

ORIGINAL

Estudio del clima del Marco de Jerez (I) Características generales

Juan Gómez Benítez

Doctor en Ciencias Químicas. Profesor Colaborador Honorario. Universidad de Cádiz
juangomez.benitez@uca.es

Recibido 26 de septiembre de 2022 / Aceptado 26 de septiembre de 2022 / Publicado 1 de noviembre de 2022

Las tres ciudades que constituyen los vértices del marco de Jerez son Sanlúcar de Barrameda, El Puerto de Santa María y Jerez de la Frontera y tienen características climáticas apreciablemente distintas que siempre han sido objeto de muchas consideraciones en los diferentes ámbitos del sector. Habitualmente se afirma que la influencia del mar y el río son muy notables en Sanlúcar y en menor medida en El Puerto, que Jerez tiene un clima más continental, que los vientos de poniente predominan en Sanlúcar y los de levante en Jerez y El Puerto, pero se echa en falta un estudio con una potente base estadística actualizada que sustente y detalle dichas afirmaciones.

En este trabajo que se presentará en varios artículos, se ha realizado una recopilación de los datos microclimáticos diferenciados de las tres poblaciones utilizando, tanto datos históricos que se remontan hasta 1870, como datos actuales de las diferentes estaciones agroclimáticas situadas en el marco de Jerez.

DESCRIPCIÓN SUCINTA DEL MARCO DE JEREZ

El marco del Jerez está situado en el extremo sur de la península ibérica, en el suroeste de la provincia de Cádiz y un poco de la provincia de Sevilla. Las ciudades más representativas del marco de Jerez se encuentran en las siguientes situaciones:

Ciudades	Latitud Norte	Longitud Oeste
Jerez	36° 41' 12"	6° 8' 14"
Puerto de Santa María	36° 35' 49"	6° 13' 39"
Sanlúcar de Barrameda	36° 46' 44"	6° 21' 15"

Tabla 1. Coordenadas de las ciudades del triángulo del marco de Jerez

Según consta en los nuevos Pliegos de Condiciones de las DO Jerez-Xérès-Sherry y Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda, la zona delimitada de los vinos protegidos por las Denominaciones de Origen “Jerez-Xeres-Sherry” y “Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda” está constituida por los terrenos ubicados en los términos municipales de Jerez de la Frontera, El Puerto de Santa María, Sanlúcar de Barrameda, Trebujena, Chipiona, Rota, Puerto Real, Chiclana de la Frontera, Lebrija y San José del Valle, situados dentro del área delimitada al Este por el meridiano de Greenwich 5° 49' Oeste y al Norte por el paralelo 36° 58' Norte. Asimismo, se establece que la Zona de Crianza de la Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda es la zona geográfica delimitada en la que se ubican



Imagen 1. Plano simplificado del Marco de Jerez

car de Barrameda, la zona delimitada de los vinos protegidos por las Denominaciones de Origen “Jerez-Xeres-Sherry” y “Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda” está constituida por los terrenos ubicados en los términos municipales de Jerez de la Frontera, El Puerto de Santa María, Sanlúcar de Barrameda, Trebujena, Chipiona, Rota, Puerto Real, Chiclana de la Frontera, Lebrija y San José del Valle, situados dentro del área delimitada al Este por el meridiano de Greenwich 5° 49' Oeste y al Norte por el paralelo 36° 58' Norte. Asimismo, se establece que la Zona de Crianza de la Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda es la zona geográfica delimitada en la que se ubican

