

## Índices bioclimáticos de interés vitícola

1. Método de cálculo de la variable “Grados-día biológicamente efectivos” (alias = viti\_BEDD)
2. Método de cálculo de la variable “Índice de Branás, Bernon y Levadoux” (alias = viti\_BI)
3. Método de cálculo de la variable “Índice de frío nocturno” (alias = viti\_CI)
4. Método de cálculo de la variable “Índice heliotérmico de Huglin” (alias = viti\_HI)
5. Método de cálculo de la variable “Temperatura media en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tm\_veg)
6. Método de cálculo de la variable “Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo” (alias = viti\_Tn\_rest)
7. Método de cálculo de la variable “Temperatura mínima en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tn\_veg)
8. Método de cálculo de la variable “Temperatura máxima en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tx\_veg)
9. Método de cálculo de la variable “Índice de Winkler” (alias = viti\_WI)

### Introducción

La vid es una planta que depende fuertemente de los factores meteorológicos (temperatura, precipitación e insolación) y de las características geográficas del viñedo (orientación, latitud, altura, etc.) para su óptimo desarrollo. Ciertos fenómenos meteorológicos, como las heladas, las olas de calor y las inundaciones, pueden ser determinantes (según el estado fenológico en el que se encuentre la planta) para que la calidad y cantidad de una cosecha sean las adecuadas. Existen zonas cuyas características climáticas medias las convierten en aptas para el cultivo de la vid. Las principales zonas del cultivo vitícola se sitúan entre los 30-50ºN y los 20-50ºS, límites que coinciden con regiones que presentan una temperatura media anual entre los 10 y los 20ºC. Se espera que el calentamiento global altere los márgenes de adecuación para el crecimiento de la vid, de manera que los límites septentrionales se desplazarán hacia los polos unos 10/13 km hacia el 2020 y casi el doble en el 2050 (Tate, 2001) y que los efectos del cambio climático afecten tanto de forma global al viñedo como dentro de cada añada, influyendo en los estados fenológicos de la planta y por tanto, en la gestión tradicional del mismo. Son muchos los científicos especializados en el tema que hacen referencia a la influencia que el cambio climático puede suponer en la producción vitícola de todo el mundo: Jones (2004, 2005 y 2007) en América del Norte, Carter et al. (2006) en África, Grace et al. (2009) en Australia, y Moriondo y Bindi (2008) en la Toscana, por citar algunos ejemplos.

En Andalucía, hay siete denominaciones de origen y un Vino de Calidad (Lebrija). Siguiendo las recomendaciones de la OIV (Organización Internacional de la Viña y el Vino) en en OIV, 2012, son analizados los indicadores climáticos que se resumen en la tabla 1 (que incluye uno adicional a los de OIV 2012).

ID	Alias	Nombre	Descripción	Unidades
83	viti_BEDD	Vid BEDD	Grados-día biológicamente efectivos para el cultivo de la vid	ºC-día
84	viti_BI	Vid BI	Índice de Branás, Bernon y Levadoux para el cultivo de la vid	ºC-día-mm
85	viti_CI	Vid CI	Índice de frío nocturno para el cultivo de la vid	ºC
86	viti_HI	Vid HI	Índice heliotérmico de Huglin para el cultivo de la vid	ºC-día
87	viti_Tm_veg	Vid Tm_veg	Temperatura media en el periodo vegetativo para el cultivo de la vid	ºC
88	viti_Tn_rest	Vid Tn_rest	Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo para el cultivo de la vid	ºC
89	viti_Tn_veg	Vid Tn_veg	Temperatura mínima en el periodo vegetativo para el cultivo de la vid	ºC
90	viti_Tx_veg	Vid Tx_veg	Temperatura máxima en el periodo vegetativo para el cultivo de la vid	ºC
91	viti_WI	Vid WI	Índice de Winkler para el cultivo de la vid para el cultivo de la vid	ºC-día

Tabla 1. Listado de indicadores climáticos propuestos en OIV 2012 (\* Indicador no incluido en OIV 2012 pero propuesto para este estudio). Periodo vegetativo: abril a octubre.

Esta metodología ha sido aplicada por la [Fundación para la Investigación del Clima \(FIC\)](#) en proyectos con aplicación agrícola con el fin de evaluar el impacto del cambio climático en diversos cultivos y contribuir a la mejor adaptación de dichos cultivos al cambio climático, como la “Caracterización VITÍCOLA en España bajo condiciones de cambio CLIMÁTICO (VITCLIMA)” en 2019 y “Simulación del clima futuro a escala local para viticultura con implicaciones prácticas en la gestión del viñedo” entre 2010 y 2012.

