



**Universitat de les  
Illes Balears**

Escuela Politécnica Superior

**Memoria Trabajo Final de Grado**

# EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA VITICULTURA EN LA ZONA DEL PLA I LLEVANT DE MALLORCA

M<sup>a</sup> Lluïsa Oliver Escandell

**Grau en Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural**

Año académico 2017-18

DNI del alumno: 41583424E

José M. Escalona  
Departamento de Biología

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Palabras clave del trabajo:  
Cambio Climático, viticultura, Mallorca

# Contenido

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1 CONSENSO CIENTÍFICO ACTUAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
1.2 INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA VID .....	6
1.3 CONSECUENCIAS TEÓRICAS GENERALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN VITÍCOLA.....	8
1.4 CASO PARTICULAR DEL PLA I LLEVANT.....	9
1.4.1 Denominación de Origen (DO) Pla i Llevant .....	9
1.4.2 Clima característico de la zona Pla i Llevant .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>11</b>
3.1 ZONAS GEOGRÁFICAS EVALUADAS.....	11
3.2 VARIEDADES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.....	11
3.3 PARÁMETROS AGRONÓMICOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO .....	13
3.4 RECOPIACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS .....	13
3.5 DATOS HISTÓRICOS DE PLUVIOMETRÍA .....	16
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>16</b>
4.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TEMPERATURA MEDIA .....	16
4.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS GRADOS-DÍA ACUMULADOS .....	18
4.3 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PLUVIOMETRÍA .....	19
4.4 EVOLUCIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO PROBABLE DE VENDIMIA .....	21
4.5 EVOLUCIÓN DE LA FECHA DE VENDIMIA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CICLO .....	23
4.6 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIA EN FUNCIÓN DE LA VARIEDAD .....	25
4.7 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS .....	26
4.7.1 Análisis de correlación en función de la variedad .....	27
4.7.2 Análisis de correlación en función del municipio.....	29
<b>5 DISCUSIÓN</b> .....	<b>30</b>
<b>6 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO</b> .....	<b>33</b>
<b>7 AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>34</b>
<b>8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>
<b>9 LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUCCIÓN

*"Reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza". Según el artículo 2 presente en el Acuerdo de París firmado el 22 de abril de 2016 se determinan tres acciones concretas:*

- 1. Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales.*
- 2. Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de modo que no comprometa la producción de alimentos.*
- 3. Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.*

El Acuerdo de París, actualmente adoptado por 96 países, pretende limitar el impacto del calentamiento global. Entre ellos, se encuentra la problemática de la agricultura [1], siendo el clima uno de los parámetros más importantes para el desarrollo de los cultivos. Las precipitaciones, las temperaturas y humedad son los parámetros principales que caracterizan las diferentes zonas climáticas y determinan las zonas agrícolas viables.

La vid es una planta sensible al clima, los parámetros de temperatura y pluviometría influyen directamente sobre la producción y la calidad de este cultivo y por tanto, determinan las características organolépticas del vino.

Dada (i) la creciente importancia del sector vitícola en la zona de Mallorca, (ii) la sensibilidad de la vid al clima, y (iii) las variaciones climáticas observadas en Mallorca durante los últimos años, se ha considerado de elevado interés realizar un estudio de las tendencias climáticas y de los niveles sensibilidad de las diferentes variedades de uva producidas en la zona de Mallorca, y más concretamente del Pla i Llevant.

## 1.1 CONSENSO CIENTÍFICO ACTUAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

El Cambio Climático o Calentamiento Global es un fenómeno que causa el aumento de la temperatura de la atmósfera. Casi la mitad de la radiación solar que llega a la atmósfera penetra la superficie de la Tierra, mientras el resto de la radiación es reflejada por la atmósfera misma y retorna al espacio. Finalmente, la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra calienta el suelo y los océanos liberando calor en forma de radiación infrarroja.

La concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera aumentó a una velocidad récord en 2016, alcanzando el nivel más alto en 800.000 años, según el Boletín de la OMM sobre los Gases de Efecto Invernadero [2]. Los gases causantes del Efecto invernadero (GEI) son el metano, el óxido nitroso y en especial el  $\text{CO}_2$ . Durante las últimas décadas estos han ido aumentando considerablemente. En diversos estudios se expone que la tasa de aumento del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico durante los últimos años es casi 100 veces mayor que al final de la última década de hielo.

En la siguiente figura se puede observar la concentración de  $\text{CO}_2$  al final de la última década de hielo y la concentración de  $\text{CO}_2$  entre el 1960 y 2000.

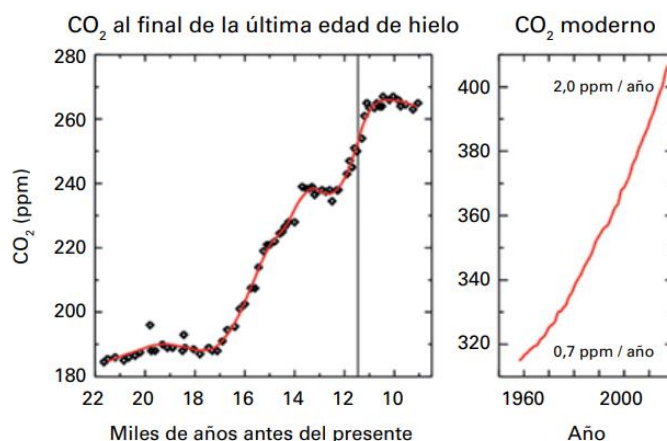


Figura1. Evolución de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera terrestre

La concentración media mundial de  $\text{CO}_2$  pasó de las 400 partes por millón (ppm) de 2015 a 403,03 ppm en 2016. Actualmente la concentración de  $\text{CO}_2$  representa el 145% de los niveles preindustriales [3].

El quinto informe realizado en 2013-2014, presentado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) creado en 1988 para facilitar las evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, expone que la temperatura media de la superficie de la Tierra y los océanos han aumentado en 0,85 °C en el periodo entre 1880-2010 y las concentraciones de CO<sub>2</sub> han aumentado un 40% desde los niveles preindustriales. Estos exponen que la temperatura global se incrementará por encima de 1,5°C en el siglo XXI [4].

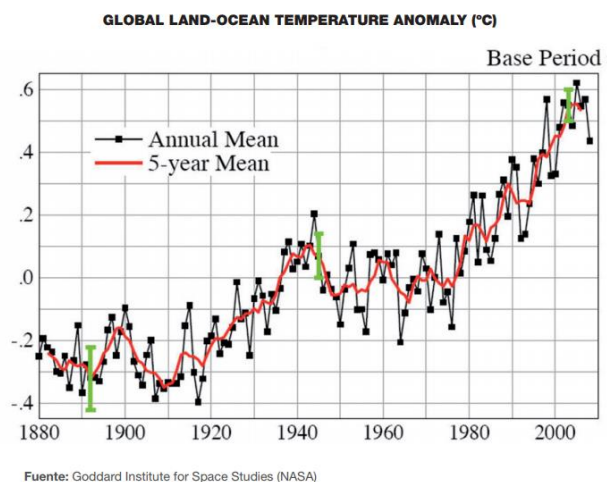


Figura 2. Evolución de las temperatura media terrestre (1880 – Actualidad)

Como podemos observar en la figura 2, existe un aumento de las temperaturas globales de la tierra. El IPCC prevé un aumento de la temperatura media global de entre 1,1°C y 6,4°C hacia el 2100, y asegura que el aumento de las concentraciones de gas de efecto invernadero son de origen antropológico [5]. Las consecuencias de este rápido aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> pueden llegar a provocar grandes daños tanto ecológicos como económicos en el mundo.

## 1.2 INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA VID

El régimen de temperaturas anuales del viñedo, determina, junto con otros factores, la calidad y el estilo del vino. La síntesis de los compuestos formados y acumulados en el racimo, tales como azúcares, ácidos orgánicos, polifenoles, aromas etc. depende en gran parte de los parámetros climáticos. Generalmente, una mayor temperatura provoca una mayor acumulación de azúcares una disminución de la acidez.

La temperatura idónea para la fase de maduración se sitúa entre 20°C y 25°C, ya que si supera los 40°C, se puede favorecer la acumulación de azúcares en otras partes de la planta distintas al fruto y por debajo de 10°C puede perjudicar al desarrollo del racimo. La síntesis de los polifenoles se inhibe por encima de los 35°C. La temperatura de vendimia también juega un papel importante ya que puede provocar una gran problemática para la refrigeración del racimo a la hora de entrar en bodega [6].

Tabla 1. Temperaturas óptimas durante las fases de desarrollo

ETAPA DESARROLLO	T° ÓPTIMA
Apertura de yemas	9 – 10°C
Floración	18 – 22°C
De floración a cambio de color	22 – 26°C
De cambio de color a maduración	20 – 24°C
Vendimia	18 – 22°C

Aunque la vid es una planta con marcada resistencia a la sequía, debe presentar una adecuada alimentación hídrica durante la fase de desarrollo del fruto, sobre todo en las fases de floración y envero ya que coinciden con los estados fenológicos de mayor requerimiento hídrico.

La planta de la vid presenta unas necesidades hídricas mínimas de entre 400-600mm anuales. Es importante que estas estén repartidas a lo largo de todo el ciclo vegetativo y no se acumulen en un periodo concreto. La vid presenta un potente sistema radicular que le permite aprovechar el agua almacenada en el suelo [7].

Por otro lado, la fase de maduración no debe coincidir con épocas de elevadas precipitaciones ya que inciden directamente sobre la calidad del fruto provocando una disminución de los azúcares y polifenoles, un aumento de la cantidad de ácidos y generan frutos más acuosos y de menor calidad. Además, las lluvias en periodo estival favorecen la aparición de enfermedades fúngicas como el Mildiu y la Botrytis muy perjudiciales para la vid.

La producción de vid para vinificación se sitúa entre los paralelos 50° LN y 40° LS, donde existe una pluviometría de unos 300 mm aproximadamente y una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar de media. También podemos encontrar el cultivo de la vid en otras zonas, pero en menor presencia. Debido al cambio climático estos márgenes se están desplazando e incluso en algunas zonas existe una parada invernal.