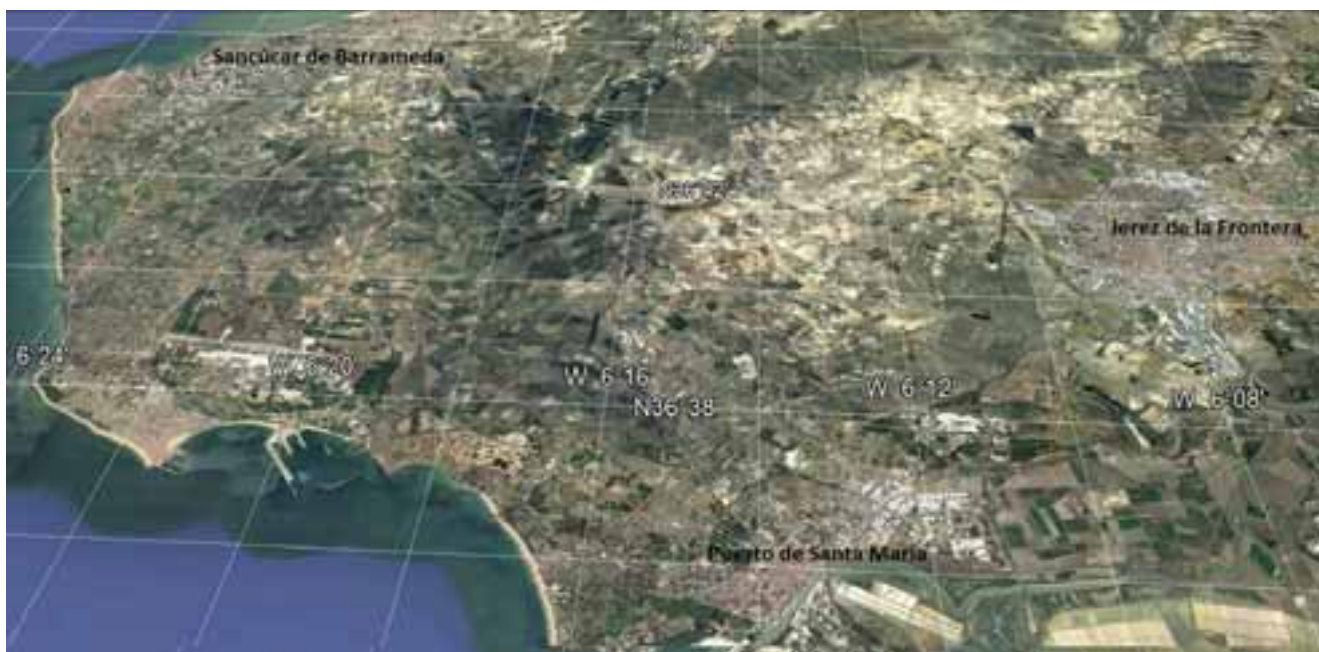


Imagen 2. Ortofoto del Marco de Jerez con coordenadas obtenida de Google Earth

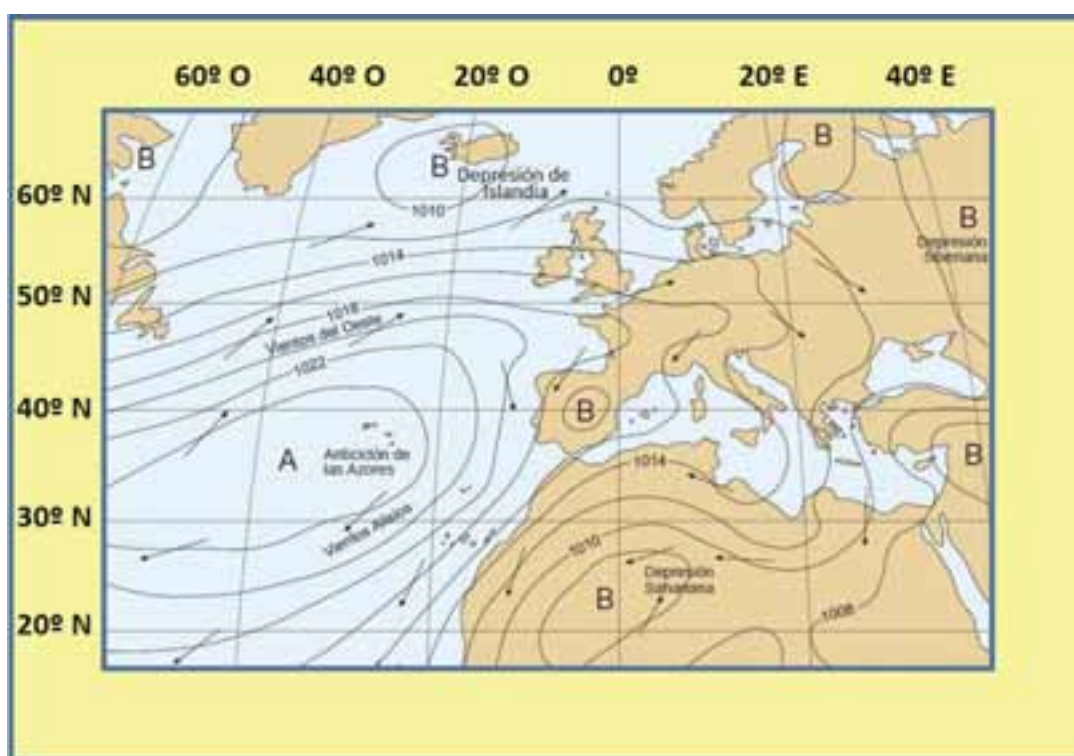


Imagen 3. Mapa típico de isobaras en superficie de Europa y Norte de África
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

las bodegas en las que se crían los vinos protegidos y está constituida por el término municipal de Sanlúcar de Barrameda^{1,2} (Imágenes 1 y 2).

EL CLIMA DE ESPAÑA

Las características climáticas de la península ibérica están regidas por tres fenómenos: el anticiclón de las Azores, el anticiclón siberiano o euroasiático y la depre-

sión sahariana. El primero es el más influyente pues su presencia condiciona el paso de las borrascas atlánticas: en invierno suele estar situado al sureste de las islas Canarias dejando pasar el tren de borrascas y en verano se suele desplazar más al norte impidiendo su paso. El anticiclón siberiano suele ser el responsable de las olas de frío polar en invierno y la depresión sahariana de la llegada de aire caliente africano (Imagen 3).

