

# IMPACTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA VITICULTURA EN EL ÁREA DE LA D.O. RÍAS BAIXAS

María Nieves LORENZO<sup>1</sup>, Juan José TABOADA<sup>2</sup>,

José Fernando LORENZO<sup>1</sup>, Alexandre Miguel RAMOS<sup>1</sup>, Fran SANTOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Universidade de Vigo, Facultad de Ciencias, Ourense.*

<sup>2</sup>*Meteogalicia. Xunta de Galicia*

**nlorenzo@uvigo.es, jtaboadahidalgo@gmail.com, neofilus@gmail.com, alexramos@uvigo.es, fsantos@uvigo.es**

## RESUMEN

En el contexto actual de cambio climático es de suma importancia conocer el impacto que éste pueda tener en el sector agrícola de una determinada región. Conocer las tendencias en variables como temperatura y precipitación es imprescindible para poder diseñar políticas adecuadas de adaptación y mitigación de los diferentes sectores agrícolas en cada una de las regiones. En nuestro trabajo se analizará el impacto que las variables de temperatura y precipitación puedan tener sobre la producción vitivinícola particular de la región perteneciente a la denominación de origen Rías Baixas. En un primer estudio se hará una caracterización de la relación entre las diferentes variables meteorológicas con la cantidad y calidad de los vinos de dicha denominación para el presente. Tras esta caracterización se analizarán los cambios climáticos que se esperan para el periodo 2061-2091 y sus consiguientes impactos en la viticultura del área con ayuda de cuatro modelos del proyecto ENSEMBLES.

**Palabras clave:** Denominación de origen Rías Baixas, patrones de teleconexión, índice de Winkler, índice de Branas Bernon and Levadoux, índice de Huglin, tendencia, cambio climático, Proyecto ENSEMBLES.

## ABSTRACT

In the current context of climate change is of interest to know the impact this may have on the agricultural sector in a given region. To know the trends in variables such as temperature and rainfall is essential to design appropriate policies for adaptation and mitigation of the different agricultural sectors in each of the regions. In our paper we analyze the impact that variations in temperature and precipitation may have on the particular wine production region within the Rías Baixas designation of origin. In a first study we will characterize the relationship between weather variables with the quantity and quality of the wine of that denomination of origin for the actual climate. After this characterization we will analyze the expected climatic changes for the period 2061-2091 and the resulting impacts on viticulture area using four models of the ENSEMBLES project.

**Key words:** Denomination of Origin Rías Baixas, teleconnection patterns, Winkler index, Branas, Bernon and Levadoux index, Huglin index, trend, climate change, ENSEMBLES project.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tipo de vino que se produce en una zona es el resultado de su clima, mientras que la variabilidad climática determina las diferencias de calidad de las cosechas. La economía de una zona vitivinícola

se dirige a obtener una calidad mayor en cada cosecha (De Blij, 1983). Consecuencia de esto, es la sensibilidad a cambios en las condiciones meteorológicas y climatológicas de la producción de uva y de la calidad de los vinos. Las uvas de vino requieren unas condiciones climáticas muy específicas. En concreto en el Hemisferio Norte, precisan una temperatura media de entre 12 y 22 °C durante la estación de crecimiento (Jones, 2006). Los cambios atmosféricos locales y regionales producto del cambio climático global podrían tener efectos significativos en la fenología y producción vinícola así como en la calidad de los vinos.

Durante las últimas décadas, el impacto de la meteorología y el clima en la producción de uva y calidad del vino ha sido objeto de estudio en diferentes regiones del mundo. La influencia de la variabilidad climática y de las diferentes tendencias observadas en temperatura y precipitación en los últimos años en Europa han sido analizadas en trabajos recientes por Jones *et al.*, 2005 y Santos *et al.*, 2012. Además también han surgido trabajos centrados en áreas específicas del Noreste de España, de la región del Duero y de la zona de Burdeos (Ramos *et al.*, 2008; Odó and Ramos, 2010; Camps and Ramos, 2011; Santos JA *et al.*, 2011, Gouveia *et al.*, 2011). El cambio climático y su influencia sobre la viticultura también ha sido tratado en los últimos años (Jones *et al.*, 2005b; Odó and Ramos, 2010).

