

Efecto de la variabilidad climática sobre la producción del olivo en España

A. CARIDE*, M.N. LORENZO

**aitanacaride@gmail.com*

*EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Facultade de Ciencias,
Universidade de Vigo,
Campus As Lagoas s/n, Ourense, Spain*

RESUMEN

En este estudio, se analiza la respuesta de la producción del olivo de mesa y de almazara en España a las variaciones climáticas observadas en el periodo comprendido entre 1980 y 2007. En el estudio se consideran los efectos de la temperatura y la precipitación media mensual, los índices de los principales patrones de teleconexión que influyen en la circulación atmosférica del Atlántico (NAO, EA, EA/WR, SCA) y la influencia del fenómeno ENSO que tiene lugar en el Pacífico Tropical. Este análisis nos permite conocer qué condiciones atmosféricas son más favorables para la producción de oliva de mesa y almazara en la península Ibérica.

Palabras Clave: península Ibérica, olivo de mesa, olivo de almazara, temperatura, precipitación, variabilidad climática, patrones de teleconexión.

1. Introducción

El rendimiento agrícola en España experimenta cambios notables de un año para otro lo que afecta a la renta de los agricultores y repercute sobre las medidas que hay que adoptar para paliar los efectos negativos del clima, como el sistema de seguros agrarios. Esto, unido a la preocupación cada vez más generalizada por el posible cambio en las variables climatológicas, hace que sea importante determinar en qué medida dichas variables son un elemento de riesgo que puede afectar a la producción agrícola y si su variabilidad puede explicar parte de la varianza en la explotación de los cultivos (Quiroga e Iglesias, 2004). Como resultado de todo ello, los agricultores se enfrentan cada año a una

alta incertidumbre en lo que se refiere al nivel de producto y también a su valor en el mercado. Al mismo tiempo, el sistema de seguros agrarios se enfrenta a la incertidumbre de cuanto deberán pagar por compensaciones y si las tarifas fijadas son adecuadas.

El estudio de la respuesta de las producciones agrícolas a los diferentes factores climáticos que afectan a una región tiene gran interés para el uso adecuado de los recursos y por los beneficios económicos que se pueden conseguir (Changnon y Kunkel 1999; Changnon y Winstanley 2000). Los modelos del sistema suelo-planta-atmósfera consideran factores de irrigación, fertilizantes y ambientales que permiten reconocer las condiciones óptimas para los ciclos vegetativo y reproductivo de las plantas. Estos

modelos también se aplican para determinar el impacto potencial del cambio climático en la agricultura (Guerena et al. 2001; Reilly et al. 2003). No obstante, por lo general, los modelos agrícolas no se ajustan adecuadamente a las producciones reales (Landau et al. 1998), lo que sugiere la necesidad de analizar los datos históricos de producciones agrícolas junto con los datos climáticos.

Las relaciones empíricas y estadísticas que se deriven de estos estudios permitirán: por una parte, atenuar los riesgos agrícolas debidos a las variaciones climáticas; y por otro lado, facilitar la labor de calibración de los modelos de cosechas a las peculiaridades climáticas regionales.

Entre los trabajos que estudian diferentes aspectos de las relaciones existentes entre las variaciones climáticas y las producciones agrícolas encontramos el de Jones y Davis (2000) que relacionaron la circulación regional y situaciones sinópticas con las producciones vitícolas de la región de Burdeos (Francia); Esteves y Manso Orgaz (2001) relacionaron la calidad del vino de la región de Viseu (Portugal) con la temperatura y precipitación. Lorenzo et al. (2013) analizaron la producción del vino de la región de Rías Baixas (España) con variables climáticas de gran escala y de escala local. Scian (2004) obtuvo las relaciones entre las producciones de trigo en la pampa Argentina con variables meteorológicas como la temperatura y la precipitación y derivadas como el agua disponible en el suelo, la evaporación, índices de sequía de Palmer y con anomalías de humedad; Zubair (2002) analizó la influencia del fenómeno de El NIÑO en la producción de arroz de Sri Lanka. Un trabajo similar fue llevado a cabo por Fraisse et al., en 2008 con la producción de soja en el este de Paraguay. Menzel (2003) estudió las variaciones de la fenología

de diversas plantas en Alemania con la temperatura y con la NAO (Oscilación del Atlántico Norte).

En este trabajo, se analiza la respuesta de la producción de olivo en España a las variaciones climáticas observadas. El estudio empírico/estadístico combina los efectos de la temperatura, precipitación y circulación atmosférica para representar la variabilidad climática, que se relaciona con la productividad del olivo. Este análisis permite caracterizar las condiciones atmosféricas favorables para el desarrollo de la producción de olivo en España. De este modo, se pretende identificar los regímenes de tiempo y patrones de teleconexión que influyen en la productividad del olivo, lo que nos ofrece una aplicación potencial de gran interés (Ogallo et al. 2000), ya que los modelos climáticos predicen con bastante aproximación los modos de variación de la circulación atmosférica. Las relaciones entre el clima y la agricultura son muy complejas. En este trabajo se plantea obtener las relaciones entre las producciones agrícolas del olivo y las variaciones climáticas mediante métodos estadísticos. El procedimiento que se seguirá es el desarrollado en la publicación (Rodríguez-Puebla et al., 2007) aplicado al olivar de mesa y almazara de la península Ibérica. En dicho trabajo se analizan las relaciones observadas entre variables climáticas de gran escala y de escala local con la producción del olivo.

2. Datos utilizados

Las series temporales de datos de producción y rendimiento, tanto de la oliva de mesa como de almazara, fueron proporcionados por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.magrama.gob.es>). El registro abarca el periodo 1935-2010

para la oliva mesa, y 1965-2008 para la almazara. Los datos de producción se expresan en miles de toneladas y el rendimiento en qm/ha. Además también se tomaron los datos provinciales de superficie en producción y productividad del año 2011, del anuario presentados por MAGRAMA en el año 2011. El periodo de estudio en este trabajo se centra en el periodo de 1980-2007, tanto para la oliva de mesa como la oliva de almazara. La elección de este periodo es debida a que los datos de producción tanto de la oliva de mesa como de la de almazara no presentan una cadencia anual hasta 1980 y los datos de la base Spain02 que nos da información diaria y mensual sobre las variables de temperatura y precipitación no completa el año 2008.

La base de datos escogida para la obtener los valores de temperatura y precipitación es Spain02 (Herrera et al., 2012). Esta base de datos comprende registros diarios y mensuales de precipitación acumulada y temperaturas máximas y mínimas de 2.756 estaciones meteorológicas españolas, cubriendo todo el área de la península Ibérica y las islas Baleares para el período que va de 1950 a 2008. La rejilla o malla tiene una resolución de 0.2° que en nuestras latitudes equivale aproximadamente a 20 km (<http://www.meteo.unican.es>).

Los datos de los cuatro patrones de teleconexión considerados (NAO, EA, EA/WR y SCA) se pueden descargar desde <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> que es el Centro de Predicción Climática de la NOAA.

Actualmente, para identificar y definir el fenómeno del ENSO se han diseñado numerosos índices basados tanto en anomalías oceánicas como atmosféricas. Las anomalías atmosféricas se miden con el índice de la oscilación del Sur (<http://climexp.knmi.nl/data/isoi.dat>).