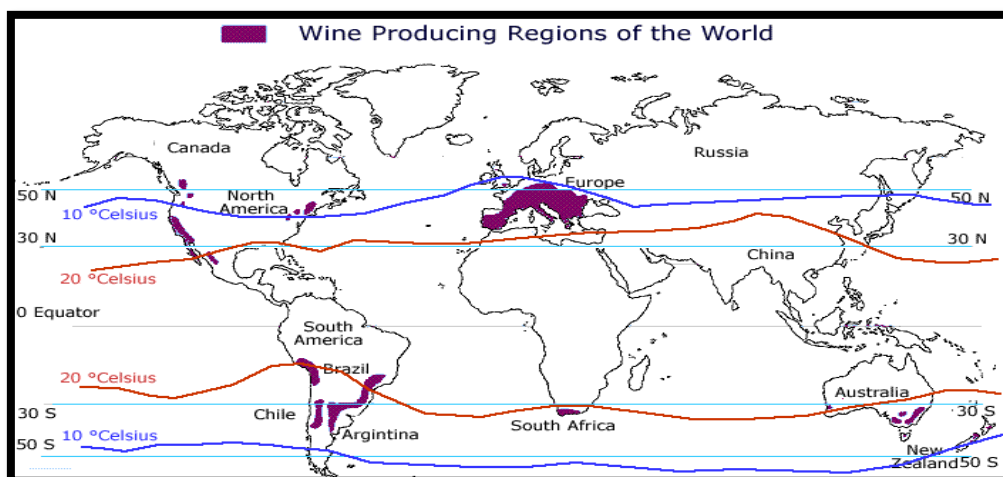


Figura 3. Principales regiones productoras de vino

En el hemisferio Norte se cultiva la cuenca Mediterránea, en América se cultiva en California y en algunos estados del Este. En el hemisferio Sur se cultiva en Argentina, Chile, Uruguay, Brasil y Bolivia, también produce África, Oceanía y Australia.[9]

Debido al aumento de las temperaturas, las zonas de producción vitivinícola se están desplazando hacia el norte, ya que la calidad de la uva depende fundamentalmente de las condiciones climáticas durante maduración. Por ese motivo, en los últimos años la climatología ha supuesto un grave peligro para este cultivo en muchas zonas de España.

Cabe mencionar que el desarrollo de la vid está muy marcado por la temperatura, la luz solar y las precipitaciones, pero el parámetro más importante para este desarrollo son las temperaturas, ya que se necesita unas temperaturas suaves para conseguir una madurez idónea de la uva.

Según los resultados de la tesis doctoral del biólogo Johann Martinez-Lüzcher, han desvelado que debido al aumento de temperatura y de CO<sub>2</sub>, las uvas sufren una maduración más rápida de lo normal. Este hecho conlleva a la producción de un vino de menor calidad, con una alteración del color y el aroma [10]. Otro estudio de la Universidad de Texas va más allá y advierte que el sector debe adaptarse y anticiparse a los posibles impactos del cambio climático que, además, prevé que disminuirá el área apta para la viticultura entre un 25% y un 73% en las principales regiones productoras de vino en 2050 y puede provocar la movilización de los viñedos a zonas climáticas diferentes.

“Existe una tendencia a que se produzca un desfase entre la madurez en el contenido en azúcares, más temprana y la madurez de aromas y polifenoles, más tardía. De manera que resulta difícil determinar el punto óptimo de cosecha”, explica el Instituto de las Ciencias y el Vino [13].

### **1.3 CONSECUENCIAS TEÓRICAS GENERALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN VITÍCOLA**

El aumento de las temperaturas puede causar una gran variedad de cambios en la composición de los vinos ya que afecta directamente sobre los parámetros que otorgan el estilo del vino. El aumento de las temperaturas puede causar diversas alteraciones al vino, entre ellas: (i) disminución de la acidez total, (ii) pérdida del área foliar, (iii) disminución de la producción, (iv) disminución de la síntesis de antocianos, (v) adelantamiento de la parada de crecimiento vegetativo, (vi) adelantamiento de todas las fases del ciclo vegetativos y, en las zonas más cálidas y como efecto ejemplo de alteración extrema, (vii) inhibición la formación de la planta.



Durante los últimos años se ha observado un avance de la vendimia, el fruto no realiza correctamente la maduración y en consecuencia la piel y las semillas no desarrollan completamente su proceso lo que otorga un sabor más áspero y astringente debido al aumento de los taninos. En general, los frutos recolectados presentan un pH más ácido.

#### 1.4 CASO PARTICULAR DEL PLA I LLEVANT

##### 1.4.1 Denominación de Origen (DO) Pla i Llevant

Para la elaboración del estudio se ha seleccionado la zona del Pla i Llevant de Mallorca donde se encuentra la DO Pla i Llevant. La DO Pla i Llevant abarca 18 municipios, entre los que encontramos Algaida, Ariany, Artà, Campos, Capdepera, Felanitx, Lluçmajor, Manacor, Maria de la Salut, Montuïri, Muro, Petra, Porreres, Sant Joan, SantLlorenç des Cardassar, Santa Margalida, Sineu y Vilafranca de Bonany.

Actualmente hay inscritas 13 bodegas y 67 viticultores, con un total de 444 hectáreas de viñedo [15].



Figura 4. DO Pla i Llevant

Las variedades autorizadas para uva blanca son: Chardonnay, Moscatel de grano pequeño, Moscatel de Alejandría, Parellada, Riesling, Viognier y las variedades autóctonas que son Premsal Blanc y Giró Ros.

Para la uva tinta: Cabernet Sauvignon, Merlot, Monastrell, PinotNoir, Syrah, Tempranillo y las autóctonas Callet, Mantonegro, Fogoneu y Gorgollassa.

En cuanto al sistema de plantación, la densidad de plantación puede oscilar en función de los terrenos, variedades y sistemas de formación entre 2500 y 5000 cepas/ha y el sistema de formación y conducción de las cepas debe ser en forma de vaso o espaldera. En 2015, la producción total de uva en la DO Pla i Llevant fue de 2.088.307 kg. [14]

#### ***1.4.2 Clima característico de la zona Pla i Llevant***

El clima de esta zona de Mallorca está caracterizado por temperaturas suaves durante el invierno y temperaturas calurosas en verano. Además, la precipitación media anual es de 450mm. Los periodos de lluvia se concentran principalmente en otoño y primavera. Los viñedos de la zona Pla i Llevant están situados a menos de 100 metros de altura, prácticamente a nivel del mar.

El régimen de “Embat” se establece diariamente como consecuencia de la variación de la temperatura. El viento sopla de mar a tierra durante las horas de máxima insolación y su dirección se invierte, con menor intensidad, durante la noche. En la zona de Pla i Llevant, en la época cálida del año, se desarrolla un régimen de “Embat” de origen marítimo convergentes, lo cual favorece una moderación de las temperaturas y determina la formación de la nubosidad y, en ocasiones, precipitaciones [15].

## **2 OBJETIVOS**

El objetivo general del estudio es realizar un estudio de las tendencias climáticas y del nivel de sensibilidad de las diferentes variedades de uva producidas en la zona de Mallorca, y más concretamente del Pla i Llevant.

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Caracterizar la variación en la temperatura y en los niveles de precipitación de los últimos años.
- Conocer la evolución del grado alcohólico probable y la fecha de vendimia de los últimos años en la zona Pla i Llevant.
- Estudiar la influencia de la temperatura y la precipitación en los parámetros de calidad, fenología y de producción de uva.
- Analizar la influencia de la temperatura y la precipitación en la fenología, los parámetros de producción, y calidad de uva y determinar su grado de significatividad estadística para cuatro zonas geográficas distintas.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 ZONAS GEOGRÁFICAS EVALUADAS

La zona de estudio se sitúa en el Pla i Llevant de Mallorca. Como se ha comentado anteriormente, la zona Pla i Llevant cubre 18 municipios, de los cuales se han seleccionado 4 para llevar a cabo el estudio: Manacor, Petra, Felanitx y Algaida. Estos municipios son muy relevantes tanto por superficie cultivada como por diversidad climática (Figura 5).



Figura5. Localización de las bodegas para el estudio.

#### 3.2 VARIEDADES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

Las variedades cultivadas en la zona del Pla i Llevant son las que se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Especies cultivadas en la DO Pla i Llevant

<i><b>VARIEDADES TINTAS</b></i>	<i><b>VARIEDADES BLANCAS</b></i>
Cabernet	Chardonnay
Callet	Giro
Fogoneu	Moscatell
Gorgollassa	Parellada
Manto Negro	Prensal
Merlot	Riesling
Monastrell	
Syrah	
Tempranillo	

De todas las variedades de uva autorizadas en la DO Pla i Llevant se seleccionaron las variedades tintas más representativas y de mayor relevancia por superficie y producción de la zona de estudio, de las que dispuso de la mayor cantidad de información, en relación a:

- Datos sobre las parcelas (porta injerto, sistema de conducción...)
- Serie histórica de datos agronómicos: fecha de vendimia, producción y parámetros de calidad de uva.

Finalmente, las variedades seleccionadas para realizar el trabajo han sido: Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah, Manto Negro y Tempranillo.

