagua, and F. J. Rebollo, 'Spanish vineyard classification according to bioclimatic indexes', *Aust J Grape Wine Res*, vol. 24, no. 3, pp. 335–344, Jul. 2018, doi: 10.1111/ajgw.12342
22. F. J. Moral, F. J. Rebollo, L. L. Paniagua, and A. García, 'Climatic spatial variability in Extremadura (Spain) based on viticultural bioclimatic indices', *Int J Biometeorol*, vol. 58, no. 10, pp. 2139–2152, Nov. 2014, doi: 10.1007/s00484-014-0814-8
23. I. Font Tullot, *Climatología de España y Portugal*. Universidad de Salamanca, 2000
24. J. Tonietto and A. Carbonneau, 'A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide', *Agric For Meteorol*, vol. 124, no. 1–2, pp. 81–97, 2004, doi: 10.1016/j.agrformet.2003.06.001
25. C. Andrade and J. Corte-Real, 'Assessment of the spatial distribution of continental-oceanic climate indices in the Iberian Peninsula', *International Journal of Climatology*, vol. 37, no. 1, pp. 36–45, 2017, doi: 10.1002/joc.4685