La Oscilación del Sur se refiere a una oscilación en la presión atmosférica entre el sudeste y el sudoeste del

Pacífico. Se calcula a partir de la diferencia entre la presión a nivel del mar (SLP) en Tahití y Darwin. Los índices basados en la anomalías oceánicas pueden utilizar para su cálculo las anomalías de temperatura de 4 zonas localizadas en el Pacífico oriental y central a lo largo de la línea ecuatorial, entre la costa oeste de América del Sur y el meridiano de 180° . La localización de las 4 zonas corresponde a las siguientes coordenadas: NIÑO1+2 [0° 10° S] [90° 80° O], NIÑO3 [5° N 5° S] [150° 90° O], NIÑO4 [5° N 5° S] [160° E 150° O], NIÑO3.4 [5° N 5° S] [170° 120° O]. Los datos de TSM y ATSM de dichas zonas se tomaron de la página web del Centro de Predicción Climática (CPC) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>.

3. Métodos

En un primer análisis se ha filtrado la componente de tendencia de los datos de producción de la oliva de mesa y de la almazara para el periodo 1980-2007. Los datos se estandarizaron restando el valor medio y dividiéndolo por la desviación estándar, para evitar la tendencia creciente de la productividad debida a la mejora de las prácticas agrícolas. Esto se ha realizado con el comando *detrend* de matlab $Y=detrend(X)$, que elimina el valor medio o la tendencia lineal del vector o matriz X. También se ha aplicado este mismo filtrado a las series de los diferentes índices de los modos atmosféricos y oceánicos para extraer la tendencia debida al cambio climático.

Para analizar la evolución de la producción anual de oliva, en el periodo 1980-2007, se ha utilizado el test de Mann-Kendall (Mann 1945; Kendall 1975; Salmi et al. 2002) que es un test no paramétrico muy utilizado en el campo de las ciencias medioambientales.

Una de las ventajas de este test es que los datos no necesitan ajustarse a una distribución en particular.

Para analizar la relación entre las variables meteorológicas de temperatura y precipitación y los diferentes patrones de teleconexión con la producción de oliva, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y la prueba test de Student para determinar la significación estadística de dichas correlaciones.

Por último, Con el fin de reconocer las características de las condiciones favorables para una mayor productividad del olivo, se han dibujado los mapas promedio de precipitación y temperatura correspondientes a años para los que las anomalías de productividad tienen valores positivos y negativos. La diferencia entre estos mapas conocidos como composites nos permitirá interpretar las relaciones e identificar las propiedades de los flujos atmosféricos que favorecen la productividad.

4. Resultados

4.1. Caracterización de la producción del olivo

España es el primer productor y exportador mundial de aceite de oliva y de aceitunas de mesa, con la mayor superficie de olivar y el mayor número de olivos. El olivar español está presente en 21 provincias para la oliva de mesa y en 42 provincias para la de almazara.

En la Figura 1 se muestra el rendimiento que se obtuvo en el año 2011 para los dos tipos de oliva en las diferentes provincias. La productividad o rendimiento se determina mediante la relación entre cantidades de oliva producida y la superficie cultivada. Como se aprecia en la Figura, la producción de ambos tipos de oliva es mayor en el sur de la Península. El

rendimiento obtenido para la oliva de almazara en las provincias del norte resulta muy alto a pesar de su escasa superficie de cultivo.

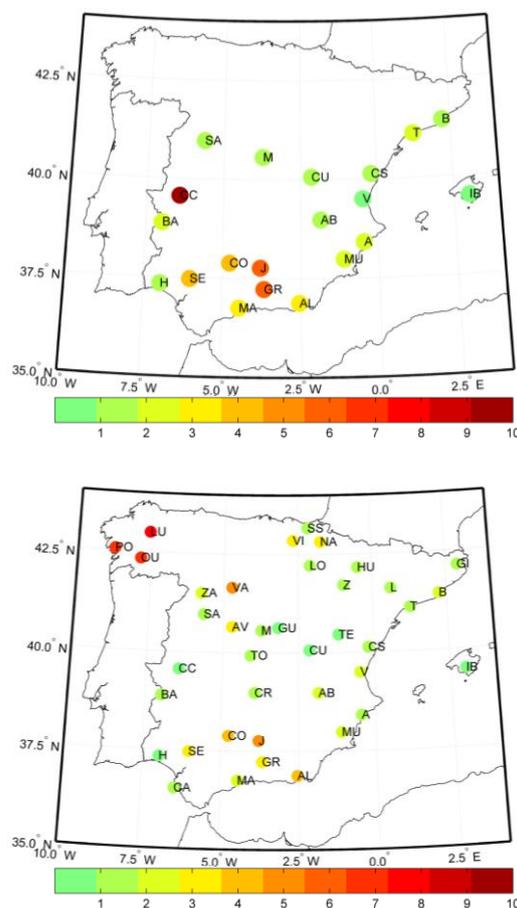


Fig. 1. Distribución espacial de las provincias con productividad (toneladas/hectárea) de olivar de mesa (Figura superior) y almazara (Figura inferior) en la península Ibérica.

La Figura 2 muestra la serie histórica de productividad de la oliva de mesa y almazara para el periodo de estudio que va de 1980 a 2007. Analizando las imágenes se puede ver que la producción de la oliva de mesa es menor que la de almazara. Observamos un aumento de la productividad en los últimos años, que muy probablemente sea debido a la mejora de las prácticas agrícolas. Por este motivo, filtramos la componente de tendencia de la serie original y estandarizamos los datos restando el valor medio y dividiendo por la desviación estándar antes de llevar a cabo los estudios de correlación.

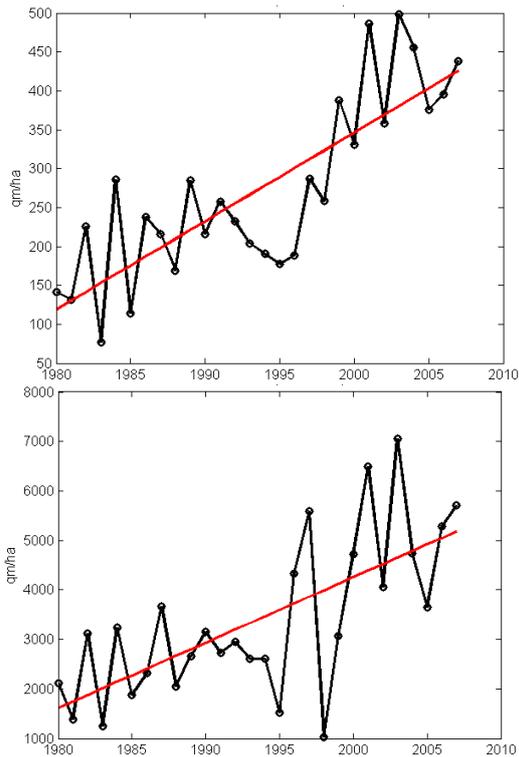


Fig. 2. Serie temporal de la productividad del olivar de mesa (Figura superior) y almazara (Figura inferior) para el periodo 1980-2007.