El Noroeste de la península Ibérica es una importante zona de producción vinícola con cinco importantes denominaciones de origen. En este trabajo se analizará la influencia del clima en la producción y calidad de una de estas denominaciones, la denominación Rías Baixas. Dicha denominación, centrada en la producción de vinos blancos, juega un importante papel en la producción económica de Galicia. Aunque dicha región siempre fue productora de vino la denominación se constituyó como tal en 1980. El área de producción posee zonas costeras con altitudes por debajo de los 300m y zonas de valles fluviales. El clima de esta región se encuentra caracterizado por temperaturas suaves y precipitaciones generalizadas durante todo el año aunque con un mínimo en los meses de verano.

La variabilidad interanual de precipitación y temperatura en estas latitudes puede ser caracterizada usando diferentes patrones de teleconexión que reflejan los principales modos climáticos de oscilación. Varios autores (Zorita *et al.*, 1992; Rodó *et al.*, 1997; Esteban- Parra *et al.*, 1998) han investigado la relación entre la precipitación y el patrón más significativo de la variabilidad en el Atlántico norte, conocido como North Atlantic Oscillation (NAO) (Wallace y Gutzler, 1981). Además, Rodríguez Puebla *et al.*, 1998 identificó cuatro regímenes de precipitación regional en la península Ibérica asociados con los siguientes modos de oscilación atmosférica: North Atlantic Oscillation (NAO), East Atlantic (EA), Southern Oscillation Index (SOI) y Scandinavia (SCA). En nuestra área de estudio, trabajos previos han mostrado la influencia y la necesidad de más de un patrón de teleconexión para explicar la variabilidad de las precipitaciones en invierno (Lorenzo y Taboada, 2005; DeCastro *et al.*, 2006). En particular, NAO, EA, EA/WR (East Atlantic /Western Russia) y SCA son los principales modos que explican esta variabilidad.

Con el objetivo de estudiar la decisiva influencia de la temperatura y la precipitación sobre la productividad y la calidad de las cosechas se suelen usar diferentes índices bioclimáticos que permiten clasificar las diferentes zonas vinícolas. En este trabajo usaremos tres diferentes índices bioclimáticos: el índice de Winkler y el índice de Huglin, que tienen en cuenta el calor acumulado en la etapa de crecimiento y el índice de Branas Bernon and Levadoux que combina en su cálculo los valores de precipitación y temperatura.

Con todo ello, el objetivo de este trabajo será el estudio de la influencia climática en las diferentes etapas fenológicas de la producción de uva y en la calidad del vino en Rías Baixas a través del análisis de precipitaciones, temperaturas, y patrones de teleconexión. También se analizará la presencia de tendencias en los diferentes índices bioclimáticos considerados en el presente siglo y en el siglo XXI. El trabajo se organiza de la siguiente forma: En la sección 2 se describen los datos utilizados, tanto para el clima y producción de vino como para las valoraciones de calidad, así como las técnicas de análisis empleadas. A continuación, se describirá la relación entre la productividad y calidad de las cosechas con los diferentes valores considerados: temperaturas, precipitaciones, patrones de teleconexión. Esas mismas relaciones se calcularán también para los índices de Winkler, Huglin y

Branas, Bernon and Levadoux. Seguidamente, hablaremos sobre esas relaciones y resaltaremos algunas consecuencias del cambio climático. Por último se expondrán las conclusiones.

## 2. DATOS Y MÉTODOS

La Denominación de Origen Rías Baixas se encuentra en el noroeste de la Península Ibérica, más concretamente en el Suroeste de Galicia (Fig. 1). Dicha región se caracteriza por una orografía compleja sometida a la influencia oceánica del Atlántico. Concretamente se sitúa en el sector del Atlántico Norte Europeo o NAE caracterizado por el paso de frentes fríos asociados a centros de bajas presiones, principalmente en otoño e invierno, que dejan episodios de fuertes lluvias. La primavera es una estación de tránsito en la que los frentes asociados a las borrascas atlánticas tienden a desplazarse hacia el norte, dejando unas cantidades de lluvia más bajas que en otoño y en invierno. Finalmente el verano se caracteriza por las altas presiones que frecuentemente se sitúan al norte de la península Ibérica. Este fuerte contraste en el clima entre las estaciones provoca cambios continuos en la atmósfera que juegan un importante papel en la fenología de las plantas (Jones y Davis, 2000).

Los periodos de ocurrencia de las diferentes etapas fenológicas en la denominación de origen Rías Baixas han sido extraídos del artículo de Jones *et al.*, 2005a, y extendidos a todo el periodo considerado en nuestro estudio tras la no observación de cambios significativos en los mismos para el periodo de 2001-2004. Para nuestro estudio consideramos tan sólo las tres principales fases activas de la vid: brotación, floración y envero. La primera se considera que ocurre entre abril y junio, la segunda entre junio y mediados de agosto y por último la fase de envero previa a la vendimia tendrá lugar entre mediados de agosto y finales de septiembre.