Estudio del clima del Marco de Jerez (I). Características generales

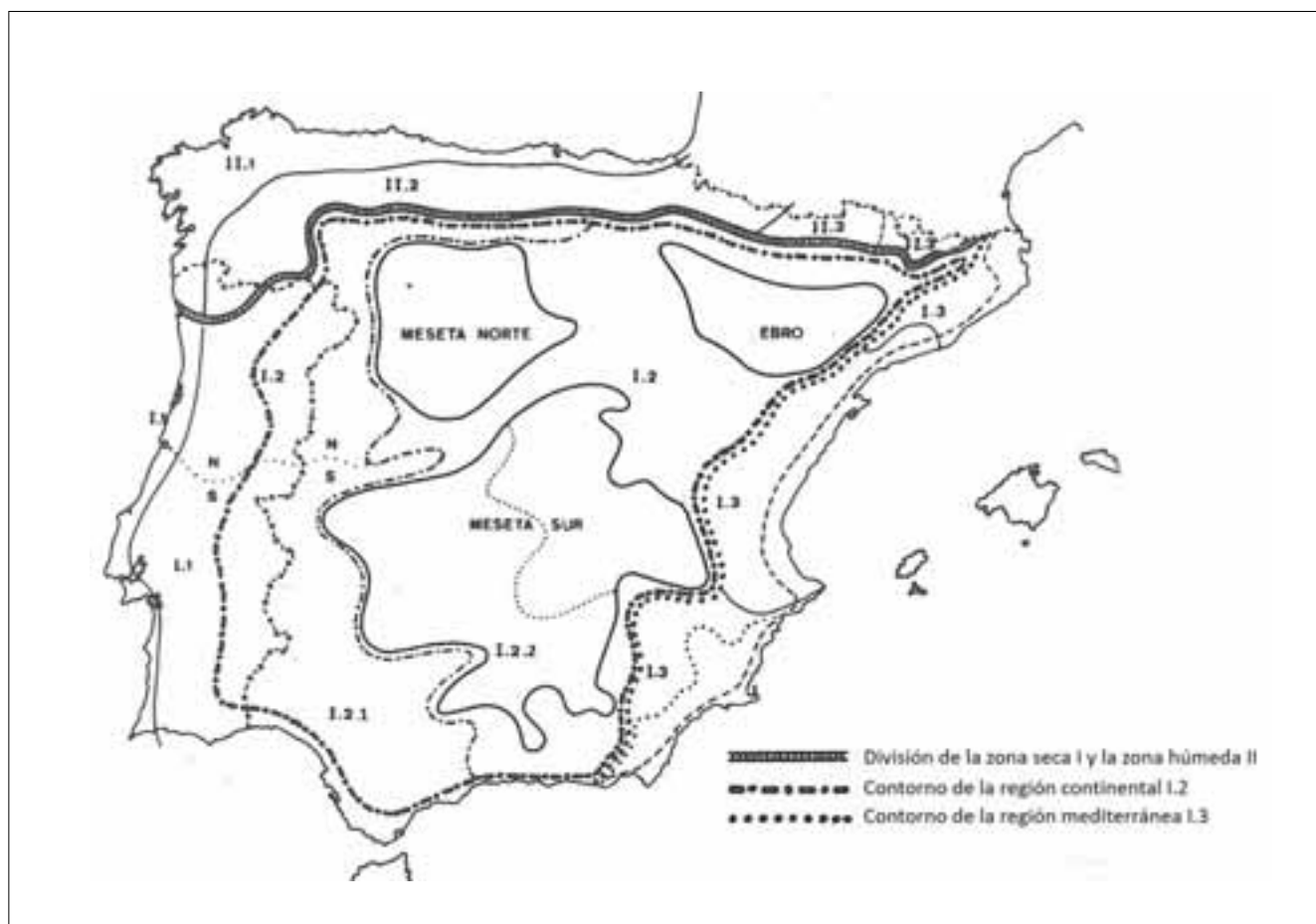


Imagen 4. Clasificación simplificada de los climas de España (Adaptado de Font Tullot³)
 I: Zona seca. I.1: Atlántica. I.2: Continental. I.3: Mediterránea. I.2.1: Continental atenuada. I.2.2: Extremada continentalidad
 II: Zona húmeda. II.1: Marítima. II.2: Semimarítima. II.3.: Pirenaica

En nuestro país existen muchas realidades climáticas diferentes derivadas de las latitudes de las diversas regiones españolas y de su compleja orografía. Font Tullot³ las clasificó de forma muy intuitiva basándose en los índices de continentalidad e hídrico, y estableció dos grandes zonas: La zona húmeda de Galicia, la cornisa norte y los pirineos y la zona seca del resto de España. A su vez, estas zonas se subdividen en otras cuya descripción resumida se presenta en la [Imagen 4](#).