Las diferentes variedades estudiadas se localizar en los cuatro municipios seleccionados de la siguiente manera. En el municipio de Petra, la variedad Cabernet Sauvignon se localiza en el polígono 6 en las parcelas 105, 106, 67, 68 y 95, con un total de 2,05 has. La variedad Manto Negro se localiza en el polígono 6 parcela 69 con 0,2 has y la variedad Syrah en el polígono 6, parcelas 85 y 15 con un total de 1,8 has. En el municipio de Manacor todas las variedades se localizan en el Polígono 2 y parcela 45. La variedad Tempranillo ocupa 0,7 has, la variedad Cabernet Sauvignon ocupa 1,4 has y la variedad Merlot 0,5 has. En el municipio de Felanitx, la variedad Tempranillo se localiza en el polígono 15, parcela 137 y ocupa 0,6 has, la variedad Syrah en el polígono 24, parcela 51 y ocupa 0,5327 has, la variedad Merlot se localiza en el polígono 15, parcela 71 y ocupa 0,4 has y finalmente la variedad Cabernet Sauvignon se localiza en el polígono 15, parcela 137 y ocupa 1,0 has. Finalmente, en el municipio de Algaida, la variedad Manto Negro se encuentra en el polígono 10, parcela 240 y ocupa 0,5 has. La variedad Tempranillo se encuentra en el polígono 10, parcela 240 y en el polígono 8, parcela 48 y en total ocupa 1'80 has. La variedad Merlot se encuentra en el polígono 8, parcela 55, 88 y en total ocupa 0,5 has. La variedad Syrah se encuentra en el polígono 10, parcela 240 y ocupa 2,9 has. Finalmente, la variedad Cabernet Sauvignon se encuentra en el polígono 8, parcelas 50, 53, 55, 89, 292, 338, 339, 91 y 344 y en total ocupa una superficie de 2,8 has. Para verificar que estas variedades representan gran parte de la zona de estudio, se ha consultado la página web de la DO Pla i Llevant. Actualmente existen 444 hectáreas de viñedo en la zona, de las cuales Cabernet ocupa 89ha (20%), Merlot ocupa 70ha (15,7%), Syrah ocupa 34ha (7,65%), Manto Negro ocupa 33ha (7,43%) y finalmente Tempranillo ocupa 5,18ha (5'18), en total estas

variedades representan el 56% de las hectáreas de viñedo cultivadas, que corresponde a 249 hectáreas, por tanto, podemos afirmar que estas variedades son una parte importante de la producción de vid en la zona de la DO Pla i Llevant (Tabla 3).

Tabla 3. Hectáreas de viñedo en la DO Pla i Llevant.

<b>VARIEDAD BLANCA</b>	<b>HA</b>	<b>VARIEDAD TINTA</b>	<b>HA</b>
PREMSAL	44	CABERNET SAUVIGNON	89
CHARDONNAY	45	MERLOT	70
MACABEO	14	CALLET	59
MOSCATELL	11	SYRAH	34
GIRO ROS	8	MANTO NEGRO	33
VIOGNIER	4	TEMPRANILLO	23
ALTRES	5	FOGONEU	2
		GORGOLASSA	1
		ALTRES	2

### 3.3 PARÁMETROS AGRONÓMICOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO

Los datos recopilados de las diferentes parcelas para el desarrollo del estudio para cada variedad y productor son los siguientes:

- Municipio, Polígono y Parcela
- Variedad
- Porta injerto
- Sistema de conducción
- Año de plantación
- Fecha de vendimia (día del año)
- Grado Alcohólico (%)
- Producción (Kg/ha)
- Superficie cultivada de la variedad (has)

### 3.4 RECOPIACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS

Los datos de temperatura de los últimos años utilizados para la realización del trabajo se han obtenido mediante la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). En las Islas Baleares existe una gran cantidad de estaciones meteorológicas situadas en algunos municipios de Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera. Concretamente en Mallorca existen 63 estaciones ubicadas alrededor de los municipios de la Isla. [18].

Uno de los mayores inconvenientes de este proyecto, es la irregularidad de la toma de datos en las estaciones de Mallorca, ya algunas estaciones dejan de funcionar durante unos meses debido a cambios en la instrumentación, movimiento de las estaciones meteorológicas entre otros. En consecuencia, se han tenido que completar los datos de temperatura con el método desarrollado por (Peterson et al. 1998), de esta manera se han conseguido datos des del 1990 hasta 2017.

Para llevar a cabo el siguiente método estadístico se han seguido una serie de pasos:

Primero se han seleccionado las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio y se han descartado las estaciones que tenían más de un 10% de días sin datos de temperatura. Seguidamente, una vez seleccionadas las estaciones, se han rellenado los días sin datos mediante el cálculo de la correlación entre las distintas estaciones y en cada estación se han rellenado los días sin datos con los datos de la estación con mayor correlación, con el objetivo de tener todas las estaciones completas. Finalmente, para el desarrollo del estudio, las estaciones utilizadas una estación cercana a Manacor y otra situada en Porreres.

A partir de los datos de la temperatura media mensual se ha calculado los grados día acumulados en los diferentes años para el período de abril hasta octubre. La elección de este periodo se basa en que se ajusta al ciclo medio de la vid. Para ello hemos utilizado el método de la integral térmica eficaz de Winkler y Amerine (1974)[17], que se calcula sumando las temperaturas medias diarias eficaces desde el 1 de Abril hasta el 30 de Octubre, siendo la temperatura eficaz ( $T_e$ ), la temperatura activa ( $T_a$ ) menos  $10^\circ$ , es decir,  $T_e = T_a - 10^\circ\text{C}$ . Una vez se han restado los  $10^\circ\text{C}$  a las temperaturas diarias, se procede a realizar la suma de todos los grados resultantes desde el mes de abril a octubre.

Basándonos en el método expuesto por Winkler y Amerine, que expone que existen 5 zonas vitícolas dependiendo de la acumulación de grados día durante los meses de abril hasta octubre, y además con la consiguiente asignación de variedades aptas para cada zona, se ha procedido a clasificar nuestra zona según los siguientes criterios.

Tabla 4. Clasificación climática en función de la acumulación térmica eficaz desde el 1 de abril al 31 de octubre (Winkler y Amerine)

<i>Zona</i>	<i>Grados día acumulados</i>	<i>Descripción</i>
I	<1370	En esta zona encontramos variedades para vinos secos de primera calidad.
II	1370 - 1650	Los valles pueden producir la mayoría de las clases de vinos buenos comunes.
III	1650 - 1930	El clima cálido favorece la producción de uva de alto contenido en azúcares, a veces poco ácido, como puede ocurrir en las zonas más cálidas. No se producen vinos secos de máxima calidad ya que los vinos mejor equilibrados se encuentran en las regiones I y II.
IV	1930 - 2200	En esta zona son comunes los vinos naturales dulces pero en años cálidos los frutos tienden a tener baja acidez. Los vinos blancos, comunes y tintos de meso son satisfactorios si se producen de variedades de acidez alta. Es una zona de posible riesgo.
V	>2200	Los vinos de mesa blancos y tintos comunes pueden hacerse con variedades de alta acidez. Los vinos para postre pueden ser muy buenos. Es una zona de riesgo

Los grados-día acumulados se han calculado a partir de los datos climáticos de los municipios de Porreres y Manacor. Localidades que se encuentran en la zona de la DO Pla i Llevant y representan una gran parte del área de estudio. Además, se han podido recopilar una gran serie de datos de temperatura.

### 3.5 DATOS HISTÓRICOS DE PLUVIOMETRÍA

Los datos de temperatura de los últimos años utilizados para la realización del trabajo se han obtenido mediante la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Las estaciones con las cuales se ha trabajado para medir la influencia de la precipitación sobre los parámetros de calidad y rendimiento de la vid han sido la estación de Manacor, Sineu, Algaida y Felanitx, muy próximas a los municipios de estudio.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TEMPERATURA MEDIA

Para analizar la influencia de la temperatura sobre los parámetros de calidad, rendimiento y fecha de vendimia de la vid se han valorado las temperaturas medias acumuladas durante el periodo vegetativo de la vid que engloba los meses de abril hasta octubre, ya que son las que determinan el desarrollo de la planta.

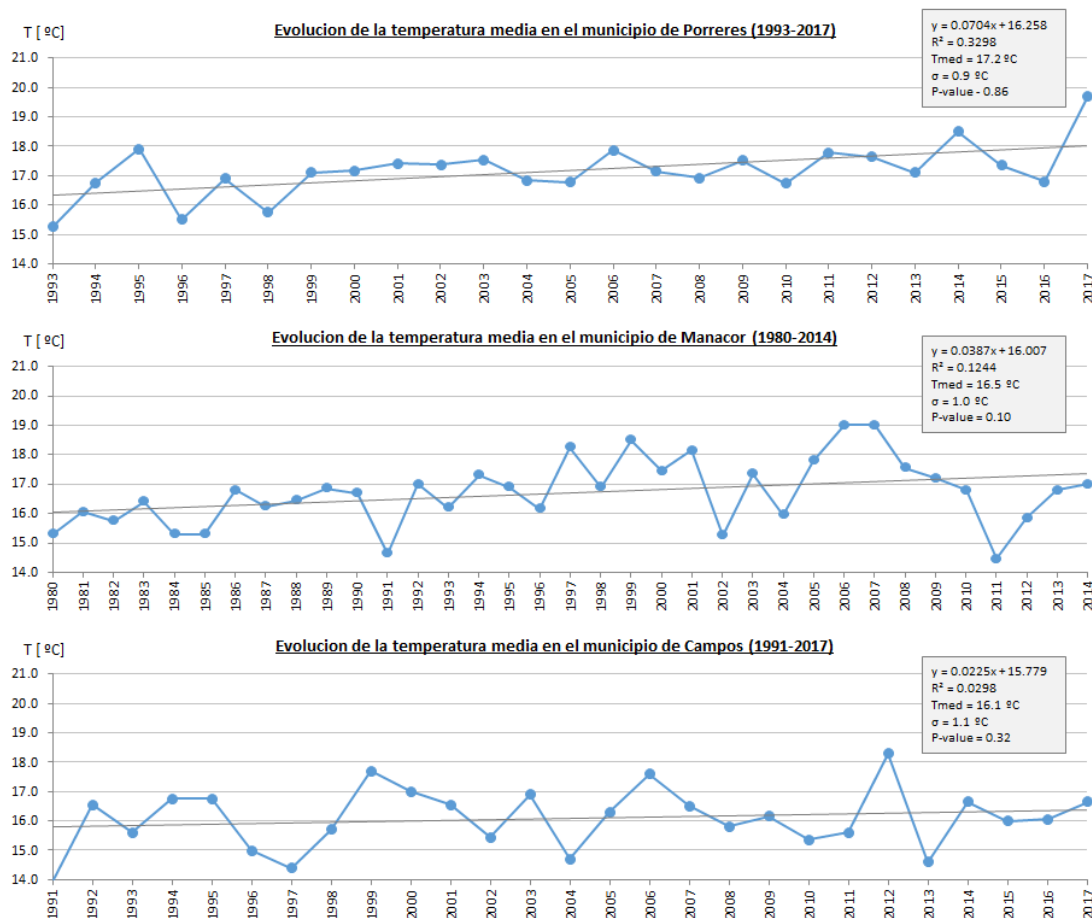


Figura 6. Evolución histórica de las temperaturas para los municipios de Porreres (1993-2017), Manacor (1980-2014) y Campos (1991-2017)



Como se puede observar en la figura 6, existe un incremento de la temperatura media observada entre los meses de abril y octubre al largo de los últimos 35 años. Sin embargo, estos resultados deben matizarse. Existe en los datos observados un elevado nivel de dispersión de las temperaturas medias (dispersiones obtenidas próximas a 1°C y el coeficiente de determinación inferiores a 0,33 en todos los casos).

