

## INÉDITO

# Estudio del clima del Marco de Jerez (III). Datos climáticos históricos y proyecciones de evolución futura

Juan Gómez Benítez<sup>1</sup>, Noelia López de la Franca Arema<sup>2</sup>, Enrique Sánchez Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos. Universidad de Cádiz

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica, Universidad Castilla-La Mancha, Toledo

Recibido 28 de julio de 2023 / Aceptado 28 de julio de 2023 / Publicado 1 de septiembre de 2023

## RESUMEN

Se han estudiado los datos diarios de temperaturas medias, máximas y mínimas y de lluvias de los observatorios de la Armada de San Fernando, con datos desde 1870 hasta la actualidad y del observatorio de AEMET en el Aeropuerto de Jerez que dispone de datos desde 1946. El objetivo del trabajo ha sido describir el microclima del Marco de Jerez en tiempos pasados y actuales, así como analizar su proyección en el próximo futuro. Se ha verificado el aumento de las temperaturas y la disminución de las lluvias, especialmente a partir del año 1970. Esto se ha visto acompañado de un acortamiento climático de la primavera y un alargamiento climático del verano. Se han utilizado dos metodologías diferentes para prever la evolución de las temperaturas en un próximo futuro: a partir de la extrapolación estadística de las temperaturas observadas de los últimos 50 años, y a partir de proyecciones regionalizadas de temperatura procedentes del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Se ha podido verificar que ambos procedimientos conducen a previsiones similares y que el aumento de la media anual de temperaturas previsible entre los próximos períodos de 30 y 60 años estará entre 0,7 y 1,5 °C.

## INTRODUCCIÓN

En un artículo anterior se presentaron los datos de las estaciones agroclimáticas instaladas en el Marco de Jerez que cubren el período de los últimos 20 años<sup>1</sup>. Ya en esta publicación se prevenía de que la Organización Meteorológica Mundial, que es el organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología (el tiempo y el clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas conexas, prescribe que la caracterización del clima nece-

sita de al menos 30 años de mediciones ininterrumpidas<sup>2</sup>, por lo que el período empleado era insuficiente. Por ello, en este trabajo se utilizaron las bases de datos disponibles de más antigüedad y mejor conservadas que permitieran hacer una caracterización adecuada del microclima del Marco de Jerez y un análisis de su proyección en el futuro.

Dada la importancia que tienen las estaciones climáticas en el cultivo de la vid, en este artículo se ha incorporado un estudio de su duración basado en criterios climáticos. La duración y fecha de comienzo de las estaciones astronómicas (solsticios y equinoccios) son bien conocidas. Pero, la definición de las estaciones puede variar geográficamente atendiendo a la influencia del clima sobre la sociedad. Entre las distintas definiciones, la caracterización climática se basa en el estudio de los ciclos anuales de las principales variables meteorológicas que ejercen una mayor influencia sobre el clima de cada región. Este enfoque permite estudiar su variabilidad interanual, así como analizar las posibles variaciones en el ritmo de las estaciones<sup>3</sup>.

## DATOS CLIMÁTICOS UTILIZADOS

En este trabajo se han analizado los datos diarios de precipitación y temperaturas media, mínima, máxima de los dos observatorios meteorológicos oficiales que disponen de las observaciones más antiguas de la región del Marco de Jerez de las que se tiene seguridad de que se han conservado con fidelidad. Estos son el del Real Observatorio de la Armada de San Fernando (ROA) y el de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en el Aeropuerto de Jerez (AE).

Ambos observatorios se encuentran dentro de la zona delimitada del Marco de Jerez. En la [Imagen 1](#) se presentan las ubicaciones de los dos observatorios que están a



Imagen 1. Ubicaciones de los observatorios meteorológicos

una distancia de 35 Km en línea recta. Para homogeneizar las bases de datos de temperatura, los periodos de datos faltantes iguales o menores a 15 días se rellenaron a través de una interpolación lineal utilizando la herramienta “na.approx” del paquete “zoo” del software estadístico R<sup>4</sup>. De esta forma se desecharon aquellos años donde faltaban más de 15 días consecutivos.

#### Real Observatorio de la Armada de San Fernando

Es el observatorio meteorológico y astronómico más antiguo de España, fundado en 1753 para la formación de los guardiamarinas en las técnicas de mediciones climáticas tan necesarias para la navegación. A lo largo de sus más de 250 años ha aumentado su campo de actividades y goza de un gran prestigio científico internacional. Entre otras actividades, este centro es el responsable de la custodia, conservación, mantenimiento y difusión del patrón nacional de la unidad básica de tiempo, es decir, la hora oficial española. En este trabajo se han utilizado los datos diarios contenidos en sus publicaciones, que están disponibles desde 1870<sup>5</sup>. Para ello debieron ser fotografiados en la biblioteca del centro y posteriormente digitalizados con el software de reconocimiento óptico de caracteres ABBY FineReader ver. 12 y verificados sus resultados para evitar errores durante la digitalización.

Ubicación: Latitud: 36° 27' 56" N; Longitud: 6° 12' 20" W. Altitud: 28 m-

#### AEMET Agencia Estatal de Meteorología. Estación de Jerez Aeropuerto

La red AEMET ofrece datos de casi 800 estaciones meteorológicas a todo lo largo de la geografía española con la garantía oficial de su permanente verificación y validación. En este trabajo, se ha utilizado la estación meteorológica situada en el Aeropuerto de Jerez que tiene datos diarios disponibles desde 1946 a la actualidad. Estos datos fueron solicitados oficialmente a la institución para este estudio.

Ubicación: Latitud: 36° 45' 02" N; Longitud: 06° 03' 21" W; Altitud: 27 m

#### Visor de Escenarios de Cambio Climático

Para analizar las proyecciones climáticas futuras se ha utilizado el Visor de Escenarios de Cambio Climático, herramienta on-line para conocer, visualizar y descargar las proyecciones más actualizadas para el clima futuro de España<sup>6,7</sup>. Está integrado en la plataforma AdapteCCA.es de consulta e intercambio de información en relación al cambio climático y forma parte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico<sup>7</sup>.