Las producciones y calificaciones de las cosechas han sido recopiladas directamente desde la denominación de origen (<http://doriasbaixas.com>) para el periodo 1987-2009.

Para el estudio de la relación entre la producción de uva y la calidad del vino con las variables de precipitación y lluvia se tomaron los datos de cuatro estaciones meteorológicas procedentes tanto de la agencia estatal de meteorología (AEMET) como del gobierno de la comunidad gallega, (MeteoGalicia). Las estaciones elegidas se encuentran ubicadas en las principales subregiones de producción vinícola de la denominación de origen Rías Baixas (Ponteareas-Canedo, O Rosal, y Ribadumia; ver Fig. 1). Debido a la reducida longitud de dichas series de datos (18-19 años), también se consideraron los datos de la estación de Lourizán que abarcan el periodo 1958-2005. Los datos de todas estas estaciones correlacionan entre sí con valores de  $\sim 0.97$  a un nivel del 95% de significancia.

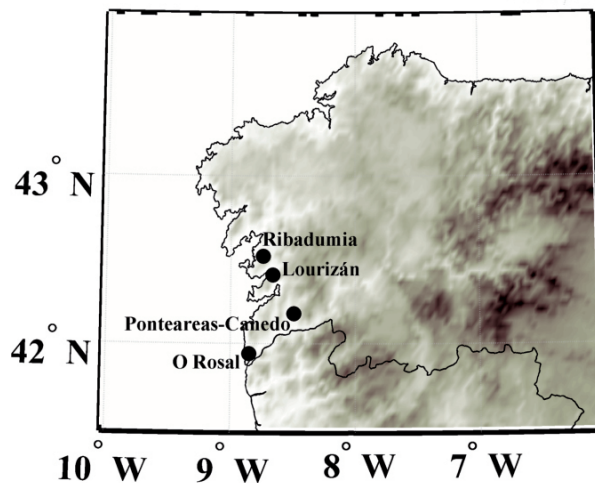


FIG. 1: Localización del área de estudio y de las estaciones meteorológicas utilizadas.

Los datos mensuales de los principales patrones de teleconexión que influyen en nuestra región de estudio, han sido obtenidos de la página del National Centre of Environmental Prediction (NCEP; <http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>). Para cada etapa fenológica se promediaron los valores mensuales correspondientes obteniendo así un índice para cada uno de los periodos considerados: brotación, floración y envero.

En la tabla 1 se muestran las expresiones utilizadas para calcular los tres índices bioclimáticos considerados para caracterizar nuestra región vinícola de estudio.

ÍNDICES	ECUACIONES	FUENTE
Índice de Winkler	$IndWinkler = \sum_{\text{Abril}}^{31 \text{ octubre}} ((T_{\max} + T_{\min})/2) - 10$	Amerine and Winkler, 1944
Índice de Huglin	$IndHuglin = \sum_{\text{Abril}}^{30 \text{ septiembre}} ((T_{\text{med}} - 10) + (T_{\max} - 10)/2) * d$	Huglin, 1978
Índice de Branas, Bernon and Levadoux	$IndBBL = \sum_{\text{Abril}}^{31 \text{ agosto}} T_{\text{med\_mensual}} P_{\text{mensual}}$	Branas <i>et al.</i> , 1946

TABLA 1: *Índices climáticos, sus ecuaciones, y referencias bibliográficas. T representa a la temperatura, P a la precipitación y d es el coeficiente de longitud de días que depende de la latitud de la región de estudio y que en nuestro caso es 1.024.*

Para el análisis de las relaciones entre las diferentes series de variables meteorológicas e índices y las series de producción de uva y calidad del vino se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson. Se ha utilizado el Test de Student para considerar únicamente aquellas correlaciones que muestran un coeficiente de significancia mayor del 90%. Antes de llevar a cabo el cálculo de las correlaciones, a las diferentes series de datos, primeramente se les extrajo su tendencia lineal y posteriormente se las normalizó con la correspondiente desviación estándar de acuerdo a la expresión  $(x - \text{media}(x)) / \text{desviación\_estándar}(x)$ . Este proceso, es especialmente importante para aquellas variables, como la temperatura o la producción de uva que han tenido claras tendencias de aumento durante las últimas décadas.