En Manacor la temperatura mínima se observa en el 2011 con 14,4 °C y la temperatura máxima se alcanza en 2007 con una temperatura de 19°C. La temperatura media observada es de 16,5°C. En el municipio de Porreres la temperatura mínima se observa en el 1993 con 15,2°C y la temperatura máxima en 2017 con 19,7°C. La temperatura media observada es de 17,2°C. Finalmente, en el municipio de Campos, la temperatura mínima se observa en 1991 con un valor de 14°C y la temperatura máxima en 2012 con 18,3°C. La temperatura media observada es de 16,1°C.

Para poder estudiar mejor los resultados obtenidos a partir de los datos de temperatura y entender la evolución de la temperatura a lo largo de los años, se han realizado una serie de análisis explicados a continuación.

El valor de  $R^2$  igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto, ya que la variación total de la variable Y es explicada por el modelo de regresión y el valor  $R^2$  igual a 0 nos indica la no representatividad del modelo lineal, por lo que el modelo no explica nada de la variación de la variable. En este caso, los valores de  $R^2$  para Manacor, Porreres y Campos son 0,33, 0,12 y 0,07 respectivamente, podemos afirmar que el ajuste del modelo no es bueno ya que el valor de  $R^2$  es próximo a 0.

Otro valor que debemos considerar es el *P-Valor* o también conocido como *nivel de significancia*. El *P-Valor* nos muestra la probabilidad de haber obtenido el resultado que hemos obtenido si suponemos que la hipótesis nula es cierta, es decir, se consideraran válidos y fiables los resultados del *P-Valor* que sean igual o menores que el nivel de significación establecidos, normalmente entre 0,05 y 0,01. Los resultados obtenidos en nuestros resultados oscilan entre el 0,10 y 0,86, por tanto y según nuestro nivel de significación establecido, no podemos aceptar la hipótesis nula.

## 4.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS GRADOS-DÍA ACUMULADOS

La figura 7 recoge los valores de los grado-día acumulados durante los meses de abril a octubre mediante el método de la integral térmica eficaz de Winkler y Amerine.

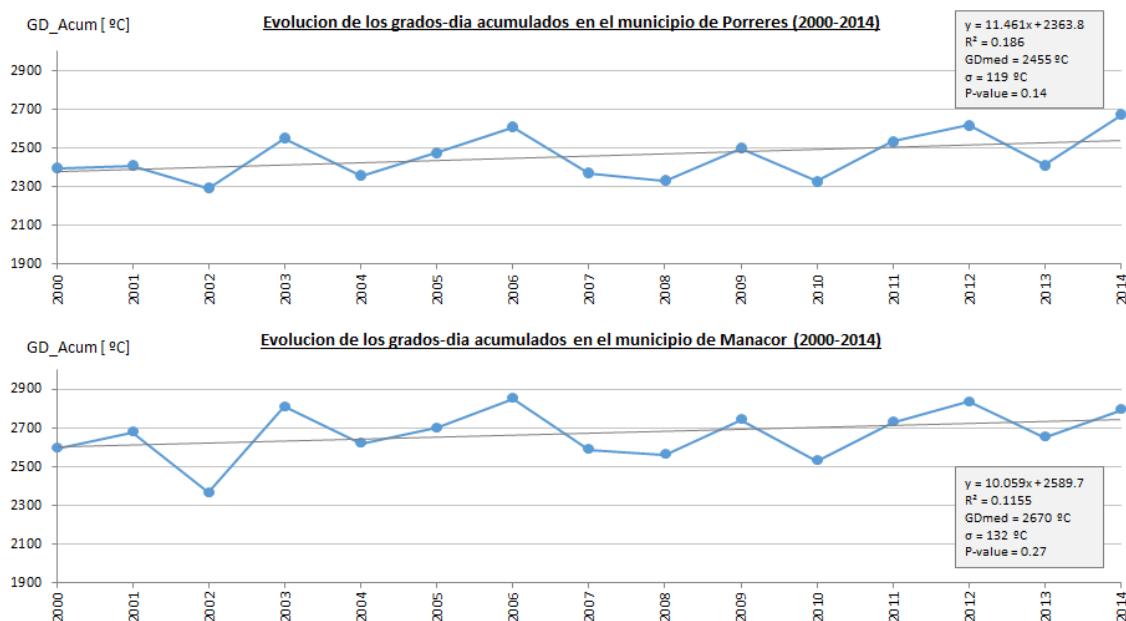


Figura 7. Evolución histórica de los grados-día acumulados para los municipios de Porreres y Manacor (2000-2014)

En Porreres el valor mínimo de grados-día acumulados corresponde al año 2008 con 2328 y el valor máximo en 2014 con 2672 grado-día acumulados. El valor medio observado es de 2455,4. En Manacor el valor mínimo de grados-día acumulados corresponde al año 2010 con 2529 y el valor máximo en 2006 con 2852 grado-día acumulados. El valor medio observado es de 2670,2. En Lluçmajor el valor mínimo de grados-día acumulados corresponde al año 2002 con 1962 y el valor máximo en 2006 con 2639 grado-día acumulados. El valor medio observado es de 2388,4. Podemos observar que los grados día oscilan entre 2200 y 2800, por tanto, y basándonos en la clasificación propuesta en el punto 3.2.3, pertenece a la zona V (más de 2204 grados-día). Esta zona vitícola está clasificada como zona de riesgo, debido a los altos valores de grados días acumulados durante el periodo de desarrollo de la vid (ver Tabla 3).

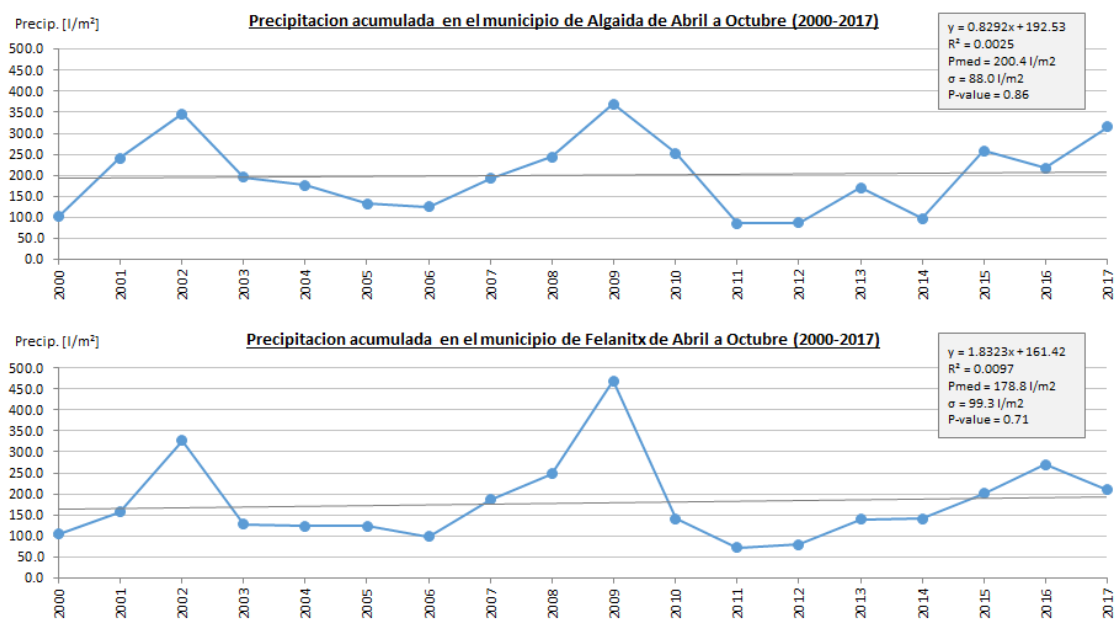
En los municipios de estudio podemos observar un incremento de los grados días acumulados a lo largo de los últimos años. Para comprender mejor los resultados, se han llevado a cabo una serie de análisis:

En este caso, los valores de  $R^2$  para Porreres y Manacor son 0,18% y 0,115% respectivamente, podemos afirmar que el ajuste del modelo no es bueno ya que el valor de  $R^2$  es próximo a 0. Los *P-Valor* obtenidos en nuestros resultados oscilan entre el 0,14 y 0,36, por tanto y según nuestro nivel de significación establecido, no podemos aceptar la hipótesis nula.

### 4.3 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PLUVIOMETRÍA

Para evaluar la evolución histórica de pluviometría de los últimos 17 años se ha considerado la pluviometría acumulada entre los meses de abril y octubre, ya que son los que pertenecen al periodo vegetativo de la vid y por tanto determinan el desarrollo de la planta.

Para ello hemos obtenido la serie de datos de Algaida, Felanitx, Sineu y Manacor, que representan una gran parte de la zona de estudio.