La tendencia de la producción de ambos tipos de oliva se calculó para el período 1980-2007 con el test no paramétrico de Mann-Kendall. En ambos casos la tendencia es creciente y significativa al 0.001 con un valor del test Z superior a 4 en ambos tipos de oliva.

4.2. Relación entre la producción anual del olivo y la variabilidad climática

Atendiendo a la climatología de la Península se ha analizado la influencia que sobre la producción de ambos tipos de oliva tienen las variables de precipitación y temperatura. De este modo se conocerán las condiciones que propician una mejor producción. Para ello se calcularon las correlaciones de

los datos de precipitación y temperatura media con la producción de la oliva de mesa y almazara.

En la Figura 3 se muestra la distribución espacial de las correlaciones con significatividad superior al 95% entre la producción de la oliva de mesa y la precipitación mensual. Como se aprecia en la Figura los valores más altos de correlación se obtienen para los meses de marzo, mayo, octubre y diciembre. La correlación es positiva en el mes de marzo y octubre. Esto quiere decir, que si hay más precipitación hay una mayor producción y si hay una disminución en esta tendremos una cosecha menor. La correlación es negativa en el mes de diciembre, lo que quiere decir que con menores precipitaciones en este mes tendremos una mayor producción y viceversa. En el mes de mayo se obtiene una correlación positiva en la zona del mediterráneo y negativa en el noreste de España y por toda la frontera con Portugal.

Los mapas compuestos de la Figura 4 se obtuvieron restando a la media de la precipitación de los años con una producción superior al valor medio la precipitación media de los años con una producción inferior al valor medio. Si analizamos dichos mapas se ve que las buenas cosechas de oliva de mesa están relacionadas con años en los que los meses de marzo y octubre resultan lluviosos, mientras que diciembre y mayo se prefiere una pluviosidad menor sobre todo en la mitad oeste de la Península tal y como nos sugería la Figura 3.

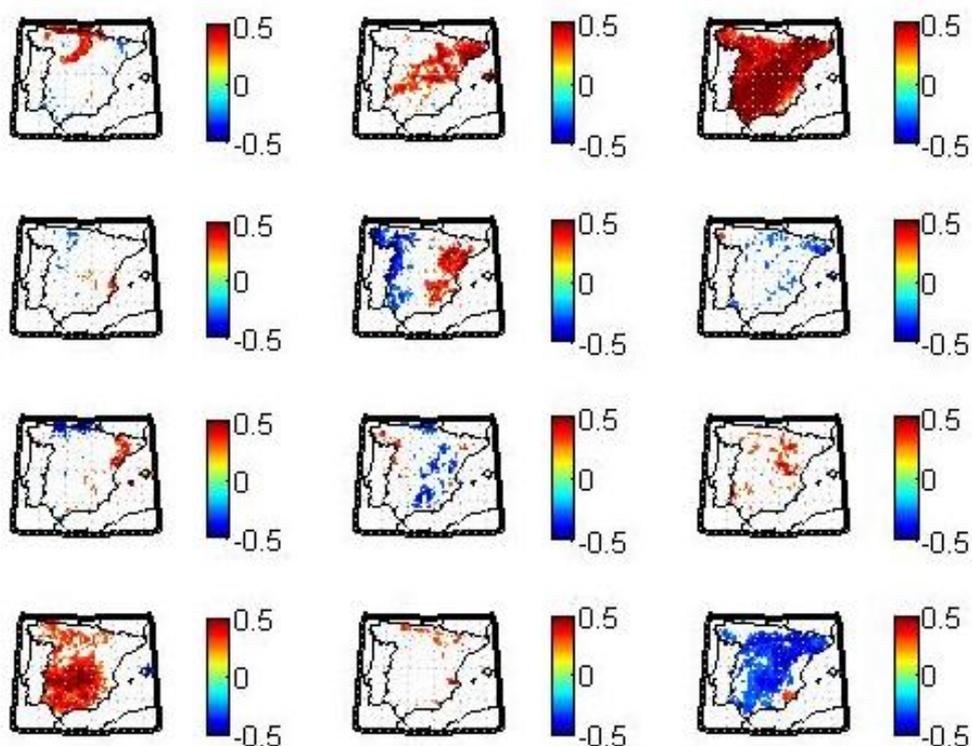


Fig. 3. Mapas de correlación entre la precipitación mensual y la producción de oliva de mesa.

Esto se debe a que en marzo tiene lugar el crecimiento vegetativo primaveral del olivo por lo que la presencia de las precipitaciones favorece su crecimiento y que haya un mayor número de inflorescencias que darán lugar a fruto. En cuanto al mes de octubre tiene lugar el crecimiento del fruto, siendo el agua favorable para su fructificación. La correlación es negativa en el mes de diciembre debido a que el fruto madura y su calidad depende de la cantidad de agua retenida en el fruto, y una excesiva precipitación puede dañar la cosecha. En el mes de mayo se obtiene una correlación positiva en la zona del mediterráneo y negativa en el noreste de España y por toda la frontera con Portugal. Esto puede ser debido a la diferencia climatológica de ambas zonas; en el mediterráneo las precipitaciones son escasas por lo que un pequeño exceso no repercute negativamente en la floración del olivo, si no que un aporte extra de agua propiciará una mejor floración y será aprovechado en el mes de julio; en el noreste de España sin embargo las precipitaciones suelen ser

abundantes, y un exceso podría causar pérdidas de inflorescencias.

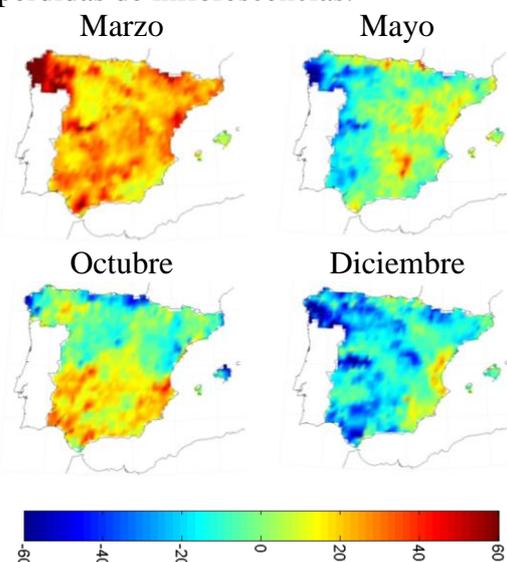


Fig. 4. Mapas compuestos de precipitación para los meses de marzo, mayo, octubre y diciembre.

Para el caso de la oliva de almazara (Figura 5) la distribución espacial de las correlaciones entre la producción de la oliva de almazara y la precipitación mensual muestra que las mayores correlaciones se registran en los meses de enero, marzo, mayo y noviembre. De los meses citados presentan una

correlación positiva que abarca la mayor parte de la Península enero, marzo y noviembre. Mientras que el mes de mayo presenta una correlación negativa en el noroeste de la Península

y una correlación positiva en toda la costa mediterránea similar a la observada en la Figura 3.