EL CLIMA DEL MARCO DE JEREZ

La descripción de la realidad climática de la provincia de Cádiz y del marco de Jerez necesita un análisis mucho más detallado por su gran diversidad orográfica en la que se diferencian claramente las zonas de costa, campiña y serranía. A esto se suma que la provincia de Cádiz está situada en una encrucijada climática donde se encuentran dos mares de temperaturas y características tan diferentes como el Atlántico y el Mediterráneo y dos

continentes tan diversos climáticamente como Europa y África y es el pasillo de entrada de temporales de levante y borrascas atlánticas. Estas circunstancias convierten la meteorología de la provincia de Cádiz en especialmente inestable y de difícil predicción.

Gómez-Zotano^{4,5} en su clasificación regional de los climas de Andalucía califica la zona costera de la provincia de Cádiz “como de clima costero con carácter templado, subhúmedo-húmedo aunque localmente seco, de elevada oceanidad y baja continentalidad ([Imagen 5](#)). Presenta un régimen térmico temperado –sin calores extremos prolongados ni episodios rigurosos de frío–, que se caracteriza por temperaturas medias anuales de 15°C a 19°C.. La pluviosidad alcanza valores medios anuales de 600 a 1.000 mm, si bien existen acusadas diferencias internas.... El máximo pluviométrico es marcadamente tardotoñal e invernal, como consecuencia del desplazamiento meridional del vórtice circumpolar, desencadenante de vientos “ábregos” de S-SW húmedos, templa-

Juan Gómez Benítez

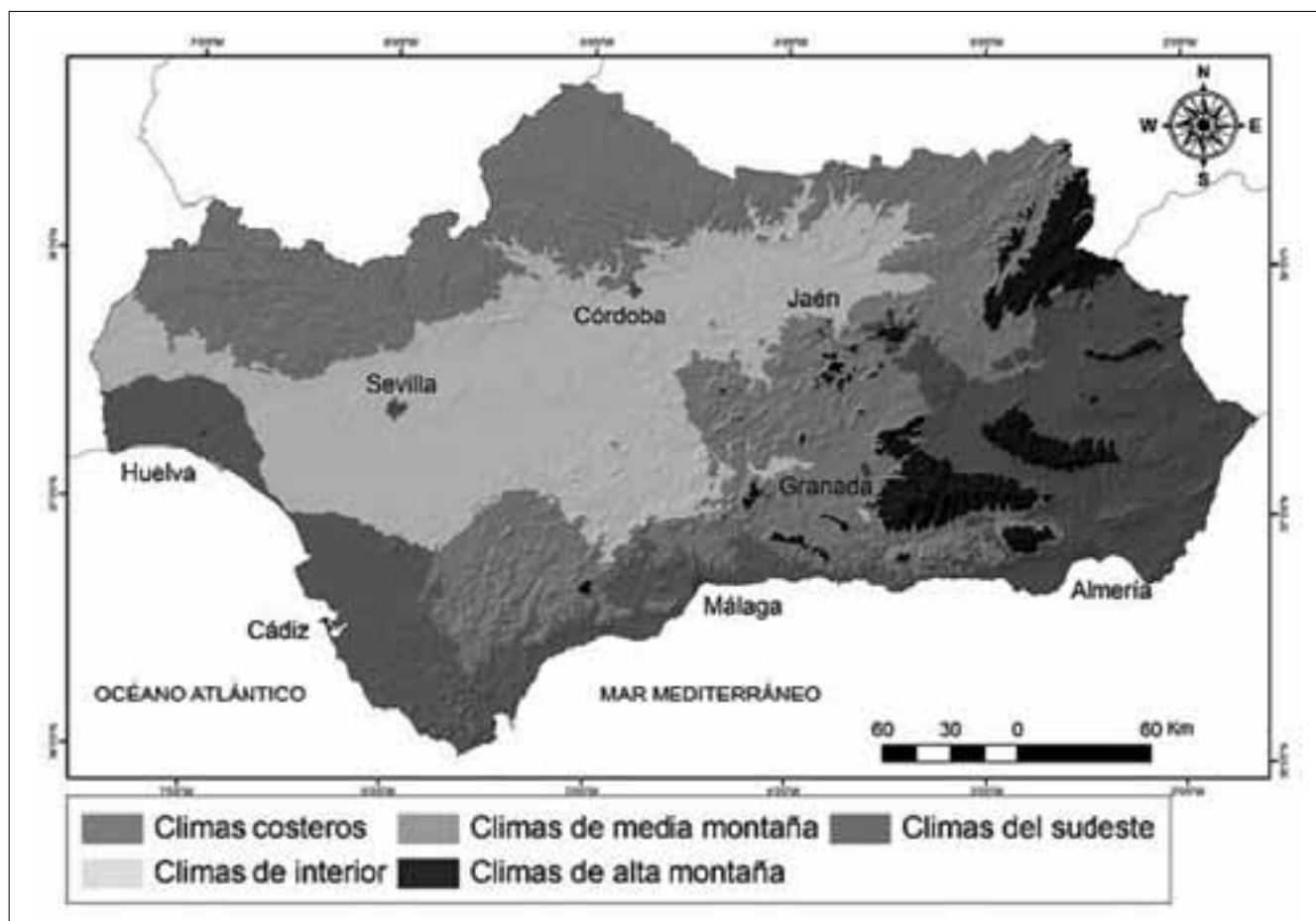


Imagen 5. Clasificación regional de los climas de Andalucía (Gómez Zotano⁵)

dos y de gran capacidad higrométrica. De otro lado, la sequedad estival, propia del clima mediterráneo, se ve atenuada por la influencia marítima (brisas, brumas, rocíos)". Por otra parte, Capel Molina (1977)⁶ en su estudio del clima de la cuenca baja del Guadalquivir detalla más la descripción y establece cuatro regiones bien delimitadas. Las que quedan incluidas en el marco de Jerez son:

Sector centroccidental: abarca una amplia zona con precipitaciones inferiores a 600 mm en el litoral occidental del golfo de Cádiz entre Ayamonte y Sanlúcar de Barrameda.

Sector suroriental: con una franja litoral comprendida entre Tarifa y Sanlúcar de Barrameda, con precipitaciones entre 600 y 700 mm y que afecta a Sanlúcar de Barrameda, San Fernando, Cádiz, y curso bajo del Guadalete

Las situaciones meteorológicas que se suelen presentar en Andalucía en las diferentes épocas del año han sido muy bien descritas por Pita López⁷. De forma sintética este autor describe el verano como la estación de claro

predominio de las situaciones anticiclónicas, con pequeñas depresiones térmicas muy débiles. Por el contrario, en invierno los tiempos de borrascas y anticiclónicos presentan frecuencias similares, con fuerte intensidad y duración prolongada. Por otra parte, la primavera presenta una gran variabilidad con predominio de las situaciones de borrascas, que serán en general más duraderas que las situaciones anticiclónicas. Por último, el otoño es una época de transición al invierno en la que el mes de septiembre y comienzos de octubre serían una prolongación de las características del verano, y la segunda parte de octubre y el mes de noviembre se parecerían a las características del propio del invierno.

LOS VIENTOS

Una de las características climáticas más destacadas de la provincia de Cádiz y del marco de Jerez es la frecuencia e intensidad de sus vientos, que han sido muy bien descritos por García de Pedraza⁸.



Imagen 6. Ortofoto del estrecho de Gibraltar de Google Earth

El viento de levante

Sopla en el Mar de Albarán hacia el Estrecho. Procede del borde oriental del Anticiclón de Azores y se suele reforzar en verano con la baja térmica del Norte de África. Las cordilleras Penibética y Rif-Atlas producen un marcado efecto Venturi en el viento de levante aumentando su velocidad al acercarse al estrecho de Gibraltar que disminuye al salir hacia el Golfo de Cádiz (Imagen 6). El viento de Levante suele ser muy persistente, soplando con una velocidad media de unos 50 km/h, aunque puede alcanzar rachas de 90 a 110 km/h, e incluso más. Puede mantenerse durante largos períodos de 7 a 10 días. El viento de Levante trae aire húmedo del mar Mediterráneo, que al ser frenado por las montañas de uno u otro litoral del Mar de Albarán hacen disminuir su humedad por efecto foehn. Por ello, a sotavento de las montañas el aire está seco, los cielos despejados aunque son frecuentes las calimas, y el ambiente algo agobiante a causa del exceso de cargas positivas en el aire.

El viento de Poniente

El viento de poniente es antagónico al de Levante en la zona del Estrecho de Gibraltar y Golfo de Cádiz debido al paso de las borrascas y sus frentes nubosos, que se desplazan desde el Golfo de Cádiz hacia el Mar de Albarán. El viento de poniente suele ser fuerte y racheado, aunque menos persistente que el levante. La época en que sopla con mayor frecuencia es de octubre hasta abril, con un promedio anual de unos 60 días. En general, el viento de poniente está asociado a borrascas en superficie que cruzan entre los paralelos 40º y 35ºN, aunque también puede ser producido por una profunda borrasca que cruce por el Norte de España, y mantenga un marcado gradiente depresión atmosférica en el área del Estrecho.

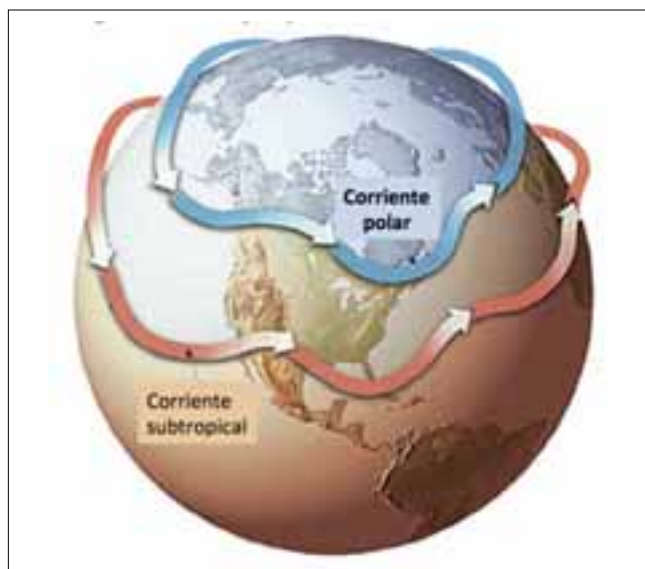


Imagen 7. Representación de las corrientes en chorro en el hemisferio norte
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