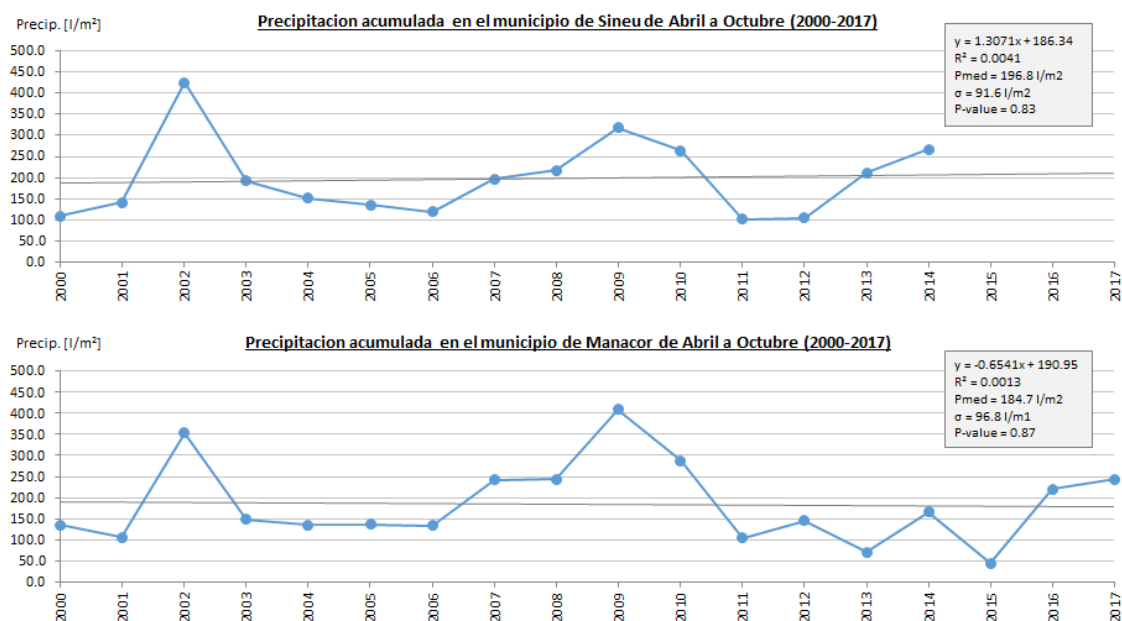


Figura 8. Evolución histórica de las precipitaciones entre abril y octubre para los municipios de Algaida (2000-2017), Felanitx (2000-2017), Sineu (2000-2014) y Manacor (2000-2017).

El régimen de precipitaciones de las Islas Baleares se caracteriza por ser irregular, variando considerablemente cada año llegando a provocar sequías fuertes durante varios años (Figura 8). En el municipio de Algaida las precipitaciones mínimas se observan en 2011 con  $85 \text{ l/m}^2$  y las máximas en 2009 con  $370 \text{ l/m}^2$ . La precipitación media acumulada es de  $200,4 \text{ l/m}^2$ . En el municipio de Felanitx las precipitaciones mínimas se concentran en el 2011 con  $72 \text{ l/m}^2$  y las máximas en 2009 con  $469 \text{ l/m}^2$ . La pluviometría media acumulada es de  $178,8 \text{ l/m}^2$ . En el municipio de Sineu las precipitaciones mínimas se concentran en el 2011 con  $101 \text{ l/m}^2$  y las máximas en 2002 con  $425 \text{ l/m}^2$ . La pluviometría media acumulada es de  $196,8 \text{ l/m}^2$ . Finalmente, en el municipio de Manacor, las precipitaciones mínimas se concentran en el 2013 con  $43,9 \text{ l/m}^2$  y las máximas en 2009 con  $408,8 \text{ l/m}^2$ . La pluviometría media acumulada es de  $184,7 \text{ l/m}^2$ .

La mayor parte de la lluvia se concentra en pocos días y las precipitaciones más intensas se suelen concentrar en los meses de otoño. En los últimos años se pueden apreciar fluctuaciones de las pluviometrías caracterizadas por largos periodos de sequía.

En este caso, los valores de  $R^2$  para Algaida, Felanitx, Sineu y Manacor son muy próximos a 0 en todos los casos, podemos afirmar que el ajuste del modelo no es bueno ya que el valor de  $R^2$  es próximo a 0. Los resultados de *P-Valor* obtenidos en nuestros resultados oscilan entre el 0,71 y 0,87, y según nuestro nivel de significación establecido, no podemos aceptar la hipótesis nula.

#### 4.4 EVOLUCIÓN DEL GRADO ALCOHÓLICO PROBABLE DE VENDIMIA

Para conocer la evolución del grado alcohólico probable se han llevado a cabo dos análisis. En el primer análisis se han generado valores medios para las diferentes variedades estudiadas durante los 17 años de esta manera poder conocer la tendencia de este parámetro y en función de la variedad y según el tipo de ciclo. Análisis general de la evolución del grado alcohólico.

La figura 9 corresponde al grado alcohólico probable medio para las diferentes variedades de uva y municipios estudiados.

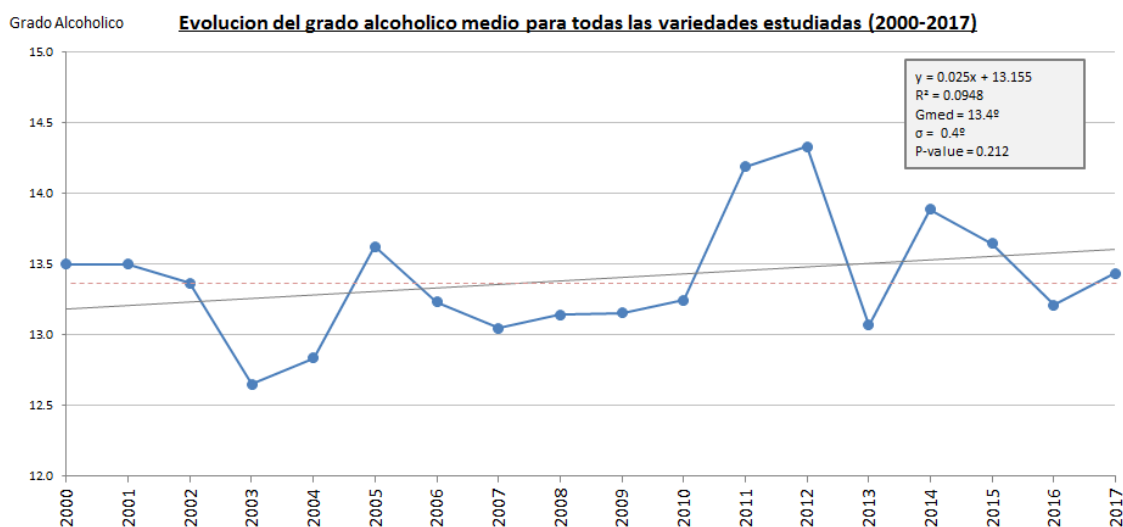


Figura 9. Evolución histórica del grado alcohólico medio para todas la variedades.  
(2000-2017)

En los últimos años el grado alcohólico ha sufrido una ligera tendencia ascendente. El valor medio del grado alcohólico se sitúa en torno a los 13,4. Los valores mínimos se obtuvieron en 2003 con un 12,7 y los valores máximos en 2012 con 14,3. A partir del 2014 con un valor de 13,9, empieza a disminuir el valor del grado alcohólico, en 2015 con 13,6, en 2016 de 13,2 y en 2017 vuelve a aumentar con valores de 13,4.

En este caso, el valor de  $R^2$  es de 0,094, podemos afirmar que el ajuste del modelo no es bueno ya que el valor de  $R^2$  es próximo a 0. El *P-Valor* es de 0,39, según nuestro nivel de significación establecido, no podemos aceptar la hipótesis nula.

Para seguir con el estudio de la evolución histórica del grado alcohólico, se han analizado las variedades por separado, representadas en el siguiente gráfico. La clasificación de las variedades en las condiciones de Mallorca y ordenadas de mayor a menor grado son Merlot, Manto Negro, Cabernet, Syrah y Tempranillo.

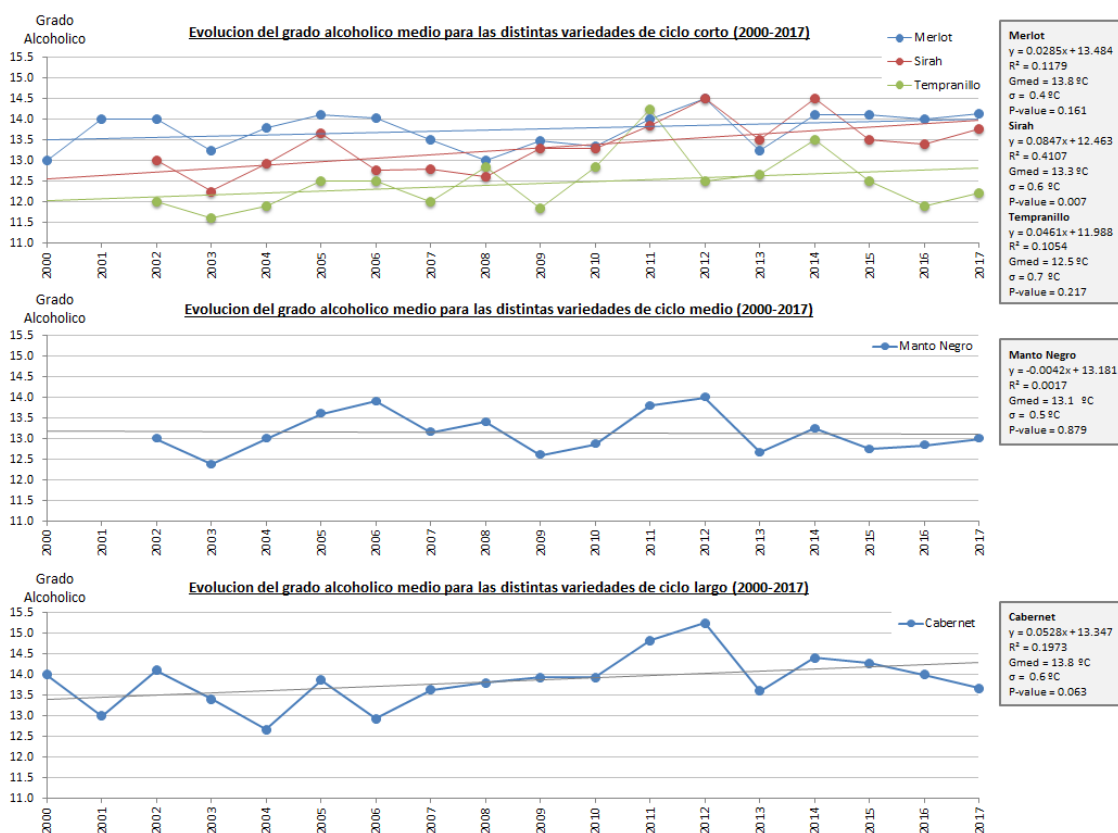


Figura 10. Evolución del grado alcohólico medio en función del tipo de ciclo. (2000-2017)