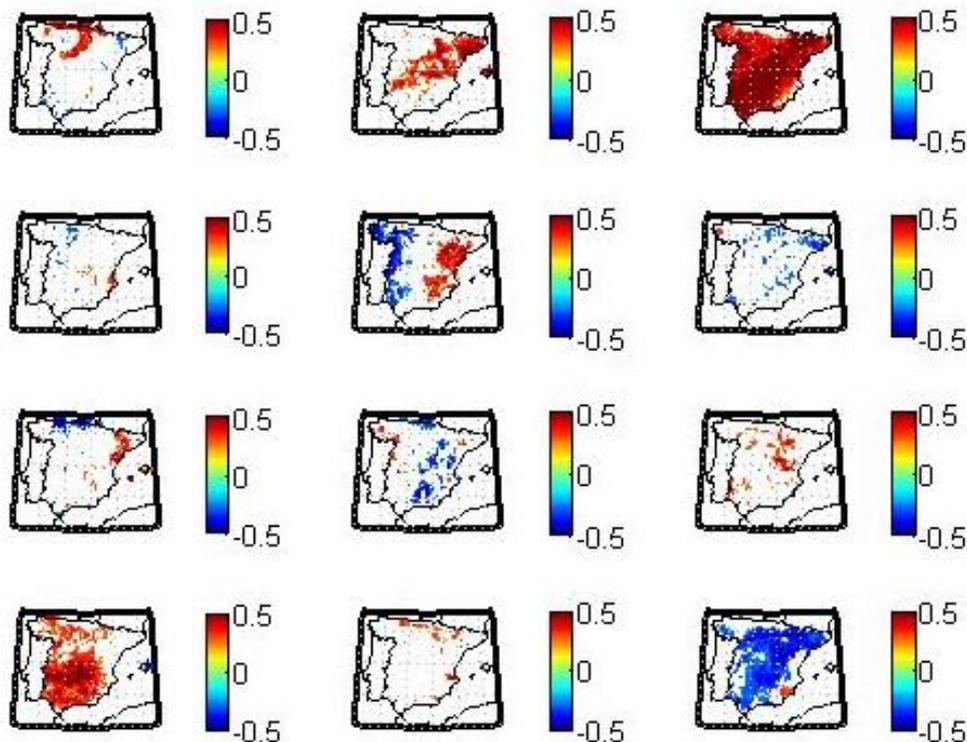


Fig. 5. Mapas de correlación entre la precipitación mensual y la producción de oliva de almazara.

Los mapas compuestos de la Figura 6 se obtuvieron igual que para el caso de la oliva de mesa. Analizándolos se ve que las buenas cosechas de oliva de mesa están relacionadas con años en los que los meses de marzo y octubre resultan lluviosos, mientras que diciembre y mayo presentan una menor pluviosidad sobre todo en la mitad oeste de la Península tal y como nos sugería la Figura 5.

Los meses de marzo y mayo presentan las mismas características que la oliva de mesa, mientras que a diferencia del caso anterior en el mes de enero la presencia de precipitaciones favorece el aumento de la producción. Un comienzo lluvioso proporciona reservas de agua a la planta para el resto del año. Por último, en el mes de noviembre las precipitaciones favorecen una buena producción probablemente porque

ayudan al engorde del fruto en la época final del envero.

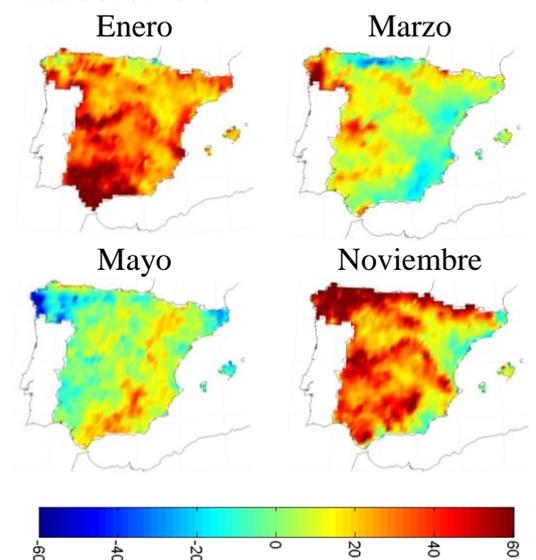


Fig. 6. Mapas compuestos de precipitación para los meses de enero, marzo, mayo y noviembre.

Además de la precipitación también es importante la relación de la producción con la temperatura. Por lo que también se ha analizado la relación entre la producción y la temperatura media peninsular. La Figura 7 muestra la distribución espacial de las correlaciones entre la producción de la oliva de mesa y la temperatura media mensual mostrando sólo aquellas

correlaciones con una significatividad superior al 95%. Como puede observarse los valores más significativos se obtienen para los meses de marzo, junio, septiembre y noviembre. La correlación es positiva en el mes de junio y septiembre, y negativa en el mes de marzo y noviembre.

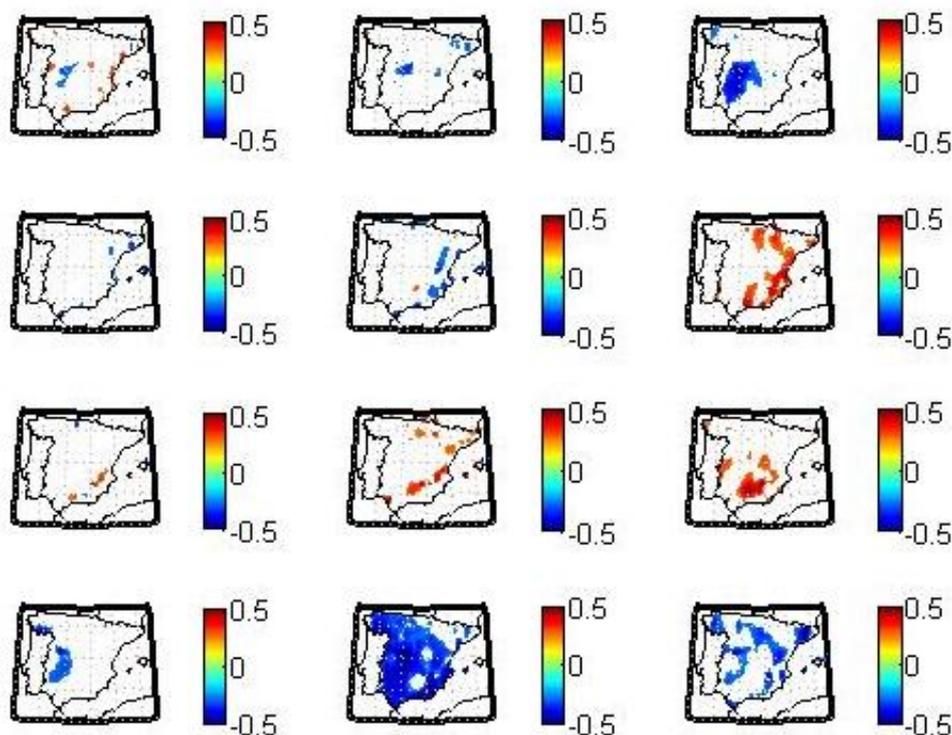


Fig. 7. Mapas de correlación entre la temperatura media mensual y la producción de oliva de mesa.