LA LLUVIA

El viento de poniente es muy húmedo por provenir del mar y en otoño e invierno suele estar acompañado de nubes densas que producen lluvias muy copiosas, especialmente cuando encuentran las sierras de Grazalema y Ubrique donde ocasionan precipitaciones del orden de 2.300 mm al año que la convierten en una de las zonas más lluviosas de España. El clima en nuestra región suele verse muy afectado por las corrientes en chorro de aire que circulan por la troposfera en sentido Oeste-Este, como son la polar y la subtropical⁹. Estas corrientes suelen ser aprovechadas por los aviones que circulan en sus proximidades para aumentar su velocidad y reducir el consumo de combustible (Imagen 7).

innovación enolviz

Nuestras herramientas te ayudan. Natural.

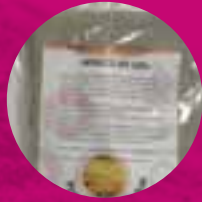


FILTRACIÓN LIMPIEZA

Parker

PALL

PRODUCTOS ENOLÓGICOS



PRENSAS BOMBAS

BUCHER
vaslin

Cazaux
rotorflex

BARRICAS TAPONES

NADALIÉ
TONNELLERIE



NOMACORC

INSTALACIÓN INTEGRAL DE BODEGAS

INSTALACIÓN Y EQUIPAMIENTO
VENTA Y ALQUILER DE MAQUINARIA



 **enolviz**
productos enológicos

944 445 249



Nuestro conocimiento y experiencia

Contamos con décadas elaborando con distintas uvas, distintos estados madurez y estados sanitarios. Conocemos nuestras herramientas y los resultados que venimos obteniendo y que nos hacen confiar en nuestras propuestas. Estamos a su disposición para cualquier proyecto enológico. Nuestros técnicos están a su disposición para cualquier consulta.

 **enolviz**
bio-vino

Enolviz bio-vino es la respuesta a una creciente demanda de productos naturales y saludables, manteniendo sus propiedades y características organolépticas.

enolviz.com

ENOLVIZ S.L.

📍 Alhóndiga de Gaztelondo,
2ª planta oficina 38
48002 Bilbao / Bizkaia
☎ Tel. 944 445 249
@ enolviz@enolviz.es

Sucursales

📍 PEÑAFIEL / Valladolid
☎ Tel. 983 880 029
📍 FUENMAYOR / La Rioja
☎ Tel. 941 450 839

Síguenos



Las situaciones en las que se producen los episodios más intensos de lluvia suelen deberse a desviaciones de las citadas corrientes.

En particular las precipitaciones más abundantes suelen ser presentarse cuando:

- Se produce una bajada zonal de la corriente polar hasta latitudes de 40° y 30°N, situándose el anticiclón de las Azores sobre las Islas Canarias; entonces las borrascas pueden pasar desde el Atlántico al Golfo de Cádiz y Mar de Albarán dando sus sucesivos frentes nubosos temporales de lluvia en otoño e invierno.
- Tiene lugar bifurcación del chorro subtropical en dos ramales, uno dirigido hacia el nordeste y otro al sureste que origina un vórtice ciclónico en el sur originando temporales de lluvias y vientos del tercer y cuarto cuadrantes.
- Una irrupción profunda de aire polar con su embolsamiento de aire frío en la alta troposfera, llamada gota fría o actualmente dana (depresión aislada en niveles altos), se pone en contacto con el aire más caliente y húmedo de la zona inferior y origina intensas tormentas especialmente frecuentes y temidas a finales de verano o comienzos de otoño en el área mediterránea.

Otra característica de la lluvia en el marco de Jerez es que tiene lugar frecuentemente en forma de chubasco o aguacero (lluvia de frente) en que se producen amplias diferencias de precipitación entre lugares relativamente próximos.

ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS

Los índices bioclimáticos condensan los parámetros climáticos más importantes de una determinada región y permiten comparar la climatología de diferentes regiones. Los índices bioclimáticos más empleados en vitivinicultura y que serán utilizados para la caracterización climática del marco de Jerez son los siguientes¹⁰:

Temperatura media del periodo de crecimiento (Growing Season Temperature, GST)

Representa la temperatura media diaria en el período activo de crecimiento de la vid entre el 1 de abril y el 30 de octubre en el hemisferio norte¹¹. Su valores se separan en siete intervalos de valores y se admite que para producir uvas de calidad debe estar comprendido entre 13 y 21° ¹² (Tabla 2). Con este índice se pueden relacionar las posibilidades de alcanzar la madurez de las diferentes variedades^{13,14} en las diferentes regiones viníco-

las y establecer límites de latitud en zonas vitivinícolas de ambos hemisferios^{15,16}

Grados día en el periodo de crecimiento (Growing Degree Day, GDD)

Conocido como índice de Winkler (WI)^{17,18} representa la acumulación de unidades de calor y permite establecer la capacidad de crecimiento de los cultivos en diferentes climas. Se determina realizando el sumatorio de los valores diarios de las diferencias de la temperatura media registrada cada día, desde el 1 abril al 31 de octubre (en el hemisferio norte) y la temperatura base de la vid (10 °C para el viñedo de vinificación) (Tabla 2).