El valor máximo del grado alcohólico probable en la variedad Cabernet es de 14,0 en el año 2012 y el valor mínimo de 12,4 en 2004. La diferencia máxima entre los datos es de 2,6. En los últimos años se puede observar una ligera disminución, siendo en 2014 de 14,4, en 2015 14,3, en 2016 de 14 y en 2017 de 13,7. En la variedad Manto Negro los valores máximos de grado alcohólico probable fueron de 14,0 en 2012 y los valores mínimos en 2003 con 12,3. La diferencia máxima entre los datos es de 1,8. En los últimos años se ha podido observar un pequeño aumento, siendo en 2015 y 2016 de

valor 12.8 y en 2017 de 13,0. La variedad Merlot obtuvo el mayor valor de grado alcohólico probable en 2012 con 14,5 y el valor mínimo de 13,0 en el 2008. La mayor diferencia entre los datos ha sido de 1.5. En los últimos años el grado alcohólico se ha mantenido constante, oscilando entre 14,0 y 14,1. La variedad Syrah presentó los valores de grado alcohólico más altos en 2014 con 14,0 y los mínimos en 2008 con 12,6. La diferencia máxima entre grado alcohólico ha sido de 1,9. En los últimos años, el grado alcohólico ha oscilado entre los valores de 14,5 en el 2014, 13,5 en el 2015, 13,4 en el 2016 y 13,8 en 2017. Finalmente, para la variedad Tempranillo, los valores de grado alcohólico probable máximos se obtuvieron en el 2011 con un valor de 14,3 y los valores mínimos en 2003 con un valor de 11,6. La diferencia máxima entre grado alcohólico ha sido de 2.7. A partir del 2014 se puede observar una disminución. En 2014 presentaba valores próximos a 13,5, en 2015 de 12,5, en 2016 de 11,9, pero este último año ha aumentado hasta 12,2.

#### 4.5 EVOLUCIÓN DE LA FECHA DE VENDIMIA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CICLO

La figura 12 presenta la evolución de la fecha de vendimia (en función del tipo de ciclo (corto, medio o largo) de las variedades estudiadas. El objetivo es determinar si ha habido una evolución significativa (avance o retarde) de la fecha de vendimia.

Las variedades de ciclo corto estudiadas son Tempranillo, Syrah y Merlot. La variedad de ciclo medio estudiada es Manto Negro, y de ciclo largo es Cabernet.

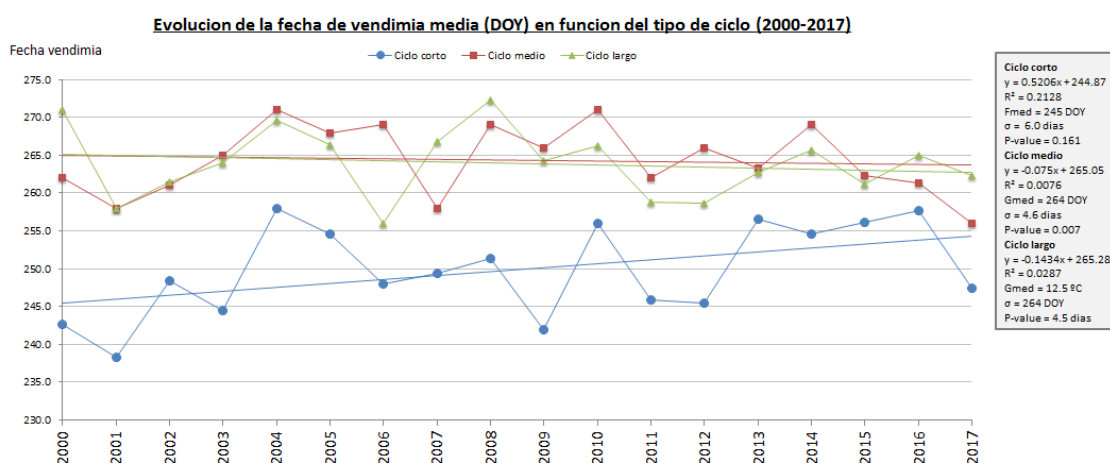


Figura 12. Evolución de la fecha de vendimia media en función del tipo de ciclo (2000-2017)

Variedades de ciclo corto: la fecha de vendimia media para las variedades de ciclo corto se sitúa alrededor del día 250 (7 de septiembre). La amplitud total de los datos obtenidos es de 20 días. El valor más bajo (o fecha media de vendimia más temprana) se obtuvo en el año 2001 –día 238 o 26 de agosto– y el valor más alto (o fecha media de vendimia más tardía) en 2004 –día 258 o 15 de septiembre–. Durante los últimos cinco años la fecha de vendimia para las variedades de ciclo corto se ha mantenido mayoritariamente constante, si bien del 2016 al 2017 se adelantó de algo más de una semana (10 días).

Variedades de ciclo medio: la fecha de vendimia media para la variedad de ciclo medio se sitúa alrededor del día 264 (21 de septiembre). La amplitud total de los datos obtenidos es de 29 días. El valor más bajo (o fecha de vendimia más temprana) se obtuvo en el año 2017 – día 258 o 15 de septiembre – y el valor más alto en 2010 – día 271 o 28 de septiembre -. Durante los últimos 3 años la fecha se ha ido adelantado, siendo la fecha de vendimia en 2015 el día 262 (19 de septiembre), en 2016 el día 261(18 de septiembre) y en 2017 el día 256(13 de septiembre).

Variedad de ciclo largo: la fecha de vendimia para la variedad de ciclo largo se sitúa alrededor del día 264 (21 de septiembre). La amplitud total de los datos obtenidos es de 16 días. El valor más bajo (o fecha de vendimia más temprana) es el día 256(13 de septiembre) en 2006 y el valor más alto o fecha media de vendimia más tardía), es el día 272 (29 de septiembre) en 2008. A diferencia de las otras variedades, la variedad de ciclo corto se ha mantenido ligeramente constante y no ha sufrido un avance de la vendimia en los últimos años. Ya que en 2014 la fecha de vendimia fue el día 265 (22 de septiembre), en 2015 fue el día 261(18 de septiembre), en 2016 fue el día 265 (22 de septiembre), y en 2017 fue el día 262 (19 de septiembre).



### 4.6 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIA EN FUNCIÓN DE LA VARIEDAD

La figura13 presentan la evolución de la producción media en kg/ha para las diferentes variedades estudiadas. De esta manera se pretende conocer cuál ha sido la influencia de los parámetros climáticos en el rendimiento de la vid durante los últimos años.

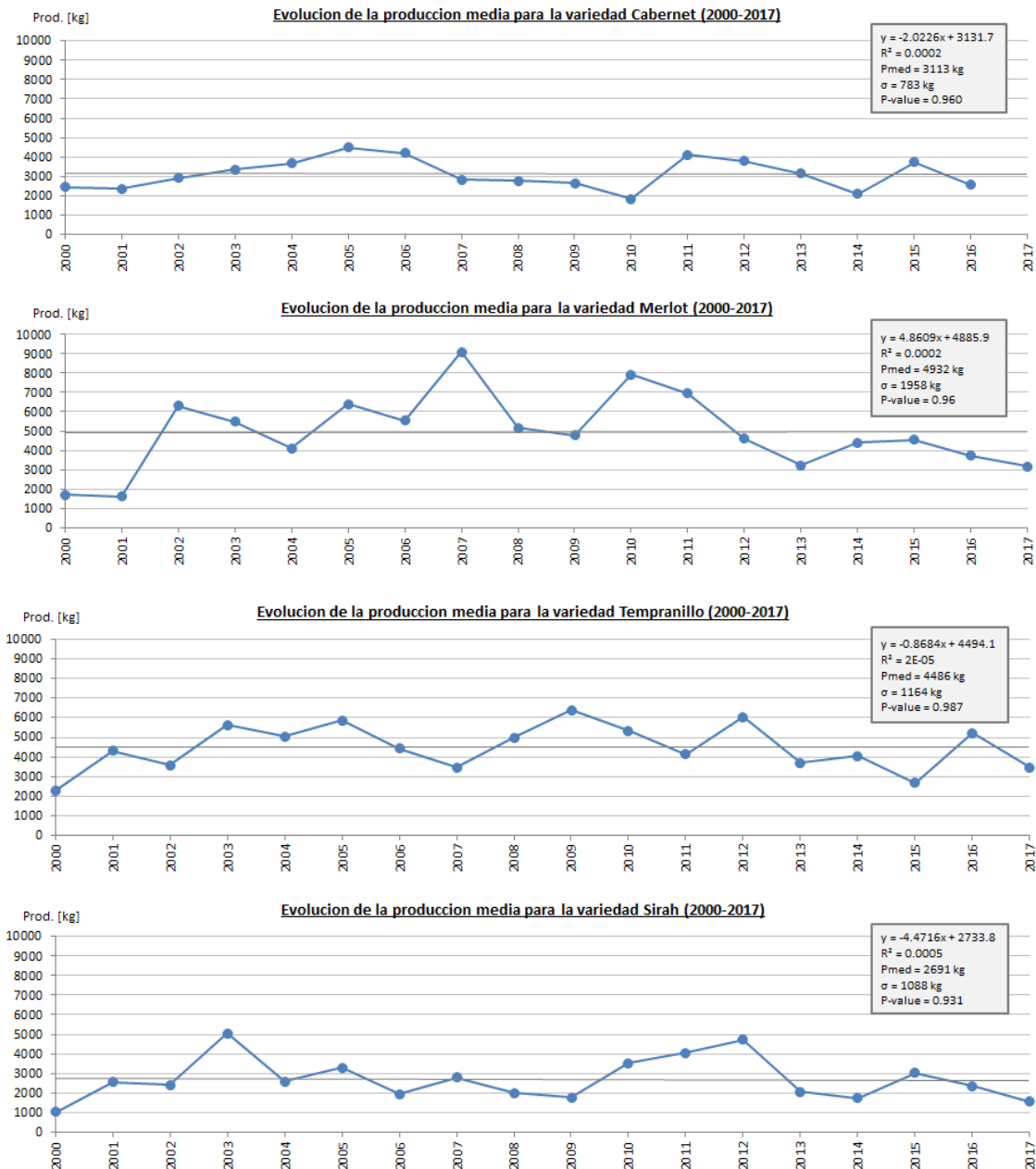


Figura 13. Evolución de la producción media por variedad (2000-2017)

Se puede observar que actualmente no existe influencia de los parámetros climáticos sobre la producción en los viñedos (Figura 13). Como se ha comentado anteriormente, la variación de la producción se ve muy condicionada por factores bióticos, es decir, externos al clima, como son los hongos, enfermedades, pudriciones... y no tanto por factores abióticos como son la temperatura, periodos de sequía, pluviometría etc. Además, la producción también depende de la gestión que el técnico de campo crea adecuada en su momento.