Esta herramienta permite consultar las proyecciones regionalizadas de cambio climático para España realizadas a partir de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC (Grupo Interguber-

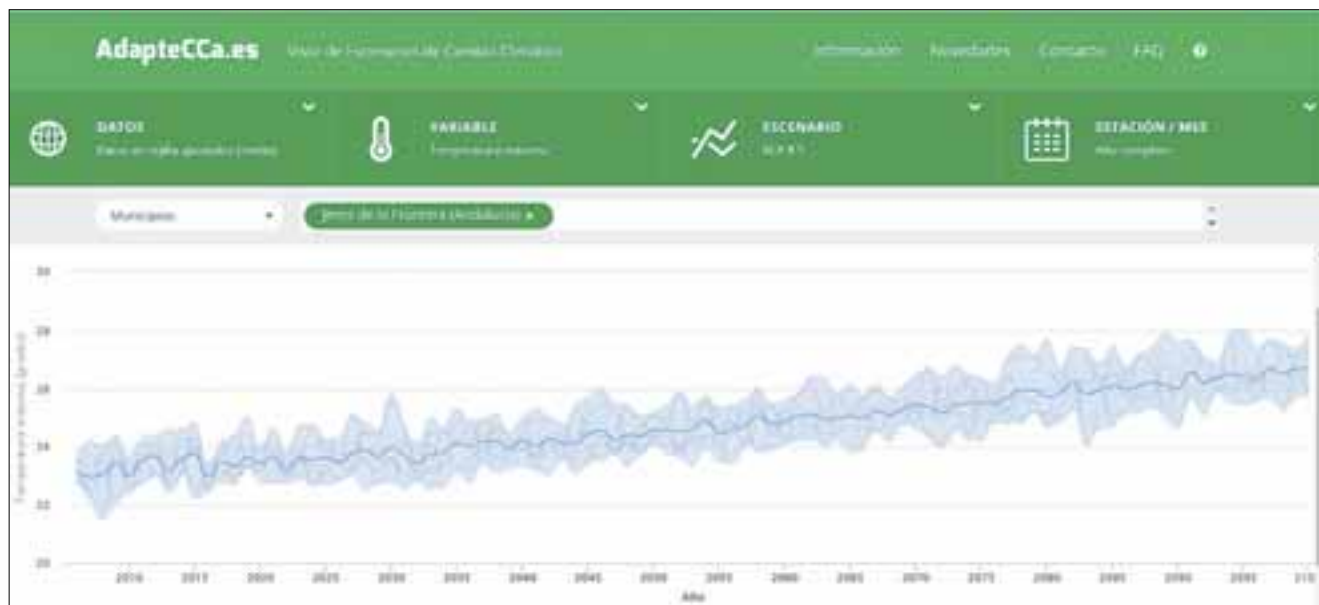


Imagen 2. Visualización del Visor de escenarios de cambio climático

namental de Expertos sobre Cambio Climático)<sup>8</sup> en el marco de la colección de Escenarios PNACC 2017<sup>9</sup> (Imagen 2).

Los datos disponibles se nutren principalmente de dos fuentes: proyecciones puntuales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)<sup>10</sup> y proyecciones en rejilla procedentes de la iniciativa internacional Euro-CORDEX<sup>11</sup> a partir de modelos numéricos de alta resolución (~11 km) que cubren la Península Ibérica y Baleares.

Los datos consultados en esta herramienta han sido las series temporales (medias anuales) de Temperatura máxima y Temperatura mínima y de Precipitación ajustadas para las ubicaciones Jerez y San Fernando, resultado del promedio de los modelos climáticos regionales disponibles. En el AR5 se definieron un conjunto de escenarios futuros de concentraciones de gases de efecto invernadero llamados RCP (*Representative Concentration Pathways*). En este visor se muestran datos de los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, que se corresponden con emisiones intermedias y altas para el siglo XXI respectivamente, y que fueron utilizados para el análisis de las proyecciones futuras.

## MÉTODOS

Los tratamientos generales de datos se han realizado con Microsoft Excel 2016 y para los más específicamente estadísticos se ha utilizado el software estadístico Statgraphics Centurión ver. 19.

## Determinación de la Duración y Fecha de comienzo de las estaciones meteorológicas

En este trabajo se utiliza una definición climática de las estaciones, que está basada en los percentiles 75(p75TX) y 25(p25TN) de la marcha anual climática de la temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin), respectivamente<sup>3</sup>. Esta definición se aplica en cada punto a partir de su ciclo climático anual. Este método permite definir las estaciones en cualquier región, independientemente del tamaño del área o las condiciones climáticas con duraciones promedio iniciales en torno a 90 días<sup>12,13</sup>. Según este método, las estaciones se definieron, por punto de retícula, como la primera vez en el año que durante un periodo de seis días consecutivos ocurre que:

Fecha de inicio de la primavera:  $T_{min} > p25TN$  antes del máximo anual de la Tmin.

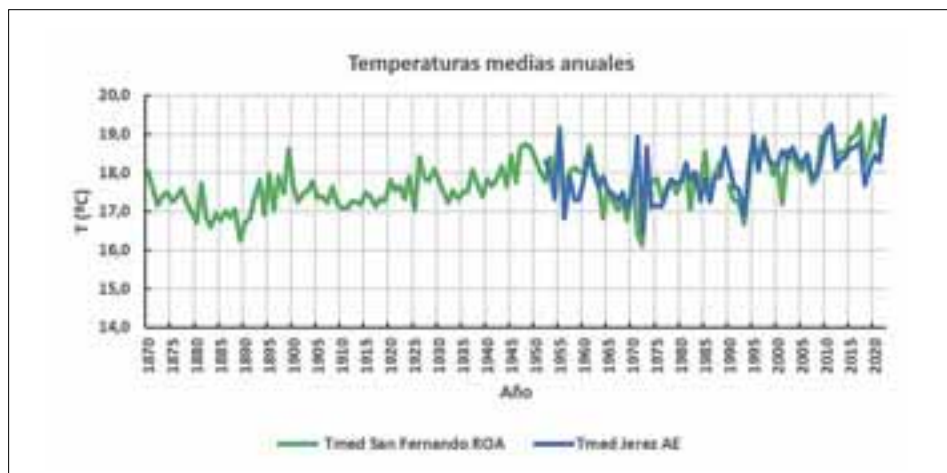
Fecha de inicio del verano:  $T_{max} > p75TX$  antes del máximo anual de la Tmax.0

Fecha de inicio del otoño:  $T_{max} < p75TX$  después del máximo anual de la Tmax.