A continuación se detallan las formulaciones de algunos de dichos índices:

### 1. Método de cálculo de la variable “Grados-día biológicamente efectivos” (alias = viti\_BEDD)

Los “Grados-día biológicamente efectivos”  $BEDD_{00}^m$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{día}$ ), caracteriza la idoneidad en general del tipo de viticultura y de las variedades en particular en localizaciones concretas. Mientras que la clasificación de Winkler se basa en la acumulación de calor durante el periodo activo, como la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura activa o base de  $10^{\circ}\text{C}$  (temperatura a partir de la cual la planta abandona el reposo vegetativo),  $BEDD_{00}^m$  considera que el crecimiento deja de ser significativo cuando supera los  $19^{\circ}\text{C}$ , por lo que en el cálculo de los grados-día se puede restringir su límite superior a  $9^{\circ}\text{C}$  por día. Considerando esta limitación, el calor acumulado en un periodo dado es inferior al que se obtiene sin restricciones de ningún tipo (véase índice de Winkler). El índice de Grados-día biológicamente efectivos BEDD (siglas del inglés, Biologically effective degree days), es un parámetro definido para estudiar el crecimiento activo de la planta a partir de los grados-día durante el periodo activo (del 1 de Abril al 31 de Octubre), considerando como límite de incremento de temperatura efectivo en un día  $9^{\circ}\text{C}$  (Gladstone, 2004). Es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$BEDD_{00}^m = \sum_{01/04}^{31/10} (GDD_{00}^m)$$

donde:

$GDD_{00}^m \Rightarrow$  grados-día entre  $10$  y  $19^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{día}$ ) entre los días 01/04 y el 31/10

### 2. Método de cálculo de la variable “Índice de Branäs, Bernon y Levadoux” (alias = viti\_BI)

Los “Índice de Branäs, Bernon y Levadoux”  $BI_{00}^m$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{día}\cdot\text{mm}$ ), permite evaluar la posibilidad de que se desarrolle el Mildiu. El Mildiu es un hongo que cuando se desarrolla bajo condiciones óptimas puede atacar a todos los órganos verdes de la vid. La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de  $12^{\circ}\text{C}$  y las condiciones pluviométricas iniciales han de ser de precipitaciones con al menos 10 mm. Una vez implantado solo necesita agua libre (como rocío) para desarrollarse. Mediante el índice Branäs, Bernon y Levadoux  $BI_{00}^m$  se puede estudiar las posibilidades de que se desarrolle el Mildiu. Para valores del índice superiores a 1500 (en la Península Ibérica) su desarrollo es posible. El  $BI_{00}^m$  es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$BI_{00}^m = \sum_{p=4}^8 Tmed_p^m \cdot Prc_p^m$$

donde:

$BI_{00}^m \Rightarrow$  Índice de Branäs, Bernon y Levadoux anual en el periodo interanual  $m$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{día}$ ) entre abril y agosto

$T_a = 10^{\circ}\text{C} \Rightarrow$  temperatura base ( $^{\circ}\text{C}$ ) y  $d = 1,02$  un parámetro que depende de la latitud

$Tmed_p^m \Rightarrow$  temperatura media del mes  $p$  en el periodo interanual  $m$

$Prc_p^m \Rightarrow$  precipitación acumulada del mes  $p$  en el periodo interanual  $m$

### 3. Método de cálculo de la variable “Índice de frío nocturno” (alias = viti\_CI)

El “Índice de frío nocturno”  $CI_{00}^m$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) es la temperatura mínima del mes de Septiembre, mes muy importante para la vid porque es cuando se produce la maduración de la uva. El  $CI_{00}^m$  es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$CI_{00}^m = Tmin_{09}^m$$

donde:

$CI_{00}^m \Rightarrow$  Índice de frío nocturno anual en el periodo interanual  $m$  ( $^{\circ}C$ )

$Tmin_{00}^m \Rightarrow$  temperatura mínima de septiembre ( $^{\circ}C$ ) del periodo interanual  $m$

#### 4. Método de cálculo de la variable “Índice heliotérmico de Huglin” (alias = viti\_HI)

Los “Índice heliotérmico de Huglin”  $HI_{00}^m$  ( $^{\circ}C \cdot día$ ), permite evaluar las posibilidades heliotérmicas de un medio vitícola. El  $HI_{00}^m$  define la temperatura del periodo en el que la fotosíntesis es activa e informa del potencial de azúcar (Huglin 1978). Es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$HI_{00}^m = \sum_{1.4}^{30.9} \frac{(Tmed_{00}^m - T_a) + (Tmax_{00}^m - T_a)}{2} \cdot d$$

donde:

$HI_{00}^m \Rightarrow$  Índice heliotérmico de Huglin anual en el periodo interanual  $m$  ( $^{\circ}C \cdot día$ )

$T_a = 10^{\circ}C \Rightarrow$  temperatura base ( $^{\circ}C$ ) y  $d = 1,02$  un parámetro que depende de la latitud

$Tmed_{00}^m \Rightarrow$  temperatura media anual en el periodo interanual  $m$

$Tmax_{00}^m \Rightarrow$  temperatura máxima anual en el periodo interanual  $m$

Región	IH	Características
I	$\leq 1500$	Demasiado frío o muy frío
II	(1500,1800]	Frío
III	(1800,2100]	Templado
IV	(2100,2400]	Templado-cálido
V	(2400,3000]	Cálido o muy cálido
VI	$>3000$	Demasiado cálido

Tabla 3. Clasificación climática según el índice de Huglin. Estos datos son de carácter orientativo, hay que considerar otros datos como características del suelo y características geográficas.

#### 5. Método de cálculo de la variable “Temperatura media en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tm\_veg)

La “Temperatura media en el periodo vegetativo”  $TmVeg_{00}^m$  ( $^{\circ}C$ ), es la temperatura media del periodo vegetativo de la vid de abril a octubre, calculada en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$TmVeg_{00}^m = \sum_{p=4}^{10} \frac{Tmed_p^m}{7}$$

donde:

$TmVeg_{00}^m \Rightarrow$  temperatura media en el periodo vegetativo anual en el periodo interanual  $m$  ( $^{\circ}C$ )

$Tmed_{p=(11,12,01,03)}^m \Rightarrow$  temperatura media mensual ( $p$ ) en el periodo interanual  $m$  del periodo vegetativo

## 6. Método de cálculo de la variable “Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo” (alias = viti\_Tn\_rest)

La “Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo”  $TnRest_{00}^m$  (°C), es la temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo de la vid (de noviembre a marzo), calculada en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$TnRest_{00}^m = \min(Tmin_{11}^m, Tmin_{12}^m, Tmin_{01}^m, Tmin_{02}^m, Tmin_{03}^m)$$

donde:

$TnRest_{00}^m \Rightarrow$  temperatura mínima en el periodo de reposo vegetativo anual en el periodo interanual  $m$  (°C)

$Tmin_{p=(11,12,01,..03)}^m \Rightarrow$  temperatura mínima mensual ( $p$ ) en el periodo interanual  $m$  del periodo de reposo

## 7. Método de cálculo de la variable “Temperatura mínima en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tn\_veg)

La “Temperatura mínima en el periodo vegetativo”  $TnVeg_{00}^m$  (°C), es la temperatura mínima del periodo vegetativo de la vid que va de abril a octubre, calculada en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$TnVeg_{00}^m = \min(Tmin_{04}^m, Tmin_{05}^m, Tmin_{06}^m, Tmin_{07}^m, Tmin_{08}^m, Tmin_{09}^m, Tmin_{10}^m)$$

donde:

$TnVeg_{00}^m \Rightarrow$  temperatura mínima en el periodo vegetativo anual en el periodo interanual  $m$  (°C)

$Tmin_{p=(04,05,..10)}^m \Rightarrow$  temperatura mínima mensual ( $p$ ) en el periodo interanual  $m$  del periodo vegetativo

## 8. Método de cálculo de la variable “Temperatura máxima en el periodo vegetativo” (alias = viti\_Tx\_veg)

La “Temperatura máxima en el periodo vegetativo”  $TxVeg_{00}^m$  (°C), es la temperatura máxima del periodo vegetativo de la vid que va de abril a octubre, calculada en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$TxVeg_{00}^m = \max(Tmax_{04}^m, Tmax_{05}^m, Tmax_{06}^m, Tmax_{07}^m, Tmax_{08}^m, Tmax_{09}^m, Tmax_{10}^m)$$

donde:

$TxVeg_{00}^m \Rightarrow$  temperatura máxima en el periodo vegetativo anual en el periodo interanual  $m$  (°C)

$Tmax_{p=(04,05,..10)}^m \Rightarrow$  temperatura máxima mensual ( $p$ ) en el periodo interanual  $m$  del periodo vegetativo