#### 4.7 ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS

La tabla 5 presenta los niveles generales de correlación entre los parámetros climáticos estudiados y los parámetros de calidad y fecha de vendimia para todas las variedades de uva estudiadas.

Tabla 5. Representación de la  $R^2$  y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia.

<b>PARÁMETROS CLIMÁTICOS</b>	<b>PARÁMETROS DE CALIDAD Y FENOLOGÍA</b>	
	<i>Grado alcohólico</i>	<i>Fecha de vendimia</i>
<i>Grados día acumulados (abril – octubre)</i>	0,01%	4,5% ***
<i>Grados día acumulados (junio – setiembre)</i>	0,06% **	4,1% ***
<i>Pluviometría (abril – octubre)</i>	1,8% *	3,0%
<i>Pluviometría (junio – setiembre)</i>	3,5% **	2,2% *

Como se puede observar en la tabla 5, los valores de los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) calculados se sitúan entre 0,011 y 0,06, estos valores al ser próximos a 0 nos indican que no es un buen modelo de regresión.

Sin embargo, podemos observar que el *P-Valor* presenta valores entre 0,01 y 0,05, incluidos en nuestro nivel de significación establecido, indicados con un asterisco en algunos de los cruces entre los parámetros de calidad y fenología en función de los parámetros climáticos.

Los grados día acumulados entre abril y octubre afectan significativamente sobre la fecha de vendimia, el *P-Valor* resultante es de 0,001. Los grados día acumulados entre junio y setiembre afectan significativamente sobre el grado alcohólico y la fecha de vendimia. En cuanto a la pluviometría, observamos que la pluviometría media entre abril y octubre afecta significativamente al grado alcohólico y la pluviometría entre junio y setiembre afecta significativamente sobre la fecha de vendimia y en mayor medida sobre el grado alcohólico.

#### 4.7.1 *Análisis de correlación en función de la variedad*

La tabla 6 presenta los niveles generales de correlación entre los parámetros climáticos estudiados y los parámetros de calidad y fecha de vendimia individualmente para las diferentes variedades de estudio.

Tabla 6. Representación de la  $R^2$  y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia dependiendo de la variedad.

Variedad	Parámetros	Grados día acumulados Abril- Octubre	Grados día acumulados Junio- Setiembre	Pluviometría Abril – Octubre	Pluviometría Junio – Setiembre
	Cabernet	Grado Alcohólico	0,014	0,054	0
Fecha vendimia		0,25****	0,0	0,016	0,018
Merlot	Grado Alcohólico	0,025	0,081	0,008	0,001
	Fecha vendimia	0,025	0,081	0,024	0,005
	Grado Alcohólico	0,024	0,081	0,02	0,067

<b>Syrah</b>	<b>Fecha vendimia</b>	0,057	0,154**	0,012	0,017
<b>Tempranillo</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0,064	0,095	0,086	0,153*
	<b>Fecha vendimia</b>	0,002	0,013	0,007	0,038
<b>Manto Negro</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0	0,079	0,164	0,082
	<b>Fecha vendimia</b>	0,053	0,008	0,023	0,016

Como podemos observar en la tabla 6 los valores de  $R^2$  oscilan entre 0 y 0,25, con estos valores podemos afirmar que el ajuste del modelo de regresión no es bueno ya que los valores son muy próximos a 0.

El valor más alto de  $R^2$  corresponde a la variedad Cabernet y es de 0,25, además lo acompaña un valor de significación del 0,001. Aunque el valor de  $R^2$  sea bajo, el nivel de significación es alto y por tanto podemos destacar la variedad Cabernet como una de las variedades más influenciadas por los grados día acumulados entre abril y octubre sobre la fecha de vendimia.

Otra variedad a considerar es la variedad Syrah, el valor de  $R^2$  es de 0,154 y el nivel de significancia es de 0,005. Aunque el valor de  $R^2$  sea bajo, podemos observar un nivel de significancia elevando, por tanto, la fecha de vendimia en la variedad Syrah esta significativamente influenciada por los grados día acumulados entre junio y setiembre.

#### 4.7.2 *Análisis de correlación en función del municipio.*

La tabla 7 presenta los niveles generales de correlación entre los parámetros climáticos y los parámetros de calidad y fenología individualmente para cada municipio de estudio.

Tabla 7. Representación de la  $R^2$  y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia dependiendo del municipio.

<b>Municipio</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Grados día acumulados abril- octubre</b>	<b>Grados día acumulados junio- setiembre</b>	<b>Pluviometría abril – octubre</b>	<b>Pluviometría junio – setiembre</b>
<b>Manacor</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0	0,079	0,164	0,082
	<b>Fecha vendimia</b>	0,053	0,008	0,007	0,11
<b>Petra</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0	0,079	0,164	0,08,2
	<b>Fecha vendimia</b>	0,053	0,008	0,024	0,024
<b>Felanitx</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0	0,079	0,164	0,082
	<b>Fecha vendimia</b>	0,053	0,008	0,019	0,006
<b>Algaida</b>	<b>Grado Alcohólico</b>	0	0,079	0,164	0,082
	<b>Fecha vendimia</b>	0,053	0,008	0,006	0,051*

Como podemos observar en la tabla 7 los valores de  $R^2$  oscilan entre 0 y 0,082, con estos valores podemos afirmar que el ajuste del modelo de regresión no es bueno ya que los valores son muy próximos a 0.

Además, se ha llevado a cabo el cálculo del *P-Valor* para cada uno de los municipios y todos los resultados han sido muy próximos a 1. Por tanto, según nuestro nivel de significación establecido, no podemos aceptar la hipótesis nula. Con estos resultados no podemos demostrar que exista una evolución distinta de los parámetros de calidad y fenología en los diferentes municipios estudiados de la zona del “Pla i Llevant”.

## 5 DISCUSIÓN

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la temperatura media global aumentará entre 1,1°C y 6,4°C hacia el 2100. También según este mismo grupo, el calentamiento global es debido al aumento de las concentraciones de gas de efecto invernadero en la atmósfera y es de origen antropológico.

Como resultado del estudio, las tendencias observadas en los valores de temperatura permiten observar un incremento de la temperatura media entre los meses de abril y octubre de aproximadamente un grado centígrado en todos los municipios estudiados. En lo que a la evolución de los grados-día se refiere, la tendencia observada es similar, con un aumento medio de 200 grados-día acumulados a lo largo de los últimos 15 años. El estudio de la pluviometría permite observar una evolución cíclica muy marcada, caracterizada por una amplitud de 300 l/m<sup>2</sup>, pero no permite distinguir tendencia al alza o a la baja. Desde un punto de vista estadístico, las variables estudiadas (temperatura media, grados-día y precipitación) se caracterizan por elevados niveles de dispersión y p-valores superiores a 0,05 en todos los casos. Estos resultados no permiten afirmar que exista una evolución positiva estadísticamente significativa de las temperaturas medias ni de los grados-día acumulados.

<b>Factor</b>	<b>- Consecuencias del CC</b>
<b>Temperatura</b>	- Aumento de la temperatura de 1°C en el intervalo comprendido entre 2000 y 2017 en todos los municipios estudiados.
<b>Grados día acumulados</b>	- Aumento de 200 grados-día acumulados a lo largo de los 15 años de estudio.
<b>Pluviometría</b>	- Evolución cíclica muy marcada.
<b>Grado alcohólico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de aproximadamente 0,5° de alcohol probable en todos los municipios.</li> <li>- No se distingue evolución del grado alcohólico diferentes de una variedad a otra.</li> <li>- Una mayor temperatura no garantiza un mayor grado alcohólico.</li> <li>- La variedad Manto Negro es la que presenta una mayor capacidad de adaptación.</li> </ul>
<b>Fecha de vendimia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variedades de ciclo corto: fecha de recolección más tardía.</li> <li>- Variedades ciclo medio y largo: fecha de recolección más temprana.</li> </ul>
<b>Análisis correlación general</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe una relación significativa entre los grados día acumulados de abril a octubre y la fecha de vendimia</li> <li>- Existe una relación significativa entre los grados día acumulados de junio a setiembre y la fecha de vendimia.</li> <li>- Existe una relación significativa entre la pluviometría de abril a octubre y el grado alcohólico probable.</li> <li>- Existe una relación significativa entre la pluviometría de junio a setiembre y el grado alcohólico probable.</li> </ul>

<b>Análisis correlación por variedad y municipio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La variedad Cabernet es la variedad que se ve más afectada por los grados día acumulados de abril a octubre sobre la fecha de vendimia.</li> <li>- La variedad Syrah es la más sensible en cuanto a los grados día acumulados de junio a setiembre sobre la fecha de vendimia.</li> <li>- No existe diferencia en la evolución de los parámetros de calidad y fenología en función del municipio.</li> </ul>
--	---

Tabla 8. Principales factores climáticos y agronómicos estudiados y consecuencias del CC observadas.