Fecha de inicio del invierno:  $T_{min} < p25TN$  después del máximo anual de la Tmin.

La aplicación de este procedimiento de determinación de las estaciones meteorológicas en todo el período de tiempo considerado se efectuó con un programa informático desarrollado al efecto en lenguaje R.

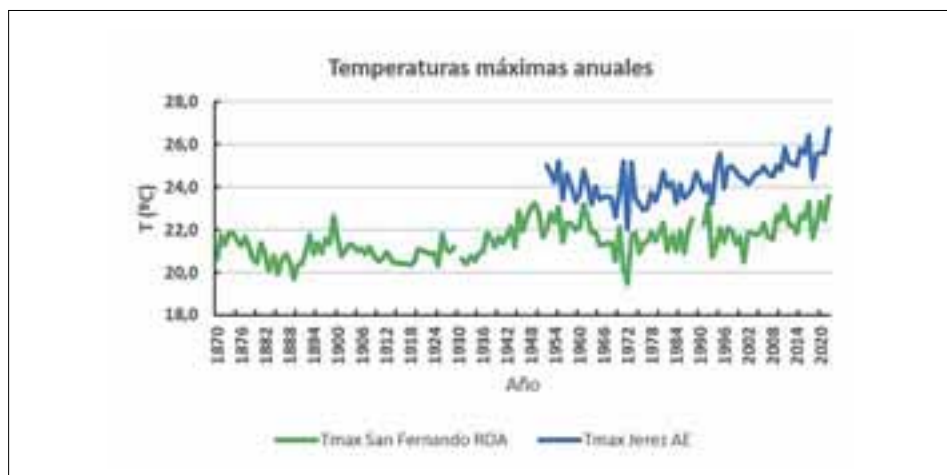
Juan Gómez Benítez, Noelia López de la Franca Arema, Enrique Sánchez Sánchez



Gráfica 1. Medias anuales de las temperaturas medias diarias (°C)

	Período	Tmed	Tmax	Tmin
San Fernando ROA	1870-2022	17,7	21,5	14,4
Jerez AE	1952-2022	18,0	24,3	11,6

Tabla 1. Valores medios anuales de las temperaturas diarias medias, máximas y mínimas (°C) en el período estudiado de observaciones



Gráfica 2. Medias anuales de las temperaturas máximas diarias (°C)

## TEMPERATURAS

### Temperaturas medias

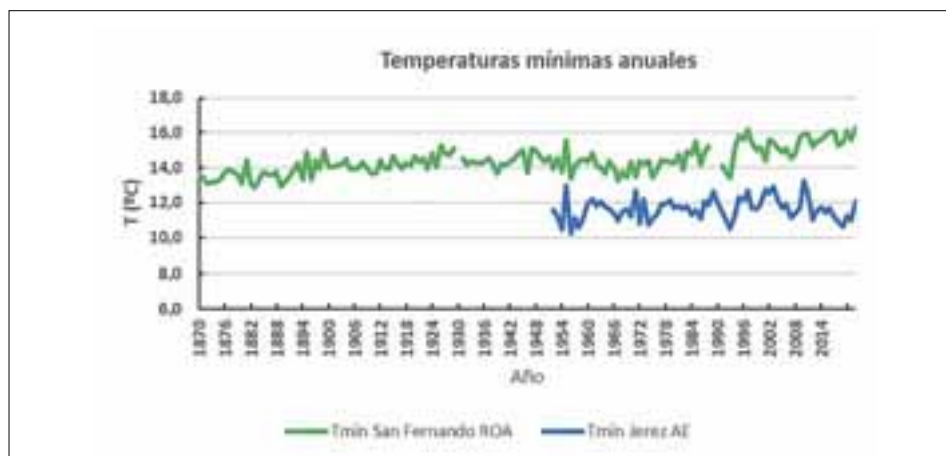
En la [Gráfica 1](#) se representan los valores medios anuales de las temperaturas medias diarias de los dos observatorios a lo largo de los períodos estudiados y en la [Tabla 1](#) se presentan los valores medios de las temperaturas medias, máximas y mínimas en esos mismos períodos. Se observa en general una apreciable coincidencia de las temperaturas medias en los dos observatorios a lo largo del tiempo, hecho que se confirma por la escasa diferen-

cia en los valores medios globales presentes en la [Tabla 1](#). Además, cabe destacar una clara tendencia al aumento de las temperaturas medias a partir de los años 70 en los dos observatorios.

### Temperaturas máximas

En la [Gráfica 2](#) se representan los valores de las medias anuales de las temperaturas máximas diarias, donde se puede observar que las temperaturas máximas son apreciablemente superiores en Jerez AE que en San Fernando ROA,