En el cálculo de las tendencias de las series de los índices de Winkler, Huglin y Branas, Bernon and Levadoux se aplicó el test de Mann-Kendall para analizar su significancia. Este test es no paramétrico y es muy utilizado en el análisis de datos medioambientales (Mann, 1945; Kendall, 1975).

Para el estudio de cambio climático, fueron consideradas las proyecciones de los campos de temperatura y precipitación obtenidas por cuatro modelos del proyecto ENSEMBLES que proporcionan proyecciones climáticas futuras a una resolución de 25 km para el escenario A1B (IPCC, 2001). Los modelos considerados fueron el BCM-RCA, el ECHAM5-RCA, el ECHAM5-REMO y el HADCM3-RCA. Se consideraron como condiciones actuales los valores de precipitación, temperatura máxima y mínima generados por los modelos para el período 1961-1991, y como escenarios futuros las estimaciones del mismo modelo para el período 2061-2091. Con los datos obtenidos de los modelos se calcularon los índices de Winkler, Huglin y Branas, Bernon y Levadoux y sus tendencias para el período 1961-2091.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Influencia de la variabilidad climática sobre la producción de la uva y la calidad del vino.

En el análisis de la relación entre la producción de uva y calidad del vino con la temperatura y precipitación de la región de estudio se ha encontrado que en prácticamente todas las etapas fenológicas se presenta una correlación positiva significativa de la temperatura tanto con la

producción de uva como con la calidad del vino. Diferentes son los resultados encontrados con la precipitación, en donde se observa una correlación negativa significativa en las etapas de brotación y envero tanto para producción como calidad, pero sin embargo se observa una correlación positiva de la producción de uva con la precipitación en la etapa de floración. Tabla 2.

<b>PRODUCCIÓN DE UVA</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Tmed</b>	<b>Prec</b>
Brotación	0.4672**	-0.0046	0.3671*	-0.3538*
Floración	0.16	0.4829**	0.3340*	0.3924**
Envero	0.4924**	0.1746	0.4205**	-0.3195*
<b>CALIDAD DEL VINO</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Tmed</b>	<b>Prec</b>
Brotación	0.3244*	0.3284*	0.3888**	0.2884
Floración	0.4848**	0.7041**	0.6339**	0.1481
Envero	0.5724**	-0.0033	0.3957**	-0.6477**

TABLA 2: Correlación entre las series de temperatura y precipitación de la estación de Lourizán con la producción de uva y la calidad del vino de la D.O. Rías Baixas para las diferentes etapas fenológicas en el periodo 1987-2005. (\*\*Correlaciones significativas al 95%, \*correlaciones significativas al 90%).

Al estudiar la relación entre los diferentes modos de circulación del sector NAE y la producción y calidad en la DO Rías Baixas nos encontramos (Tabla 3) con que el patrón SCA presenta una correlación negativa en la etapa de brotación con la producción de uva. Esto se explica en base a que cuando este patrón se encuentra en fase positiva Galicia se ve afectada por tiempo húmedo y sobre todo frío con entradas de masas de aire polar alcanzando la costa Atlántica. Estas condiciones en la etapa de brotación resultan sumamente perjudiciales para el desarrollo de la uva de ahí que tengamos una correlación negativa. En la etapa de floración encontramos que el índice NAO presenta una correlación positiva con la producción, esto se explica porque en esta época una fase positiva de NAO suele encontrarse asociada a una situación predominantemente anticiclónica con temperaturas altas. Cuando observamos las correlaciones con la calidad del vino observamos que de nuevo se repite la correlación positiva con el patrón NAO en las etapas de floración y en la etapa de envero se observa una correlación negativa con el patrón EA/WR esto puede explicarse por resultados previos que encontraron que dicho patrón correlaciona negativamente con las temperaturas en verano (Taboada *et al.*, 2009) lo que dificulta la maduración de la uva y deteriora la posterior calidad de los vinos.

<b>PRODUCCIÓN DE UVA</b>	<b>NAO</b>	<b>EA</b>	<b>EA/WR</b>	<b>SCA</b>
Brotación	0.002	0.02	-0.26	-0.36**
Floración	0.55**	-0.16	-0.02	0.02
Envero	-0.02	0.04	-0.23	0.11
<b>CALIDAD DEL VINO</b>	<b>NAO</b>	<b>EA</b>	<b>EA/WR</b>	<b>SCA</b>
Brotación	-0.005	0.04	-0.24	-0.22
Floración	0.29*	-0.23	-0.16	0.14
Envero	0.19	-0.03	-0.50**	0.01

TABLA 3: Correlación de los principales patrones de teleconexión del sector NAE con la producción de uva y la calidad del vino de la D.O. Rías Baixas para las diferentes etapas fenológicas en el periodo 1987-2009. (\*\*Correlaciones significativas al 95%, \*correlaciones significativas al 90%).