Los mapas compuestos de la Figura 8 se obtuvieron restando a la temperatura media de los años con una buena producción de oliva de mesa la temperatura media de los años con baja producción de este tipo de oliva, igual que en el caso de la precipitación mensual. Analizándolos se ve que en el mes de marzo las altas temperaturas no favorecen la producción en la zona central y el interior de Galicia, debido a que en este mes tiene lugar el crecimiento de las inflorescencias y las temperaturas altas pueden causar quemaduras en ellas. En junio, son las anomalías positivas de temperatura las que favorecen la productividad en la

zona sur, dado que se produce el crecimiento de la oliva. Para el mes de septiembre se observa que en el sur las anomalías positivas de temperaturas favorecen la producción. Esto puede ser debido a que durante este mes tiene lugar el crecimiento post-estival y en ese caso las temperaturas altas resultan beneficiosas para la maduración y crecimiento del fruto. Por último, en el mes de noviembre son los años con anomalías negativas de temperatura las que favorecen la producción, en dicho mes tiene lugar la maduración y unas temperaturas demasiado altas podrían deteriorar la calidad del fruto.

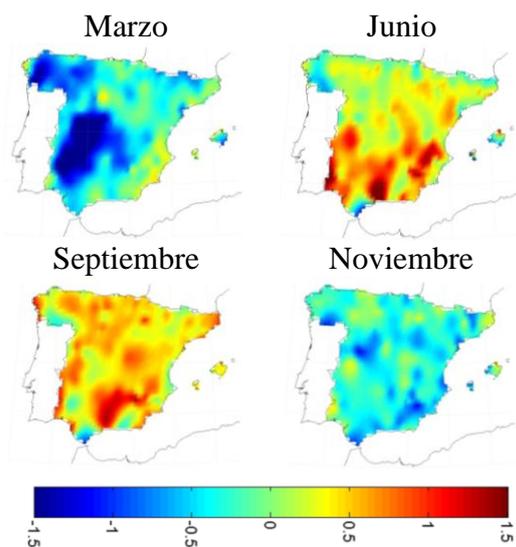


Fig. 8. Mapas compuestos de temperatura media para los meses de marzo, junio, septiembre y noviembre.

En cuanto a la oliva de almazara la Figura 9 muestra la distribución espacial de las correlaciones significativas al 95% entre la producción de la oliva y la temperatura media mensual. Se observa que los valores más significativos se obtienen para los meses de abril, julio, septiembre y noviembre. La correlación es positiva en el mes de abril y septiembre y negativa en los meses de julio y noviembre.

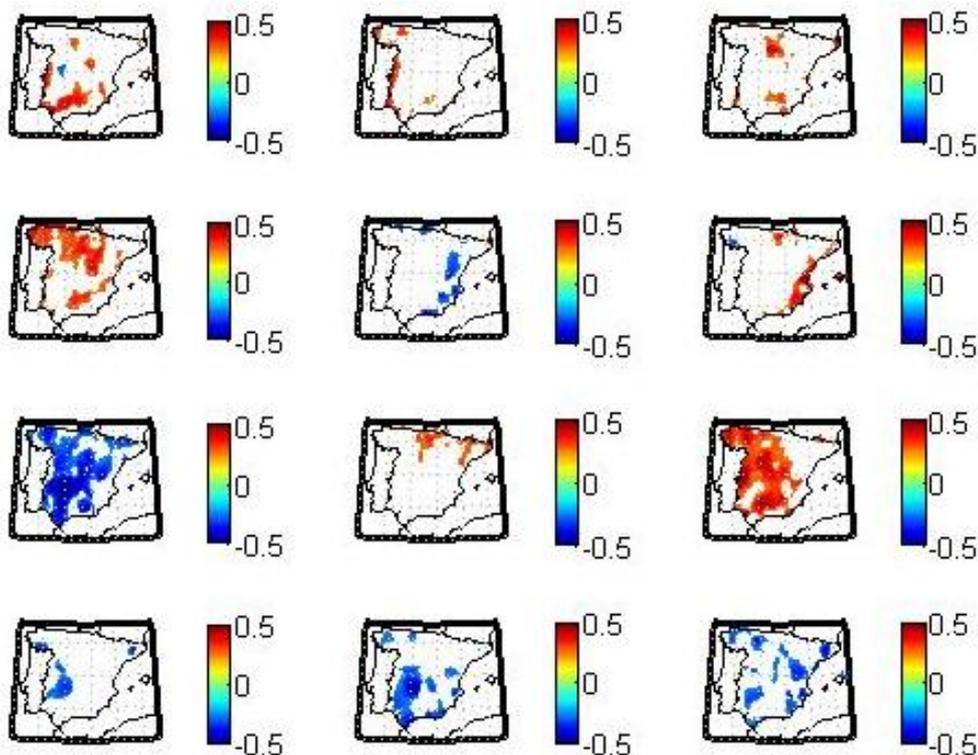


Fig. 9. Mapas de correlación entre la temperatura media mensual y la producción de oliva de almazara.

En los composites de la Figura 10 se observa que para el mes de abril la producción se ve favorecida por las altas temperaturas, dado que tiene lugar el crecimiento de las inflorescencias que en un futuro darán lugar al fruto, las altas temperaturas favorecen su crecimiento. En cuanto al mes de julio se observa que las temperaturas medias

de los años de mayor producción son menores que las de los años de producción menor, esto puede deberse a que en esta época tiene lugar el crecimiento del fruto y las temperaturas demasiado altas pueden provocar daños en él. En cuanto a los meses de septiembre y noviembre presentan las

mismas características que la oliva de mesa.

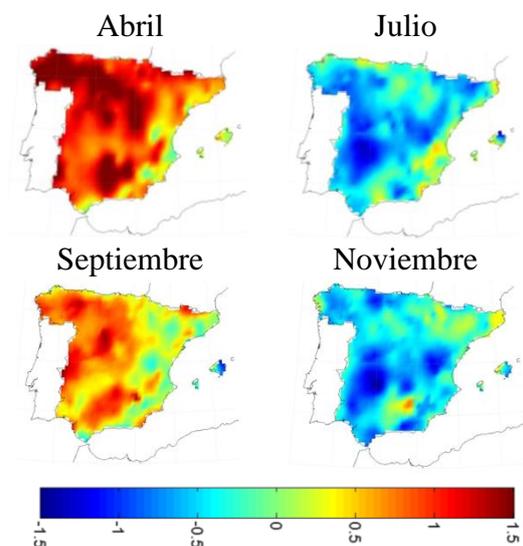


Fig. 10. Mapas compuestos de temperatura media para los meses de abril, julio, septiembre y noviembre.

4.3. Relación entre la producción anual del olivo y los principales modos de teleconexión.

Dada la importancia de la influencia de los principales patrones de variabilidad climática con las condiciones meteorológicas y consecuentemente con la producción agrícola también se ha estudiado la relación entre la producción de la oliva de mesa y de almazara con los principales modos de variabilidad climática de la zona del Atlántico Norte que afectan a la península Ibérica (NAO, EA, EA/WR y SCA) y con los modos SOI y NIÑO del Pacífico ecuatorial.