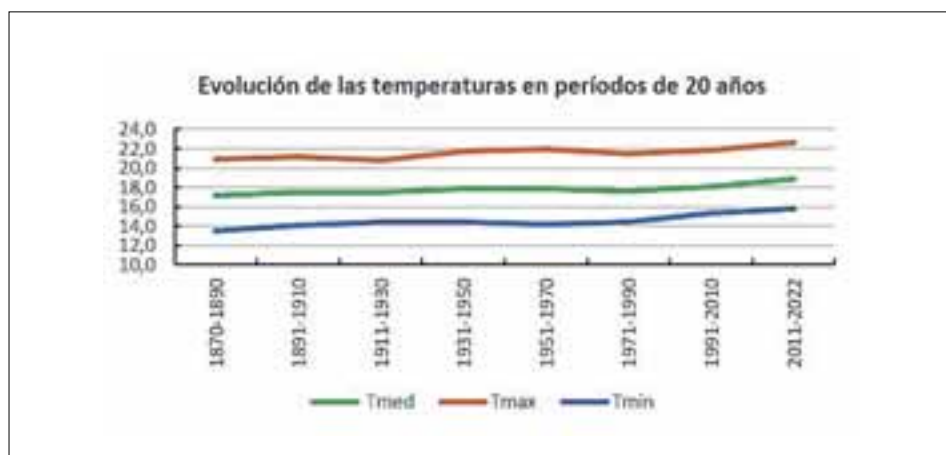
Estudio del clima del Marco de Jerez (III). Datos climáticos históricos y proyecciones de evolución futura



Gráfica 3. Medias anuales de las temperaturas mínimas diarias (°C)

	1971-1990	1991-2010	2011-2022	Incremento
<b>Tmed</b>	17,6	18,1	18,8	1,2
<b>Tmax</b>	21,4	21,8	22,6	1,2
<b>Tmin</b>	14,4	15,3	15,7	1,3

Tabla 2. Variación de las temperaturas medias, máximas y mínimas (°C) por períodos



Gráfica 4. Evolución de las temperaturas medias anuales (°C) en el observatorio de San Fernando

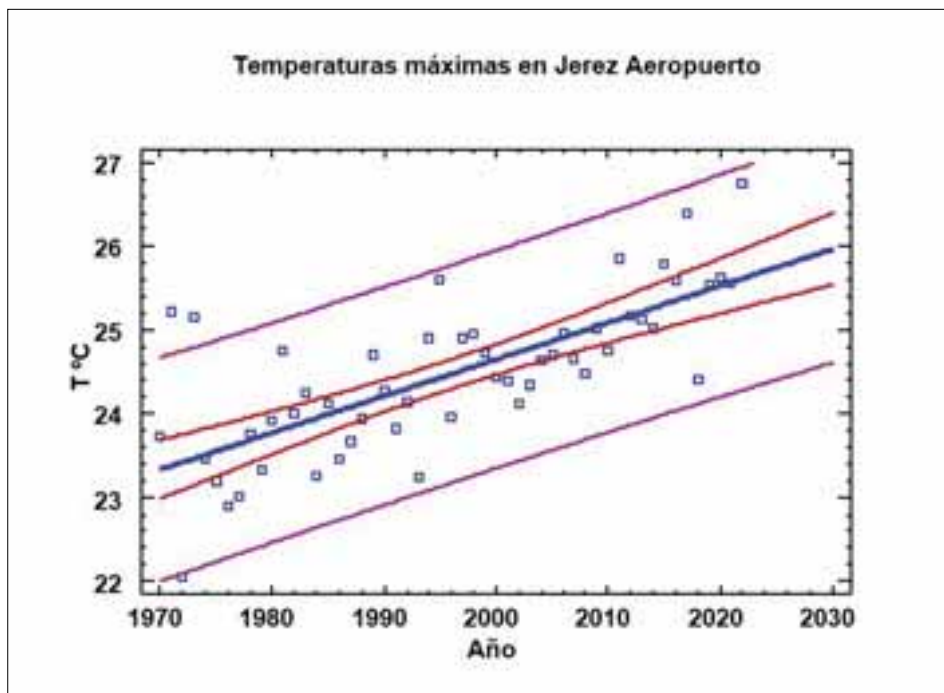
por la proximidad al mar de este observatorio, con unas diferencias que oscilan en torno a los 3°C (ver [Tabla 1](#)). Además, se aprecia en las dos curvas el efecto de aumento de las temperaturas máximas a partir de los años 70, si cabe más acentuado que el de las temperaturas medias.

#### Temperaturas mínimas

En la [Gráfica 3](#) se representan los valores de las medias anuales de las temperaturas mínimas diarias en los dos

observatorios. En este caso se observa que las temperaturas mínimas son mayores en San Fernando que en Jerez, también por la acción de reguladora que ejerce el mar sobre la temperatura. En este caso se observa un aumento sensible de las temperaturas mínimas en los últimos años en el observatorio de San Fernando, pero no en el de Jerez. Se debe tener en cuenta que las temperaturas máximas suelen ser más causa de gran escala que afectan por igual a los dos observatorios (un anticiclón, una dorsal, etc.), mientras que las mínimas suelen

Juan Gómez Benítez, Noelia López de la Franca Arema, Enrique Sánchez Sánchez



**Gráfica 5.** Gráfica 5. Ajuste de regresión de las medias anuales de las temperaturas máximas diarias del observatorio de Jerez AE en el período 1970-2022

estar más influenciadas por aspectos locales (un valle, una zona montañosa., etc.).

Para facilitar el estudio del aumento de las temperaturas en los últimos años y suavizar su amplia variabilidad interanual, las temperaturas medias, máximas y mínimas del observatorio de San Fernando se han promediado en períodos de 20 años que se presentan en la [Gráfica 4](#) y se resumen en la [Tabla 2](#), donde se presentan los valores medios de los últimos 50 años.

En la [Gráfica 4](#) se puede observar claramente el aumento de las temperaturas a partir de los años 70 y en la [Tabla 2](#) se muestra que entre los años 1971 y 2022 las temperaturas han aumentado en torno a 1,2 °C. Tendencias similares se presentan en el observatorio de Jerez.