### 3.2. Tendencias de las regiones vinícolas de la DO Rías Baixas durante el siglo XX y XXI

Estudios previos realizados sobre la euroregión Galicia-Norte de Portugal (Gesteira *et al.*, 2011) presentan tendencias significativamente positivas en las temperaturas y lluvias de primavera y tendencias positivas en las temperaturas de verano. Esto podría beneficiar el desarrollo de los viñedos durante las etapas de brotación y floración. No obstante el efecto de estas tendencias debe analizarse a través de índices agroclimáticos que permitan ver si hay cambios en la categorización regional de las regiones vinícolas. Para ello, como mencionamos anteriormente, elegimos tres índices agroclimáticos, dos de ellos relacionados con la acumulación de calor, Winkler y Huglin y un tercero el índice de Branás, Bernon and Levadoux que considera tanto la precipitación como la temperatura y que es un buen indicador de la sensibilidad de los viñedos al ataque del mildew.

Primeramente se correlacionó cada uno de los índices con la producción de uva y la calidad del vino en las 4 estaciones consideradas de la DO Rías Baixas (Tabla 4). Los resultados muestran que mientras con los índices de acumulación de calor, Winkler y Huglin, la correlación es fuertemente positiva en todas las estaciones tanto con producción como con calidad, el índice de Branás Bernon and Levadoux presenta una correlación negativa especialmente significativa en las estaciones de Lourizán y Rosal, lo que remarca el papel negativo de las lluvias en la calidad y producción, posiblemente por la mayor exposición a enfermedades de las vides si las lluvias son excesivas en la época de brotación y la menor maduración de las uvas si las lluvias se dan en la época de enero.

WINKLER INDEX	RIBADUMIA	ROSAL	PONTEAREAS	LOURIZÁN	CANEDO
Producción de uva	0.55**	0.50**	0.43**	0.59**	
Calidad del vino	0.62**	0.55**	0.61**	0.72**	
HUGLIN INDEX	RIBADUMIA	ROSAL	PONTEAREAS	LOURIZÁN	CANEDO
Producción de uva	0.58**	0.45**	0.40**	0.57**	
Calidad del vino	0.60**	0.51**	0.52**	0.62**	
BRANAS INDEX	RIBADUMIA	ROSAL	PONTEAREAS	LOURIZÁN	CANEDO
Producción de uva	-0.36*	-0.60**	-0.38*	-0.41**	
Calidad del vino	-0.31*	-0.55**	-0.38*	-0.39**	

TABLA 4: Correlación de los 3 índices agroclimáticos con la producción de uva y la calidad del vino de la D.O. Rías Baixas para las diferentes estaciones consideradas para el periodo 1987-2005.

(\*\*Correlaciones significativas al 95%, \*correlaciones significativas al 90%).

Para la búsqueda de tendencias en los valores agroclimáticos durante el siglo XX se analizaron los índices de Winkler, Huglin y Branás, Bernon and Levadoux para el periodo 1958-2005 obtenidos a partir de los datos medidos en la estación de Lourizán. Los resultados obtenidos después de aplicar el test de ManKendal muestran tendencias positivas al nivel de 0.05 y 0.01 en los índices de Winkler y Huglin, respectivamente. Mientras que no se observa tendencias significativas hasta el momento para el índice de Branás, Bernon and Levadoux.

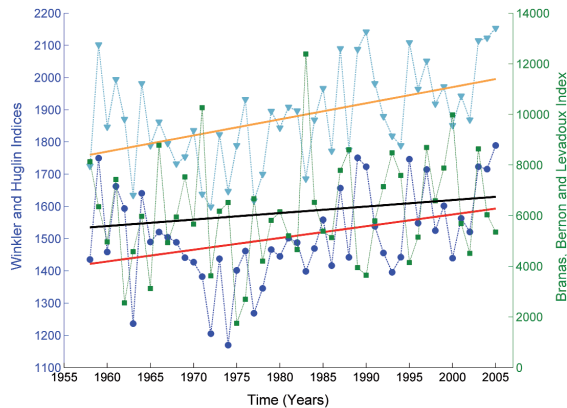


FIG. 2: Evolución anual y tendencias observadas durante el periodo 1958-2005 para los índices bioclimáticos. El índice de Winkler muestra una tendencia positiva de 36 unidades por década al nivel de significancia de 0.05 (serie azul con círculos y recta roja), el índice de Huglin muestra una tendencia positiva de 50 unidades por década al nivel de significancia de 0.05 (serie azul claro con triángulos y recta naranja) y el índice de Branas, Bernon y Levadoux no muestra una tendencia significativa (serie verde con cuadrados y recta negra).