Según otro estudio publicado por la Universidad de la Rioja, el aumento de la temperatura provoca un adelanto de la fenología, un avance de la maduración y, en consecuencia, un grado alcohólico probable mayor. Afirman que el grado alcohólico probable ha aumentado más de 1° desde 1994 hasta 2012 en la Rioja. En nuestro caso, las fechas de vendimia en las variedades de ciclo largo y corto han avanzado 10 días aproximadamente en los últimos 17 años y se observa una evolución del grado alcohólico medio de aproximadamente 0,5 grados en los años 2000 y 2017.

Para las variedades de ciclo corto existe una tendencia al aumento de los días para la recolección y en las variedades de ciclo medio y largo un avance de la fecha de vendimia. El aumento de los días para la recolección de la variedad de ciclo corto podría producirse por un cambio en el criterio de los viticultores, pasando de vendimiarse en función de la concentración de azúcares, a vendimiarse considerando la maduración fenológica del racimo. A diferencia de las variedades de ciclo corto, las variedades de ciclo largo y medio presentan una acumulación de azúcar más lenta y, por tanto, la concentración de azúcares óptima para la recolección se obtiene antes y, en consecuencia, la fecha de vendimia se ha visto adelantada.

En ambos casos, estos resultados se caracterizan por elevados niveles de dispersión combinados con un p-valor superior a 0.05. Por tanto, no permite afirmar que estas tendencias sean significativamente estadísticas. Finalmente, con los resultados que se



han obtenido en la elaboración de este trabajo, podemos observar que existe una tendencia al aumento de la temperatura, del grado alcohólico probable y un adelanto en la fecha de vendimia en las variedades de ciclo largo y medio, pero no se puede garantizar que este cambio siga prolongándose en los próximos años.

## 6 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

1. En los últimos 20 años la temperatura media entre abril y octubre ha aumentado 1°C en los municipios de estudio. En el periodo de abril a octubre se ha producido un aumento de 200 grados-día acumulados a lo largo de los últimos 17 años.
2. La pluviometría sigue una evolución cíclica muy marcada, caracterizados por largos periodos de sequía.
3. El grado alcohólico probable medio ha aumentado en torno a 0,5° en los últimos 17 años.
4. La fecha de vendimia en las variedades de ciclo medio y largo se ha adelantado 10 días aproximadamente en los últimos 17 años.
5. Existe una relación significativa entre los grados día acumulados de abril a octubre y de junio a setiembre y la fecha de vendimia. A mayor grados-día acumulados la fecha de vendimia se adelanta y el valor del grado alcohólico probable de la vid disminuye.
6. Existe una relación significativa entre la pluviometría de abril a octubre y de junio a setiembre y el grado alcohólico. El aumento de la pluviometría provoca un menor valor de grado alcohólico probable y un avance en la fecha de vendimia.
7. La variedad Cabernet se ve sensiblemente condicionada por los grados día acumulados sobre la fecha de vendimia, y la variedad Syrah por lo grados-día acumulados entre junio y setiembre sobre la fecha de vendimia.
8. La variedad local Manto Negro es la que presenta una mayor capacidad de adaptación en las nuevas condiciones climáticas.

## **7 AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quería agradecer a mi tutor José M. Escalona por haber confiado en mí en este proyecto, ya que me parece un tema muy interesante y de gran importancia en nuestra sociedad actualmente. Desde el momento en que inicié el proyecto se ha involucrado totalmente y me ha facilitado su ayuda en todo momento. También agradecer a Enrique Moran Tejada del Departamento de Geografía que me ha facilitado los datos climáticos de la zona y además desde el inicio se mostró muy interesado en el trabajo. También agradecer a todas las bodegas y viticultores que amablemente me han atendido y me han proporcionado los datos necesarios para llevar a cabo mi proyecto, sobretodo agradecer a Miquel Montserrat, Miquel Coletó, Javier Jara y Ca'n Majoral. Y finalmente, agradecer a mi familia ya que sin ellos todo el camino recorrido para llegar hasta aquí no habría sido posible.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#	Referencia
[1]	Wikipedia. (2017). Acuerdo de París, de Wikipedia Sitio web: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Acuerdo_de_Par%C3%ADs">https://es.wikipedia.org/wiki/Acuerdo_de_Par%C3%ADs</a>
[2]	José Hidalgo Togores. (2011). Tratado de enología. Madrid: Mundi prensa.
[3]	Organización metereologica mundial. (2017). El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord., de Organización metereológica mundial Sitio web: <a href="https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un">https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un</a>
[4]	IPCC. (2017). El Sexto Informe de Evaluación, de IPCC Sitio web: <a href="http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml">http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml</a>
[5]	Greenpeace. (2009). Cambio Climático. 2018, de greenpeace Sitio web: <a href="https://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/informes/informe_todo3.pdf">https://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/informes/informe_todo3.pdf</a>
[6]	José Hidalgo Togores. (2011). Tratado de enología. Madrid: Mundi prensa.
[7]	José Hidalgo Togores. (2011). Tratado de enología. Madrid: Mundi prensa.
[8]	Greenpeace. (2009). Cambio Climático, de greenpeace Sitio web: <a href="https://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/informes/informe_todo3.pdf">https://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/informes/informe_todo3.pdf</a>
[9]	José Hidalgo Togores. (2011). Tratado de enología. Madrid: Mundi prensa.
[10]	Johann Martínez-Lüscher. (2015). El cambio climático acelera la maduración de las uvas en la producción de vino, de Innovagri Sitio web: <a href="https://www.innovagri.es/actualidad/el-cambio-climatico-acelera-la-maduracion-de-las-uvas-en-la-produccion-de-vino.html">https://www.innovagri.es/actualidad/el-cambio-climatico-acelera-la-maduracion-de-las-uvas-en-la-produccion-de-vino.html</a> <a href="https://www.innovagri.es/actualidad/el-cambio-climatico-acelera-la-maduracion-de-las-uvas-en-la-produccion-de-vino.html">https://www.innovagri.es/actualidad/el-cambio-climatico-acelera-la-maduracion-de-las-uvas-en-la-produccion-de-vino.html</a>
[11]	Pablo Estévez. (2017). La influencia del cambio climático en la viticultura Pablo Estévez 19 abril, Tribuna. 2017, de Cepas y vinos Sitio web: <a href="http://www.cepasyvinos.com/2017/04/la-influencia-del-cambio-climatico-en-la-viticultura/">http://www.cepasyvinos.com/2017/04/la-influencia-del-cambio-climatico-en-la-viticultura/</a>
[12]	Dr. Juan García Cazorla y la Dra. María Xirau Vayreda. (2015). Grado alcohólico del vino, de Panreac Sitio web: <a href="http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/enologia.pdf">http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/enologia.pdf</a>
[13]	José Hidalgo Togores. (2011). Tratado de enología. Madrid: Mundi prensa.

- 
- [14] DO Pla i Llevant. (2017). Sitio web: <http://www.doplaillevant.com/>
- [15] geobalears. (2014). El Clima de las Islas Baleares, de geobalears Sitio web: <https://geobalears.wordpress.com/2014/11/05/clima-de-las-islas-baleares/>
- [16] Pilar Baeza Trujillo. (2017). Evaluación del medio vitícola. Caracterización del clima. Guía de campo de viticultura, 1, 107.
- [17] The earth institute. Columbia University. (2016). Global Warming Pushes Wines Into Uncharted Terroir, de The earth institute. Columbia University Sitio web: <http://www.earth.columbia.edu/articles/view/32764>
- Instituto de las ciencias de la vid y el vino. (2008). El sector enológico español se une para estudiar la adaptación del viñedo al cambio climático, de Proyecto Cenit deméter Sitio web: [http://www.icvv.es/pdf/noticia\\_2008\\_11\\_07\\_cenit\\_demeter.pdf](http://www.icvv.es/pdf/noticia_2008_11_07_cenit_demeter.pdf)

## 9 LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

#	Tablas
	Tabla 1. Temperaturas óptimas durante las fases de desarrollo.
	Tabla 2. Especies cultivadas en la DO Pla i Llevant.
	Tabla 3. Hectáreas de viñedo en la DO Pla i Llevant
	Tabla 4. Clasificación climática en función de la acumulación térmica eficaz desde el 1 de abril al 31 de octubre (Winkler 1974)
	Tabla 5. Representación de la $R^2$ y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia.
	Tabla 6. Representación de la $R^2$ y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia dependiendo de la variedad.
	Tabla 7. Representación de la $R^2$ y el nivel de significancia de los parámetros climáticos sobre el grado alcohólico probable y fecha de vendimia dependiendo del municipio.
	Tabla 8. Principales factores climáticos y agronómicos estudiados y consecuencias del CC observadas.

#	Figuras
	Figura 2. Evolución de la concentración de CO <sub>2</sub> en la atmosfera terrestre.
	Figura 2. Evolución de la temperatura media terrestres (1880 – Actualidad).
	Figura 3. Principales regiones productoras de vino.
	Figura 4. DO Pla i Llevant.
	Figura 5. Localización de las bodegas para el estudio.
	Figura 6. Evolución histórica de las temperaturas para los municipios de Porreres (1993-2017), Manacor (1980-2014) y Campos (1991-2017)
	Figura 7. Evolución histórica de los grados-día acumulados para los municipios de Porreres y Manacor (2000-2014)
	Figura 8. Evolución histórica de las precipitaciones entre abril y Octubre para los municipios de Algaida (2000-2017), Felanitx (2000-2017), Sineu (2000-2014) y Manacor (2000-2017).
	Figura 9. Evolución histórica del grado alcohólico medio para todas las variedades. (2000-2017)
	Figura 10. Evolución del grado alcohólico medio en función del tipo de ciclo. (2000-2017)
	Figura 11. Evolución del grado alcohólico medio en función de los grados medios acumulados entre abril y octubre.
	Figura 12. Evolución de la fecha de vendimia media en función del tipo de ciclo. (2000-2017)
	Figura 13. Evolución de la producción media para las variedades estudiadas.
	Figura 14. Evolución del grado alcohólico en función de los grados día acumulados.
	Figura 15. Evolución de la fecha de vendimia en función de los grados día acumulados.
	Figura 16. Evolución del grado alcohólico en función de la pluviometría.
	Figura 17. Evolución de la fecha de vendimia en función de la pluviometría.