#### **Proyecciones 2023-2084 de las temperaturas máxima, mínima y media**

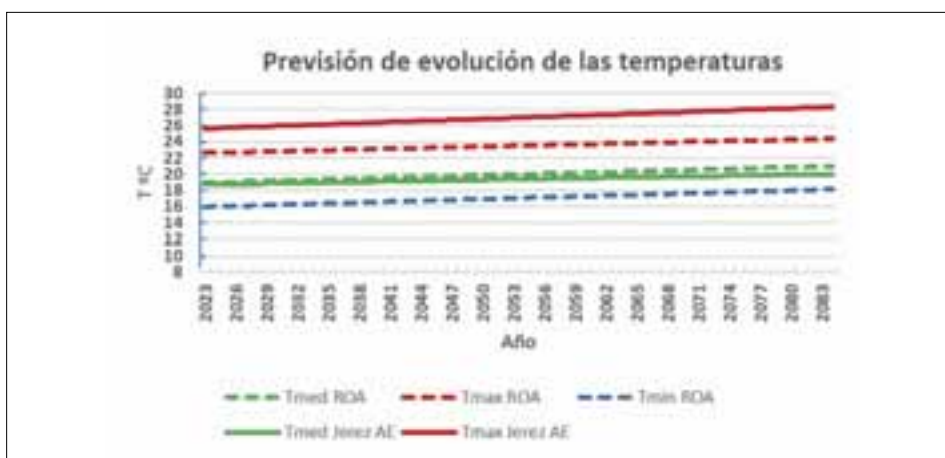
Se han utilizado dos procedimientos para prever la evolución de las temperaturas: un procedimiento estadístico basado en la extrapolación los datos de los últimos 50 años y las proyecciones futuras calculadas a partir de modelos climáticos regionales proporcionadas por el Visor de Escenarios del Cambio Climático, previamente descrito en el apartado de datos climáticos utilizados. Para el procedimiento estadístico de previsión de evolu-

ción de las temperaturas se ha empleado un análisis de regresión polinomial para buscar la función estadística que mejor se ajusta a la evolución de los datos de las temperaturas desde el año 1970 al año 2022, tanto para el observatorio de San Fernando como para el de Jerez. Una vez obtenida la función para cada temperatura, se han extrapolado para dos períodos de 30 años, 2023-2053 y 2054-2084. Se debe admitir que este es un método muy simplista para estudiar las condiciones climáticas futuras, donde métodos estadísticos más elaborados, conocidos como downscaling dinámico, son las aproximaciones más rigurosas y robustas que recomiendan los científicos del clima<sup>14</sup>.

En la [Gráfica 5](#) se presenta el ajuste por regresión polinomial de las temperaturas máximas en el observatorio de Jerez AE. En ella se muestra en el centro la línea de regresión y dos conjuntos de límites. Los límites interiores son los intervalos de confianza al 95% que indican la calidad de la estimación de los puntos de la línea de regresión, en la que a mayor tamaño de muestra, más ajustados son los límites.

Las líneas exteriores son límites de predicción al 95% para nuevas observaciones. Se estima que el 95% de las observaciones adicionales, similares a las de la muestra, caerían dentro de esos límites. Se puede apreciar que el intervalo

Estudio del clima del Marco de Jerez (III). Datos climáticos históricos y proyecciones de evolución futura



**Gráfica 6.** Temperaturas máximas, mínimas y medias (°C) previstas hasta el año 2084 en los observatorios de Jerez AE y San Fernando ROA

Período	Jerez AE			San Fernando ROA		
	Tmax	Tmed	Tmin	Tmax	Tmed	Tmin
2023-2053	26,3	19,0	---	23,1	19,5	16,5
2054-2084	27,7	19,7	---	24,0	20,5	17,6
Diferencia	1,4	0,7	---	0,9	1,0	1,1

**Tabla 3.** Valores medios de las temperaturas máximas, medias y mínimas (°C) previstas para los períodos 2023-2053 y 2054-2084

Período	Jerez AE				San Fernando ROA			
	Tmax		Tmin		Tmax		Tmin	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
2023-2053	23,9	24,1	14,7	14,9	23,2	23,4	15,2	15,4
2054-2084	24,4	25,3	15,2	16,1	23,8	24,9	15,8	16,8
Diferencia	0,5	1,2	0,5	1,2	0,6	1,5	0,6	1,4

RCP 4.5 y RCP 8.5: escenarios de emisión de gases de efecto invernadero intermedio y alto respectivamente

**Tabla 4.** Temperaturas previstas (°C) según el visor de escenarios del cambio climático

de confianza es muy ajustado y por tanto, el ajuste es de buena calidad y que los límites de predicción solamente dejan fuera dos medidas de un total de 53 observaciones.

La ecuación de ajuste de la línea de regresión es:

$$T_{max} = -62,8732 + 0,0438 \times \text{Año}$$

Los parámetros estadísticos del ajuste confirman que existe una correlación estadísticamente significativa al 95 % entre la temperatura y el año, la R-cuadrada= 53,2 y el error absoluto medio de la determinación es de 0,47 °C. Este mismo procedimiento se ha utilizado para el ajuste de las temperaturas máximas, medias y mínimas de los

dos observatorios. En todos los casos se ha obtenido una correlación estadísticamente significativa al 95 %, excepto en las temperaturas mínimas del observatorio de Jerez AE, por lo que no han sido incluidas en los cálculos de previsiones. Esto concuerda con la evolución irregular de las temperaturas mínimas en este observatorio en los últimos años, hecho anteriormente comentado. Para la predicción de las temperaturas en el próximo futuro se han utilizado las ecuaciones de ajuste obtenidas de esta forma. Dado que las previsiones climáticas se deben realizar para períodos de al menos 30 años, las ecuaciones se han extrapolado para los períodos 2023-2053 y 2054-2084, y resultados se presentan en la [Gráfica 6](#) y en la [Tabla 3](#).