Índice Huglin (Huglin Index, HI)

Es similar al índice de Winkler, pero dando más peso a las temperaturas diurnas e introduciendo un coeficiente de corrección (K), para considerar la duración media de las horas de luz según la latitud¹⁹. Los valores de dicho coeficiente oscilan entre 1,02 y 1,06 para 40° a 50° de latitud en el hemisferio norte. Los valores del índice de Huglin (HI) se clasifican en ocho tramos que se presentan en la Tabla 2. Considerando que la latitud del marco de Jerez es de 36°, para el cálculo de este índice en el este trabajo se ha utilizado el valor 1, para este coeficiente. Además, considerando que la acumulación de calor en octubre es menos importante este índice solo considera un periodo de seis meses desde el 1 de abril al 30 de septiembre. Este cambio está más que justificado en el marco de Jerez donde la vendimia se realiza actualmente en agosto.

El índice de los grados-día biológicamente efectivos (Biological Effective DegreeDay, BEDD)

Es otra forma de calcular la acumulación de calor, pero considerando que el crecimiento de la planta de vid no es lineal para cualquier temperatura. Este índice fue desarrollado por Gladstones²⁰ y asigna el máximo de 9°C a los días cuyas temperaturas medias oscilan entre 19°C y 26°C (las mejores temperaturas para el desarrollo). Si la temperatura media se encuentra entre el cero vegetativo (10°C) y 19°C, asigna los valores calculados por la expresión incluida en la Tabla 2. Se opera de la misma forma cuando las temperaturas son superiores a 26° C, asumiendo que por encima de 40° C la vid no tiene actividad vegetativa¹⁵. Además, este índice incluye un ajuste de rango de temperatura diurna que se multiplica positivamente (0,25) si la diferencia entre la tempe-

Índice	Ecuación	Meses	Clases/Límites
GST (°C)	$\frac{\sum_{d=1}^n \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} \right]}{n}$	1 abril a 31 octubre	1. Demasiado fría <13°C 2. Fría 13-15 °C 3. Intermedia 15-17 °C 4. Templada 17-19 °C 5. Cálido 19-21 °C 6. Muy cálido 21-24 °C 7. Demasiado cálido >24 °C
GDD (°C días)	$\sum_{d=1}^n \max \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - 10 \right]$	1 abril a 31 octubre	1. Demasiado fría <850 2. Región I 850-1389 3. Región II 1389-1667 4. Región III 1667-1944 5. Región IV 1944-2222 6. Región V 2222-2700 7. Demasiado cálido >2700
HI (°C)	$\sum_{d=1}^n \max \left[\frac{T_{med} - 10 + T_{max} - 10}{2} \right] K$	1 abril a 31 septiembre	1. Demasiado fría <1200 2. Muy fría 1200-1500 3. Fría 1500-1800 4. Templada 1800-2100 5. Cálido/Templada 2100-2400 6. Cálido 2400-2700 7. Muy Cálido 2700-3000 8. Demasiado cálido >3000
BEDD (°C días)	$\sum_{d=1}^n \min \left[\max \left(\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - 10 \right) K + DRT_{adj}, 9 \right]$ $DRT_{adj} = \begin{cases} 0,25[DRT - 13], [DRT] > 13 \\ 0,0 < [DRT] < 13 \\ 0,25[DRT - 10], [DRT] < 10 \end{cases}$	1 abril a 31 octubre	1. <1000 2. 1000-1200 3. 1200-1400 4. 1400-1600 5. 1600-1800 6. 1800-2000 7. >2000
K	$K = \frac{1,7 \times A}{Senolatitud} - 20,4$	Mes más cálido y más frío	Océanico: 10 Intermedio: 20 Continental: 30
M	$M = \frac{t_0 - t_a}{A}$	Octubre y Abril	Océanico: 50 Continental: 8

Tabla 2. Tabla 2 Índices bioclimáticos y sus valores Adaptada de Guisado¹⁰

ratura mínima y la temperatura máxima diaria (DTR adj), es mayor de 13°C y multiplicado negativamente (-0,25) si es menos de 10°C. El factor de ajuste (K) para la duración del día es ligeramente diferente al de HI y oscila entre 1,00 y 1,045 para 40° y 50° de latitud en el hemisferio norte. Este índice considera el periodo desde el 1 de abril al 30 de octubre en el hemisferio norte.