MESA								
MES	NAO	NAOL1	EA	EAL1	EAWR	EAWRL1	SCA	SCAL1
1	-0.09	0.03	0.16	-0.06	-0.20	0.14	-0.13	-0.12
2	0.09	-0.10	-0.04	-0.01	-0.10	-0.13	0.28*	-0.05
3	-0.12	-0.15	0.18	0.27*	0.23	0.05	0.17	-0.20
4	0.03	-0.15	-0.01	0.33**	0.08	-0.16	0.10	0.14
5	0.37**	0.13	0.06	0.12	0.07	0.04	-0.42**	0.43**
6	-0.16	0.12	0.25	0.33**	0.11	-0.16	-0.10	-0.23
7	0.03	0.08	0.03	0.33**	-0.15	-0.49**	0.07	0.18
8	-0.21	-0.10	-0.03	0.05	-0.12	-0.08	-0.18	-0.08
9	0.39**	-0.32*	-0.03	0.14	-0.33**	0.24	-0.14	0.04
10	-0.01	0.11	0.12	0.21	-0.14	-0.19	0.11	-0.17
11	0.40**	-0.34**	-0.07	0.09	0.00	-0.19	0.09	-0.10
12	0.15	-0.14	-0.22	0.11	0.12	-0.21	0.21	-0.24
Estaciones	NAO	NAOL1	EA	EAL1	EAWR	EAWRL1	SCA	SCAL1
djf	-0.08	-0.08	0.10	-0.09	-0.25	0.0	-0.05	-0.06
mam	0.14	-0.10	0.14	0.42**	0.24	-0.04	-0.08	0.21
jja	-0.20	0.04	0.14	0.38**	-0.08	-0.39**	-0.13	-0.08
son	0.43**	-0.32*	0.02	0.27*	-0.26	-0.07	0.04	-0.13
Anual	0.19	-0.20	0.11	0.50**	-0.10	-0.26	0.02	-0.12

TABLA 1. Correlaciones ente los cuatro modos principales de Atlántico Norte (NAO, EA, EA/WR y SCA) y la producción del olivar de mesa sin desfase y con desfase de un año. (* Correlaciones significativas al 90%. ** Correlaciones significativas al 95%).

El estudio se llevó a cabo tanto mensual como estacionalmente, además las correlaciones se han llevado a cabo correlativamente e incluyendo un desfase de un año entre las condiciones climáticas y la producción del cultivo ya que en muchas ocasiones la influencia de los patrones atmosféricos de gran escala tienen lugar con cierto desfase temporal, especialmente si

dichos patrones se encuentran en zonas alejadas.

En la Tabla 1 y 2 se muestran los resultados de las correlaciones entre los principales modos atmosféricos del Atlántico Norte y la producción del olivar de mesa y almazara, respectivamente.

ALMAZARA								
MES	NAO	NAOL1	EA	EAL1	EAWR	EAWRL1	SCA	SCAL1
1	-0.43**	0.13	0.17	-0.20	0.05	0.08	0.15	0.0
2	0.06	0.08	0.19	-0.14	0.12	-0.51**	0.26	-0.31*
3	-0.06	-0.10	0.23	-0.19	-0.09	0.18	0.02	-0.04
4	0.07	-0.28*	-0.17	-0.05	0.31*	-0.23	-0.04	0.07
5	0.12	0.11	0.07	0.25	0.12	0.05	-0.14	0.31*
6	-0.38**	0.34**	0.35**	0.09	0.24	-0.07	-0.12	0.10
7	0.15	0.0	-0.02	0.06	-0.19	-0.33**	0.18	0.08
8	-0.17	0.08	0.14	-0.36**	-0.15	0.09	-0.07	0.42**
9	0.11	-0.10	-0.09	-0.09	0.00	0.28*	-0.15	0.11
10	-0.10	0.17	0.06	0.35**	-0.07	-0.04	0.01	-0.10
11	0.14	-0.37**	0.33**	0.20	-0.01	-0.40**	0.19	0.17
12	-0.04	-0.55**	-0.13	0.22	0.04	-0.15	0.12	-0.02
Estaciones	NAO	NAOL1	EA	EAL1	EAWR	EAWRL1	SCA	SCAL1
djf	-0.49**	0.10	0.26	-0.27*	0.02	-0.23	0.23	-0.19
mam	0.07	-0.15	0.07	0	0.20	0	-0.09	0.19
jja	-0.23	0.23	0.27*	-0.11	-0.05	-0.17	-0.01	0.36**
son	0.08	-0.17	0.17	0.27*	-0.04	-0.08	0.04	0.10
Anual	-0.14	-0.11	0.29*	0.04	0.09	-0.24	0.13	0.25

TABLA 2. Correlaciones ente los cuatro modos principales de Atlántico Norte (NAO, EA, EA/WR y SCA) y la producción del olivar de almazara sin desfase y con desfase de un año. (* Correlaciones significativas al 90%. ** Correlaciones significativas al 95%).

En un primer análisis se puede ver que destaca la influencia positiva del patrón EA considerando un desfase de un año entre el índice EA y la producción del olivar de mesa. En cuanto al olivar de almazara la relación con EA disminuye aunque se mantiene una correlación significativa al 90% entre el índice EA de otoño y la producción del año siguiente. También el índice NAO presenta periodos de correlación

significativa al 95% tanto considerado un desfase anual como en el caso sin desfase. En este caso los resultados cambian según se trate del olivar de mesa o del de almazara. Esto puede ser debido a que la influencia de NAO varía a lo largo de la geografía peninsular dada la posición de los centros de acción de dicho dipolo. Los otros índices también muestran algunas correlaciones significativas al 95%

aunque más esporádicas y desiguales según se trate de olivar de mesa o de almazara. Así por ejemplo el índice SCA de verano correlaciona positivamente con una significancia del 95% con la producción del año siguiente del olivar de almazara pero no con el de mesa. Lo mismo le ocurre al

índice EA/WR de verano que correlaciona negativamente con una significancia del 95% con la producción del año siguiente del olivar de mesa pero no muestra correlación con el de almazara.

MESA						
MES	NIÑO4	NIÑO4L1	NIÑO3.4	NIÑO3.4L1	SOI	SOIL1
1	-0.35**	-0.08	-0.27*	-0.01	0.36**	-0.12
2	-0.30*	-0.11	-0.25	-0.07	0.31*	-0.14
3	-0.30*	-0.20	-0.27*	-0.09	0.21	-0.09
4	-0.27*	-0.30*	-0.35**	-0.23	0.26	0.34**
5	-0.20	-0.34**	-0.29*	-0.29*	0.01	0.34**
6	-0.05	-0.35**	-0.11	-0.32*	-0.15	0.34**
7	0	-0.37**	0.09	-0.38**	-0.04	0.34**
8	0.03	-0.37**	0.17	-0.35**	-0.17	0.47**
9	0.17	-0.40**	0.21	-0.33**	-0.19	0.52**
10	0.21	-0.36**	0.21	-0.33**	-0.03	0.49**
11	0.13	-0.31*	0.13	-0.30*	-0.16	0.44**
12	0.11	-0.32*	0.14	-0.28*	-0.19	0.43**
Estaciones	NIÑO4	NIÑO4L1	NIÑO3.4	NIÑO3.4L1	SOI	SOIL1
djf	-0.32*	-0.10	-0.27*	-0.02	0.42**	-0.13
mam	-0.27*	-0.29*	-0.32*	-0.20	0.22	0.26
jja	-0.01	-0.37**	0.06	-0.36**	-0.14	0.42**
son	0.17	-0.35**	0.18	-0.32*	-0.14	0.54**
Anual	-0.08	-0.34**	-0.04	-0.32*	0.06	0.42**

TABLA 3. Correlaciones ente los dos índices que caracterizan el fenómeno ENSO (SOI y NIÑO) y la producción del olivar de mesa sin desfase y con desfase de un año. (* Correlaciones significativas al 90%. ** Correlaciones significativas al 95%).