Juan Gómez Benítez, Noelia López de la Franca Arema, Enrique Sánchez Sánchez



Gráfica 7-1. Duración de las estaciones en Jerez



Gráfica 7-2. Duración de las estaciones en San Fernando

Como se puede apreciar, los incrementos medios de todas las temperaturas están comprendidas entre 0,7 y 1,4°C. Respecto a las proyecciones futuras realizadas a partir de los modelos climáticos regionales disponibles en el Visor de Escenarios de Cambio Climático, se descargaron los datos de temperatura máxima y mínima correspondientes a las estaciones de Jerez de la Frontera y San Fernando para los escenarios futuros RCP 4.5 y RCP 8.5 hasta el año 2100<sup>6</sup>. En la **Tabla 4** se presentan las proyecciones para los periodos 2023-2053 y 2054-2084. Como se puede apreciar, los incrementos de temperaturas máximas y mínimas proyectados en el escenario RCP 8.5 son bastante próximos a los previstos con por el procedimiento estadístico y presentan aumentos entre 1,2 y 1,5 °C. Estas temperaturas previstas son muy inferiores a las recogidas en una reciente publicación que ha causado gran alarma en el sector de los vinos de Jerez<sup>15</sup>. En dicha publicación,

que utiliza otra metodología para analizar el cambio climático y que extrapola un período de medida de temperaturas de tan sólo nueve años, se prevé un aumento de la temperatura en verano de 3,6 °C. Estas temperaturas supondrían un gran estrés para la viña en la época de maduración de la uva y dificultaría enormemente la crianza biológica en las bodegas que no estuvieran acondicionadas térmicamente.

#### Duración y fecha de comienzo de las estaciones

Se han determinado según el procedimiento descrito en el apartado de Tratamiento de los datos. Para facilitar su estudio y eliminar la variación interanual los valores disponibles se han promediado en dos periodos de 34 años de igual duración: 1953-1987 y 1988-2022.

En la **Gráfica 7** se presentan las duraciones de las estaciones en los dos observatorios considerados. En el de Jerez AE se observa que la primavera se ha acortado de



**Sparkling Equipment**

Fabricante marca

**URPINAS**

**Fabricación venta y alquiler de maquinaria para método tradicional**

**93 015 36 63**

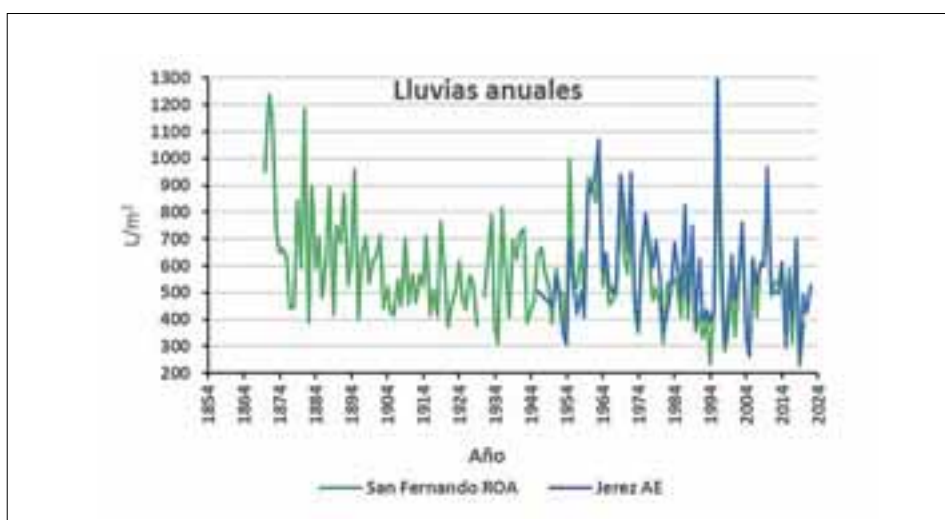
www.sparklingequipment.com  
sales@sparklingequipment.com



*Estudio del clima del Marco de Jerez (III). Datos climáticos históricos y proyecciones de evolución futura*

Observatorio	Periodo	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Jerez AE	1953-1972	61	173	265	344
	1973-2022	71	160	267	339
	Diferencia	10	-13	-2	-5
San Fernando ROA	1953-1972	63	172	256	344
	1973-2022	61	176	253	341
	Diferencia	-2	-4	-3	-5

**Tabla 5.** Fecha de comienzo de las estaciones meteorológicas (valores en días naturales del calendario gregoriano)



**Gráfica 8.** Lluvias anuales en los observatorios de San Fernando y Jerez (L/m<sup>2</sup>)

111 a 78 días, y por el contrario el verano se ha alargado de 89 a 119 días, lo que es sin duda una de las causas del adelanto del ciclo vegetativo de la vid observado desde hace tiempo y que ha provocado el adelanto en al menos un mes de la fecha de la vendimia. Sorprendentemente se observa un aumento en la duración del invierno de 85 a 105 días, lo que podría tener relación con las oscilaciones de las temperaturas mínimas observadas en los últimos años, hecho ya comentado previamente. Por último, no se observa variación importante en la duración del otoño.

Sin embargo, las modificaciones en la duración de las estaciones que se muestran en el observatorio de San Fernando ROA son mucho más pequeñas, debido probablemente al efecto regulador del mar sobre las temperaturas. Debemos recordar que el observatorio de San Fernando ROA se encuentra muy próximo al mar.

Para complementar la información sobre las estaciones meteorológicas, también resulta interesante considerar

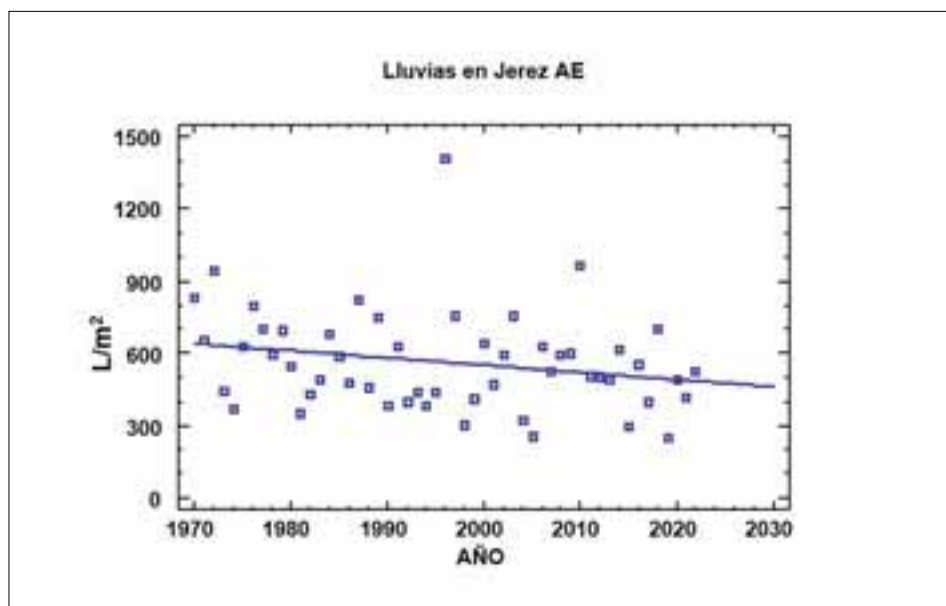
las fechas de inicio de las estaciones climáticas que se presentan en la **Tabla 5**, donde se vuelve a observar que las fechas han cambiado mucho más en el observatorio de Jerez que en el de San Fernando, especialmente en la primavera y el verano. En Jerez se observan retrasos de 10 días en el inicio de la primavera y adelantos de 13 días en el inicio del verano, mientras que en el de San Fernando la primavera y el verano se adelantan entre 2 y 4 días, respectivamente.