## 9. Método de cálculo de la variable “Índice de Winkler” (alias = viti\_WI)

El “Índice de Winkler”  $WI_{00}^m$  (°C·día), caracteriza la idoneidad en general del tipo de viticultura y de las variedades en particular en localizaciones concretas. La clasificación de Winkler se basa en la acumulación de calor durante el periodo activo. Se calcula como la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura activa o base de 10°C, temperatura a partir de la cual la planta abandona el reposo vegetativo. Es calculado en el periodo anual ( $p=00$ ) para los diferentes periodos climáticos preestablecidos ( $m$ ) (1961-1990, 1985-2014, 2015-2040, 2021-2050, 2031-2060, 2041-2070, 2051, 2080, 2061-2090, 2071-

2100) con los datos registrados (histórico observado) o proyectados (por cada combinación de Modelo de Circulación General (MCG) y escenario de emisiones (ESN)) de la siguiente forma:

$$WI_{00}^m = \sum_{01/04}^{31/10} (Tmed_p^m - T_a)$$

donde:

$T_a = 10\text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow$  temperatura base ( $^\circ\text{C}$ )

$Tmed_p^m \Rightarrow$  temperatura media del mes  $p$  en el periodo interanual  $m$

Según el índice de Winkler obtenido, la región se engloba en una categoría u otra (desde la I a la V) cuyas características, a rasgos generales, se resumen en la tabla 2 (Amerine y Winkler 1944).

Región	IW	Características
I	$\leq 1372$	Condiciones óptimas para el desarrollo de vino seco de mesa de primera calidad. No apto para variedades de gran desarrollo vegetativo.
II	(1372,1650]	Los valles pueden producir la mayoría de clases de vinos buenos comunes. Las zonas de ladera no son buenas para vinos comunes pero sí pueden producir vinos finos.
III	(1651,1927]	Clima cálido que favorece el alto contenido en azúcar, y si el clima es muy cálido también bajo en ácidos. No se producen los vinos secos de mayor calidad (esto ocurre en las zonas I y II) pero se producen vinos dulces naturales excelentes. Si el suelo es fértil pueden producirse buenos vinos comunes.
IV	(1927,2204]	Posibilidad de vinos naturales dulces, pero si es muy cálido tienden a ser bajos en acidez. Los vinos tintos de mesa y los blancos comunes son satisfactorios si se proceden de variedades con acidez alta. Zona de posible riego
V	$>2204$	Posibilidad de hacer vinos comunes, blancos y tintos, con acidez alta. Vinos de postre muy buenos. Zona de riego.

Tabla 2. Clasificación climática según el índice de Winkler. Esta clasificación es orientativa, ya que hay que tener en cuenta las características geográficas de la zona y las características del suelo. Fuente: Winkler, 1974.

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Grados-día biológicamente efectivos” es la siguiente:

viti\_BEDD\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif

viti\_BEDD = alias de “Grados-día biológicamente efectivos”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Índice de Branäs, Bernon y Levadoux” es la siguiente:

viti\_BI\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif

viti\_BI = alias de “Índice de Branäs, Bernon y Levadoux”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Índice de frío nocturno” es la siguiente:

**viti\_Cl\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_Cl = alias de “Índice de frío nocturno”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Índice heliotérmico de Huglin” es la siguiente:

**viti\_HI\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_HI = alias de “Índice heliotérmico de Huglin”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Temperatura media en el periodo vegetativo” es la siguiente:

**viti\_Tm\_veg\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_Tm\_veg = alias de “Temperatura media en el periodo vegetativo”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo” es la siguiente:

**viti\_Tn\_rest\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_Tn\_rest = alias de “Temperatura mínima del periodo de reposo vegetativo”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Temperatura mínima en el periodo vegetativo” es la siguiente:

**viti\_Tn\_veg\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_Tn\_veg = alias de “Temperatura mínima en el periodo vegetativo”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Temperatura máxima en el periodo vegetativo” es la siguiente:

**viti\_Tx\_veg\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_Tx\_veg = alias de Temperatura máxima en el periodo vegetativo

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual

La nomenclatura del nombre del fichero que almacena los datos de la variable “Índice de Winkler” es la siguiente:

**viti\_WI\_<MCG>\_<ESN>\_d<m>\_<p>\_COG.tif**

viti\_WI = alias de “Índice de Winkler”

MCG = nombre del Modelo de Circulación General

ESN = nombre del Escenario de Emisiones de GEI

m = periodo interanual

p = periodo intranual