En la Tabla 3 y 4 se presentan las correlaciones encontradas entre los dos índices que caracterizan el fenómeno ENSO (SOI y NIÑO) y la producción de los dos tipos de olivar. Al igual que se hizo con los modos del Atlántico Norte se consideraron tanto las correlaciones teniendo en cuenta un desfase de un año entre los índices analizados y la producción del olivar como sin considerar desfase alguno. De los 4 zonas del Pacífico ecuatorial que se consideran para calcular el índice NIÑO nosotros hemos considerado las

zona NIÑO3.4 y NIÑO4 por ser las que presentaron mayores valores de correlación. Las correlaciones encontradas con el NIÑO difieren según el tipo de olivar analizado. El olivar de mesa presenta correlaciones negativas tanto con el NIÑO4 como con el NIÑO 3.4 aunque un poco más altas con el NIÑO4. En ambos casos las correlaciones se dan entre los índices de invierno y primavera con la producción del mismo año y entre los índices de verano, otoño y anual con la producción del año siguiente. En el caso del olivar

de almazara las correlaciones presentan valores más altos con la zona del NIÑO3.4 y cambian de signo según se considere o no un desfase entre el índice y la producción. Sin desfase las correlaciones son positivas y significativas al 90% con el índice de otoño NIÑO4 y el índice de verano NIÑO3.4 y positivas y significativas al 95% con el índice de otoño NIÑO3.4. Al considerar un desfase de un año las correlaciones son negativas y significativas al 90% entre los índices de invierno y primavera del NIÑO4 y la

producción del año siguiente y negativas y significativas al 95% entre los índices de invierno y primavera del NIÑO3.4 y la producción del año siguiente.

La influencia del índice SOI, la parte atmosférica del fenómeno ENSO, tiene una influencia similar con los dos tipos del olivar, mostrando correlaciones positivas y significativas al 95% al considerar un desfase anual entre el índice y la producción de oliva.

ALMAZARA						
MES	NIÑO4	NIÑO4L1	NIÑO3.4	NIÑO3.4L1	SOI	SOIL1
1	-0.18	-0.26	-0.12	-0.33*	0.17	0.28*
2	-0.15	-0.28*	-0.10	-0.38**	0.28*	0.06
3	-0.10	-0.30*	-0.10	-0.34**	0.02	0.27*
4	-0.06	-0.30*	-0.14	-0.35**	0.08	0.53**
5	-0.04	-0.26	-0.04	-0.30*	-0.19	0.11
6	0.12	-0.21	0.12	-0.17	-0.30*	0.43**
7	0.21	-0.28*	0.31*	-0.20	-0.19	0.28*
8	0.20	-0.27*	0.40**	-0.20	-0.20	0.26
9	0.27*	-0.24	0.40**	-0.16	-0.23	0.36**
10	0.30*	-0.18	0.39**	-0.14	-0.22	0.35**
11	0.25	-0.16	0.34**	-0.15	-0.16	0.22
12	0.22	-0.18	0.30*	-0.14	-0.08	0.19
Estaciones	NIÑO4	NIÑO4	NIÑO3.4	NIÑO3.4	SOI	SOIL1
djf	-0.17	-0.27*	-0.12	-0.34**	0.24	0.10
mam	-0.08	-0.30*	-0.10	-0.35**	-0.02	0.40**
jja	0.18	-0.26	0.29*	-0.20	-0.27*	0.37**
son	0.27*	-0.18	0.38**	-0.15	-0.23	0.34**
Anual	0.10	-0.29*	0.21	-0.31*	-0.12	0.46**

TABLA 4. Correlaciones ente los dos índices que caracterizan el fenómeno ENSO (SOI y NIÑO) y la producción del olivar de almazara sin desfase y con desfase de un año. (* Correlaciones significativas al 90%. ** Correlaciones significativas al 95%).

5. Conclusiones

La influencia de la precipitación y la temperatura media sobre la producción de la oliva de mesa y de almazara ha

sido analizada para el período comprendido entre 1980-2007, con la finalidad de obtener cuales son las condiciones climáticas ideales para obtener la máxima producción. También se estudió la influencia de los patrones del Atlántico Norte y del Pacífico

ecuatorial sobre la producción del olivar en la península Ibérica. La influencia de dichas variables y patrones se estudió a través del cálculo de las correlaciones de Pearson, entre los patrones y variables con la producción de cada tipo de oliva y el análisis de los mapas compuestos. El análisis fue llevado a cabo mensualmente para la influencia de la precipitación y temperatura, y para los diferentes patrones de teleconexión fue llevado de forma anual, estacional y mensual.

En cuanto a la influencia de la temperatura media y la precipitación los resultados obtenidos para la oliva de mesa son que las temperaturas medias altas favorecen la producción en los meses de abril y septiembre y las bajas lo hacen en los meses de julio y

noviembre. En cuanto a las precipitaciones estas presentan correlación positiva con la producción en los meses de marzo, mayo y octubre, y negativa en diciembre. Para el caso de la oliva de almazara los meses en los que la precipitación favorece la producción son enero, marzo, mayo y noviembre. Las temperaturas medias altas favorecen la producción en los meses de abril y septiembre y las bajas son propicias en julio y noviembre. En la Tabla 5 se resumen las relaciones encontradas entre los dos tipos de olivar y las variables de precipitación y temperatura media. Ambos tipos de olivar presentan relaciones similares como cabía esperar en un principio.

		Rep. invernal		Crec. vegetativo primaveral				Par. estival		Crec. post-estival		Rep. invernal	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Almazara	PP	Red		Red		Red						Red	
	TM				Red			Blue		Red		Blue	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mesa	PP			Red		Red					Red		Blue
	TM			Blue			Red			Red		Blue	

TABLA 5. Condiciones de correlación positiva (rojo) o negativa (azul) significativa entre precipitación y temperatura media con la producción de la oliva de mesa y almazara.

En cuanto al estudio tanto mensual como estacional de los patrones de teleconexión del Atlántico Norte y del Pacífico ecuatorial con la producción del olivo. Se analizaron estos patrones correlativamente e incluyendo un desfase de un año entre las condiciones climáticas y la producción del cultivo ya que en muchas ocasiones la influencia de los patrones atmosféricos de gran escala tienen lugar con cierto desfase temporal. Para el caso de los patrones del Atlántico Norte los patrones EA, y NAO son los que presentan más valores de correlación significativa. El patrón EA influye sobre todo en la producción del año siguiente de la oliva

de mesa, aunque el índice de otoño también muestra una correlación positiva significativa al 90% con la producción del olivar de almazara del año siguiente. El índice NAO de invierno correlaciona sin embargo negativamente con la producción del propio año del olivar de almazara mientras que el índice NAO de otoño lo hace positivamente con la producción del propio año del olivar de mesa. Estos resultados son interesantes y requieren de un análisis más en profundidad que nos permita entender dichas relaciones. Los resultados de la correlación con los índices del Pacífico muestran una correlación positiva significativa al 95%

de la producción anual de ambos tipos de oliva con el índice SOI del año anterior. En cuanto a la relación con los índices NIÑO. La oliva de mesa presenta correlaciones negativas con los índices de invierno y primavera del mismo año y con los índices de verano y otoño del año anterior siendo más altas dichas correlaciones con el área del NIÑO4. La oliva de almazara por el contrario se ve más influida por el área del NIÑO3.4 y en este caso las correlaciones son positivas con el índice de otoño del propio año y negativas con los índices de invierno y primavera del año anterior. Como se comentó en la sección anterior estos resultados son sumamente interesantes para la elaboración de herramientas predictivas. No obstante, se hace necesario llevar a cabo un análisis más en profundidad que permita comprender las razones de dichas correlaciones.