Estos resultados obtenidos con datos reales nos llevan a pensar en que se podrían esperar cambios dentro de la categorización vitivinícola seguida por los índices de Winkler y Huglin.

Para ver si estas tendencias continúan en los próximos años se tomaron cuatro modelos del proyecto Ensembles y se calcularon los índices que dichos modelos dan para la zona de Lourizan en el periodo 1961-2091 tomando dentro de este periodo dos subperiodos de estudio, 1961-1991 y 2061-2091. Del análisis de los índices agroclimáticos tomados en consideración, se observa un notable aumento en los índices de acumulación de calor, Winkler y Huglin comparando el periodo de 1961-1991 y el periodo 2061-2091 (Tabla 5). Este aumento de las temperaturas puede llevar a un alargamiento del período activo y cambios en la categorización regional, de acuerdo al índice de Winkler y Huglin, lo que conlleva cambios aptitudinales para la elección de las variedades vitícolas con las consiguientes variaciones en los estilos vinos. Por su parte también se observa una disminución de los valores del índice de Branas, Bernon and Levadoux asociado posiblemente a un descenso de las precipitaciones, esta disminución podría hacer que el gasto fitosanitario disminuyera en un futuro al reducirse la posibilidad de ataques de plagas como el mildew. En la figura 3 podemos ver la tendencia promedio pronosticada por los 4 modelos con su desviación estándar para el periodo 1961-2091. Como se puede observar la incertidumbre en el índice de Branas, Bernon y Levadoux es mayor que en los otros índices. Ello es debido a que en el cálculo de dicho índice entra el pronóstico de las precipitaciones que presenta una gran incertidumbre en los modelos de pronóstico climático. También hay que observar que los índices muestran valores ligeramente menores que los calculados con los datos reales de estación. Esto puede ser debido a que los modelos pronostican bien los valores medios de temperatura pero es más difícil pronosticar valores extremos con un intervalo temporal diario y nuestros índices de acumulación de calor son calculados a partir de valores diarios de temperaturas superiores a 10°C. No obstante las tendencias se confirman con lo que cabe esperar en los próximos años mayores índices de Winkler y Huglin y menores índices de Branas, Benon and Levadoux en la región de Rías Baixas.

MODELOS	WINKLER	HUGLIN	BRANAS, BERNON Y LEVADOUX
BCM-RCA	384**	396**	-1163**
ECHAM5-RCA	579**	558**	-2234**
ECHAM5-REMO	526**	485**	-8560**
HADCM3-RCA	662**	651**	-576*
MEDIA CONJUNTO	538**	522**	-3134**

TABLA 5: Diferencias promedios de los cuatro modelos y del conjunto de todos ellos del periodo 2061-2091 menos el periodo 1961-1991 para los tres índices agroclimáticos calculados en el punto más próximo a Lourizán. (\*\*diferencias significativas al 0.05, \*diferencias significativas al 0.1 tras aplicar el test de Wilcoxon).