**LLUVIA**

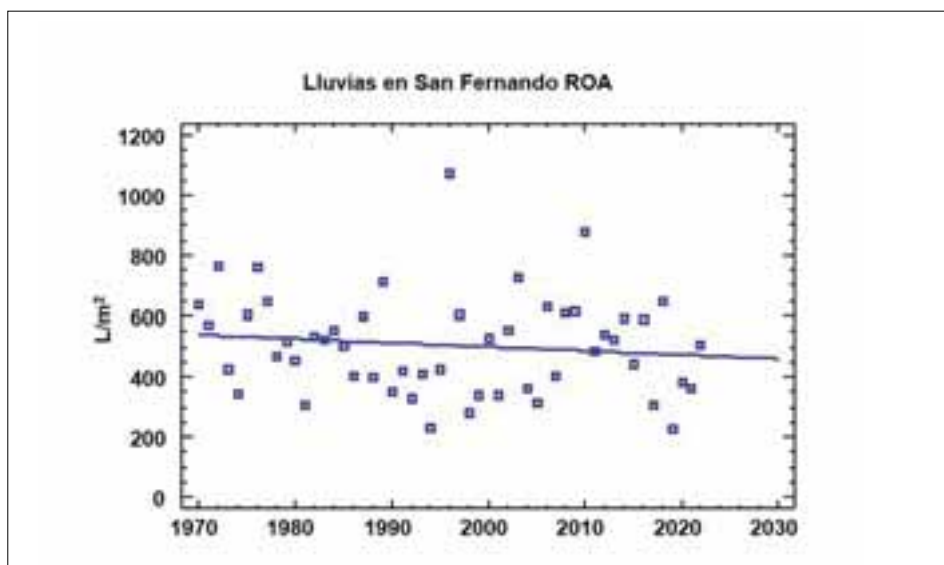
Una vez analizada la temperatura, y su análisis de estaciones, a continuación se va a estudiar la precipitación, fenómeno meteorológico de influencia determinante en la viticultura de secano, como la de Jerez.

En la **Gráfica 8** se presentan las lluvias por años naturales en los dos observatorios. Como se puede observar existe una elevada similitud entre las medidas de los dos observatorios en los años en que ambos funcionaron simultáneamente, lo que muestra su robustez y consistencia.

Juan Gómez Benítez, Noelia López de la Franca Arema, Enrique Sánchez Sánchez



Gráfica 9. Ajuste de regresión de la lluvia en el observatorio de Jerez AE



Gráfica 10. Ajuste de regresión de lluvia en el observatorio de San Fernando (ROA)

Cabe destacar la elevada pluviosidad existente desde 1870 a 1900, de promedio superior a los 700 L/m<sup>2</sup> y con numerosos años en torno a los 900 L/m<sup>2</sup>, muy superior a la actual que de promedio está en torno a los 500 L/m<sup>2</sup>.

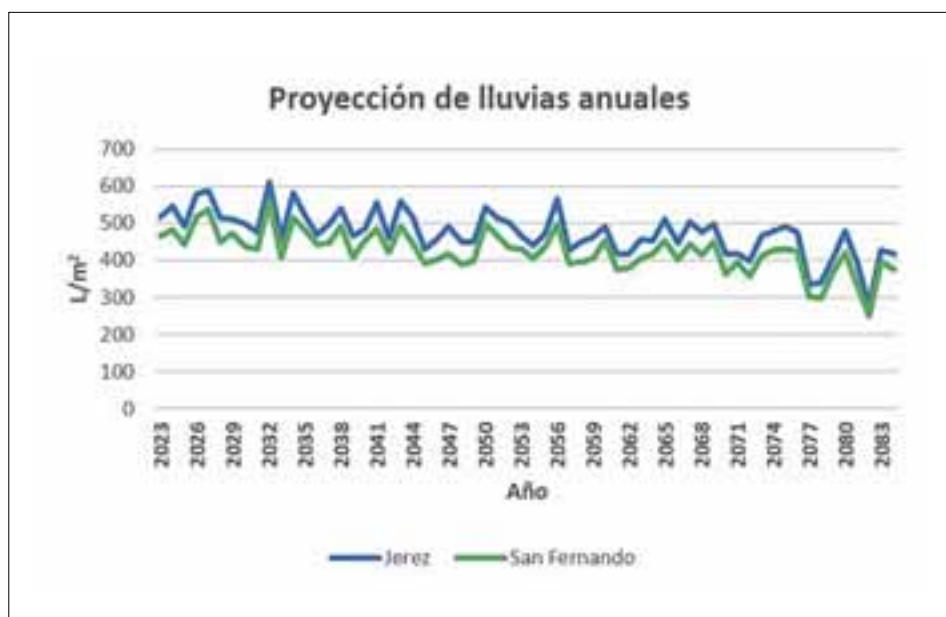
Al igual que se hizo con las temperaturas, el ajuste de la evolución de las lluvias con el tiempo se ha realizado entre los años 1970 y 2022 y se presenta en las Gráficas 9 y 10 para los observatorios de Jerez AE y San Fernando ROA respectivamente.