Referencias

- AMS (2000) American Meteorological Society Glossary, 2nd edition, Allen Press, Lawrence KS (<http://amsglossary.allenpress.com/glossary>)
- Agencia Estatal de Meteorología (2011) Atlas climático ibérico: Temperatura del aire y precipitación (1971-2000). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Barnston AG and Livezey RE (1987) Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, 115, 1083-1126.
- Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L (2008). El Cultivo del olivo. Ed. MUNDI-PRENSA LIBROS, S.A. 846 pp. ISBN: 9788484763291
- Changnon SA, Kunkel KE (1999) Rapidly expanding uses of climate data and information in agriculture and water resources: causes and characteristics of new applications. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 821-830.
- Changnon SA, Winstanley D (2000) Long-term variations in seasonal weather conditions important to corn production in Illinois. *Climate Change*, 47, 353-372.
- Esteves MA, Manso Orgaz MD (2001) The influence of climatic variability on the quality of wine. *Int. J. Biometeor*, 45, 13-21.
- Fraisse CW, Cabrera VE, Breuer NE, Baez J, Quispee J, Matos E (2008) El NIÑO – Southern Oscillation influences on soybean yields in eastern Paraguay. *International Journal of Climatology*, 28, 1399–1407.
- Gilbert RO (1987) Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinhold Company Inc. Library of Congress Catalog Card Number: 86-26758. ISBN 0-442-23050-8
- Gimeno L, Ribera P, Iglesias R, de la Torre L, García R, Hernández E (2002) Identification of empirical relationships between indices of ENSO and NAO and agricultural yields in Spain. *Climate Research*, 21, 165–172
- Guerena A, Ruiz-Ramos M, Díaz-Ambrona Ch, Conde JR, Mínguez MI (2001) Assessment of climate change and agriculture in Spain using climate models. *Agronomy Journal*, 93, 237-249.
- Hurrell JW (1996) Influence of Variations in Extratropical Wintertime Teleconnections on Northern Hemisphere Temperatures. *Geophysical Research Letters*, 23, (6) 665-668.
- Iglesias I (2010) Interacción océano-atmósfera: Influencia de la SST y de la circulación termohalina. Tesis doctoral. Universidad de Vigo.

- Jones GV, Davis RE (2000). Using a synoptic climatological approach to understand climate-viticulture relationships. *Int. J. Climatol.*, 20, 813-837.
- Quiroga S, Iglesias A (2004). Influencia del clima sobre la productividad agrícola en España. XVIII Reunión de Anales de Economía Aplicada (León)
- Landau S, Mitchell RAC, Barnett V, Colls JJ, Craigon J, Moore KL, Payne RW (1998) Testing winter wheat simulation models' predictions against observed UK grain yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 89, 85-99.
- Lorenzo MN, Taboada JJ, Lorenzo JF, Ramos AM (2013). Influence of climate on grape production and wine quality in the Rías Baixas, north-western Spain. *Regional Environmental Change*, 13, 887-896.
- Marcos D (2012) El ciclo anual del olivo la fenología Viveros Provedo S.A. reportaje N° 21.
- Martín-Vide J, Olcina J (2001). Climas y tiempos de España, Madrid, Alianza Editorial, 258 pp. Geografía física de España. Tomás Franco Aliaga. UNED.
- Menzel A (2003). Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Climate Change*, 57, 243-263.
- Moreno J. M, Aguiló E, Alonso S., Álvarez Cobelas M, Anadón R, Ballester F, Benito G, Catalán J, de Castro M, Cendrero A, Corominas J, Díaz J, Díaz-Fierros F, Duarte C. M, Esteban Talaya A, Estrada Peña A, Estrela T, Fariña AC, Fernández González F, Galante E, Gallart F, García de Jalón LD, Gil L, Gracia C, Iglesias A, Lapieza R, Loidi J, López Palomeque F, López-Vélez R, López Zafra JM, de Luis Calabuig E, Martín-Vide J, Meneu V, Mínguez Tudela MI, Montero G, Moreno J, Moreno Saiz JC, Nájera A, Peñuelas J, Piserra MT, Ramos MA, de la Rosa D, Ruiz Mantecón A, Sánchez-Arcilla A, Sánchez de Tembleque LJ, Valladares F, Vallejo VR, Zazo C. (2005). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático Proyecto ECCE. Edita: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. ISBN: 84-8320-303-0 NIPO: 310-05-024-2 Depósito Legal: M-18.756-2005
- Ogallo, L. A.; M. S. Boulahya & T. Keane (2000). Applications of seasonal to interannual climate prediction in agricultural planning and operations. *Agr. For. Meteorol.*, 103, 159-166.
- Reilly J, Tubiello F, Mccarl B, Abler D, Darwin R, Fuglie K, Hollinger S, Izaurralde C, Jagtap S, Jones J, Mearns L, Ojima D, Paul E, Paustian K, Riha S, Rosenberg N, Rosenzweig C (2003). U.S. Agriculture and climate change: new results. *Climate Change*, 57, 43-69.
- Rodríguez-Puebla, S. M. Ayuso, M.D. Frías, L.A. García-Casado (2007). Effects of climate variation on winter cereal production in Spain. *Climate Research*, 34, 223 -232.
- Salmi T, Määttä A, Anttila P, Ruoho-Airola T, Amnell T (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the mann-kendall test and sen's slope estimates -the excel template application makesens. Publications on Air Quality No. 31 Report code FMI-AQ-31. 36 pp. ISBN 951-697-563-1 ISSN 1456-789X Edita Finnish Meteorological Institute
- Santos JA, Malheiro AC, Pinto JG, Jones GV (2012). Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing. *Clim Res.*, 51, 89-103.
- Sarmiento M. (2006). Influencia de los patrones de teleconexión sobre la

- precipitación y sobre el caudal en la cuenca del Río Miño. Proyecto fin de carrera. Universidad de Vigo.
- Scian BV (2004). Environmental variables for modeling wheat yields in the southwest pampa region of Argentina. *Int. J. Biometeorol.*, 48, 206-212.
- Sepúlveda G, Kliewer WM, Ryugo K (1986). Effect of high temperature on grapevines (*Vitis vinifera* L.). I. Translocation of 14590 C-photosynthates. *Am J Enol Vitic.*, 37, 13-19.
- Zubair L (2002). El NIÑO Southern Oscillation influences on rice production in Sri Lanka. *Int. J. Climatol.*, 22, 249-60.