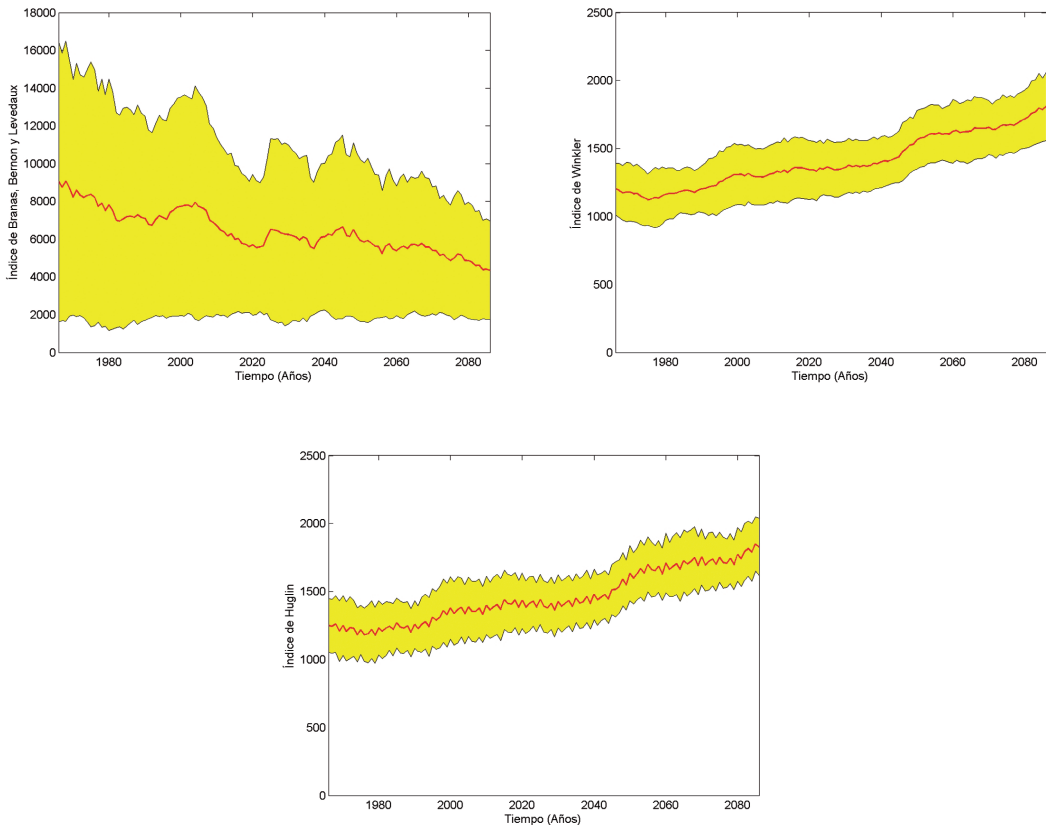


FIG. 3: Valores para el periodo 1961-2091 de los 3 índices agroclimáticos. La línea roja representa el valor promedio de los 4 modelos y la región sombreada representa la dispersión. Las tendencias observadas son positivas en el caso del índice de Winkler y Huglin (53 y 52 unidades por década, respectivamente) y negativa en el caso del índice de Branas, Bernon and Levadoux (-300 unidades por década), en todos los casos son significativas al 0.05.



#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado una caracterización de la influencia de diferentes parámetros climáticos tales como temperatura, lluvia o patrones de teleconexión, sobre la producción de uva y la calidad de los posteriores vinos en la denominación de origen Rías Baixas situada en el noroeste de la península Ibérica. Los resultados muestran en general una correlación positiva con la temperatura y negativa con la lluvia, tal como era de esperar, corroborada por los patrones de teleconexión que afectan a la zona. Usando diferentes índices bioclimáticos asociados a la viticultura se observa que los índices relacionados con temperatura están positivamente correlacionados tanto con la producción como con la calidad de los vinos, mientras que el índice que tiene en cuenta la lluvia se correlaciona negativamente. Dado que para el futuro se espera que los primeros presenten una tendencia positiva, mientras que el último tenga tendencia negativa, se puede concluir que en general el cambio climático que se espera en las próximas décadas podría ser positivo para la viticultura en esta zona.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia bajo el proyecto de investigación No. 10PXIB383169PR y cofinanciado por fondos FEDER. J.J. Taboada agradece el soporte financiero de la Consellería de Medioambiente de la Xunta de Galicia.