Índice de continentalidad

Para evaluar la continentalidad climática existen varios índices propuestos por distintos autores. Entre los más difundidos se debe señalar el Índice de Gorczynski²¹:

Índice de continentalidad $K = \frac{1,7 \times A}{Senolatitud} - 20,4$

Donde A es la amplitud térmica anual (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del más frío). Este índice utiliza los factores de amplitud (A) y latitud, de forma que a una mayor amplitud térmica corresponda una mayor continentalidad y a una latitud mayor (con igual amplitud térmica) una continentalidad menor. Sin embargo, al no tener en cuenta las precipitaciones se puede considerar que es exclusivamente un índice de continentalidad térmica. Para la península ibérica, los valores de este índice para condiciones marítimas,

medias y continentales son de 10, 20 y 30 respectivamente³.

Índice de oceanidad

Este índice, propuesto por F. Kerner²², viene definido por la fórmula:

$$\text{Índice de oceanidad } M = \frac{t_0 - t_a}{A} \times 100$$

Donde A es la amplitud anual media de la temperatura y t_0 y t_a son las temperaturas medias de los meses de octubre y abril. Esta fórmula se basa en el hecho de que en los climas marítimos los meses de primavera son más fríos que los meses de otoño. Para un mismo lugar el índice de continentalidad y el de oceanidad se contraponen. Los valores del índice de Kerner en España oscilarían entre 50 para una región oceánica y 8 para una región continental³.

BIBLIOGRAFÍA

1. Consejería de Agricultura Junta de Andalucía. Orden de 4 de octubre de 2022, por la que se aprueban las solicitudes de modificación normales de los pliegos de condiciones de las Denominaciones de Origen Protegidas "Jerez-Xérès-Sherry" y "Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda". 1-3 (BOJA número 195 de 10 de Octubre de 2022).
2. Consejería de Agricultura Pesca y Medio Ambiente Junta de Andalucía. Reglamento de las Denominaciones de Origen Jerez-Xérès-Sherry y Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda. 126-145 (BOJA, 2013).
3. Font Tullot, I. Climatología de España y Portugal. 2a Ed.(2000).
4. Gómez-Zotano, J., Alcántara-Manzanares, J., Martínez-Ibarra, E. & Olmedo-Cobo, J. A. Applying the technique of image classification to climate science: the case of Andalusia (Spain). *Geogr. Res.* 54, 461-470 (2016).
5. Gómez-Zotano, J., Alcántara-Manzanares, J., Olmedo-Cobo, J. A. & Martínez-Ibarra, E. La sistematización del clima mediterráneo: identificación, clasificación y caracterización climática de Andalucía (España). *Revista de Geografía Norte Grande* 61, 161-180 (2015).
6. Capel Molina, J. J. El clima de la Cuenca Baja del Guadalquivir: síntesis geográfica. *Cuad. geográficos la Univ. Granada* 307-350 (1977).
7. Pita López, M. F. El clima de Andalucía. in Geografía de Andalucía (ed. López Ontiveros, A.) 137-174 (Ariel. Barcelona, 2003).
8. Garcia de Pedraza, L. & Garcia Vega, C. Características De Los Vientos En La Zona Del Estrecho De Gibraltar. *Calendario meteorológico 1991* 188-201 (1991).
9. Capel Molina, José Jaime Romacho Romero, M. J. La dinámica atmosférica en el flanco suroccidental de Europa: la Península Ibérica. *Nimbus Rev. Climatol. Meteorol. y paisaje* 5-20 (2001).
10. Guisado, H. Caracterización y zonificación vitícola de España mediante análisis multivariante de variables bioclimáticas. (Universidad de Extremadura, 2016).
11. JONES, G., MORIONDO, M., BOIS, B., HALL, A. & DUFF, A. Analysis of the spatial climate structure in viticulture regions worldwide. *Bull. l'OIV* 82, 507-517 (2009).
12. Jones, G. V. Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. in Geological Society of America Annual Meeting (2003).
13. Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R. & Storchmann, K. Climate change and global wine quality. *Clim. Change* 73, 319-343 (2005).
14. Hall, A. & Jones, G. V. Spatial analysis of climate in winegrape-growing regions in Australia. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16, 389-404 (2010).
15. Gladstones, J. *Wine, Terroir and Climate Change*. (2011).
16. Schultz, H. R. & Jones, G. V. Climate induced historic and future changes in viticulture. *J. Wine Res.* 21, 137-145 (2010).
17. Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M. & Lider, L. A. *General viticulture*.
18. Jones, G. V., Duff, A. A., Hall, A. & Myers, J. W. Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *Am. J. Enol. Vitic.* 61, 313-326 (2010).
19. Huglin, M. P. 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 1117-1126 (1978).
20. Gladstones, J. *Viticulture and Environment*. (1992).
21. Dominika, C. Variability of the Thermal Continentality Index in Central Europe. *Air Water. Components Environ.* 307-313 (2014).
22. Saa, A., De Antonio, R., Almorox, J. & Gasco, J. M. Comparison of two continentality indices on the Iberian Peninsula. *Estud. Geogr.* 53, 691-703 (1992).