Las correspondientes ecuaciones de regresión son:

**Lluvia en Jerez AE = 6494,67 - 2,9706 x año**

**Lluvia en San Fernando ROA = 3126,38 - 1,3124 x año**

Las dos rectas de regresión tienen pendiente negativa, lo que confirma la tendencia a la disminución de las lluvias. Pero en este caso los parámetros estadísticos indican que no existe una correlación estadísticamente significativa.



**Gráfica 11.** Proyección de lluvias anuales (L/m<sup>2</sup>) del visor de escenarios del cambio climático en Jerez y San Fernando para un RCP 8.5

tiva al 95 % entre las lluvias y el año, sin duda debido a la elevada variabilidad interanual. Por ello, se desiste de intentar hacer una proyección de la evolución de las lluvias en los próximos años.

Estas previsiones coinciden de manera muy cercana con las proyecciones de precipitaciones del Visor de Escenarios del Cambio Climático que se presentan en la [Gráfica 11](#). Se puede apreciar que, al igual que se observa en la [Gráfica 8](#), las lluvias en Jerez son ligeramente superiores a las de San Fernando y que se mantiene una tendencia constante a la disminución de las precipitaciones, de forma que en el plazo de 60 años podrían disminuir hasta los preocupantes niveles de 300 L/m<sup>2</sup> al año.

### CONCLUSIONES

Se ha verificado que, aunque los promedios anuales de las temperaturas medias diarias en el observatorio de Jerez AE y en el de San Fernando ROA son similares, los promedios anuales de las temperaturas máximas en Jerez AE son unos 3 °C superiores y los de las temperaturas mínimas unos 3°C inferiores.

También se ha podido comprobar que en los últimos 50 años los promedios anuales de las temperaturas diarias máximas, mínimas y medias han aumentado entre 1,2 y 1,3 °C.

Tanto el procedimiento de extrapolación estadística como las proyecciones del visor de escenarios de cam-

bio climático con un RCP 8.5 conducen a proyecciones de aumento de las temperaturas entre 0,7 y 1,5 °C. para la media del período 2054-2084 respecto al período 2023-2053.

Se ha podido verificar que en los últimos 34 años la duración de la primavera en el observatorio de Jerez AE se ha reducido de promedio en 33 días y la del verano ha aumentado de promedio en 30 días respecto al periodo de tiempo equivalente anterior. Esta puede ser la causa del adelanto del ciclo vegetativo de la vid observado en los últimos años. Por el contrario, no se han observado variaciones significativas en el observatorio de San Fernando ROA debido probablemente al efecto regulador del mar sobre la temperatura.

Se ha comprobado que a finales del siglo XIX la pluviosidad era muy superior a la actual, con un promedio superior a los 700 l/m<sup>2</sup> y alcanzándose con frecuencia los 900 l/m<sup>2</sup>. La pluviosidad media actual está en torno a los 500 l/m<sup>2</sup> y con una clara tendencia a continuar disminuyendo.

Sería deseable que todos los agentes del sector vitivinícola de los vinos de Jerez conocieran esta información, junto con más análisis de este tipo, si se dispone de más observaciones cercanas, y analizando modelos y otras herramientas climáticas, para poder tomar las medidas oportunas para hacer frente al escenario climático previsible en un próximo futuro.

Juan Gómez Benítez, Noelia López de la Franca Arema, Enrique Sánchez Sánchez

## BIBLIOGRAFÍA

- Gómez Benítez, J. Estudio del clima del Marco de Jerez (II) Datos climáticos actuales. *Revista Enólogos* 68–76 (2023).
- Trewin, B. Función De Las Normales Climatológicas En Un Clima Cambiante. Organización Meteorológica Mundiá I61, 1 (2007).
- Lopez de la Franca Arema, N. Tesis Doctoral: Caracterización de las estaciones térmicas y fito-fenológicas en áreas extratropicales. (Universidad de Buenos Aires., 2020).
- Zeileis, A., Wien, W. & Grothendieck, G. Journal of Statistical Software zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. (2005).
- Ministerio de Defensa. Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada. Anales. Observaciones meteorológicas, sísmicas y geomagnéticas. Real Instituto y Observatorio de la Armada.
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Visor de Escenarios de Cambio Climático. <https://escenarios.adaptecca.es/info>.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/>.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Reports 1-6. <https://www.ipcc.ch/reports/>.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Escenarios PNACC 2017.
- AEMET. Proyecciones regionalizadas de cambio climático. [https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_climat/datos\\_diarios](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_diarios).
- EURO-CORDEX. Coordinated Downscaling Experiment. European Domain. <https://www.eurocordex.net/>.
- Frich, P. et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climatic Research* 19, 193–212 (2002).
- López de la Franca, N., Sánchez, E. & Domínguez, M. Changes in the onset and length of seasons from an ensemble of regional climate models over Spain for future climate conditions. *Theor Appl Climatol* 114, 635–642 (2013).
- Gutiérrez, J. M. et al. An intercomparison of a large ensemble of statistical downscaling methods over Europe: Results from the VALUE perfect predictor cross-validation experiment. *International Journal of Climatology* 39, 3750–3785 (2019).
- Navia-Osorio, E. G., Porras-Amores, C., Mazarrón, F. R. & Cañas, I. Impact of climate change on sustainable production of sherry wine in nearly-zero energy buildings. *J Clean Prod* 382, (2023).

**INNOTEK**  
LABORATORIOS

PRECIO  
CALIDAD  
EFICACIA

- ✓ Laboratorio enológico oficial para tus liquidaciones y certificados de exportación.
- ✓ Análisis de control en uvas, mostos y vinos.
- ✓ Servicio de recogida de muestras

www.innotek-laboratorios.es C/ De la Paz, nº1. Bajo. 02200 Casas Ibáñez, Albaladejo. Tlf.: 967 46 20 87