#### REFERENCIAS

- Amerine M.A. y Winkler A.J. (1944) “*Composition and quality of musts and wines of California grapes*”. Hilgard 15, pp. 493–673.
- Barnston A.G. y Livezey R.E. (1987) “*Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns*”. Mon Weather Rev 115, pp. 1083–1126.
- Blanco D.; Queijeiro J.M. y Jones, G.V. (2007) “*Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain*”. Vitis 46, pp. 63–70.
- Camps J.O. y Ramos M.C. (2011) “*Grape harvest and yield responses to inter-annual changes in temperature and precipitation in an area of north-east Spain with a Mediterranean climate*”. Int J Biometeorol Doi: 10.1007/s00484-011-0489-3.
- de Blij H.J. (1983) “*Geography of viticulture: rationale and resource*”. J Geogr 82, pp. 112–121.
- deCastro M.; Lorenzo M.N.; Taboada J.J.; Sarmiento M.; Álvarez I, Gomez-Gesteira M. (2006) “*Teleconnection patterns influence on precipitation variability and on river flow regimes in the Miño River basin (NW Iberian Peninsula)*”. Clim Res 32, pp. 63-73.
- Esteban-Parra M.J.; Rodrigo F.S. y Castro-Diez Y. (1998) “*Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880–1992*”. Int J Climatol 18, pp. 1557–1574.
- Esteves M.A. y Orgaz M.D.M. (2001) “*The influence of climatic variability on the quality of wine*”. Int J Biometeorol 45, pp. 13–21.
- Gimeno L.; Ribera P.; Iglesias R.; de la Torre L.; García R. y Hernández E. (2002) “*Identification of empirical relationships between indices of ENSO and NAO and agricultural yields in Spain*”. Clim Res 21, pp. 165-172.
- Goodess C.M. y Palutikof J.P. (1998) “*Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling*”. Int J Climatol 18, pp. 1051-1083.
- Gomez-Gesteira M.; Gimeno L.; deCastro M.; Lorenzo M.N.; Alvarez I.; Nieto R.; Taboada J.J.; Crespo A.J.C.; Ramos A.M.; Iglesias I.; Gómez-Gesteira J.L.; Santo F.E.; Barriopedro D. y Trigo I.F. (2011) “*The state of climate in North-West Iberia*”. Clim Res 48, pp. 109-144. doi: 10.3354/cr00967.
- Gouveia C.; Liberato M.L.R.; DaCamara C.C.; Trigo R.M. y Ramos A.M. (2011) “*Modelling past and future wine production in the Portuguese Douro Valley*”. Clim Res 48, pp. 349–362, doi: 10.3354/cr01006.
- Huglin P. (1978) “*Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole*”. CR Acad Agric Fr 64, pp. 1117–1126.
- Jones G.V. y Davis R.E. (2000) “*Using a synoptic climatological approach to understand climate – viticulture relationships*”. Int J Climatol 20, pp. 813-837.

- Jones G.V.; Duchêne E.; Tomasi D.; Yuste J. y otros (2005a) "*Changes in European winegrape phenology and relationships with climate*". In: Proceedings of the Groupe d'Etude des Systèmes de Conduite de la vigne (GESCO 2005), Geisenheim.
- Jones G.V.; White M.A.; Cooper O.R.; Storchmann K. (2005b) "*Climate change and global wine quality*". *Clim Change* 73, pp. 319–343.
- Jones G.V. (2006) "*Climate and terroir: impacts of climate variability and change on wine*". In: Macqueen RW, Meinert LD (eds) *Fine wine and terroir. The geoscience perspective*. Geosci Can Repr Ser 9. Geological Association of Canada, St. John's.
- Kendall M.G. (1975) *Rank Correlation Methods*. Griffin, London.
- Lorenzo M.N. y Taboada J.J. (2005) "*Influences of atmospheric variability on freshwater input in Galician Rías in winter*". *J Atmos Ocean Sci* 10, pp. 377–387.
- Mann H.B. (1945) "*Nonparametric tests against trend*". *Econometrica* 13, pp. 245–259.
- Odó Camps J. y Ramos M.C. (2010) "*Grape harvest and yield responses to inter-annual changes in temperature and precipitation in an area of north-east Spain with a Mediterranean climate*". *Int J Biometeorol* DOI 10.1007/s00484-011-0489-3.
- Ramos M.C.; Jones G.V. y Martínez-Casasnovas J.A. (2008) "*Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain*". *Clim Res* 38, pp. 1–15.
- Rodó X.; Baert E. y Comín F.A. (1997) "*Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation*". *Clim Dyn* 13, pp. 275–284.
- Rodríguez-Puebla C.; Encinas A.H.; Nieto S. y Garmendia J. (1998) "*Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula*". *Int J Climatol* 18, pp. 299–316.
- Santos J.A.; Malheiro A.C.; Pinto J.G. y Jones G.V. (2012) "*Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing*". *Clim Res* 51, pp. 89–103.
- Santos J.A.; Malheiro A.C.; Karremann M.K. y Pinto J.G. (2011) "*Statistical modelling of grapevine yield in the Port Wine region under present and future climate conditions*". *Int J Biometeorol* 55, pp. 119–131.
- Taboada J.J.; Lorenzo M.N. y Gimeno L (2009) "*Variabilidade e tendências na escala sinóptica. Evidências e Impactos do Cambio Climático en Galicia*". Xunta de Galicia
- Tonietto J. y Carbonneau A. (2004) "*A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide*". *Agric Meteorol* 124, pp. 81–97.
- Wallace J.M. y Gutzler D.S. (1981) "*Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere Winter*". *Mon Wea Rev* 109, pp. 784–812.
- Zorita E.; Kharin V. y von Storch H. (1992) "*The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation*". *J Clim* 5, pp. 1097–1108.